

УДК 572.024.613.96

ВЛИЯНИЕ КУРЕНИЯ НА БИОЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ

Б. Э. ТУРГУНОВА¹⁾, К. Б. АЛЛАЕВА²⁾, Ю. В. ЖИЛЬЦОВА³⁾

¹⁾Израильский медицинский центр репродуктивной медицины и здоровья семьи,
ул. Дархан, 3, 100052, г. Ташкент, Узбекистан

²⁾Патоморфологическая лаборатория «IPSUM Pathology»,
ул. Фараби, 332А, 100015, г. Ташкент, Узбекистан

³⁾Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

Получены данные о содержании макро- и микроэлементов в организме курящих и некурящих молодых людей 18–22 лет, что важно для своевременной коррекции биоэлементного статуса молодежи, сохранения и укрепления их здоровья, а также пропаганды здорового образа жизни. Установлено, что медианы концентраций по всем исследованным элементам (Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Pb, Cd и Hg) в волосах у курящих и некурящих молодых людей не имели статистических различий ($p > 0,05$). Однако у курящих юношей значимо чаще встречался недостаток кальция (в 2 раза, $p = 0,05$), марганца (в 1,05 раза) и реже нормальное содержание Fe (в 1,1 раза), чем у некурящих сверстников. У курящих девушек значимо чаще встречался недостаток цинка (в 1,6 раза), чем у некурящих ровесниц, у которых к тому же концентрации кальция в 3,1 раза чаще находились в диапазоне референсных значений. Курящие девушки значимо чаще ($p = 0,05$) имели дисбаланс таких элементов, как Cu (избыток), Fe (недостаток), Zn (недостаток) по сравнению с курящими юношами.

Ключевые слова: курение; вейпинг; химические элементы; биоэлементный статус; тяжелые металлы; биологическая роль элементов; волосы; молодые люди.

Благодарность. Авторы выражают признательность сотрудникам лаборатории экологического мониторинга и экологического менеджмента МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, оказывавших содействие при выполнении дипломного проектирования.

INFLUENCE OF SMOKING ON THE BIOELEMENTAL STATUS OF YOUNG PEOPLE

B. E. TURGUNOVA^a, K. B. ALAYEVA^b, Yu. V. ZHYLTSOVA^c

^aIsraeli Medical Center for Reproductive Medicine and Family Health,
3 Darhan Street, Tashkent 100052, Uzbekistan

^bPathomorphological laboratory «IPSUM Pathology»,
332A Faraby Street, Tashkent 100015, Uzbekistan

^cInternational Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,
23/1 Dauhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus

Corresponding author: Zhyltsova@mail.ru (Zhyltsova@mail.ru)

Образец цитирования:

Тургунова БЭ, Аллаева КБ, Жильцова ЮВ. Влияние курения на биоэлементный статус молодых людей. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2025;1:56–66.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-1-56-66>

For citation:

Turgunova BE, Alayeva KB, Zhyltsova YuV. Influence of smoking on the bioelemental status of young people. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2025;1:56–66. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-1-56-66>

Авторы:

Багила Эльмухаммад кизи Тургунова – врач-лаборант.
Комила Ботировна Аллаева – врач-лаборант патоморфологической лаборатории.
Юлия Валентиновна Жильцова – кандидат биологических наук; доцент кафедры общей биологии и генетики.

Authors:

Bagila E. Turgunova, laboratory doctor.
Bagilaturgunova7@gmail.com
Komila B. Alayeva, laboratory doctor at the laboratory of pathomorphology.
akamila628@gmail.com
Yuliya V. Zhyltsova, PhD (biology); associate professor at the department of general biology and genetics.
Zhyltsova@mail.ru

Data were obtained on the content of macro- and microelements in the organism of smoking and non-smoking young people aged 18–22. The results are important for the timely correction of the bioelement status of young people, for preserving and strengthening their health, and promoting a healthy lifestyle. It was found that the median concentrations for all studied elements (Ca, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, Pb, Cd и Hg) in the hair of smoking and non-smoking young people did not have statistical differences ($p > 0.05$). However, smoking young men were significantly more likely to have a deficiency of calcium (2 times, $p = 0.05$), manganese (1.05 times) and less likely to have a normal Fe content (1.1 times) than their non-smoking peers. Smoking girls were significantly more likely to have zinc deficiency (1.6 times) than non-smoking girls of the same age, whose calcium concentrations were 3.1 times more likely to be within the reference range. Smoking girls were significantly ($p = 0.05$) more likely to have an imbalance of elements such as Cu (excess), Fe (deficiency), Zn (deficiency) compared to smoking boys.

Keywords: smoking; vaping; chemical elements; bioelement status; heavy metals; biological role of elements; hair; young people.

Acknowledgments. The authors express deep gratitude to the employees of the Laboratory of Environmental Monitoring and Environmental Management of the ISEI BSU, who provided assistance in completing the diploma design.

Введение

Курение – один из факторов, существенно отягощающий имеющиеся заболевания дыхательной, сердечно-сосудистой и пищеварительной систем [1], повышает риски возникновения рака легких, почек, мочевого пузыря, мочеоточника, придаточных пазух носа, полости рта, глотки, гортани, пищевода, желудка, поджелудочной железы, печени и крови [2], хронических бронхитов и других патологий, что в свою очередь сказывается на качестве жизни и ее продолжительности у курильщиков. В результате мета-анализа [3] установлено, что у активных курильщиков в 1,37 раза, а у пассивных – в 1,22 раза выше относительный риск развития сахарного диабета 2 типа. Основными доказанными в экспериментах негативными эффектами компонентов пара электронных сигарет являются: артериальная гипертензия, гипертрофия миокарда, истончение стенки аорты [4], повреждение гепатоцитов печени [5], активация воспалительного [6] и оксидативного стресса [5] в печени, нейропатии [7], активация апоптоза клеток почек в результате повышенного содержания активных форм кислорода и дисфункция почек [5]. По данным Всемирной организации здравоохранения, курение является причиной 10 % общей смертности взрослого населения [2]. По данным Т. В. Чижовой [1], существует положительная корреляционная связь между числом людей, имеющих определенные заболевания, и стажем курения: коэффициент корреляции изменяется в пределах 0,77–0,87, причем у женщин эта связь более тесная.

Табачный дым содержит большое количество химических веществ (более 4000, в табаке – около 3000 [2]), неблагоприятно влияющих на здоровье человека: сероводород, синильную кислоту, угарный газ, аммиак и табачный деготь, который представляет собой концентрат из продуктов горения и сухой перегонки табака, содержит большое количество химических соединений (около сотни, в том числе тяжелые металлы – As, Hg, Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni), многие из которых способны оказывать канцерогенный эффект. Установлено, что за 10 лет и более при выкуривании более 20 сигарет ежедневно в организм попадает более 1,5 кг различных химических веществ, а масса тяжелых металлов может достигать 21–24 г [8]. Кроме того, известно, что ряд тяжелых металлов (Zn, Cd, Pb, Cu, Hg, Ni [2]), содержащихся в табаке сигарет, в процессе курения частично [8] или полностью переходит в сигаретный дым [9], попадает в организм человека в виде аэрозоля и имеет биологически и химически активную форму. Известно, что боковой табачный дым, который выделяется через папиросную бумагу в окружающую среду и вдыхается окружающими при пассивном курении, содержит в 2,9–3,3 раза больше Pb, в 4,3–12,2 раза больше Cd, в 3 раза больше Hg по сравнению с основным табачным дымом, вдыхаемым курильщиком [2]. Некоторые электронные сигареты содержат большое количество ионов свинца и других тяжелых металлов, ионы которых выделяются из спирали накаливания испарителя. Установлено, что в паре вейпов содержится свинец, никель, хром и марганец. При этом доля тяжелых металлов в испарениях превышает норму в десятки раз. Пассивное курение способно провоцировать, согласно статистическим данным, более 30 % заболеваний, ассоциированных с табаком. Таким образом, в группе риска находятся как сами курильщики и вейперы, так и окружающие их люди.

Поступая в кровоток, тяжелые металлы способны запускать процессы поражения сосудов [8; 10]. Кроме того, свинец, кадмий и ртуть обладают токсичными, канцерогенными и кумулятивными свойствами. Известно, что наблюдается прямопропорциональная зависимость между длительностью и частотой курения, количеством Cd во внутреннем слое аорты курящего человека, а концентрация Cd в сыворотке крови у курящего человека в 2 раза выше, чем у некурящего. Pb, Cu и Cd обнаружены в повышенных концентрациях в хрусталике глаза людей, выкуривающих более 10 сигарет в день в течение 10 лет и более [8]. У курящих людей выше содержание Cd, Pb и Hg в волосах [11].

Поступление в организм повышенного количества тяжелых металлов препятствует усвоению эссенциальных (жизненнонеобходимых) элементов, способствует развитию микроэлементозов – состояний, объединяющих все симптомы и заболевания, являющиеся следствием наличия дефицита, избытка или дисбаланса микроэлементов в организме. Согласно современным научным представлениям, микроэлементозы являются одной из основополагающих причин развития и нарушения состояния здоровья человека.

Цель исследования – выявить особенности элементного статуса курящих молодых людей (18–22 лет). В связи с чем решались следующие задачи:

1. Провести анкетирование молодых людей и отбор проб биоматериала (волосы).
2. Определить концентрации макро- и микроэлементов в волосах молодых людей.
3. Оценить различие биоэлементного статуса курящих и некурящих людей.

В работе понятие «курящие» является собирательным, объединяющим курильщиков классических сигарет и/или использующих электронные устройства.

Материалы и методы исследования

Анкетирование проводилось в период с 2021 по 2023 г. среди молодых людей в возрасте 18–22 лет, обучающихся в Международном государственном экологическом институте им. А. Д. Сахарова Белорусского государственного университета (далее – МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ).

В качестве инструмента исследования использовалась разработанная анкета, состоящая из 10 пунктов. Студентам были заданы вопросы о половой принадлежности, возрасте, отношении к курению/вейпингу, частоте и стажу курения/вейпинга. В анкету также входил блок вопросов о применении специальных средств ухода за волосами, использование которых в последние 2 недели могло повлиять на итоги исследований. В результате проведенного анкетирования были сформированы группы курящих (лица, которые в настоящее время курят табачные изделия ежедневно или нерегулярно) и некурящих (лица, никогда не курившие) молодых людей.

В анкетировании приняли участие 69 студентов, из них 60,9 % ($n = 42$) – юноши и 39,1 % ($n = 27$) – девушки.

Волосы как объект исследований. Обоснование выбора биосубстрата для анализа. Согласно современным представлениям, элементный состав таких биосубстратов человека, как кровь, моча, волосы, отражает концентрацию химических элементов во внутренней среде организма и их метаболизм. При интерпретации полученных результатов содержания химических элементов в органах и тканях человека учитываются все возможные пути поступления их в организм – повышенное содержание элементов в воде, в почве, пище, проживание людей вблизи промышленных объектов, преднамеренное введение. Наиболее доступными материалами для забора проб и исследования их элементного состава являются моча, кровь и волосы. Однако волосы как объект исследования имеют следующие преимущества по сравнению с другими биосубстратами: высокая концентрация в них химических элементов, неинвазивность отбора проб, легкость сбора, транспортировки и хранения. У выросшего волоса отсутствует метаболическая активность, что приводит к накоплению макро- и микроэлементов, позволяет проводить ретроспективные анализы за определенные промежутки времени и на ранних стадиях выявлять изменения в организме при латентном течении паталогических процессов.

Объектами исследования являлись волосы 69 студентов МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ в возрасте 18–22 лет. Из них 36 курящих (21 юноша, 15 девушек), 33 некурящих (21 юноша, 12 девушек). Все студенты дали письменное добровольное согласие на участие в анкетировании и определении химических элементов в волосах. В волосах определялись концентрации следующих элементов: Ca, Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Pb, Cd и Hg. Полученные результаты сравнивались с референсными значениями, представленными в табл. 1.

Порядок отбора проб волос. Правила сбора волос включали в себя выполнение требований, с которыми были ознакомлены участники исследования: волосы должны были быть чистыми, не допускалось перед анализом нанесение на волосы средств по уходу и укладке. Проводить анализ окрашенных волос рекомендовалось через 2 мес. после процедуры их окрашивания. За 2 недели до сдачи волос на анализ было рекомендовано прекратить использование лечебных шампуней, средств против перхоти, муссов, лечебных бальзамов и гелей.

При отборе проб волосы состригали в виде тонких прядей из 4–5 мест на затылке ближе к шее. Всего получали пучок толщиной в 3–4 мм и длиной 4 см. Если волосы были длинными – оставляли 4 см пучка волос от корней. Если волосы были короткие, состригали столько волос, чтобы заполнить чайную ложку. Пряди вкладывали в чистый бумажный конверт, на котором указывали идентификационный номер, дублируемый в анкете.

Таблица 1

Референсные значения концентраций элементов в волосах человека, мг/кг

Table 1

Reference values for concentrations of elements in human hair, mg/kg

Элемент минимум		Референсные значения [12–14]	
		минимум	максимум
Ca	мужчины	300	1000
	женщины	300	1700
Zn		114	320
Fe		13	35
Cu		4	30
Mn		0,5	2
Cr		0	5
Cd		0	1
Pb		0	5
Hg		0	2

Определение содержания химических элементов в волосах рентгенофлуоресцентным методом. Содержание химических элементов в волосах определяли согласно зарегистрированной методике выполнения измерений массовой доли химических элементов в биообъектах (волосах) методом рентгенофлуоресценции с использованием спектрометра энергий рентгеновского излучения СЕР-01 (ElvaX, Украина, регистрация в БелГИМ под № МВИ.МН 3814-2011) на базе лаборатории кафедры экологического мониторинга и менеджмента МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ. Отобранные образцы промывали в ацетоне и дистиллированной воде от поверхностного загрязнения, высушивали в лабораторном сушильном шкафу при температуре 40 °С, тщательно измельчали ножницами. Из измельченного количества волос на весах формировали навеску 0,1000 г ± 0,0001 г. В навеску добавляли клеевой состав и после высыхания спрессовывали в таблетку диаметром 10 мм при помощи гидравлического пресса из комплекта спектрометра. Измерения подготовленных образцов, а также обработку полученных результатов проводили согласно руководству по эксплуатации прибора. Параллельные измерения образца проводили в 4-кратной повторности.

Статистическая обработка данных. Оценка нормальности распределения параметров проводилась с использованием критериев Шапиро – Уилка для выборок с числом значений 50 и менее и Колмогорова – Смирнова для больших выборок.

Количественные характеристики, соответствующие закону нормального распределения, представляли в виде среднего значения, стандартного отклонения, средней стандартной ошибки, минимальных и максимальных значений. Сравнение двух групп с количественными характеристиками с одинаковой общей дисперсией и в соответствии с нормальным законом распределения проводилось в соответствии с критериями Стьюдента.

Для количественных характеристик, не подчиняющихся нормальному закону распределения, определялись медиана, квартили, квартильный размах, минимальное и максимальное значения. Сравнение двух групп с количественными характеристиками, имеющими распределение, отличное от нормального, проводили в соответствии с критериями Шапиро – Уилка.

Во всех случаях различия считались статистически значимыми при уровне значимости $p \leq 0,05$. Статистический анализ полученных результатов выполнен с использованием компьютерных пакетов статистических программ EXCEL 2016 и STATISTICA, графическое представление результатов проводилось с использованием пакета прикладных программ EXCEL 2016, STATISTICA 13.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты анкетирования молодых людей МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ по вопросам курения. Более чем у 86 % курящих молодых людей стаж курения составлял от 1 до 3 лет. Из опроса установлено, что юноши предпочитают обычные табачные изделия (81 % курящих респондентов), а девушки отдают предпочтение электронным сигаретам (80 %). Количество сигарет, которое выкуривают молодые люди

в день варьирует от 3 до 25 штук. В среднем это 13 ± 1 штук/сутки (медиана – 12 штук/сутки). Количество вдохов («парений») у вейперов изменяется от 200 до 1000. В среднем это 562 ± 25 вдохов/сутки (медиана – 525 вдохов/сутки). Частой причиной курения молодые люди называли «нервное перенапряжение» – 50 % опрошенных. Кроме того, 22 % курящей молодежи считает, что таким образом они «следуют модным тенденциям»; 14 % респондентов подвержены влиянию круга общения: молодые люди не хотят быть «белыми воронами» в компании курящих сверстников; столько же считает, что курение способствует поднятию настроения.

Отмечено, что 66 чел. из 69 респондентов считает необходимым придерживаться здорового образа жизни, среди них все некурящие (33 чел.) и 33 курящих студента (92 %). Ответы на вопрос, «что Вы лично делаете для сохранения и укрепления своего здоровья?» среди курящих студентов распределились следующим образом: большинство студентов ответили, что придерживаются правильного питания и здорового сна (более 30 %), 24 % занимаются спортом, 15 % принимают биологически активные добавки (БАДы).

Содержание макро- и микроэлементов в волосах молодых людей. Оценка соответствия содержания химических элементов в волосах студентов референсным значениям. При проведении исследования в волосах молодых людей были выявлены многие химические элементы. Концентрации Cd и Hg были ниже предела чувствительности прибора и не выходили за пределы референсных норм. Концентрация Pb в волосах большинства обследованных была ниже чувствительности прибора (92,8 %), для 5,8 % – концентрация Pb в волосах определялась и была ниже референсных норм. В волосах 1 человека – курящего юноши – концентрация свинца вышла за пределы верхнего биологически допустимого уровня (5 мг/кг).

В табл. 2 представлены данные о концентрациях химических элементов в волосах молодых людей, участвовавших в исследованиях, в сравнении с референсными значениями.

Таблица 2

Содержание химических элементов в волосах молодых людей ($n = 69$), мг/кг

Table 2

Content of chemical elements in the hair of students ($n = 69$), mg/kg

Элемент	Min-Max Me P 25–75	Референсные значения [12–14]	
		минимум	максимум
Ca	219,92–4579,36 881,82 442,36 – 1986,41	300	1000; 1700
Zn	70,81–448,11 136,31 118,65–201,21	114	320
Fe	4,57–47,79 13,40 7,67–21,91	13	35
Cu	2,93–101,75 8,32 5,66–12,63	9	30
Mn	0–27,49 0,92 0–1,66	0,5	2
Cr	0,92–2,34 1,72 1,58–2,01	0	5

Примечания. n – объем выборки, min-max – минимальные и максимальные значения выборки, Me – медиана. P 25–0,75 – проценти. Референсные значения для Ca представлены с учетом половых различий (первое значение – для юношей, второе – для девушек).

Notes. n – sample size, min-max – minimum and maximum sample values, Me – median. P 25–75 – percentiles. Reference values for Ca are presented taking into account gender differences (the first value is for boys, the second value is for girls).

Установлено, что медианные значения концентраций Ca, Fe, Zn, Mn и Cr в волосах девушек и юношей находятся в пределах референсных значений. Медианные значения концентраций Cu ниже референсных значений. Однако для Ca, Fe, Zn, Mn и Cu также наблюдаются значения как выше, так и ниже референсных.

В табл. 3 представлены данные об элементном статусе девушек с учетом статуса в отношении курения.

Таблица 3

Содержание химических элементов в волосах девушек, мг/кг

Table 3

Content of chemical elements in girls' hair, mg/kg

Элемент	Min-Max Me P 25–75		Референсные значения ¹ [12–13]	
	Курящие девушки, n = 15	Некурящие девушки, n = 12	минимум	максимум
Ca	778,82–3378,21 2452,92 1779,20–3142,94	486,92–4579,35 2031,29 1235,63–2967,81	300	1700
Fe	5,00–30,82 9,71 7,4917,73	6,40–16,71 13,11 8,26–14,42	13	35
Cu	2,926–41,91 11,78 8,65–14,79	2,97–45,61 8,26 5,42–16,15	9	30
Cr	1,65–2,02 1,81 1,67–1,97	0,97–1,84 1,69 1,47–1,79	0	5
Mn	0–2,07 0,83 0,69–1,22	0–2,976667 0,67 0,31–1,64	0,5	2
Zn	80,18–409,62 136,66 118,24–263,16	85,80–448,11 198,23 125,85–413,42	114	320

В целом, медианы концентраций по всем исследованным элементам в волосах у курящих и некурящих девушек не имели статистических различий ($p > 0,05$). Медиана концентрации кальция в волосах курящих девушек незначимо ($p = 0,391$) выше в 1,2 раза, чем некурящих девушек; Cu – в 1,4 раза ($p = 0,516$); Cr – в 1,1 раза ($p = 0,153$); Mn – в 1,2 раза ($p = 0,775$). В волосах курящих девушек медиана концентрации Fe в 1,4 раза ($p = 0,979$), Zn в 1,5 раза ($p = 0,242$) ниже по сравнению с показателями некурящих девушек.

В табл. 4 представлены данные о содержании химических элементов в волосах юношей с учетом статуса в отношении курения.

В целом медианы концентраций по всем исследованным элементам в волосах у курящих и некурящих юношей не имели статистических различий ($p > 0,05$). У курящих юношей содержание Cr (в 1,1 раза, $p = 0,098$), Mn (в 1,6 раза, $p = 0,132$), Zn (в 1,02 раза, $p = 0,331$) выше и Cu (в 1,4 раза, $p = 0,07$), Fe (в 1,04 раза, $p = 0,884$) ниже по сравнению с показателями некурящих юношей.

Выходящие за границы нормы частоты значений концентраций макро- и микроэлементов в волосах молодых людей представлены в табл. 5.

¹Метод гигиенической оценки баланса химических элементов у детей (региональный микроэлементный паспорт). Инструкция по применению № 015-1112. Утверждена постановлением главного государственного врача Республики Беларусь 2012.12.12. Минск: Минздрав, 2012. 19 с.

Таблица 4

Содержание химических элементов в волосах юношей, мг/кг

Table 4

Content of chemical elements in boys' hair, mg/kg

Элемент	Min-Max Me P 25–75		Референсные значения ² [12–13]	
	Курящие юноши, n = 21	Некурящие юноши, n = 21	минимум	максимум
Ca	143,02–4897,21 524,04 411,22–723,46	219,92–4147,21 526,58 401,04–881,81	300	1000
Fe	5,31–42,96 13,99 7,67–25,61	4,57–47,79 14,57 9,45–22,75	13	35
Cu	2,98–101,75 6,37 5,28–8,58	5,06–23,15 8,98 6,38–11,58	9	30
Cr	1,36–2,34 1,82 1,60–2,19	0,92–2,193 1,67 1,30–1,91	0	5
Mn	0,00–27,49 1,36 0,18–2,69	0,00–1,81 0,83 0–1,36	0,5	2
Zn	84,40–242,05 136,52 123,05–177,39	111,94–260,86 133,83 114,76–148,62	114	320

Таблица 5

Распространенность дефицита и избытка химических элементов в волосах молодых людей, %

Table 5

Prevalence of deficiency and excess of chemical elements in the hair of young people, %

Элемент	Статус	Юноши		Девушки	
		курящие	некурящие	курящие	некурящие
Ca	недостаток	9,5 ± 4,5*	4,6 ± 1,7*	0,0	0,0
	норма	76,2 ± 4,5	68,2 ± 4,7	13,3 ± 6,7*	41,7 ± 18,8*
	избыток	14,3 ± 4,5*	27,3 ± 4,7*	86,7 ± 16,8	58,3 ± 18,8
Cu	недостаток	76,2 ± 5,1	50,0 ± 0,0	26,7 ± 4,1	50,0 ± 4,1
	норма	19,1 ± 5,1	50,0 ± 0,0**	60,0 ± 4,1	33,3 ± 4,1 **
	избыток	4,8 ± 4,0**	0,0	13,3 ± 4,1* **	16,7 ± 4,1*
Fe	недостаток	47,6 ± 4,5**	40,9 ± 3,5**	60,0 ± 0,0**	41,7 ± 0,0**
	норма	47,6 ± 4,5* **	50,0 ± 3,5* **	40,0 ± 0,0**	58,3 ± 0,0**
	избыток	4,8 ± 4,1*	9,1 ± 3,5*	0,0	0,0
Mn	недостаток	19,1 ± 2,9* **	18,2 ± 0,0* **	6,7 ± 5,1* **	16,7 ± 5,1* **
	норма	52,4 ± 2,9	81,8 ± 0,0**	86,7 ± 7,1*	66,7 ± 5,1* **
	избыток	28,6 ± 2,9	0,0	6,7 ± 5,1*	16,7 ± 5,1*
Zn	недостаток	19,1 ± 0,0* **	27,3 ± 0,0* **	26,7 ± 3,5* **	16,7 ± 4,1* **
	норма	81,0 ± 0,0*	72,7 ± 0,0* **	53,3 ± 3,5*	50,0 ± 4,1* **
	избыток	0,0**	0,0**	20,0 ± 3,5* **	33,3 ± 4,1* **

Примечания. * – наличие существенных различий ($p = 0,05$) между группами курящих и некурящих; ** – наличие существенных различий ($p = 0,05$) между группами курящих юношей и курящих девушек или некурящих юношей и некурящих девушек.
Notes. * – the presence of significant differences ($p = 0.05$) between the groups of smoking and non-smoking; ** – the presence of significant differences ($p = 0.05$) between the groups of boys and girls who smoke or boys and girls who do not smoke.

²Метод гигиенической оценки баланса химических элементов у детей (региональный микроэлементный паспорт). Инструкция по применению № 015-1112. Утверждена постановлением главного государственного врача Республики Беларусь 2012.12.12. Минск: Минздрав, 2012. 19 с.

Медианное значение концентраций кальция у девушек выше значений референсных норм, у юношей – оно входит в референсный диапазон значений. Кальций препятствует всасыванию в кишечнике и депонированию в организме токсинов и тяжелых металлов, поэтому адекватное потребление кальция важно для предотвращения поступления тяжелых металлов в организм. Среди курящих парней недостаток кальция встречается чаще в 2 раза ($p = 0,05$) и составляет 9,5 %. У всех обследованных девушек не выявлено недостатка кальция, однако, у курящих девушек содержание кальция в волосах в пределах референсных значений встречается в 3 раза реже ($p = 0,05$), чем у некурящих. Известно, что снижение содержания эстрогенов, связанное с их повышенным разрушением в печени, является одним из основных механизмов развития остеопороза у курильщиков. Остеобласты становятся менее чувствительны к тиреокальцитонину и более – к паратгормону, в результате чего способность усваивать кальций костной тканью снижается, а выведение его в плазму крови – повышается. Таким образом, повышенное содержание кальция в волосах может быть связано не только с его избыточным употреблением, но и стать результатом его усиленного обмена: повышенные концентрации кальция из плазмы крови выводятся в волосы. Считается, что содержание кальция, как и других элементов, именно в волосах, в отличие от других биологических субстратов (моча, кровь), позволяет диагностировать хронические нарушения обмена элемента в организме. Однако для утверждения о влиянии курения на усвоение кальция в организме и его обмен требуется проведение дополнительных исследований по изучению вопросов, связанных с поступлением кальция с пищей и обеспеченностью витамином D, одной из причин нарушения обмена которого также является курение.

Медь входит в состав многих витаминов, ферментов, гормонов, участвует в процессах кроветворения, обмена веществ и клеточного дыхания, синтезе соединительной ткани и пигмента меланина, передаче нервных импульсов, регуляции окислительно-восстановительных процессов, поддерживает нормальную структуру костей, хрящей и сухожилий, так как входит в состав белка коллагена, участвует в поддержании эластичности стенок кровеносных сосудов и кожи, поскольку входит в состав белка эластина, участвует в регуляции углеводного и белкового обменов. Среди курящих девушек избыток меди составляет 13 %, что в 3 раза чаще ($p = 0,05$), чем у курящих юношей. Среди курящих парней избыток меди составляет 4,8 %, в то время как среди некурящих избыток меди не встречается. В литературе отмечается, что, несмотря на то что медь относится к эссенциальным микроэлементам, ее избыточное содержание (превышение референсных норм) в организме весьма токсично для человека и может вызывать аллергические реакции, выпадение волос, поражение почек и нервной системы, нарушение менструального цикла, поражение головного мозга, снижать усвоение организмом железа, кобальта, цинка, молибдена, витамина А. Медь присутствует в табаке и в процессе курения может содержаться в табачном дыме, попадать в организм человека в виде аэрозоля в биологически и химически активной форме, а также обнаруживаться с течением времени в избытке в различных органах (хрусталик глаза [8]). Однако избыток меди в организме может быть связан и с другими факторами, изучение которых в рамках данных исследований не проводилось: загрязнением окружающей среды, приемом лекарственных средств (оральные контрацептивы, гормональные средства, препараты кортизона), способствующих усиленному выведению меди из организма, избыточное содержание которой может быть как раз и обнаружено в волосах. Нормальное содержание меди наблюдается у 50 % некурящих юношей и 33 % некурящих девушек. У некурящих юношей нормальное содержание меди встречается в 1,5 раза чаще, чем у некурящих девушек. Недостаток меди в организме характерен для 76,2 % курящих юношей и 26,7 % курящих девушек.

Медианное значение концентрации железа у курящих девушек ниже значений референсных норм. Избыток железа не наблюдается у девушек обеих групп, а недостаток встречается чаще, чем у юношей (в 1,02–1,3 раза, $p = 0,05$), что логично, так как известно, что в силу физиологических особенностей у женщин расход и потеря железа больше, чем у мужчин. Однако в группе курящих девушек недостаток более глубокий и встречается чаще. Нормальное содержание железа наблюдается у 50 % некурящих юношей и 58 % некурящих девушек, а у курящих юношей нормальное содержание железа встречается у 47,6 % (в 1,1 раза ($p = 0,05$) реже, чем у курящих юношей) и у 40 % курящих девушек (в 1,2 раза ($p = 0,05$) реже, чем у курящих юношей).

Медианные значения концентраций марганца у всех рассматриваемых групп входят в диапазон значений референсных норм. Среди курящих юношей избыток марганца составляет 29 %, в то время как среди некурящих избыток данного элемента не наблюдается. Избыточное содержание марганца может приводить к поражению центральной нервной системы. Наблюдается вялость, утомляемость, сонливость, заторможенность, ухудшение памяти, депрессия, нарушения мышечного тонуса, деформация костей, нервные расстройства. В больших количествах марганец может поражать легкие, сердечно-сосудистую систему, вызывать аллергический и мутагенный эффекты. Нормальное содержание марганца наблюдается в 1,2 раза ($p = 0,05$) у некурящих юношей (82 %), чем у некурящих девушек (67 %). Дефицит марганца может приводить к снижению памяти и скорости реакции, спазмам и судорогам, болям в мышцах,

двигательным расстройствам, деформации скелета, дегенеративным изменениям соединительной ткани и развитию остеопороза. При длительном дефиците марганца могут наблюдаться нарушения пигментации кожи, витилиго (нарушение синтеза меланина), уменьшение толерантности к глюкозе, гипохолестеринемия, нарастание избыточного веса, аллергии, провоцирует постоянную слабость, усталость и раздражительность. Недостаток Mn чаще встречался у юношей, причем в группе курящих юношей недостаток данного элемента был более выражен: недостаток Mn наблюдался в 1,05 раза чаще ($p = 0,05$) по сравнению с группой некурящих юношей и в 2,9 раза чаще ($p = 0,05$) – по сравнению с группой курящих девушек.

Медианные значения концентраций цинка у всех рассматриваемых групп входят в диапазон значений референсных норм. Среди курящих девушек недостаток цинка (26 %) встречается чаще, чем среди некурящих девушек (в 1,6 раз, $p = 0,05$) и курящих юношей (в 1,4 раза, $p = 0,05$). В зависимости от степени дефицита и его длительности, а также адаптационных возможностей организма человека симптомы и последствия недостатка цинка могут быть различными: со стороны кожных покровов, работы центральной нервной, иммунной систем. Кроме того, недостаток цинка способствует накоплению в организме железа, меди, кадмия, свинца в избыточных количествах.

Медианные значения концентраций хрома у всех рассматриваемых групп входят в диапазон значений референсных норм. Недостатка и избытка данного элемента, согласно используемым референсным нормам, не наблюдается.

Заключение

Среди 69 молодых людей МГЭИ им. А. Д. Сахарова было проведено анкетирование и отобраны пробы волос курящих (15 девушек и 21 юноша) со стажем курения в основном от 1 до 3 лет и некурящих (12 девушек и 21 юноша) молодых людей в возрасте 18–22 лет. В волосах отсутствует метаболическая активность, в результате чего накопленные в них элементы позволяют судить об их поступлении в организм за продолжительный период времени. Из опроса установлено, что юноши предпочитают обычные табачные изделия (81 %), а девушки отдают предпочтение электронным сигаретам (80 %). Однако в жидкостях электронных сигарет содержится никотин, и существуют факты [5–7], в том числе заявления Всемирной организации здравоохранения [14], свидетельствующие, что электронные сигареты вредны для здоровья и небезопасны. Понятие «курящие» рассматривали как собирательное, которое объединяет курильщиков классических сигарет и/или использующих электронные устройства. Количество сигарет, которое выкуривают молодые люди в день в среднем составляет 13 ± 1 штук/сутки (медиана – 12 штук/сутки). Количество «парений» (вдохов курительной смеси) у вейперов в среднем – 562 ± 25 вдохов/сутки (медиана – 525 вдохов/сутки). Причины курения расположились в следующий ряд: нервное перенапряжение (50 %) > «следование модным тенденциям» (22 %) > «влияние круга общения» = «для поднятия настроения» (14 %).

Концентрации элементов Cd и Hg были ниже предела чувствительности прибора и не выходили за пределы референсных норм. Концентрация Pb в волосах большинства обследованных была ниже чувствительности прибора (92,8 %), для 5,8 % – концентрация Pb в волосах определялась и была ниже референсных норм. В волосах человека – курящего юноши – концентрация свинца вышла за пределы верхнего биологически допустимого уровня (5 мг/кг).

Медианы концентраций Cr, Zn, Mn находились в диапазоне референсных норм. А медианы концентраций Ca в волосах девушек – выше референсных значений, Fe – в волосах курящих девушек и Cu – в волосах курящих юношей – ниже референсных норм.

В целом, медианы концентраций по всем исследованным элементам в волосах у курящих и некурящих молодых людей не имели статистических различий ($p = 0,05$). Однако медиана концентрации кальция в волосах курящих девушек незначимо ($p = 0,391$) выше в 1,2 раза, чем некурящих девушек; Cu – в 1,4 раза ($p = 0,516$); Cr – в 1,1 раза ($p = 0,153$); Mn – в 1,2 раза ($p = 0,775$) выше. В волосах курящих девушек медиана концентрации Fe в 1,4 раза ($p = 0,979$), Zn в 1,5 раза ($p = 0,242$) ниже по сравнению с показателями некурящих девушек. У курящих юношей медиана содержания Cr (в 1,1 раза, $p = 0,098$), Mn (в 1,6 раза, $p = 0,132$), Zn (в 1,02 раза, $p = 0,331$) выше и Cu (в 1,4 раза, $p = 0,07$), Fe (в 1,04 раза, $p = 0,884$) ниже по сравнению с показателями некурящих юношей.

У курящих юношей чаще встречается недостаток кальция (в 2 раза, $p = 0,05$), меди (в 1,5 раза), железа (1,2 раза), марганца (в 1,05 раза, $p = 0,05$) и избыток меди (на 4,8 %), марганца (на 28,6 %), чем у некурящих сверстников, у которых содержание меди в 2,6 раза, железа в 1,1 раза ($p = 0,05$), марганца – в 1,6 раза чаще находятся в диапазоне референсных значений. У курящих девушек чаще (в 1,5 раза) встречается избыток кальция, недостаток железа (1,4 раза) и цинка (в 1,6 раза, $p = 0,05$), чем у некурящих ровесниц, у которых концентрации кальция в 3 раза ($p = 0,05$), а железа в 1,5 раза чаще находятся в диапазоне референсных значений. Курящие девушки значимо ($p = 0,05$) чаще имеют дисбаланс таких элементов, как Cu (избыток), Fe (недостаток), Zn (недостаток) по сравнению с курящими юношами.

Таким образом, даже непродолжительный период курения (до 3-х лет) может оказывать влияние на биоэлементный статус молодых людей, значимо ($p = 0,05$) увеличивая частоту встречаемости недостатка Ca (в 2 раза), Mn (в 1,05 раза) и реже нормы Fe (в 1,1 раза) у юношей; увеличивая частоту встречаемости недостатка Zn (в 1,6 раза) и реже нормы Ca (в 3 раза) у курящих девушек. Хотя, несомненно, из-за наличия большого количества факторов, влияющих на поступление и метаболизм элементов в организме, неоднородности рассматриваемых групп по источнику поступления никотина, вопросы, кто больше подвержен дисбалансу биоэлементов (курящие юноши или девушки); какова роль курения в формировании микроэлементозов, требуют проведения дополнительных исследований (поступление элементов с пищей, обеспеченность витаминами, прием лекарственных средств, наличие заболеваний и т. д.).

Проведенные исследования расширяют теоретические представления о содержании макро- и микроэлементов в организме курящих и некурящих в возрасте 18–22 лет. Полученные данные о содержании макро- и микроэлементов в организме молодых людей необходимы для своевременной коррекции биоэлементного статуса молодежи, сохранения и укрепления их здоровья, а также пропаганды здорового образа жизни.

Библиографические ссылки

1. Чижова ТВ. Курение и показатели здоровья рабочих. *Гигиена и санитария*. 1990;1:55–57.
2. Румянцев АШ, Лындина МЛ, Шишкин АН. Курение и почки. *Нефрология*. 2018;22(1):9–28.
3. Pan A, Wang Y, Talaei M, B Hu F, Wu T. Relation of active, passive, and quitting smoking with incident type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2015;3(12):958–967.
4. Colombo ES, Davis J, Makvandi M, Aragon M, Lucas SN, Paffett ML, Campen MJ. Effects of nicotine on cardiovascular remodeling in a mouse model of systemic hypertension. *Cardiovascular toxicology*. 2013;13(4):364–369.
5. Golli NE, Jrad-Lamine A, Neffati H, Dkhili H, Rahali D, Dallagi Y, May MV, Fazaa S. Impact of e-cigarette refill liquid exposure on rat kidney. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2016;77:109–116.
6. Rubenstein DA, Hom S, Ghebrehiwet B, Yin W. Tobacco and e-cigarette products initiate Kupffer cell inflammatory responses. *Molecular immunology*. 2015;67(2Pt B):652–660.
7. Lauterstein DE, Tijerina PB, Corbett K, Oksuz BA, Shen SS, Gordon T, Klein CB, Zelikoff JT. Frontal cortex transcriptome analysis of mice exposed to electronic cigarettes during early life stages. *International journal of environmental research and public health*. 2016;13(4):417.
8. Матвейко НП, Брайкова АМ, Садовский ВВ. Содержание тяжелых металлов в дыме сигарет. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2014;27:146–152.
9. Матвейко НП, Брайкова АМ, Садовский ВВ. Определение содержания тяжелых металлов в табаке сигарет и продуктах его сгорания. *Вестник Белорусского государственного экономического университета*. 2014;3:65–70.
10. Соломенчук ТМ, Зербино ДД, Топилко ОЮ. Ксенобиотики в сигаретах и сигаретном дыме: курение легких сигарет не снижает риск попадания в организм человека тяжелых металлов. *Украинский медицинский журнал*. 2003;4(36):130–133.
11. Матвейко НП, Протасов СК, Садовский ВВ. Определение тяжелых металлов в волосах человека. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2013;25:95–98.
12. Скальная МГ, Демидов ВА, Скальный АВ. О пределах физиологического (нормального) содержания Ca, Mg, P, Fe, Zn и Cu в волосах человека. *Микроэлементы в медицине*. 2003;4(2):5–10.
13. Гресь НА, Скальный АВ, редакторы. *Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты*. Минск: Харвест; 2011. 352 с.
14. Табак: электронные сигареты. Вопросы и ответы [Интернет; процитировано 19 января 2024]. Всемирная организация здравоохранения. Доступно по: <https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/tobacco-e-cigarettes>.

References

1. Chizhova TV. *Kurenie i pokazateli zdorov'ya rabochikh* [Smoking and health indicators of workers]. *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation]. 1990;1:55–57. Russian.
2. Rumyantsev AS, Lyndina ML, Shishkin AN. Smoking and kidneys. *Nephrology* (Saint-Petersburg). 2018;22(1):9–28. Russian.
3. Pan A, Wang Y, Talaei M, B Hu F, Wu T. Relation of active, passive, and quitting smoking with incident type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Diabetes & Endocrinology*. 2015;3(12):958–967. DOI: 10.1016/S2213-8587(15)00316-2.
4. Colombo ES, Davis J, Makvandi M, Aragon M, Lucas SN, Paffett ML, Campen MJ. Effects of nicotine on cardiovascular remodeling in a mouse model of systemic hypertension. *Cardiovascular toxicology*. 2013;13(4):364–369. DOI: 10.1007/s12012-013-9217-z.
5. Golli NE, Jrad-Lamine A, Neffati H, Dkhili H, Rahali D, Dallagi Y, May MV, Fazaa S. Impact of e-cigarette refill liquid exposure on rat kidney. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2016;77:109–116. DOI: 10.1016/j.yrtph.2016.02.012.
6. Rubenstein DA, Hom S, Ghebrehiwet B, Yin W. Tobacco and e-cigarette products initiate Kupffer cell inflammatory responses. *Molecular immunology*. 2015;67(2 Pt B):652–660. DOI: 10.1016/j.molimm.2015.05.020.
7. Lauterstein DE, Tijerina PB, Corbett K, Oksuz BA, Shen SS, Gordon T, Klein CB, Zelikoff JT. Frontal cortex transcriptome analysis of mice exposed to electronic cigarettes during early life stages. *International journal of environmental research and public health*. 2016;13(4):417. DOI: 10.3390/ijerph13040417.
8. Matveiko NP, Braikova AM, Sadovskii VV. *Soderzhanie tyazhelykh metallov v dyme sigaret* [The content of heavy metals in cigarette smoke]. *Bulletin of the Vitebsk State Technological University*. 2014;27:146–152. Russian.

9. Matveiko NP, Braikova AM, Sadovskii VV Determination of heavy metal content in tobacco cigarettes and its combustion products. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Belarusian State University of Economics]. 2014;3:65–70. Russian.
10. Solomenchuk TM, Zerbino DD, Topilko OU Xenobiotics in cigarettes and cigarette smoke: light cigarettes smoking do not minimize a risk of getting in organism heavy metals. *Ukrainskii meditsinskii zhurnal* [Ukrainian Medical Journal]. 2003;4(36):130–133. Ukrainian.
11. Matveiko NP, Protasov SK, Sadovskii VV. *Opredelenie tyazhelykh metallov v volosakh cheloveka* [Determination of heavy metals in human hair]. *Bulletin of the Vitebsk State Technological University*. 2013;25:95–98. Russian.
12. Skalnaya MG, Demidov VA, Skalny AV. *O predelakh fiziologicheskogo (normal'nogo) sodержaniya Са, Mg, P, Fe, Zn i Cu v volosakh cheloveka* [About the limits of physiological (normal) content of Ca, Mg, P, Fe, Zn and Cu in human hair]. *Microelements in medicine*. 2003;4(2):5–10. Russian.
13. Gres NA, Skalny AV, editors. *Bioelementnyi status naseleniya Belarusi: ekologicheskie, fiziologicheskie i patologicheskie aspekty* [Bioelement status of the population of Belarus: ecological, physiological and pathological aspects]. Minsk: Harvest; 2011. 352 p. Russian.
14. Tobacco: E-cigarettes. Questions and answers [Internet, cited 2024 January 19]. World Health Organization. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/questions-and-answers/item/tobacco-e-cigarettes>.

Статья поступила в редакцию 21.02.2025.
Received by editorial board 21.02.2025.