

ЭКОЛОГИЯ

Ч Е Л О В Е К А

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

08.2019

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Основан в 1994 году

Основным направлением деятельности журнала является публикация научных исследований, посвященных проблемам экологии человека и имеющих как фундаментальное, так и прикладное значение. В журнале публикуются оригинальные статьи, обзоры и краткие сообщения по всем аспектам экологии человека и общественного здоровья. Предназначен для публикации материалов кандидатских и докторских диссертаций.

Главный редактор – Любовь Николаевна Горбатова (Архангельск)
Заместители главного редактора: А. Б. Гудков (Архангельск), И. Б. Ушаков (Москва)
Научный редактор – П. И. Сидоров (Архангельск)
Международный редактор – А. М. Гржибовский (Россия/Казахстан)
Ответственный секретарь – О. Н. Попова

Редакционная коллегия: Т. А. Бажукова (Архангельск), В. П. Быков (Архангельск), Н. В. Зайцева (Пермь), Б. В. Лабудин (Архангельск), В. И. Макарова (Архангельск), В. И. Малыгин (Северодвинск), С. И. Малявская (Архангельск), С. Л. Совершаева (Архангельск), А. Г. Соловьев (Архангельск), В. И. Торшин (Москва), Б. Ю. Филиппов (Архангельск), В. П. Чащин (Санкт-Петербург)

Председатель редакционного совета – В. А. Черешнев (Москва)

Редакционный совет: Р. В. Бузинов (Архангельск), А. Т. Быков (Сочи), А. Н. Глушков (Кемерово), С. Ф. Гончаров (Москва), В. А. Грачев (Москва), А. В. Грибанов (Архангельск), Ронда Джонсон (США), Н. В. Доршакова (Петрозаводск), С. А. Ефименко (Москва), П. С. Журавлев (Архангельск), Е. А. Ильин (Москва), Рамуне Каледене (Литва), С. И. Колесников (Москва), Пер Магнус (Норвегия), И. Г. Мосягин (Санкт-Петербург), Йон Ойвинд Одланд (Норвегия), Г. Г. Онищенко (Москва), В. И. Покровский (Москва), Керсти Пярна (Эстония), Арья Раутио (Финляндия), Ю. А. Рахманин (Москва), Г. А. Софронов (Санкт-Петербург), В. С. Фортыгин (Архангельск), Л. С. Щёголева (Архангельск), Кью Янг (Канада)

Редактор Н. С. Дурасова **Переводчик** О. В. Калашникова **Дизайн обложки и верстка** Г. Е. Волкова

Перепечатка текстов без разрешения журнала запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна

Адрес редакции и издателя: 163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, 51.

Тел. (8182) 20-65-63; e-mail: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Адрес типографии:

ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации
163000, г. Архангельск, пр. Троицкий, д. 51. Тел. (8182) 28-56-64, факс (8182) 20-61-90

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) 13 октября 2016 г. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-67426

Подписано в печать 14.06.19. Дата выхода в свет 15.08.19. Формат 60×90/8. Печать цифровая.

Уч.-изд. л. 7,3. Тираж 1000 экз., зак. 2116.

Индекс 20454. Цена свободная

© Северный государственный медицинский университет, г. Архангельск

HUMAN

ECOLOGY

PEER-REVIEWED SCIENTIFIC JOURNAL

08.2019

Publisher - Northern State Medical University
In continuous publication since 1994

Human Ecology is a peer-reviewed nationally and internationally circulated Russian journal with the main focus on research and practice in the fields of human ecology and public health. The Journal publishes original articles, reviews, short communications, educational materials and news. The primary audience of the Journal includes health professionals, environmental specialists, researchers and doctoral students. The journal is recommended by the Higher Attestation Committee of the Russian Federation for publication of materials from doctoral theses in health sciences.

Editor-in-Chief - Liubov Nikolaevna Gorbatova (Arkhangelsk)

Deputy Editors-in-Chief: A. B. Gudkov (Arkhangelsk), I. B. Ushakov (Moscow)

Science Editor - P. I. Sidorov (Arkhangelsk)

International Editor - A. M. Grjibovski (Russia/Kazakhstan)

Executive Secretary - O. N. Popova

Editorial Board: T. A. Bazhukova (Arkhangelsk), V. P. Bykov (Arkhangelsk), N. V. Zaitseva (Perm), B. V. Labudin (Arkhangelsk), V. I. Makarova (Arkhangelsk), V. I. Malygin (Severodvinsk), S. I. Malyavskaya (Arkhangelsk), S. L. Sovershaeva (Arkhangelsk), A. G. Soloviev (Arkhangelsk), V. I. Torshin (Moscow), B. Yu. Filippov (Arkhangelsk), V. P. Chashchin (Saint Petersburg)

Chairman of Editorial Council - V. A. Chereshnev (Moscow)

Editorial Council: R. V. Buzinov (Arkhangelsk), A. T. Bykov (Sochi), A. N. Glushkov (Kemerovo), S. F. Goncharov (Moscow), V. A. Grachev (Moscow), A. V. Griбанov (Arkhangelsk), Rhonda Johnson (USA), N. V. Dorshakova (Petrozavodsk), S. A. Efimenko (Moscow), P. S. Zuravlev (Arkhangelsk), E. A. Ilyin (Moscow), Ramune Kalediene (Lithuania), S. I. Kolesnikov (Moscow), Per Magnus (Norway), I. G. Mosyagin (Saint Petersburg), Jon Øyvind Odland (Norway), G. G. Onishchenko (Moscow), V. I. Pokrovsky (Moscow), Kersti Pärna (Estonia), Arja Rautio (Finland), Yu. A. Rakhmanin (Moscow), G. A. Sofronov (Saint Petersburg), V. S. Fortygin (Arkhangelsk), L. S. Shchegoleva (Arkhangelsk), Kue Young (Canada)

Editor N. S. Durasova **Translator** O. V. Kalashnikova **Cover design and make-up** G. E. Volkova

Editorial office: Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia.

Tel. +7 (8182) 20 65 63; email: rio@nsmu.ru; rionsmu@yandex.ru

Publisher: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Northern State Medical University»
of Ministry of Healthcare of Russian Federation

Troitsky Ave. 51, 163000 Arkhangelsk, Russia. Tel. +7 (8182) 28 56 64, fax +7 (8182) 20 61 90.

Registered by the Federal Supervision Agency for Information Technologies and Communications on 13.10.2016.

Certificate of Mass Media Registration ПИ № ФС 77-67426.

Format 60×90/8. Digital printing. Index 20454. Free price

© Northern State Medical University, Arkhangelsk

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Беляев Н. Г., Ржепаковский И. В., Писков С. И.**
Комплексное исследование влияния паров аммиака
на морфофункциональное состояние организма самок крыс 4

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

- Литовченко О. Г., Гусаченко Л. А.**
Концентрация антигенов эритроцитов
у мокша и эрзя Республики Мордовия 12

- Нифонтова О. Л., Конькова К. С.**
Особенности параметров внешнего дыхания
коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа –
Югры в возрасте 11–14 лет 18

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ МОРФОЛОГИЯ

- Бондарева Э. А., Задорожная Л. В., Хомякова И. А.**
А-аллель гена *FTO* ассоциирован с повышенным
накоплением жира у вегетарианцев 25

МЕНТАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Котцова О. Н., Аникина Н. Ю., Грибанов А. В.**
Структурно-функциональные особенности
физиологических систем у лиц с различными типами
полушарного доминирования (обзор) 32

СОЦИАЛЬНАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Ионова Т. И., Кирин В. Н., Шейдорова А. С.,
Порфирьева Н. М., Никитина Т. П., Сухонос Ю. А.,
Гудков А. Б., Чашин В. П.**
Популяционное исследование качества жизни
населения Чукотского автономного округа 41

МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

- Боронникова С. В., Васильева Ю. С.,
Бурлуцкая М. Ю., Гаврикова Е. П.**
Генетический полиморфизм спортсменов
с разным спортивным стажем 50

- Улитовский С. Б., Калинина О. В.**
Распространенность некариозных поражений зубов
у беременных и их взаимосвязь с экологией полости рта 58

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРОВ АММИАКА НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ОРГАНИЗМА САМОК КРЫС

© 2019 г. Н. Г. Беляев, И. В. Ржепаковский, С. И. Писков

ФГАУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

Цель – изучить на экспериментальной модели хроническое воздействие паров аммиака предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны на морфофункциональное состояние самок крыс. *Методы*. Затравку животных аммиаком в дозе 20 мг/м³ осуществляли модифицированным камерным методом на протяжении 45 дней по 2 часа. Морфофункциональное состояние самок крыс, подверженных воздействию аммиака, изучалось в сравнении с состоянием животных контрольной группы, находившихся в обычной воздушной среде. Эксперимент включал оценку эритроцитарных, лейкоцитарных и тромбоцитарных параметров крови, определение уровня гонадотропинов и половых гормонов, морфометрию надпочечников, половых органов, микрофотографическое исследование бедренных костей. *Результаты*. Затравка крыс аммиаком сопровождалась увеличением в крови количества эритроцитов, лейкоцитов, ростом гематокрита, снижением объема эритроцитов, концентрации гемоглобина, а также уменьшением среднего содержания и концентрации гемоглобина в эритроците, увеличением общей концентрации тромбоцитов при снижении их общего объема. Ингаляции животных аммиаком привели к гипертрофии сердца на 23,8 %, надпочечников на 41,0 %, отставанию линейных размеров матки более чем на 36 % и уменьшению ее массы на 47,0 %. Гормональный статус характеризовался увеличением на 52,8 % уровня в крови тестостерона и снижением на 27,5 % и 11,2 % концентраций эстрадиола и фолликулостимулирующего гормона. Минеральная плотность трабекулярного и кортикального отделов бедренных костей животных, подверженных воздействию аммиака, составила (0,13 ± 0,01) и (1,17 ± 0,01) г/см³ против (0,27 ± 0,03) и (1,24 ± 0,01) г/см³ в контроле соответственно. Количество и толщина трабекул эпифизарной части бедренной кости уменьшилась на 27,4 и 22,7 % соответственно. *Выводы*. Влияние паров аммиака на организм самок крыс сопровождалось негативными изменениями в состоянии периферической крови, в содержании гонадотропинов и соотношении половых гормонов, гипоплазией половых органов, снижением минеральной плотности костей и разрежением трабекулярной костной структуры.

Ключевые слова: аммиак, кровь, репродуктивная система, гонадотропины, половые гормоны, минеральная плотность кости, трабекулярная структура костной ткани

COMPLEX STUDY OF THE VAPOROUS AMMONIA INFLUENCE ON THE MORPHOFUNCTIONAL STATUS OF THE FEMALE RATS ORGANISM

N. G. Belyaev, I. V. Rzhepakovsky, S. I. Piskov

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

The aim: to study on the experimental model the chronic effect of vaporous ammonia of the maximum permissible concentration for the working area air on the morphofunctional state of female rats. *Methods:* Rats' primer to ammonia at a dose of 20 mg/m³ was carried out using a modified chamber method for 2 hours per day for 45 days. The morphofunctional state of female rats exposed to ammonia was studied in comparison with a control group of animals in a regular air environment. The experiment included evaluation of erythrocyte, leukocyte and platelet blood parameters, level detection of gonadotropins and sex hormones, morphometry of the adrenal glands, genitalia, microtomography of the femoral bones. *Results:* Ammonia priming of rats was accompanied by an increase in number of red blood cells, white blood cells, an increase in hematocrit, a decrease in volume of red blood cells, hemoglobin concentration, as well as a decrease in the average content and concentration of hemoglobin in the erythrocyte and an increase in the total platelet concentration with a decrease in their total volume. Animals' inhalation with ammonia led to cardiac and adrenal gland hypertrophy (23.8 % and 41.0 % increase, respectively) and a decrease of the uterus' size by 36 % and mass by 47.0 %. Testosterone increased by 52.8 % and estradiol decreased by 27.5 % and FSH by 11.2 %, respectively. The mineral density of the trabecular and cortical parts of the femoral bones of animals exposed to ammonia was (0.13 ± 0.01) and (1.17 ± 0.01) g / cm³ against (0.27 ± 0.03) and (1, 24 ± 0.01) g / cm³ in the control group, respectively. Number and thickness of trabeculae of the epiphyseal part of the femoral bone decreased to 27.4 % and 22.7 %, respectively. *Conclusions:* The effect of vaporous ammonia on the organism of female rats was accompanied by negative changes in the state of peripheral blood, in the content of gonadotropins and the ratio of sex hormones, hypoplasia of the genitalia, a decrease in bone mineral density and a rarefaction of the trabecular bone structure.

Key words: ammonia, blood, reproductive system, gonadotropins, sex hormones, bone mineral density, trabecular bone structure

Библиографическая ссылка:

Беляев Н. Г., Ржепаковский И. В., Писков С. И. Комплексное исследование влияния паров аммиака на морфофункциональное состояние организма самок крыс // Экология человека. 2019. № 8. С. 4–11.

Belyaev N. G., Rzhepakovsky I. V., Piskov S. I. Complex Study of the Vaporous Ammonia Influence on the Morphofunctional Status of the Female Rats Organism. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 4-11.

Организм — это открытая система, находящаяся в постоянном контакте с окружающей средой, качество которой во многом определяет его гомеостатические параметры. В связи с этим из года в год не перестает быть актуальным всестороннее исследование

морфофункционального состояния систем организма человека и животных в изменяющихся условиях техногенных факторов. В частности, воздействия соединений азотной группы, выступающих одними из самых распространенных органических загрязнителей [16].

Основным контингентом, подверженным неблагоприятному воздействию таких веществ, являются работники химической промышленности и сельского хозяйства [7, 11]. При этом более половины производств — это предприятия, применяющие и производящие аммиак [9]. Аммиак — это агрессивный газ, который хорошо растворяется в воде, легко проникает в кровь и воздействует на различные органы [26]. Поэтому комплексная оценка влияния данного вещества на организм сегодня становится важным аспектом в прогнозировании и предупреждении различных патологий. В особенности это важно для женского организма, физиологические системы которого, в частности репродуктивная, считаются чувствительными к токсическому воздействию различных веществ.

Изучению продолжительного воздействия на организм фоновых и предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ не всегда уделялось должное внимание. Сегодня интерес к этой теме возрос в связи с появлением данных [3, 14] о негативном влиянии низких доз органических загрязнителей на организм и экспериментальных доказательств, указывающих на необходимость пересмотра утвержденных предельно допустимых концентраций токсических веществ в частности для воздуха рабочих зон [23].

Что касается аммиака, то сегодня имеются сведения в основном о воздействии его высоких (токсичных и субтоксичных) доз на морфофункциональное состояние организма. К примеру, изучена острая токсичность и повреждение легких и бронхов после ингаляции высоких доз аммиака у крыс [21, 22]. Дана сравнительная оценка сенсорного раздражения дыхательных путей у белых крыс газообразным аммиаком в высоких концентрациях от 92 до 1 243 мг/м³ при различной влажности атмосферного воздуха [27]. Установлено, что пары аммиака в концентрациях, в несколько раз превышающих предельно допустимые, вызывают некроз, апоптотические реакции и дегенеративные изменения печени, сопровождающиеся изменением уровня ферментативных параметров крови у крыс [24]. При этом доступных сведений о хроническом влиянии паров аммиака в низких и предельно допустимых дозах, выступающих фоновыми концентрациями для химических производств, на системы органов человека и животных практически нет.

Интерес изучения вызван также эколого-региональными особенностями Северо-Кавказского федерального округа. Только на территории Ставропольского региона осуществляют свою деятельность более 400 больших и малых предприятий и организаций, имеющих стационарные источники загрязнения, основным лидером среди которых выступает «Невинномысский Азот» — химическое предприятие, входящее в группу «ЕвроХим» и занимающее первое место в России по выпуску азотных удобрений и четвертое по производству аммиака. К тому же в соответствии с долгосрочным прогнозом развития химической отрасли до 2030 г. перед предприятием поставлены задачи обеспечения запроса на новые

высокотехнологичные материалы со стороны строительства, машиностроения, медицины и внедрения инновационных технологий производства новых видов удобрений [5]. Это, несомненно, повлечет за собой нагрузку на предприятие, его расширение и увеличение рабочего штата.

В связи с вышесказанным целью исследования являлось изучение на экспериментальной модели хронического воздействия паров аммиака предельно допустимой концентрации для воздуха рабочей зоны на морфофункциональное состояние самок крыс.

Задачи исследования: 1) оценка влияния паров аммиака на основные гематологические показатели лабораторных животных; 2) оценка по гормональному статусу и морфометрическим параметрам внутренних половых органов состояния репродуктивной системы самок крыс, подверженных затравке аммиаком; 3) определение влияния газообразного аммиака на структуру костной ткани животных.

Методы

Опыты выполнены на 30 самках крыс линии *Wistar*, которые были введены в эксперимент в возрасте 2,5 месяца с начальной массой 70–85 г. Животные содержались в стандартных условиях вивария в контролируемых условиях окружающей среды (температура 18–22 °С, относительная влажность воздуха 50–65 %), где поддерживался 12-часовой цикл освещения. Крысы находились на стандартном пищевом рационе при свободном доступе к корму и воде.

В соответствии с целью исследования животные случайным образом были разделены на две группы по 15 крыс в каждой. Опытную группу составили животные, подвергавшиеся ингаляционному воздействию паров аммиака на протяжении 45 суток по 2 часа в день. Животные контрольной группы находились в обычной воздушной среде.

Затравку животных парами аммиака осуществляли модифицированным камерным методом в динамическом режиме, т. е. с обеспечением принудительного притока и оттока воздуха. Внутри камеры находился тигель с перфорированной крышкой, обеспечивающей постепенное испарение 25 % водного раствора аммиака и поддержание его в дозе 20 мг/м³, соответствующей предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны [5, 15].

После окончания эксперимента животных взвешивали и выводили из опыта путем декапитации под эфирным наркозом. Оценка параметров форменных элементов крови проводилась с использованием автоматического гематологического анализатора «Medonic-M20C» (Boule Medical AB, Швеция). Определение концентраций фолликулостимулирующего гормона (ФСГ) и лютеинизирующего гормона (ЛГ), тестостерона, эстрадиола осуществлялось в плазме крови методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием анализатора «Униплан АИФР-01» (Россия) и соответствующих наборов для лабораторной диагностики крыс «Rat Elisa Assay Kit».

Забор крови для исследований производился в фазу проэструса эстрального цикла крыс, определяемому общепринятым кольпоцитологическим методом [1]. Плазму крови получали с помощью центрифуги с опцией охлаждения MicroCL 17R (Thermo, США) при 3 000 оборотах в течение 10 минут.

Патоморфологическому исследованию, а именно морфометрии, подлежали внутренние половые органы и надпочечники. Яичники и матку извлекали единым комплексом с окружающей жировой тканью и тщательно препарировали. Массу органов измеряли с помощью прецизионных весов ML203E (Mettler Toledo, Китай) с точностью до 1 мг. Размеры органов определяли с использованием электронного штангенциркуля ШЦЦ-II-250-0,01-60 (КРИН, Россия) с точностью измерения до 0,01 мм.

Оценка минеральной плотности и структуры костной ткани животных проводилась *ex vivo* на отобранных при вскрытии бедренных костях. Исследование проводилось с использованием компьютерного рентгеновского микротомографа SkyScan 1176 (Bruker-microCT, Бельгия). Процедура сканирования осуществлялась в соответствии с официальными рекомендациями производителя [https://www.bruker.com/products/microtomography/academy/academy.html]. Полимерные диски (плотностью 0,25 и 0,75 г/см³ гидроксиапатита) использовались в качестве эталонных стандартов для определения относительной плотности и сканировались при тех же параметрах, что и бедренные кости крыс [17].

Сканированные бедренные кости крыс реконструировали с помощью компьютерной программы Nrecon (1.7.1.0, Bruker-microCT, Бельгия). Анализ данных, визуализация, определение структуры, минеральной плотности кортикальной и трабекулярной областей бедренных костей проводили с использованием программы STAn (1.13.11.0, Bruker-microCT, Бельгия) [18, 19].

Все манипуляции с животными выполнялись согласно основным этическим принципам в сфере биоэтики, которые изложены в «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей», а также в соответствии с рекомендациями «О правовых, законодательных и этических нормах и требованиях при выполнении научных морфологических исследований» [8, 20].

Полученные количественные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики с использованием статистических пакетов Statistics for Windows v.6.0 и Biostat (version 4.03). Для оценки статистической значимости различий между выборками применялся t-критерий Стьюдента при нормальном распределении переменных и критерий Манна – Уитни в случае отсутствия согласия данных с нормальным распределением. Полученные результаты фиксировали в виде среднего арифметического ± стандартная ошибка среднего арифметического ($M \pm m$). О достоверности различий величин исследуемых показателей судили при $P \leq 0,05$.

Результаты

Согласно полученным результатам в контрольной группе средняя масса тела животных с (78,4 ± 1,9) г на момент начала эксперимента увеличилась до (250,3 ± 4,2). В опытной группе исходная масса тела (79,2 ± 1,3) г за аналогичный период возросла до (175,4 ± 2,6) г, что указывает на выраженное статистически значимое ($P < 0,001$) отставание в темпах увеличения массы тела крыс опытной группы.

Средние значения параметров красной крови у животных экспериментальных групп также имели значительные отличия. Опытная группа проявилась увеличением количества эритроцитов, ростом гематокрита, снижением объема эритроцитов и всех количественных показателей гемоглобина (табл. 1).

Таблица 1

Уровень эритроцитарных параметров и показателей гемоглобина у животных контрольной и опытной групп на время окончания эксперимента, $M \pm m$

Параметр	Контрольная группа	Опытная группа	P
Общая концентрация эритроцитов, 10 ¹² /л	5,7±0,3	7,4±0,2	<0,001
Средний объем эритроцита, мкм ³	55,5±0,7	52,7±0,1	<0,001
Ширина распределения эритроцитов в %	12,9±0,8	14,2±0,2	0,141
Ширина распределения эритроцитов в абсолютном значении, мкм ³	30,4±0,8	31,5±0,15	0,233
Гематокрит, %	40,5±1,5	48,7±2,8	0,015
Концентрация гемоглобина, г/л	149,3±5,2	114,0±7,1	<0,001
Среднее содержание гемоглобина в эритроците, пг	20,2±0,2	18,1±0,2	<0,001
Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, г/л	360,1±4,1	350,5±1,5	0,036

Примечание. Здесь и в табл. 2: P – значимость отличий по сравнению с данными контрольной группы.

При анализе тромбоцитарных параметров крови животных в опытной группе по сравнению с контрольной было зарегистрировано значительное увеличение общей концентрации тромбоцитов при снижении их среднего объема (табл. 2).

Таблица 2

Уровень тромбоцитарных параметров крови животных контрольной и опытной групп на время окончания эксперимента, $M \pm m$

Параметр	Контрольная группа	Опытная группа	P
Общая концентрация тромбоцитов, 10 ⁹ /л	410,0 ± 15,0	746,0 ± 28,6	< 0,001
Средний объем тромбоцита, мкм ³	6,4 ± 0,1	6,0 ± 0,1	0,021
Ширина распределения тромбоцитов, мкм ³	8,5 ± 0,2	8,2 ± 0,1	0,209
Тромбокрит, %	0,54 ± 0,1	0,43 ± 0,1	0,502
Макротромбоциты, %	5,1 ± 0,8	4,9 ± 0,5	0,833

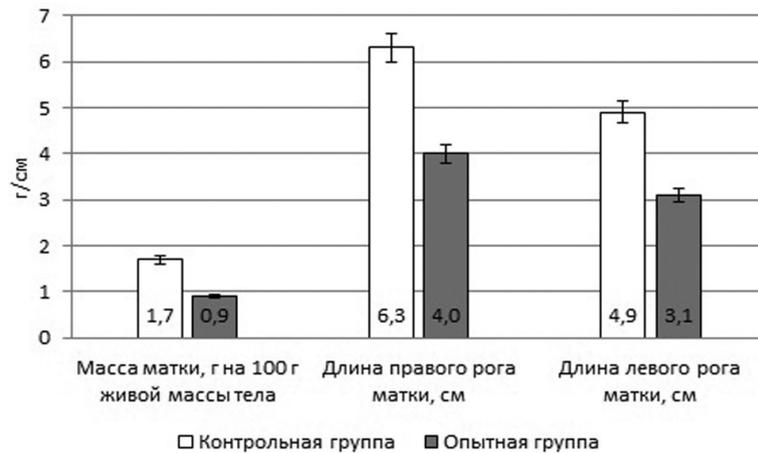


Рис. 1. Морфометрические показатели матки крыс на момент окончания эксперимента

Статистически значимым оказалось и различие в средних величинах общего количества лейкоцитов в крови крыс исследуемых групп. В контрольной группе этот показатель насчитывал $(7,3 \pm 0,2) \times 10^9/\text{л}$, в опытной составил $(8,6 \pm 0,3) \times 10^9/\text{л}$ ($P = 0,002$).

Масса сердца к моменту окончания эксперимента в контрольной группе составила $(0,63 \pm 0,02)$ г на 100 г живой массы тела, а у животных, подвергавшихся ингаляционной заправке парами аммиака, — $(0,78 \pm 0,01)$ г на 100 г живой массы тела ($P < 0,001$).

В процессе морфометрии органов репродуктивной системы самок крыс выявлено статистически значимое отставание средних линейных размеров тела матки и правого и левого рогов матки в опытной группе по сравнению с контрольной на 36,5 % ($P < 0,001$) и на 36,7 % ($P < 0,001$) соответственно. Аналогичная динамика показателей регистрировалась и при оценке массы — уменьшение на 47,0 % ($P < 0,001$) (рис. 1).

Статистически значимые отличия зарегистрированы и для массы надпочечников. У самок крыс контрольной группы средняя масса левых надпочечников составляла $(8,9 \pm 0,5)$, правых — $(7,6 \pm 0,4)$ мг на 100 г живой массы тела, в опытной группе $(12,6 \pm 0,8)$ ($P < 0,001$) и $(10,8 \pm 0,2)$ мг на 100 г ($P < 0,001$) соответственно.

Гормональный статус крови самок крыс контрольной группы в динамике 0–45 дней не проявился статистически значимыми изменениями его показателей и характеризовался лишь некоторой тенденцией к увеличению уровня ФСГ и эстрадиола, что является закономерным изменением, характерным для возраста задействованных в эксперименте животных (рис. 2).

Гормональный статус самок крыс опытной группы после 45-дневной заправки парами аммиака характеризовался статистически значимым увеличением на 52,8 % концентрации в крови тестостерона ($P < 0,001$) и снижением на 27,5 и 11,2 % уровня эстрадиола ($P < 0,001$) и ФСГ ($P = 0,028$) соответственно.

Согласно микрофотографическим данным бедренных костей животные опытной группы характеризовались более низкими величинами как трабекулярной, так и кортикальной минеральной плотности кости. К концу эксперимента минеральная плотность трабекулярного отдела костей крыс контрольной группы составила $(0,27 \pm 0,03)$ г/см³ и более чем в 2 раза превышала таковую в опытной группе животных $(0,13 \pm 0,01)$ г/см³ ($P < 0,001$). Минеральная плотность кортикальной части составила $(1,24 \pm 0,01)$ и $(1,17 \pm 0,01)$ г/см³ ($P < 0,001$) соответственно.

В бедренных костях самок крыс опытной группы наблюдались изменения рентгеноструктуры по

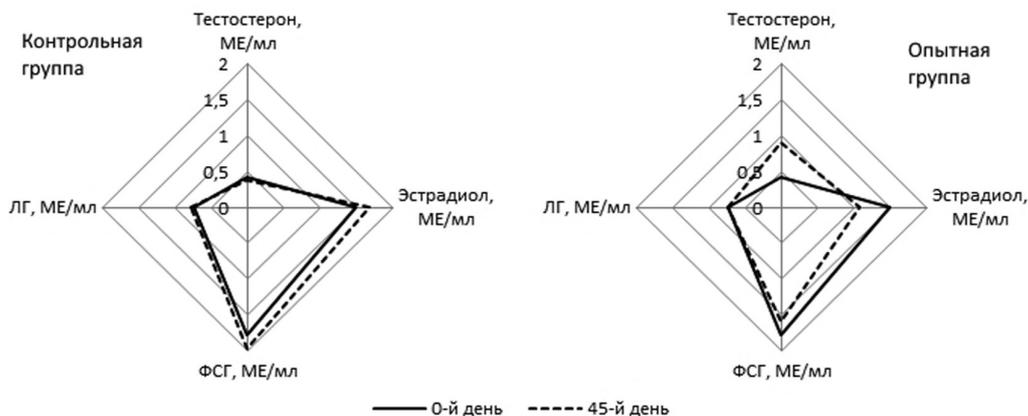


Рис. 2. Динамика гормонального статуса самок крыс в условиях заправки парами аммиака

сравнению с контрольной группой. Уменьшилось количество трабекул, увеличилось расстояние между ними (рис. 3).

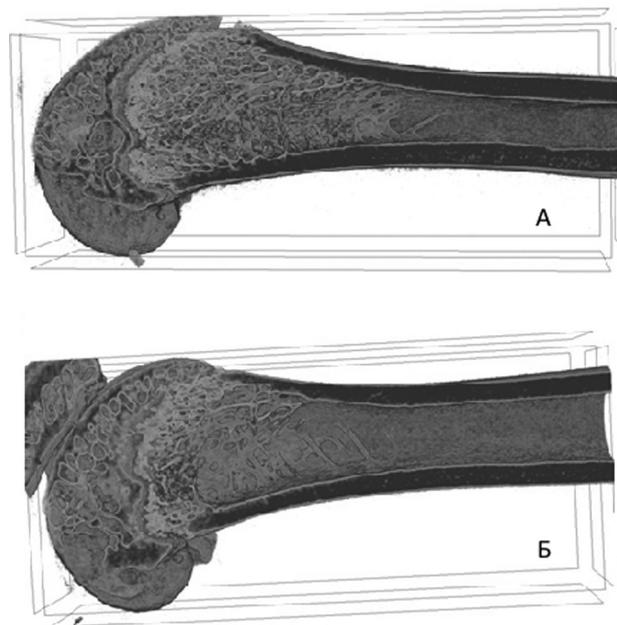


Рис. 3. Уменьшение доли трабекул в эпифизарной зоне бедренной кости крыс в условиях затравки парами аммиака. (А) Контрольная группа. (Б) Опытная группа (рентгеновская микротомография бедренных костей крыс. 3D-модель)

Доля трабекул к объему взятой для исследования зоны эпифизарной части бедренной кости в опытной группе составила $(18,71 \pm 0,8) \%$, у животных контрольной группы – $(25,76 \pm 1,7) \%$ ($P < 0,001$). Средняя толщина трабекул составила $(83,5 \pm 0,5)$ и $(108,0 \pm 2,8)$ мкм ($P < 0,001$) соответственно.

Обсуждение результатов

Проведены исследования хронического воздействия предельно допустимой концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны на морфофункциональное состояние организма самок крыс.

Согласно полученным данным хроническая ингаляционная затравка самок крыс аммиаком в исследуемой дозе оказала угнетающее действие на темпы увеличения массы тела животных. Данный факт, вероятно, обусловлен способностью аммиака легко проникать через мембраны клеток и сдвигать в митохондриях реакцию, катализируемую глутаматдегидрогеназой, в сторону образования глутамата. Уменьшение концентрации α -кетоглутарата вызывает угнетение обмена аминокислот и, как следствие, нарушение цикла Кребса, то есть гипохроническое состояние организма.

Ингаляционная затравка животных аммиаком сопровождалась увеличением концентрации эритроцитов и гематокрита крови. Подобный эффект, возможно, связан с повышением сродства гемоглобина с кислородом в присутствии ионов аммония NH_4^+ (эффект Бора). В результате отдача кислорода тка-

ням снижается, и клетки организма функционируют в условиях легкой гипоксии, что является стимулом к эритроцитозу.

Низкие величины концентрации гемоглобина в крови, среднего содержания гемоглобина и средней концентрации гемоглобина в эритроците также выступают фактором, стимулирующим эритроцитоз в организме животных опытной группы.

Высокое содержание общей концентрации эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов и, как результат, высокий гематокрит и ухудшение реологических свойств крови, возможно, также связаны и с потерей жидкости организмом, что регистрируется при попадании аммиака в организм.

Известно, что в названных условиях возрастает нагрузка на кардиомиоциты. На первых этапах это способствует увеличению силы сокращения кардиомиоцитов и приводит к гипертрофии сердца. В связи с этим дополнительно проводилась оценка массы сердца экспериментальных животных, и было выявлено, что у животных, подвергавшихся затравке аммиаком, масса сердца увеличилась на 25 %. Длительное функционирование органа в таком режиме может привести к перенапряжению органа и развитию патологии.

Следующим этапом работы являлось исследование морфофункционального состояния репродуктивной системы самок крыс, подвергавшихся затравке парами аммиака. Интерес к данной системе определяется тем, что в неблагоприятных условиях среды эта система одной из первых реагирует на действие повреждающих факторов изменением характера функционирования и структурными перестройками в клетках, тканях и органах полового аппарата. Эти свойства позволяют рассматривать репродуктивную систему как индикатор благополучия среды обитания.

Зарегистрированное уменьшение линейных размеров и массы внутренних половых органов животных на фоне ингаляций аммиаком мы связываем с гиперандрогенией. Это состояние может обеспечиваться как усилением функциональной активности надпочечников, так и изменением характера гормональной секреции яичников. Надпочечникам принадлежит ведущая роль в становлении адаптивных реакций, но при этом через гипоталамо-гипофизарно-адренкортикальную систему (ГГАС) реализуются опосредованные влияния неблагоприятных факторов на репродуктивную систему [10, 13]. В настоящем исследовании подтверждением активности ГГАС является выявленная гипертрофия надпочечников, позволяющая судить о степени их участия в формировании защитных механизмов к действию конкретного повреждающего фактора среды.

Необходимо отметить, что влияние кортикостероидов на репродуктивную систему осуществляется как через центральные, так и через периферические звенья гипофизарно-яичниковой оси. Так, наряду с увеличением концентрации тестостерона в организме самок крыс, подвергавшихся затравке аммиаком, отмечалось и снижение концентрации ФСГ.

Одним из факторов повышения концентрации тестостерона являются морфофункциональные изменения в яичниках, связанные с увеличением процента атрезирующих вторичных и третичных фолликулов [2]. В атрезирующих фолликулах снижается продукция эстрадиола, но сохраняется способность к секреции тестостерона. Высокий процент атрезирующих фолликулов в яичниках следует расценивать как одну из форм адаптивных реакций женского организма на длительно действующий неблагоприятный фактор. Следовательно, можно предположить, что регистрируемое увеличение концентрации тестостерона в организме самок крыс, подвергавшихся затравке аммиаком, является результатом изменения характера секреторной активности яичников, результатом гипертрофии надпочечников и соответственно увеличением их функциональной активности.

Нельзя исключить и такой немаловажный фактор в отставании линейных размеров внутренних половых органов самок крыс опытной группы, как отрицательный перекрестный эффект адаптации [6]. Органы репродуктивной системы непосредственно не задействованы в адаптации к возмущающим факторам окружающей среды, соответственно в этих ситуациях будет отмечаться снижение их кровоснабжения и, как следствие, недостаточное поступление энергетического и пластического материала.

При изучении морфофункционального состояния животных, подвергавшихся ингаляционной затравке аммиаком, оценивались изменения структуры костной ткани. Использование уникального метода компьютерной рентгеновской микрофотографии позволило выявить снижение минеральной плотности как кортикального, так и трабекулярного отделов бедренной кости. В большей степени снижение минеральной плотности происходило в трабекулярном отделе кости. Полученные результаты сочетаются с данными [25], свидетельствующими об увеличении сывороточного кальция в крови у крыс в результате усиленной деминерализации кости в ответ на хронический ацидоз, вызванный пероральным применением высоких доз водного раствора аммиака.

Полученные результаты, возможно, обусловлены изменениями гормонального статуса, который выступает мощным эндогенным фактором, определяющим морфофункциональное состояние скелета. Прежде всего это изменение соотношения эстрадиола и тестостерона. Снижение концентрации эстрадиола в женском организме, как правило, может иметь серьезные последствия для скелета, запуская патогенетические механизмы снижения минеральной плотности костной ткани.

Нельзя исключить и непосредственное ингибирующее воздействие аммиака на белковый обмен. Учитывая, что трабекулярный отдел кости метаболически более активен, негативное воздействие экзогенного фактора в первую очередь будет проявляться именно в этом отделе.

Таким образом, полученные данные демонстрируют,

что ингаляционная затравка самок крыс парами аммиака в дозе, соответствующей предельно допустимой концентрации в воздухе рабочей зоны, сопровождается негативными изменениями в состоянии периферической крови, в содержании гонадотропинов и соотношении половых гормонов, гипоплазией органов репродуктивной системы, снижением минеральной плотности костей и разрежением трабекулярной костной структуры.

Авторство

Беляев Н. Г. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, обеспечил получение, анализ и интерпретацию данных результатов гематологических и гормональных исследований, подготовил первый вариант статьи и окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Ржепаковский И. В. внес существенный вклад в концепцию и дизайн проведенного исследования, обеспечил получение, анализ и интерпретацию данных микрофотографического исследования костей животных, участвовал в подготовке первого варианта статьи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись; Писков С. И. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, обеспечил получение, анализ и интерпретацию данных патоморфологического исследования животных, участвовал в подготовке первого варианта статьи, окончательно утвердил присланную в редакцию рукопись.

Беляев Николай Георгиевич — SPIN 9666-2587; ORCID 0000-0003-1751-1053

Ржепаковский Игорь Владимирович — SPIN 4406-8285; ORCID 0000-0002-2632-8923

Писков Сергей Иванович — SPIN 3861-8679; ORCID 0000-0002-5558-5486

Список литературы

1. *Бабичев В. Н.* Нейрогормональная регуляция овариального цикла. М.: Медицина, 1984. 240 с.
2. *Беляев Н. Г., Самойленко В. Ю., Сулов К. Ю.* Возможные механизмы спортивной гиперандрогении // Вестник Ставропольского государственного университета. 2011. Вып. 74. С. 75–81.
3. *Волошина И. С.* Последствия влияния паров толуола на репродуктивную систему крыс-самцов // Тихоокеанский медицинский журнал. 2017. № 3. С. 54–58. DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.3.54–58.
4. *Кайль В. В.* Обоснования выбора стратегии развития предприятий в составе российского химического комплекса // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2016. № 2 (54). С. 177–183.
5. *Маланьев А. В., Асланов Р. М.* Влияние препарата РИА-1 и паров аммиака на организм животных // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 75–77.
6. *Меерсон Ф. З., Пшенникова М. Г.* Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам. М.: Медицина, 1988. 256 с.
7. *Механтьева Л. Е.* Влияние предприятий по производству минеральных удобрений на репродуктивное здоровье женщин // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2007. Т. 6, № 2. С. 389–394.
8. *Мишалов В. Д., Чайковский И. В., Твердохлеб Ю. Б.* О правовых, законодательных и этических нормах и условиях при выполнении научных морфологических исследований // Морфология. 2007. Т. 1, № 2. С. 108–115.

9. Папуниди К. Х., Трemasов М. Я. Разработка средств защиты животных от отравлений парами аммиака // Тезисы докладов 3-го съезда токсикологов России / под. ред. акад. РАМН, проф. Г. Г. Онищенко и член.-корр. РАМН, проф. Б. А. Курляндского. М., 2008. С. 205–206.
10. Подзолкова Н. М., Глазкова О. Л., Шаранова Г. А., Курченко И. В., Фадеев И. Е. Экологические аспекты репродуктивной медицины: женщины в опасной и вредной профессиональной среде // Акушерство и гинекология. 2006. Прил. С. 24–27.
11. Помыткина Т. Е. Состояние здоровья работников при производстве соединений азотной группы (обзор литературы) // Гигиена и санитария. 2014. № 2. С. 39–44.
12. Родиченко Е. П., Яглова Н. В., Яглов В. В., Обернихин С. С. Влияние хронического воздействия низких доз ДДТ на морфофункциональное состояние тимуса крыс // Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2013. № 2. С. 36–42.
13. Тинников А. А. Роль гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в регуляции полового развития // Успехи современной биологии. 1990. Т. 110, вып. 3 (6). С. 419–429.
14. Яглова Н. В., Родиченко Е. П., Яглов В. В. Изменения цитокинового профиля у крыс вистар при длительном воздействии низких доз ДДТ // Иммунология. 2012. № 2. С. 92–102.
15. ГН 2.2.5.68698. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Введ. 1998-02-04. М., 1998.
16. Anjana N. S., Marnath A. A., Harindranathan Nair M. V. Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system // Journal of environmental management. 2018. 210. P. 201-209. DOI: 10.1016/J.JENVMAN.2018.01.021.
17. Arshidze D. A., Timchenko L. D., Rzhepakovsky I. V., Kozlova M. A., Kusnetsova I. A., Syomin I. A. Morphofunctional condition of bones and hippocampus of white rats at experimental intoxication with aluminium chloride // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. Vol. 8 (1). P. 1411–1417.
18. Arshidze D. A., Timchenko L. D., Rzhepakovsky I. V., Kozlova M. A., Syomin I. A., Kusnetsova I. A. Influence of the preparation «Nicavet-1000» on a morphofunctional condition of some organs of rats at experimental aluminium intoxication // Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences. 2017. Vol 7(4). P. 183–192. DOI:10.6000/1927-5951.2017.07.04.5.
19. Boussein M. L., Boyd S. K., Christiansen B. A., Guldborg R. E., Jepsen K. J., Muller R. Guidelines for assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography // Journal of Bone and Mineral Research. 2010. Vol. 25, N 7. P. 1468–1486. DOI:10.1002/jbmr.141.
20. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes. coun. of Europe. Strasbourg, 1986. 53 p.
21. Perkins M. W., Wong B., Tressler J., Coggins A., Rodriguez A., Devorak J., Sciuto A. M. Assessment of inhaled acute ammonia-induced lung injury in rats // Inhal Toxicol. 2016. Vol. 28, N 2. P. 71–79. DOI: 10.3109/08958378.2015.
22. Perkins M. W., Wong B., Tressler J., Rodriguez A., Sherman K., Andres J., Devorak J. L., Wilkins W., Sciuto A. M. Adverse respiratory effects in rats following inhalation exposure to ammonia: respiratory dynamics and histopathology // Inhal Toxicol. 2017 Jan; Vol. 29, N 1. P. 32–41. DOI: 10.1080/08958378.2016.1277571.
23. Rohintualeka Abdul, Hasyim Herlina Novita, Puspita Sischa Bangkit, Nurcahyono Nanang Safe. Limits Concentration of Ammonia at Work environments through CD8 expression in Rats // Indian Journal of Public Health Research & Development. 2018. Vol. 9, Iss. 1. P. 31–36. DOI: 10.5958/0976-5506.2018.00006.2.
24. Sandeep Asthana, Firdaus Fatma, D. N. Shukla. Hepatic changes in albino rat induced by the inhalation of Ammonia gas // J. Biol. Sci. Med. 2016. Vol. 2. N 3. P. 20–23.
25. Toxicological profile for ammonia. Atlanta, Georgia, 2004. С. 66.
26. Visek W. J. Ammonia: Its Effects on Biological Systems, Metabolic Hormones, and Reproduction // J Dairy Science 67. P. 481–498.
27. Wen-Li Li, Jürgen Pauluhn. Comparative assessment of the sensory irritation potency in mice and rats nose-only exposed to ammonia in dry and humidified atmospheres // Toxicology. 2010. Vol. 276. Iss. 2. P. 135-142. DOI: 10.1016/j.tox.2010.07.020

References

- Babichev V. N. *Neirogormonal'naya regulyatsiya ovarial'nogo tsikla* [Neurohormonal regulation of the ovarian cycle]. Moscow, Medicina Publ., 1984, 240 p.
- Belyaev N. G., Samoilenko V. Yu., Suslov K. Yu. Possible mechanisms of sports hyperandrogenism. *Vestnik Stavropol'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Stavropol State University]. 2011, 74, pp. 75-81. [In Russian]
- Voloshina I. S. The effects of toluene vapor on the reproductive system of male rats. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2017, 3, pp. 54-58. DOI: 10.17238/PmJ1609-1175.2017.3.54–58. [In Russian]
- Kail' V. V. Justification of the choice of the development strategy of enterprises within the Russian chemical complex. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKh)* [Bulletin of the Rostov State Economic University (RINH)]. 2016, 2 (54), pp. 177-183. [In Russian]
- Malan'ev A. V., Aslanov R. M. Influence of RIA-1 preparation and ammonia vapors on the animal organism. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of agroindustrial complex]. 2012, 3, pp. 75-77. [In Russian]
- Meerson F. Z., Pshennikova M. G. *Adaptatsiya k stressornym situatsiyam i fi-zicheskim nagruzkam* [Adaptation to stressful situations and physical loads]. Moscow, Medicina Publ., 1988, 256 p.
- Mekhan'teva L. E. The impact of enterprises producing mineral fertilizers on women's reproductive health. *Sistemnyi analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh* [System analysis and management in biomedical systems]. 2007, 6 (2), pp. 389-394. [In Russian]
- Mishalov V. D., Chaikovskii I. V., Tverdokhlebyu. B. About legal, legislative and ethical norms and conditions in the performance of scientific morphological studies. *Morfologiya* [Morphology]. 2007, 1 (2), pp. 108-115. [In Russian]
- Papunidi K. Kh., Tremasov M. Ya. *Razrabotka sredstv zashchity zhyvotnykh ot ot-ravlenii parami ammiaka* [Development of animal protection against poisoning with ammonia vapor]. *Tezisy dokladov 3-go s' ezda toksikologov Rossii pod. red. akad. RAMN, prof. G. G. Onishchenko i chlen-korr. RAMN, prof. B. A. Kurlyandskogo* [Abstracts of the 3rd Congress of Russian toxicologists under. Ed. G. G. Onischenko, B. A. Courlandski]. Moscow, 2008, pp. 205-206.

10. Podzolkova N. M., Glazkova O. L., Sharapova G. A., Kurchenko I. V., Fadeev I. E. Ecological aspects of reproductive medicine: women in dangerous and harmful occupational environments. *Akusherstvo i Ginekologiya*. 2006, iss., pp. 24-27. [In Russian]

11. Pomytkina T. E. The state of health of workers in the production of compounds of the nitrogen group (literature review). *Gigiena i Sanitariya*. 2014, 2, pp. 39-44. [In Russian]

12. Rodichenko E. P., Yaglova N. V., Yaglov V. V., Obernikhin S. S. Influence of the chronic effect of low doses of DDT on the morphofunctional state of the rat thymus. *Rossiiskii mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I. P. Pavlova* [Russian Medical Biological Herald named after Academician I. P. Pavlov]. 2013, 2, pp. 36-42. [In Russian]

13. Tinnikov A. A. The role of the hypothalamo-pituitary-adrenal system in the regulation of sexual development. *Uspekhi sovremennoi biologii* [Advances in modern biology]. 1990, 110, iss. 3 (6), pp. 419-429. [In Russian]

14. Yaglova N. V., Rodichenko E. P., Yaglov V. V. Changes in the cytokine profile in Wistar rats during prolonged exposure to low doses of DDT. *Immunologiya*. 2012, 2, pp. 92-102. [In Russian]

15. GN 2.2.5.68698. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) vrednykh veshchestv v vozdukh rabochei zony. Gigienicheskie normativy. Vved.* 1998-02-04 [Maximum permissible concentration (MPC) of harmful substances in the air of the working area. Hygienic standards]. Moscow, 1998.

16. Anjana N. S., Marnath A. A., Harindranathan Nair M. V. Toxic hazards of ammonia release and population vulnerability assessment using geographical information system. *Journal of environmental management*. 2018, 210, pp. 201-209. DOI: 10.1016/J.JENVMAN.2018.01.021

17. Areshidze D. A., Timchenko L. D., Rzhepakovsky I. V., Kozlova M. A., Kusnetsova I. A., Syomin I. A. Morphofunctional condition of bones and hippocampus of white rats at experimental intoxication with aluminium chloride. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2017, 8 (1), pp. 1411-1417.

18. Areshidze D. A., Timchenko L. D., Rzhepakovsky I. V., Kozlova M. A., Syomin I. A., Kusnetsova I. A. Influence of the preparation «Nicavet-1000» on a morphofunctional condition of some organs of rats at experimental aluminium intoxication. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*. 2017, 7 (4), pp. 183-192. DOI:10.6000/1927-5951.2017.07.04.5.

19. Bouxsein M. L., Boyd S. K., Christiansen B. A., Guldberg R. E., Jepsen K. J., Muller R. Guidelines for

assessment of bone microstructure in rodents using micro-computed tomography. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2010, 25 (7), pp. 1468-1486. DOI:10.1002/jbmr.141.

20. European convention for the protection of vertebrate animals used for experim. and other scientific purposes. coun. of Europe. Strasbourg, 1986, 53 p.

21. Perkins M. W., Wong B., Tressler J., Coggins A., Rodriguez A., Devorak J., Sciuto A. M. Assessment of inhaled acute ammonia-induced lung injury in rats. *Inhal Toxicol*. 2016, 28 (2), pp. 71-9. DOI: 10.3109/08958378.2015.

22. Perkins M. W., Wong B., Tressler J., Rodriguez A., Sherman K., Andres J., Devorak J. L., Wilkins W., Sciuto A. M. Adverse respiratory effects in rats following inhalation exposure to ammonia: respiratory dynamics and histopathology. *Inhal Toxicol*. 2017 Jan; 29 (1), pp. 32-41. DOI: 10.1080/08958378.2016.1277571.

23. Rohimtuleka Abdul, Hasyim Herlina Novita, Puspita Sischa Bangkit, Nurcahyono Nanang Safe. Limits Concentration of Ammonia at Work environments through CD8 expression in Rats. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2018, 9 (1), pp. 31-36. DOI: 10.5958/0976-5506.2018.00006.2

24. Sandeep Asthana, Firdaus Fatma, D. N. Shukla Hepatic changes in albino rat induced by the inhalation of Ammonia gas. *J. Biol. Sci. Med.* 2016, 2 (3), pp. 20-23.

25. *Toxicological profile for ammonia*. Atlanta, Georgia, 2004, p. 66.

26. Visek W. J. Ammonia: Its Effects on Biological Systems, Metabolic Hormones, and Reproduction. *J Dairy Science* 67, pp. 481-498.

27. Wen-Li Li, Jürgen Pauluhn. Comparative assessment of the sensory irritation potency in mice and rats nose-only exposed to ammonia in dry and humidified atmospheres. *Toxicology*. 2010, 276 (2), pp. 135-142. DOI: 10.1016/j.tox.2010.07.020

Контактная информация:

Писков Сергей Иванович — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник межкафедральной научно-образовательной лаборатории экспериментальной иммуноморфологии, иммунопатологии и иммунобиотехнологии Института живых систем ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»

Адрес: 355009, г. Ставрополь, ул. Пушкина, д. 1, корп. 3
E-mail: piskovsi77@mail.ru

КОНЦЕНТРАЦИЯ АНТИГЕНОВ ЭРИТРОЦИТОВ У МОКША И ЭРЗЯ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ

© 2019 г. **О. Г. Литовченко, *Л. А. Гусаченко**

БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут;

*КУ ХМАО – Югры «Станция переливания крови» г. Сургут

Определение особенностей распространения антигенов эритроцитов целесообразно в связи с необходимостью изучения причин возникновения антигенного полиморфизма в различных этнических популяциях человека. *Цель работы:* установление частоты антигенов, концентрации аллелей, гаплотипов, генов эритроцитов систем ABO, Rh, MN у представителей малых народностей мокша и эрзя Республики Мордовия. *Методы:* фенотипирование антигенов по системе ABO, Rh, MN проводили реакцией гемагглютинации с использованием моноклональных цоликлонов. Материалом исследования служила кровь 681 жителя семи районов Мордовии. Частоту генов ABO вычисляли по формулам, предложенным F. Bernstein для трехаллельных генетических систем. Частоты гаплотипов системы Rh рассчитывали по формулам, предложенным A. E. Mourant. Для сравнения дисперсий двух вариационных рядов применялся критерий Фишера. *Результаты.* Распределение групп крови у мокша: O(I) (34,01 %) >A(II) (32,99 %) >B(III) (25,17 %) >AB(IV) (7,82 %). Распространение групп крови среди эрзя A(II) (36,69 %) >O(I) (31,26 %) >B(III) (23,77 %) >AB(IV) (8,26 %). Статистически значимых различий в распределении фенотипов у мокша и эрзя не выявлено. Концентрации аллелей генов системы Rh в изученных группах статистически значимо не отличались. Наиболее распространена аллель D – 0,6; далее c – 0,56; e – 0,44, 0,42; C – 0,4; d – 0,5; и самую низкую концентрацию как у мокша, так и у эрзя наблюдали у аллели E – 0,16; 0,2 в долях единицы соответственно. Наибольшей концентрации зафиксирован гаплотип CDe (0,436 у мокша; 0,427 у эрзя), менее представлен гаплотип cde 0,373, 0,380; cDE 0,171, 0,173. Концентрация гаплотипа cdE – 0,012 у мокша, 0,026 у эрзя. *Выводы:* Полученные данные могут быть использованы в целях безопасного научно обоснованного гемотрансфузионного обеспечения малых популяций и при составлении геногеографической карты Российской Федерации.

Ключевые слова: мокша, эрзя, антигены эритроцитов, группы крови ABO, концентрация аллелей генов, гаплотипы.

THE CONCENTRATION OF ERYTHROCYTE ANTIGENS IN MOKSHA AND ERZYA, REPUBLIC OF MORDOVIA

O. G. Litovchenko, *L. A. Gusachenko

Surgut State University, Surgut, Russia; *Blood transfusion station, Surgut, Russia

To determine the peculiarities of erythrocyte antigen distribution is reasonable due to the necessity to study the causes of antigenic polymorphism occurrence in different ethnic populations. *The aim* of the work was to establish the frequency of antigens, the concentration of alleles, haplotypes, erythrocyte genes of ABO, Rh, MN systems in representatives of small indigenous groups Moksha and Erzya of the Republic of Mordovia. *Methods:* Antigen phenotyping (system ABO, Rh, MN) was carried out using a hemagglutination reaction with monochannel coliclon. The blood of 681 inhabitants from 7 regions of the Republic of Mordovia served as a study material. ABO gene frequency was calculated using formulas proposed by F. Bernstein for triallelic genetic systems. The frequency of haplotypes of Rh system was calculated using formulas proposed by A. E. Mourant. The Fisher test was used to compare the dispersion of the two variation series. *Results:* Distribution of blood groups in Moksha: O(I) (34.01 %) >A(II) (32.99 %) >B(III) (25.17 %) >AB(IV) (7.82 %). Distribution of blood groups in Erzya A(II) (36.69 %) >O(I) (31.26 %) >B(III) (23.77 %) >AB(IV) (8.26 %). No statistically significant differences were found in phenotypes distribution in Moksha and Erzya. The concentration of Rh gene alleles in the studied groups did not differ significantly. The most common allele is D - 0.6; then c - 0.56; e - 0.44, 0.42; C - 0.4; d - 0.5; and the lowest concentration both in Moksha and in Erzya was observed in the allele E - 0.16; 0.2, respectively. Haplotype CDe had the highest concentration (0,436 - Moksha; 0,427 - Erzya), the haplotype cdE 0,373, 0,380; cDE 0,171, 0,173. Concentration of cdE haplotype - 0,012 was found in Moksha and 0,026 in Erzya. *Conclusion:* The obtained data can be used for the safety scientifically based transfusion support of small populations and in composition of the genogeographic map of the Russian Federation.

Key words: Moksha, Erzya, erythrocyte antigens, blood group ABO, concentration of genes alleles, haplotypes

Библиографическая ссылка:

Литовченко О. Г., Гусаченко Л. А. Концентрация антигенов эритроцитов у мокша и эрзя Республики Мордовия // Экология человека. 2019. № 8. С. 12–17.

Litovchenko O. G., Gusachenko L. A. The Concentration of Erythrocyte Antigens in Moksha and Erzya, Republic of Mordovia. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 12-17.

Частоты встречаемости групп крови имеют существенные различия в отдельных популяциях. Определение особенностей распространения антигенов эритроцитов целесообразно в связи с необходимостью изучения причин возникновения антигенного полиморфизма в различных этнических популяциях человека. В распределении эритроцитарных антигенов значи-

тельную роль выполняют происходящие в отдельных группах населения популяционные процессы, такие как смешение и дрейф генов [1–3, 5, 11, 13–15]. С точки зрения составления геногеографической карты территории России изучение генетических характеристик малых народностей представляет интерес в целях безопасного научно обоснованного

гемотрансфузионного обеспечения отдельных популяций. Данные результатов изучения антигенов эритроцитов у мокша и эрзя Республики Мордовия немногочисленны [2, 4, 9, 10, 12].

Целью работы явилось установление частоты антигенов, концентрация аллелей, гаплотипов, генов эритроцитов систем ABO, Rh, MN.

Методы

Для определения особенностей концентрации антигенов эритроцитов малых народностей Республики Мордовия, а именно мокша и эрзя, были обследованы 681 житель в семи районах республики. Материалом исследования служила кровь. Обязательным условием включения в обследование было добровольное письменное информированное согласие.

Фенотипирование антигенов по системе ABO, Rh, MN проводили реакцией гемагглютинации с использованием моноклональных цоликлонов производства ООО «Гематолог» (Россия). В систему Rh входят шесть антигенов: D, d, C, c, E, e, которые определяют с помощью соответствующих цоликлонов анти-D Супер, анти-C Супер, анти-c Супер, анти-E Супер, анти-e Супер. Антиген d серологически не выявляется.

Для оценки частот фенотипов и генов использовали принятые в популяционной генетике методы [2, 3, 6, 7, 16].

Частоту генов ABO вычисляли по формулам, предложенным F. Bernstein для трехаллельных генетических систем. Буквами *r, p, q* принято обозначать частоты генов *O, A* и *B*.

$$r = \sqrt{O}; p = 1 - \sqrt{O + A}; q = 1 - \sqrt{O + B};$$

где *O, A* и *B* – частоты лиц с группами O(I), A(II) и B(III) в долях единицы соответственно. Если сумма предварительных частот генов не равна 1, необходимо ввести поправку:

$$D = 1 - (r - p - q).$$

Поправочный коэффициент D используется для окончательной оценки частот генов:

$$r = (r' + D/2) (1 + D/2); p = p' (1 + D/2);$$

$$q = q' (1 + D/2);$$

$$r + p + q = 1.$$

Следующие формулы использовали при расчете частот генов и гаплотипов системы Rh:

$$D = 1 - \sqrt{dd}; C = 1 - \sqrt{cc}; E = 1 - \sqrt{ee};$$

$$c = 1 - \sqrt{Cc}; e = 1 - \sqrt{Ee};$$

где *D, C, E, c, e* – частоты аллелей генов, *dd, cc, ee, CC* и *EE* – частота соответствующих фенотипов в долях единицы соответственно.

Частоты гаплотипов системы Rh рассчитывали по формулам, предложенным A. E. Mourant:

$$cde = \sqrt{ccdde}; Cde = \frac{Ccddee}{2cde};$$

$$\frac{ccdde}{2cde}; \frac{ccDee}{2cde};$$

$$cdE = \frac{ccdde}{2cde}; cDe = \frac{ccDee}{2cde};$$

$$cDE = \sqrt{ccDEE + cdE^2} - cdE;$$

$$CDe = \sqrt{CCDEe + Cde^2} - Cde; CDE = \frac{CCDEe}{2(CDe + cde)};$$

где *Ccddee* и т. п. – частоты фенотипов в долях единицы.

$$Cde + Cde + cdE + cDe + cDE + CDe + CDE = 1.$$

Вычисляли частоты аллелей Rh *D, d*:

$$q = \sqrt{\frac{naa}{N}}; p = 1 - q,$$

где *n_{aa}* – число лиц, гомозиготных по рецессивному гену (*dd da*), *N* – объем выборки.

Частоту аллелей генов *K, M, N* (системы Kell, MNSs соответственно) рассчитывали по приведенной выше универсальной формуле для многоаллельных систем.

При подсчете частоты встречаемости антигенов и фенотипов учитывали ошибку по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{P(100 - P)}{n}}$$

где *P* – частота в %, *n* – количество обследованных в выборке [2, 3, 6, 7, 17].

Для сравнения дисперсий двух вариационных рядов применялся критерий Фишера. За критический уровень значимости было принято значение *p < 0,05* [8].

Результаты

При изучении распространения групп крови среди мокша наблюдали преобладание O(I) и A(II) групп крови (34,01 %) и (32,99 %) соответственно, B(III) (25,17 %), и AB(IV) (7,82 %). У эрзя A(II) (36,69 %) и O(I) (31,26 %), группы крови B(III) (23,77 %) и AB(IV) (8,26 %) соответственно (табл. 1).

Таблица 1
Распределение фенотипов у мокша и эрзя Республики Мордовия

Фенотипы по системе ABO, Rh	Мокша n = 294		Эрзя n = 387	
	Абс. число	% ± m	Абс. число	% ± m
O(I)	100	34,01 ± 2,39	121	31,26 ± 2,36
A(II)	97	32,99 ± 2,74	142	36,69 ± 2,45
B(III)	74	25,17 ± 2,53	92	23,77 ± 2,16
AB(IV)	23	7,82 ± 2,45	32	8,26 ± 2,39
CcDee	76	25,85 ± 2,55	114	29,45 ± 2,32
CCDee	57	19,38 ± 2,31	74	19,12 ± 1,99
CcDEe	53	18,02 ± 2,24	60	15,5 ± 1,84
ccDEe	48	16,32 ± 2,15	62	16,02 ± 1,86
ccDEE	9	3,06 ± 1,1	12	3,1 ± 0,88
ccDee	5	1,70 ± 0,7	3	0,77 ± 0,44
CcDEE	1	0,34 ± 0,34	0	0
ccdee	41	13,94 ± 2,02	56	14,47 ± 1,79
Ccdee	3	1,02 ± 0,59	4	1,03 ± 0,51
ccdEe	1	0,34 ± 0,34	1	0,25 ± 0,25
CCdee	0	0	1	0,25 ± 0,25
C*CcDee	2	0,68 ± 0,48	6	1,54 ± 0,62
C*CCDee	1	0,34 ± 0,34	11	2,76 ± 0,83
C*CcDEe	2	0,68 ± 0,48	2	0,5 ± 0,36

Статистически значимых различий в распределении фенотипов у мокша и эрзя не выявлено.

Исследованные фенотипы у мокша и эрзя по системе Rh с частотами распределения показали близкие значения (см. табл. 1). Более распространены фенотипы с D-положительными образцами, содержащими гетеро- и гомозиготные типы с наличием антигена C.

Распределение фенотипов выглядит следующим образом: мокша – CcDee > CCDee > CcDEe > ccDEe > ccddee > ccDEE > ccDee > Ccddee > CcDEE = ccddEe; эрзя – CcDee > CCDee > ccDEe > CcDEe > ccddee > ccDEE > Ccddee > ccDee > CCddee = ccddEe.

Антиген C^w представлен с антигеном C в гетеро- и гомозиготных образцах и составил 1,7 % у мокша, 5,68 % у эрзя, что на 4 % больше.

Исследование частоты генов системы ABO показало высокую концентрацию гена *r* в обеих популяциях (0,58–0,56). Разница в частоте генов *r*, *p*, *q* между популяциями зафиксирована незначительная (рис. 1).

Концентрация генов системы Rh в обеих популяциях практически не отличалась. Наиболее распространена аллель *D* – 0,6; далее *c* – 0,56; *e* – 0,44, 0,42; *C* – 0,4; *d* – 0,5; и самую низкую концентрацию как у мокша, так и у эрзя наблюдали у аллели *E* – 0,16; 0,2 в доле единицы соответственно (рис. 2).

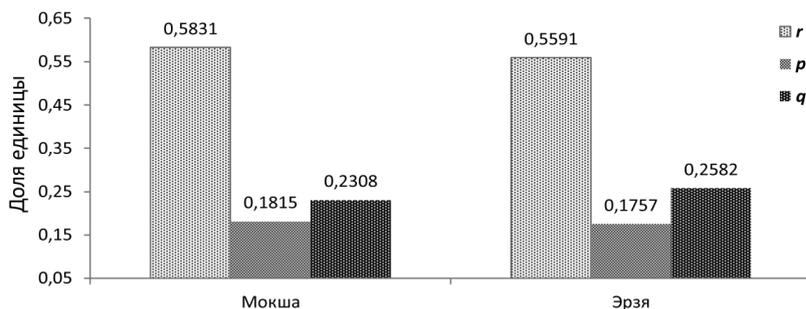


Рис. 1. Концентрация генов (*r*, *p*, *q*) системы ABO среди населения мокша и эрзя Республики Мордовия

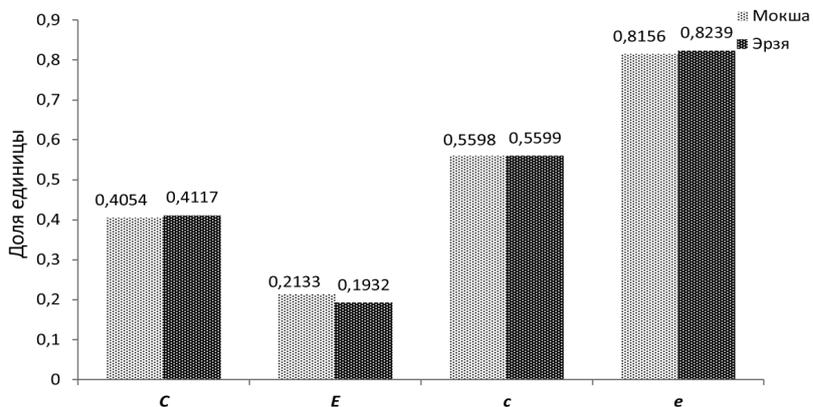


Рис. 2. Концентрация аллелей генов системы Rh (*C*, *c*, *E*, *e*) среди населения мокша и эрзя Республики Мордовия

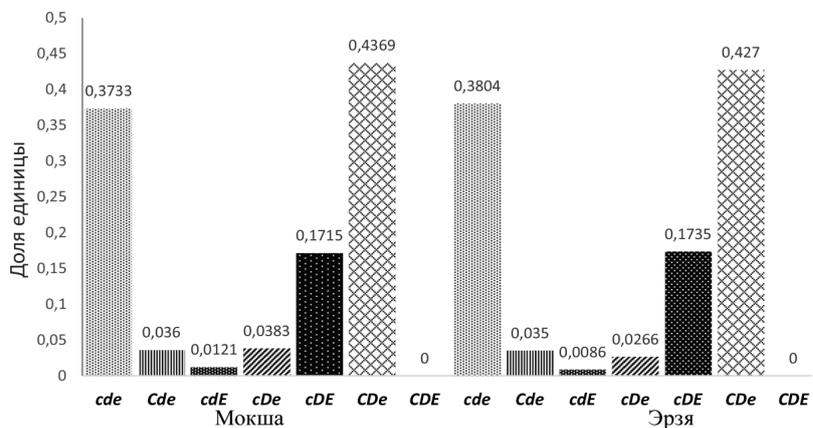


Рис. 3. Частота распространения гаплотипов системы Rh среди населения мокша и эрзя Республики Мордовия

Изучение концентрации гаплотипов системы Rh показало наличие шести гаплотипов. Среди мокша и эрзя гаплотип *CDE* не представлен (рис. 3).

Наибольшей концентрации зафиксирован гаплотип *CDe* (0,436 у мокша; 0,427 у эрзя), менее представлены гаплотипы *cde* 0,373, 0,380; *cDE* 0,171, 0,173. Частота гаплотипов *Cde*, *cDe* в обеих популяциях практически не отличалась – 0,036, 0,035; 0,038, 0,026 соответственно. Значительно ниже концентрация гаплотипа *cdE* – 0,012 у мокша, 0,026 у эрзя.

Обсуждение результатов

Изучение генов системы ABO показало наибольшую концентрацию гена *g* в обеих популяциях, также не наблюдали больших различий в концентрациях генов системы Rh, наиболее распространена аллель *D* и самую низкую концентрацию имеет аллель *E*. В системе Rh самая высокая частота гаплотипа *CDe*, далее представлены гаплотипы *cde*, *cDE* у мокша и эрзя соответственно. Концентрация гаплотипов *Cde*, *cDe* в обеих популяциях практически не отличается, концентрация гаплотипа *cdE* низка и составляет 0,01 единицы.

Распределение групп крови у эрзя и мокша изучалось И. Н. Елистратовым в 1941 году, В. А. Спицыным в 1995-м (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение распределений групп крови у мокша и эрзя, %

Группа крови	Мокша ¹ n=294	Мокша ² n=147	Мокша ³ n=403	Эрзя ¹ n=387	Эрзя ² n=226	Эрзя ³ n=522
O(I)	34,01	31,3	28	31,26	36,7	34,7
A(II)	32,99	28,6	37	36,69	34,1	29,3
B(III)	25,17	27,2	23,6	23,77	23,9	26
AB(IV)	7,82	12,9	11,4	8,26	5,3	10

Примечание. ¹ – собственные данные, 2017 г.; ² – Спицын В. А. 1995 г.; ³ – Елистратов И. Н. 1941 г.

Статистически значимых различий в распределении групп крови в разные годы у мокша и эрзя не выявлено.

Сравнивая эти исследования, можно сказать, что распределение групп крови, полученное нами и В. А. Спицыным 1995 году среди мокша, совпадает – O(I) > A(II) > B(III) > AB(IV), распределение групп крови по Елистратову выглядело иным образом – A(II) > O(I) > B(III) > AB(IV), где на первое место выходит A(II) группа крови. А у эрзя распределение групп крови в исследованиях В. А. Спицына и И. Н. Елистратова совпадает – O(I) > A(II) > B(III) > AB(IV), в нашем случае распределение выглядит следующим образом: A(II) >

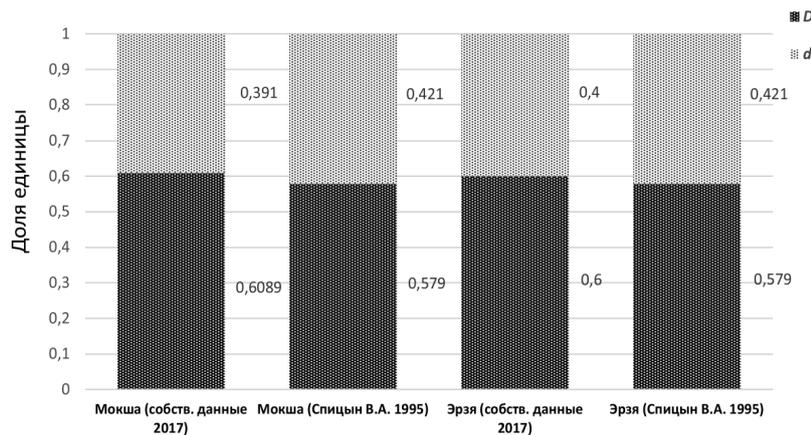


Рис. 4. Концентрация аллелей генов D и d системы Rh среди населения мокша и эрзя Республики Мордовия

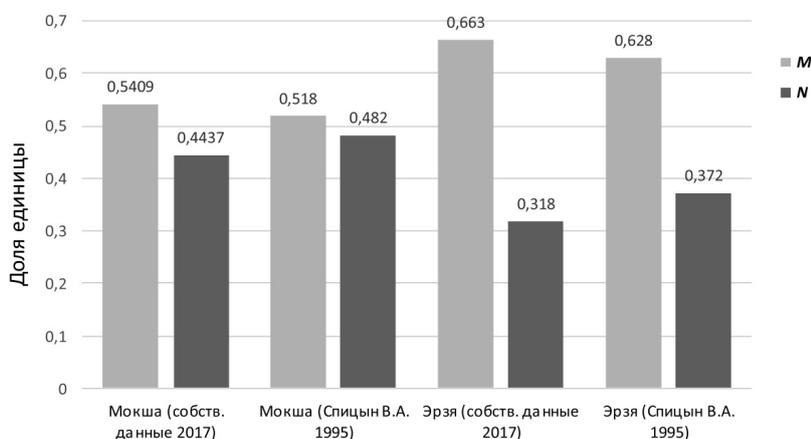


Рис. 5. Концентрация аллелей генов M и N системы MNSs среди населения мокша и эрзя Республики Мордовия

O(I) > B(III) > AB(IV), где на первом месте A(II) группа крови (см. табл. 2).

Распределение концентраций аллелей генов *D* и *d* системы Rh и аллелей генов *M* и *N* системы MNs в популяциях мокша и эрзя Республики Мордовия, изученных В. А. Спицыным в 1995 году, близки с нашими данными (рис. 4, 5).

Комбинация групповых антигенов индивидуальна, особенности системы антигенов эритроцитов применяются в судебной медицине, этнической антропологии и других областях науки, но особое значение они имеют в трансфузиологии. Полученные данные могут быть использованы в целях научно обоснованного безопасного гемотрансфузионного обеспечения малых популяций и при составлении геногеографической карты Российской Федерации.

Популяционно-генетические исследования разных народов позволяют выявить особенности распределения генетических маркеров различных иммуногематологических систем в определенных популяциях.

Выводы

1. Исследование концентрации генов системы ABO показало значимо большее количество гена *r* в обеих популяциях 0,58, 0,56 в доле единицы, чем *p* и *q*.

2. Значимых различий концентрации генов системы Rh не наблюдали, наиболее распространена аллель *D* – 0,6; далее *c* – 0,56; *e* – 0,44, 0,42; *C* – 0,4; *d* – 0,5; и наименее низкую концентрацию имеет аллель *E* – 0,16, 0,2 в доле единицы.

3. В исследованной популяции самое высокое значение концентрации имел гаплотип *CDe* (0,436 у мокша; 0,427 у эрзя), далее представлен гаплотип *cde* 0,373, 0,380; *cDE* 0,171, 0,173 у мокша и эрзя в доле единицы соответственно. Концентрация гаплотипов *Cde* (0,036 у мокша, 0,035 у эрзя); *cDe* (0,038 у мокша, 0,026 у эрзя) в обеих популяциях статистически значимо не отличалась. Наблюдали значимо низкую концентрацию гаплотипа *cdE* у мокша – 0,012, у эрзя – 0,026.

4. Статистически значимых различий в распределении групп крови в 1941, 1995, 2017 годах у мокша и эрзя не выявлено.

5. Полученные данные могут быть использованы в целях безопасного научно обоснованного гемотрансфузионного обеспечения малых популяций, а также при составлении геногеографической карты Российской Федерации.

Авторство

Литовченко О. Г. участвовала в анализе данных, подготовила первый вариант статьи, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Гусаченко Л. А. внесла вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи.

Литовченко Ольга Геннадьевна – ORCID 0000-0002-8368-2590; SPIN 5908-4625

Гусаченко Людмила Александровна – ORCID 0000-0002-1641-9856; SPIN 5855-6368

Список литературы

1. Вожегова Н. П. Генетические маркеры крови среди некоторых популяций населения Северо-Востока Европейской части РСФСР: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киров, 1987. 34с.
2. Генофонд и геногеография народонаселения. Т. 1. Генофонд населения России и сопредельных стран / под ред. Ю. Г. Рычкова: СПб.: Наука, 2000. 611 с.
3. Донсков С. И. Составление геногеографической карты России – новый этап развития гемотрансфузиологии, обращение к иммуносерологам службы крови России // Вестник службы крови России. 2014. № 1. С. 10–16.
4. Елистратов И. Н., Шапкин В. М., Шлугер С. А. Геногеографические исследования в Волгокамье // Краткие сообщения о научных работах НИИ и музея антропологии за 1938–1939 гг. М., 1941. С. 20–21.
5. Мороков В. А. Геногеография групп крови коми // Вестник службы крови России. 2008. № 1. С. 11–15.
6. Нагервадзе М. А., Донсков С. И. Геногеография эритроцитарных (ABO, Rh-Hr, Kell, MN) антигенов среди населения Аджарской АР (Грузия) // Материалы международной научной конференции «Новые задачи современной медицины», Пермь: Меркурий, 2012. С. 24–31.
7. Нагервадзе М. А., Диасамидзе М. А., Ахведиани Л. Т., Думбадзе Г. А., Донсков С. И. Группы крови ABO, Rh-Hr, Kell, MN среди населения Аджарии // Вестник службы крови России. 2017. № 1. С. 8–12.
8. Реброва О. Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение пакета прикладных программ STATISTICA. Москва, 2006. 312 с.
9. Спицын В. А. Антропологические аспекты изучения генетико-биохимического полиморфизма: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Москва, 1984. 35с.
10. Спицын В. А., Бекман Л., Новорадовский А. Г., Агапова Р. К., Спицына Н. Х. Генетическое положение мордвы среди других финно-угорских народов // Генетика. 1995. Т. 31. С.1139–1146.
11. Суворов А. В. Трансфузиологические особенности распределения групп крови у населения Среднего Предуралья: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Уфа, 2007. 24 с.
12. Шнейдер Ю. В. Генетический полиморфизм и геногеография коренного населения уральского региона России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 1999. 35с.
13. Graham H. A., Hirsh H. F., Davies D. M. Human Blood Groups. Basel, 1997. P. 150–168.
14. Landsteiner K., Wiener A. S. Studies on an agglutinin (Rh) in human blood reacting with anti-rhesus sera and human isoantibodies // J. Exp. Med. 1941. Vol. 74. P. 309–320.
15. Issit P. D., Anstee D. J. Applied Blood Group Serology. Durham, Montgomery Sc. Publ., 1998. 1208 p.
16. Shabalin V. N. Immunology of early and late ontogenesis // Russ. J. Immunol., 1999. Vol. 4, N 4. P. 333–336.
17. Yamamoto F., Clausen H., White F. Molecular genetic basis of the histo- blood group ABO system // Nature. 1990. Vol. 345. P. 229–233.

References

1. Vozhegova N. P. *Geneticheskie markery krovi sredi nekotoryh populyacij naseleniya Severo-Vostoka Evropejskoj chasti RSFSR. Avtoref. kand. dis.* [Genetic markers of blood in some populations of the North-East of the European part of the Russian Federation. Autor's Abstract of Cand. Diss.]. Kirov, 1987, 34 p.

2. *Genofond i genogeografiia narodonaseleniia. T. 1. Genofond naseleniia Rossii b sopredel'nykh stran* [Gene pool and genogeography of population. Vol. 1. Gene pool of the population of Russia and neighboring countries]. Ed. by Yu. G. Rychkov. Saint Petersburg, Science Publ., 2000, 611 p.

3. Donskov S. I. Compilation of geographic maps of Russia - a new stage of development of gemotransfuzyami, appeal to immunoserology blood service of Russia. *Vestnik sluzhby krovi Rossii* [Bulletin of the Russian blood service]. 2014, 1, pp. 10-16. [In Russian]

4. Elistratov I. N., Shapkin V. M., Shluger S. A. Genogeograficheskie issledovaniia d Volgokam'e [Genogeographic research in the Volga Kamie]. *Kratkie soobshcheniya o nauchnykh rabotakh NII i muzeya antropologii za 1938-1939 gg* [Brief reports on the scientific works of the research Institute and the Museum of anthropology for 1938-1939]. Moscow, 1941, pp. 20-21.

5. Morokov V. A. Genogeography of blood groups in Korni Republic. *Vestnik sluzhby krovi Rossii* [Bulletin of the Russian blood service]. 2008, 1, pp. 11-15. [In Russian]

6. Nagervadze M. A., Donskov S. I. Genogeografiya eritrotsitarnykh (ABO, Rh-Hr, Kell, MN) antigenov sredi naseleniya Adzharskoi AR (Gruziya) [Genographic erythrocytic (ABO, Rh-Hr, Kell, MN) antigens among the population of Adjara AR (Georgia)]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Novye zadachi sovremennoj mediciny», Perm, 2012* [Proceedings of International Conference «New challenges of modern medicine», Perm, 2012]. Perm, Mercury Publ., 2012, pp. 24-31.

7. Nagervadze M. A., Diasamidze M. A., Akhvlediani L. T., Dumbadze G. A., Donskov S. I. Blood Groups ABO, Rh-Hr, Kell, MN among the population of Adjara. *Vestnik sluzhby krovi Rossii* [Bulletin of the Russian blood service]. 2017, 1, pp. 8-12. [In Russian]

8. Rebrova O. Y. *Statisticheskii analiz meditsinskikh dannykh. Primenenie paketa prikladnykh programm STATISTICA* [Statistical analysis of medical data. Application of STATISTICA application software package]. Moscow, 2006, 312 p.

9. Spitsyn V. A. *Antropologicheskie aspekty izucheniya*

genetiko- biokhimicheskogo polimorfizma. Avtoref. dokt. diss. [Anthropological aspects of the study of genetic and biochemical polymorphism. Autor's Abstract of Doct. Diss.]. Moscow, 1984, 35 p.

10. Spitsyn V. A., Backman L., Novoazovskiy A. G., Agapov R. K., Spitsyna N. H. The genetic position of Mordva among other Finno-Ugric peoples. *Genetika* [Genetics]. 1995, 31, pp. 1139-1146. [In Russian]

11. Suvorov A. V. *Transfuziologicheskie osobennosti raspredeleniya grupp krovi u naseleniya Srednego Predural'ya. Avtoref. kand. dis.* [Transfusiological features of distribution of blood groups in the population of the Middle Urals. Autor's Abstract of Cand. Diss.]. Ufa, 2007, 24 p.

12. Schneider Y. V. *Geneticheskii polimorfizm i genogeografiya korennogo naseleniya ural'skogo regiona Rossii. Avtoref. kand. dis.* [Genetic polymorphism and genogeography of the indigenous population of the Ural region of Russia. Autor's Abstract of Cand. Diss.]. Moscow, 1999, 35 p.

13. Graham H. A., Hirsh H. F., Davies D. M. *Human Blood Groups*. Basel, 1997, pp. 150-168.

14. Landsteiner K., Wiener A. S. Studies on an agglutinin (Rh) in human blood reacting with anti-rhesus sera and human isoantibodies. *J. Exp. Med.* 1941, 74, pp. 309-320.

15. Issit P. D., Anstee D. J. *Applied Blood Group Serology*. Durham, Montgomery Sc. Publ., 1998, 1208 p.

16. Shabalin V. N. Immunology of early and late ontogenesis. *Russ. J. Immunol.*, 1999, 4 (4), pp. 333-336.

17. Yamamoto F., Clausen H., White F. Molekular genetic basis of the histo- blood group ABO system. *Nature*, 1990, 345, pp. 229-233.

Контактная информация:

Гусаченко Людмила Александровна – аспирант кафедры физиологии медицинского института БУ ВО ХМАО – Югры «Сургутский государственный университет», биолог лаборатории иммунологических исследований КУ «Станция переливания крови» г. Сургут

Адрес: 628412, ХМАО – Югра, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1
E-mail: LA264648@mail.ru

УДК 612.2-053.5(571.122)

DOI: 10.33396/1728-0862-8-18-24

ОСОБЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ КОРЕННЫХ ЖИТЕЛЕЙ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО ОКРУГА – ЮГРЫ В ВОЗРАСТЕ 11–14 ЛЕТ

© 2019 г. О. Л. Нифонтова, К. С. Конькова

БУ «Сургутский государственный педагогический университет», г. Сургут

Цель исследования – выявить особенности внешнего дыхания школьников 11–14 лет, коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. *Методы.* Для оценки функции внешнего дыхания использовали аппаратно-программный комплекс «Спиро-Спектр». Полученные результаты анализировали при помощи программного продукта Statistica 10.0. Были выделены группы: 1-я – школьники из числа коренных малочисленных народов Севера (ханты), которые приезжают на учебный период в школы-интернаты; 2-я – метисы первого поколения, у которых один из родителей ханты; 3-я – потомки пришлого населения. *Результаты.* Во всех группах школьников установлена гипервентиляция легких в состоянии покоя. В группах девочек превышение возрастной нормы минутного объема дыхания составило не менее 4 л/мин, у мальчиков – не менее 6 л/мин, максимальная вентиляция легких была ниже должных величин более чем на 15 %. Показатели легочной вентиляции в группах метисов были более близки к таковым у потомков пришлого населения. *Выводы.* В изучаемых группах не исключено наличие рестриктивных нарушений и снижение предельных возможностей аппарата дыхания. Особенности легочной вентиляции метисов обеих половых групп, у которых только один из родителей представитель ханты, преимущественно наследуются от адаптивных типов второго родителя с генетической программой, характерной для регионов их рождения. Только у девочек метисок предельные возможности дыхательной системы отражают её особенности, присущие представителям арктического адаптивного типа.

Ключевые слова: дыхательная система, школьники, коренные жители, Север

SPECIFIC CHARACTER OF THE EXTERNAL RESPIRATION OF THE INDIGENOUS RESIDENTS OF KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS DISTRICT - UGRA AGED 11-14 YEARS

O. L. Nifontova, K. S. Konkova

Surgut State Pedagogical University, Surgut, Russia

The aim of the study was to identify the peculiarities of external respiration of schoolchildren aged 11-14 years old, the indigenous people of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug - Ugra. *Methods:* To assess the function of external respiration, the hardware-software complex Spiro-Spectrum was used. The obtained results were analyzed using the software Statistica 10.0. The following groups were singled out: 1st - schoolchildren from the indigenous peoples of the North (Khanty), who come to boarding schools for the study period; 2nd - metis of the first generation (one of the parents - Khanty); 3rd - descendants of alien populations. *Results:* In all groups of schoolchildren, hyperventilation of the lungs was stated at rest. In groups of girls, the excess of the age norm of the minute volume of respiration was not less than 4 l / min, in boys - not less than 6 l / min, the maximum lung ventilation was lower than due values by more than 15 %. Lung ventilation rates in the metis groups were closer to those of the descendants of the alien population. *Conclusions:* The presence of restrictive disorders and reduction of the limiting capabilities of the respiratory apparatus was not excluded in the studied groups. Features of lung ventilation of metis of both sexual groups, in which only one of the parents is a representative of the Khanty, are mainly inherited from the adaptive types of the second parent with a genetic program specific for their birth regions. Only in metis girls the frontier of the respiratory system reflects its features peculiar to the representatives of the Arctic adaptive type.

Key words: respiratory system; school children; indigenous people; the North

Библиографическая ссылка:

Нифонтова О. Л., Конькова К. С. Особенности параметров внешнего дыхания коренных жителей Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в возрасте 11–14 лет // Экология человека. 2019. № 8. С. 18–24.

Nifontova O. L., Konkova K. S. Specific Character of the External Respiration of the Indigenous Residents of Khanty-Mansiysk Autonomous District - Ugra Aged 11-14 Years. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 18-24.

Известно, что холод является фактором риска для здоровья человека, а самый холодный сезон года связан с повышением заболеваемости и смертности населения [22, 26, 29]. Дискомфортные климатические условия Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры) оказывают неблагоприятное действие на функциональное состояние организма человека и только усложняют процессы адаптации [17]. Адаптивная реакция на влияние холодного климата связана с типом воздействия, его интенсивностью и продолжительностью, а также с различными индивидуальными факторами, такими

как возраст, пол, этническая принадлежность, занятия физической работой на открытом воздухе [19, 25, 28, 30].

Известно, что дыхательная система человека испытывает действие комплекса факторов окружающей среды в силу того, что является самой открытой и не может быть защищена надежным искусственным барьером [6, 7, 11]. Организм ребенка в большей степени, чем организм взрослого, подвержен влиянию внешних факторов, которые не только сказываются на его здоровье в настоящий момент, но и воздействуют на рост и развитие в дальнейшем [5].

Дети среднего школьного возраста по сравнению с детьми других возрастов более уязвимы к воздействию внешних факторов, поскольку испытывают морфофункциональную перестройку внутренних органов и систем [10].

Сегодня ХМАО – Югра является одним из лидеров экономического благополучия страны и отличается высокой миграционной привлекательностью для ее населения. При этом внешняя миграция среди прибывших в Югру достигает 69–75 % [21]. Миграция людей с различных территорий ведет к увеличению числа межпопуляционных браков, а в дальнейшем и к метисации северных этносов [14]. Как отмечает Т. И. Алексева [8], метисация разных антропологических типов приводит к образованию нового смешанного варианта и он, как правило, по своим признакам отличается от первоначальных.

Цель исследования – выявить особенности внешнего дыхания школьников 11–14 лет, коренных жителей Югры.

Методы

Измерение функциональных показателей дыхательной системы было проведено в зимний период года (декабрь–февраль) на базах медицинских кабинетов образовательных учреждений Сургутского района. В эксперименте приняли участие дети среднего школьного возраста (11–14 лет), не имеющие жалоб, хронических заболеваний, освобождений от учебы. Обязательным условием включения в исследование было добровольное письменное информированное согласие законных представителей ребенка. Всего обследовано 225 человек. Были выделены следующие группы школьников: 1-я – представители коренных малочисленных народов Севера (ханты), которые приезжают на учебный период в школы-интернаты (48 девочек и 49 мальчиков); 2-я – метисы первого поколения, у которых один из родителей ханты (23 девочки и 17 мальчиков); 3-я – потомки пришлого населения (46 девочек и 42 мальчика). Медиана возраста составила: в группе ханты у девочек – 12,5 года, мальчиков – 12 лет; в половых группах метисов – 12 лет; в группах потомков пришлого

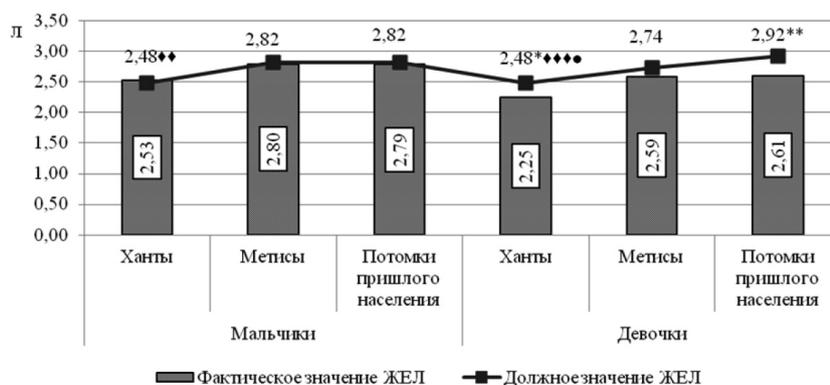
населения 12 лет и 12,5 года у девочек и мальчиков соответственно.

Для оценки функции внешнего дыхания использовали аппаратно-программный комплекс «Спиро-Спектр» (Россия), который обеспечивал приведение полученных результатов к стандартным газовым условиям (ВТПS). Исследование проводили в первой половине дня, в температурном комфорте, после 20-минутного отдыха, в положении сидя. Перед непосредственным проведением диагностики осуществлялся подробный инструктаж о способе выполнения требуемых дыхательных маневров, при необходимости – их демонстрация [27]. Были проанализированы значения показателей жизненной емкости легких (ЖЕЛ), дыхательного объема (ДО), резервных объемов вдоха (РОВд) и выдоха (РОВвд), частоты дыхательных движений (ЧДД), минутного объема дыхания (МОД), максимальной вентиляции легких (МВЛ), а также должные значения ЖЕЛ (ДЖЕЛ) и МВЛ (ДМВЛ), которые прибор определял автоматически в зависимости от антропометрических параметров школьников.

Полученные данные анализировались с использованием программного продукта Statistica 10.0. Для проверки выборки на нормальность распределения использовали тест Шапиро – Уилка (для выборок до 50 наблюдений). Поскольку полученные результаты не подчинялись закону нормального распределения, применяли непараметрический метод Манна – Уитни и значения представляли в виде медианы (Md), первого (Q₁) и третьего (Q₃) квартилей. Для всех приведенных анализов различия считались значимыми при уровне $p < 0,05; 0,01; 0,001$.

Результаты

Комплексное исследование дыхательной системы детей среднего школьного возраста выявило групповые различия по показателю ЖЕЛ. Данный параметр у школьников ханты обеих половых групп характеризовался наименьшими значениями. Так у девочек ханты ЖЕЛ была ниже, чем в группах метисов, на 0,34 л ($p = 0,039$) и у девочек из группы потомков пришлого населения на 0,36 л ($p < 0,001$). При сравнении мальчиков ханты с мальчиками метисами



Значения жизненной емкости легких школьников 11–14 лет, коренных жителей Югры, л
 Примечание. Значимость различий между фактической и должной величинами: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$; между группами ханты и метисов: ● – $p < 0,05$; между группами ханты и потомков пришлого населения: ◆◆ – $p < 0,01$, ◆◆◆ – $p < 0,001$

и потомками пришлого населения разница по данному показателю составила 0,27 л и 0,26 л ($p = 0,005$) соответственно. Установлено, что во всех группах мальчиков фактические величины ЖЕЛ соответствовали должным значениям. Во всех группах девочек данный показатель был ниже должных величин, при этом у девочек ханты и девочек из группы потомков пришлого населения это снижение носило значимый характер ($p = 0,011$ и $p = 0,002$ соответственно) (рисунок).

Известно, что ЖЕЛ состоит из ДО, РОвд и РОвыд [15]. Анализ структуры ЖЕЛ обследованных школьников представлен в табл. 1. Установлено, что на долю РОвд приходилось 47–52 % ЖЕЛ во всех группах школьников. Межгрупповое различие по данному показателю в группах девочек составило не более 3 %, в группах мальчиков – не более 4,5 %. Доля РОвыд в группах девочек была практически одинаковой и составила 28–31 % ЖЕЛ. В группах мальчиков по показателю РОвыд/ЖЕЛ были установлены статистически значимые различия между мальчиками ханты и потомками пришлого населения ($p = 0,000$).

Отношение ДО к ЖЕЛ (в %) школьников – представителей коренных малочисленных народов Севера было ниже, чем в группах сравнения. Между школьниками ханты и потомками пришлого населения данная разница носила значимый характер в группах как девочек ($p = 0,005$), так и мальчиков ($p = 0,016$).

Измерение только одних легочных объемов и емкостей не позволяет оценить вентиляционную функцию легких в полном объеме, поскольку эти

величины относятся к разряду статических и прежде всего являются отражением их анатомии [23]. Наиболее информативным показателем вентиляции легких является величина МОД [18]. У школьников ханты данный показатель был ниже, чем у потомков пришлого населения, на 1,57 л/мин в группе девочек ($p = 0,036$) и на 2,50 л/мин в группе мальчиков ($p = 0,033$). В сравнении с метисами данная разница составила 0,31 л/мин и 2,37 л/мин в группах девочек и мальчиков соответственно. В то же время установлено, что относительные величины легочной вентиляции (на 1 кг массы тела) у школьников коренной национальности ханты статистически значимо не отличались от таковых у школьников из 2-й и 3-й групп. Следует отметить, что в группе девочек ханты данная величина была выше, чем в группах сравнения (табл. 2).

Известно, что МОД зависит от глубины и частоты дыхания. Представители коренных малочисленных народов Севера характеризовались наибольшими значениями ЧДД и наименьшей глубиной дыхания. Так, показатель ЧДД у девочек ханты был выше, чем у девочек метисок, на 3,1 дв./мин и девочек из группы потомков пришлого населения на 4,9 дв./мин ($p = 0,003$). У мальчиков ханты данная разница составила 1,93 дв./мин в сравнении с метисами и 4,08 дв./мин ($p = 0,007$) – с потомками пришлого населения. У школьников ханты по сравнению со школьниками из 2-й и 3-й групп медианы ДО отличались более чем на 0,12 л в группах девочек ($p = 0,001$ и $p = 0,001$ соответственно) и более чем на 0,15 л – в группах мальчиков ($p = 0,033$ и $p = 0,000$ соответственно).

Таблица 1

Структура жизненной емкости легких школьников 11–14 лет, коренных жителей Югры, %

Показатель	Пол	Ханты	Метисы	Потомки пришлого населения	Значимость различий		
					$P_{1,2}$	$P_{1,3}$	$P_{2,3}$
РОвд	Д	50,27 (45,22–57,44)	52,14 (41,71–60,09)	49,32 (42,64–56,66)	0,974	0,315	0,265
	М	47,36 (37,45–54,37)	48,57 (41,22–52,61)	51,79 (42,91–56,20)	0,905	0,225	0,290
РОвыд	Д	31,28 (25,47–36,16)	28,10 (22,73–36,73)	29,87 (23,76–34,05)	0,405	0,296	0,765
	М	34,78 (30,08–39,93)	27,63 (24,40–38,35)	27,59 (21,76–33,06)	0,163	0,000	0,194
ДО	Д	17,19 (13,44–19,97)	18,58 (16,36–26,28)	19,56 (16,89–27,72)	0,105	0,005	0,438
	М	17,99 (13,34–23,02)	21,07 (16,18–23,21)	22,63 (17,55–27,01)	0,199	0,016	0,417

Таблица 2

Показатели вентиляционной функции легких школьников 11–14 лет, коренных жителей Югры

Показатель	Пол	Ханты	Метисы	Потомки пришлого населения	Значимость различий		
					$P_{1,2}$	$P_{1,3}$	$P_{2,3}$
ДО, л	Д	0,38 (0,29–0,49)	0,50 (0,39–0,60)	0,54 (0,42–0,78)	0,001	0,001	0,223
	М	0,44 (0,31–0,61)	0,59 (0,45–0,76)	0,64 (0,53–0,76)	0,033	0,000	0,608
ЧДД, дв./мин	Д	22,50 (18,70–26,60)	19,40 (17,10–22,90)	17,60 (15,20–23,00)	0,059	0,003	0,525
	М	24,63 (20,73–29,05)	19,70 (14,60–29,20)	20,55 (17,48–25,60)	0,253	0,007	0,927
МОД, л/мин	Д	8,84 (6,62–10,84)	9,15 (7,85–12,42)	10,41 (7,85–13,56)	0,193	0,036	0,587
	М	10,86 (8,46–14,51)	13,23 (9,99–17,09)	13,36 (9,97–17,67)	0,163	0,033	0,824
Относительный МОД, л/мин/кг	Д	0,24 (0,19–0,30)	0,22 (0,20–0,29)	0,23 (0,18–0,31)	0,757	0,990	0,659
	М	0,31 (0,22–0,39)	0,35 (0,25–0,44)	0,31 (0,24–0,38)	0,399	0,936	0,369

Таблица 3

Показатели максимальной вентиляции легких школьников 11–14 лет, коренных жителей Югры

Показатель	Пол	Ханты	Метисы	Потомки пришлого населения	Значимость различий		
					P _{1,2}	P _{1,3}	P _{2,3}
МВЛ, л/мин	Д	67,60 (51,30–80,10)	68,00 (57,86–91,93)	81,50 (68,80–89,55)	0,375	0,001	0,073
	М	76,20 (67,85–90,35)	87,10 (76,90–101,00)	84,70 (75,20–101,28)	0,149	0,042	0,947
ДМВЛ, л/мин	Д	85,20 (75,90–99,60)	93,95 (83,95–104,75)	98,30 (88,95–106,50)	0,051	0,000	0,409
	М	88,70 (74,10–113,00)	99,80 (92,40–120,00)	102,00 (94,75–128,50)	0,089	0,001	0,493
ЧДД _{мл} , дв./мин	Д	69,40 (54,40–77,20)	60,95 (52,65–82,40)	72,70 (63,95–92,00)	0,431	0,146	0,043
	М	71,90 (58,00–85,90)	72,40 (64,20–107,00)	72,85 (59,95–90,10)	0,189	0,610	0,371

Показатель МВЛ характеризует предельные возможности аппарата дыхания и позволяет выявить ранние признаки утомления дыхательных мышц [16]. Результаты сравнительного анализа данного показателя представлены в табл. 3. Установили, что у потомков пришлого населения МВЛ значимо выше, чем у школьников ханты ($p = 0,001$ в группах девочек и $p = 0,042$ в группах мальчиков). У метисов данный показатель был более близок к таковым у школьников ханты в группе девочек и у потомков пришлого населения в группе мальчиков.

Значения ЧДД_{мл} во всех группах имели близкие значения. Только у девочек метисов данный показатель был ниже, чем в группах сравнения. Зафиксированы статистически значимые различия ($p = 0,043$) у девочек метисов и девочек из группы потомков пришлого населения.

Обсуждение результатов

Поскольку многие параметры дыхательной системы коррелируют с основными антропометрическими показателями, оценка полученных данных проводилась путем сопоставления фактических величин с их должными значениями. У девочек всех изучаемых групп по показателю ЖЕЛ и у всех групп школьников по показателю МВЛ были зафиксированы различные отклонения от должных величин. Снижение фактических значений ЖЕЛ менее 10 % и МВЛ менее 15 % по сравнению с должными величинами не является существенным, а находится в границах допустимой нормы [2, 20]. В наших исследованиях во всех группах школьников показатель ЖЕЛ не выходил за нормальные значения, только у девочек из группы потомков пришлого населения был несколько ниже нормы. Показатель МВЛ у мальчиков ханты стремился к нижней границе нормы, а во всех остальных группах был значимо ниже должных величин и находился в пределах «условной нормы» (75–84 % от должной МВЛ). Данный факт может свидетельствовать о некотором снижении предельных возможностей аппарата дыхания. Н. В. Ефимова и О. Н. Попова [9] такую особенность рассматривают как «плату за адаптацию» к специфическим погодно-климатическим условиям Севера и фактор риска развития хронической легочной патологии.

Известно, что РОвд и РОвыд – это максимальные объемы воздуха, которые можно дополнительно вдох-

нуть и выдохнуть после спокойного вдоха и выдоха соответственно [24]. Для оценки данных показателей большое значение имеют не абсолютные значения, а их отношение к ЖЕЛ. У детей в возрасте от 6 до 15 лет РОвд/ЖЕЛ в норме колеблется в пределах 55–59 %, РОвыд/ЖЕЛ – 24–29 % [1]. В наших исследованиях РОвыд/ЖЕЛ в группах потомков пришлого населения и девочек метисов находился в пределах нормальных значений. В остальных группах школьников этот показатель был несколько выше нормы. Показатель РОвд/ЖЕЛ во всех группах школьников не доходил до нижней границы нормы, что могло свидетельствовать о возможном развитии рестриктивных нарушений, а именно об уменьшении эластичности легочной ткани [4].

Известно, что в норме на долю ДО приходится примерно 10–15 % ЖЕЛ, и у детей 11–14 лет данный показатель находится в диапазоне от 0,19 л до 0,34 л [2, 4]. В наших исследованиях во всех группах школьников ДО был выше нормы. Данный показатель находился в пределах 18–23 % ЖЕЛ и составлял от 0,38 л до 0,64 л. По мнению А. Б. Гудкова и О. Н. Поповой [7], превышение ДО у северян, вероятно, способствует увеличению количества функционирующих альвеол. При аналогичных исследованиях А. А. Завьяловой [10] было установлено, что у детей среднего школьного возраста, жителей Европейского Севера, ДО в зимний период года составляет 12,8 % ЖЕЛ в группе девочек и 12,6 % ЖЕЛ – в группе мальчиков. Следовательно, у школьников Европейского Севера при спокойном дыхании более 87 % ЖЕЛ находится в резерве. В наших исследованиях во всех изучаемых группах школьников данный резерв составлял менее 80 % ЖЕЛ, при этом наименьший показатель зафиксирован у школьников метисов и потомков пришлого населения, а значит, у представителей коренной национальности ханты по сравнению с другими группами имеется большая потенциальная возможность увеличения легочной вентиляции за счет резервных объемов.

Во всех группах школьников было зафиксировано превышение фактических значений МОД над возрастной нормой [4]. В группах девочек это превышение составило не менее 4 л/мин, а в группах мальчиков – не менее 6 л/мин. Установлено, что у потомков пришлого населения и школьников метисов необходимый уровень легочной вентиляции достигался

преимущественно за счет большей глубины дыхания, а у представителей коренной национальности ханты — за счет большей ЧДД. Усиление вентиляции легких в состоянии покоя у жителей северных регионов было зафиксировано и другими исследователями [5, 12]. Доказано, что гипервентиляция легких у северян является важной адаптационной реакцией дыхательной системы [13]. По мнению ряда авторов [5, 7], это может быть связано с возрастанием энергообмена в экстремальных условиях внешней среды. Другой причиной гипервентиляции у коренного населения Севера и переселенцев из других регионов России может быть низкий коэффициент использования кислорода [3]. Отмечается, что организм сам выбирает наиболее рациональные пути взаимоотношений между ДО, ЧДД и МОД [7].

Абсолютные значения ЖЕЛ, ДО и МОД в половых группах метисов были более близки к таковым у потомков пришлого населения. Возможно, это связано с тем, что эти показатели имеют зависимость от антропометрических параметров, и в первую очередь от длины тела. Метисы по данным параметрам практически не отличаются от потомков пришлого населения, что подтверждается ранее проведенными нами исследованиями [28]. Медианы показателей МВЛ были более близки к таковым у школьников ханты в группе девочек и у потомков пришлого населения в группе мальчиков.

Таким образом, исследование функционального состояния дыхательной системы школьников 11–14 лет, коренных жителей ХМАО — Югры, позволило выявить некоторые особенности. Функциональные возможности дыхательной системы находились на достаточном уровне. В то же время не исключено наличие рестриктивных нарушений и некоторое снижение предельных возможностей аппарата дыхания. У представителей коренной национальности ханты по сравнению с другими группами испытуемых выявлена высокая потенциальная возможность увеличения легочной вентиляции за счет резервных объемов. Для всех школьников была характерна гипервентиляция легких в состоянии покоя, которая у метисов и потомков пришлого населения достигалась за счет увеличенной глубины дыхания, а у школьников ханты — за счет более высоких значений частоты дыхательных движений.

Особенности легочной вентиляции метисов обеих половых групп, у которых только один из родителей представитель ханты, преимущественно наследуются от адаптивных типов второго родителя с генетической программой, характерной для регионов их рождения. Только у девочек метисок предельные возможности дыхательной системы отражают её особенности, характерные для представителей арктического адаптивного типа.

Авторство

Нифонтова О. Л. внесла существенный вклад в дизайн исследования и окончательно утвердила присланную в

редакцию рукопись; Конькова К. С. получила, проанализировала и интерпретировала данные и подготовила первый вариант статьи.

Нифонтова Оксана Львовна — SPIN 7387-6942; ORCID 0000-0002-0245-8459

Конькова Кристина Сергеевна — SPIN 2954-1460; ORCID 0000-0002-7131-7780

Список литературы

1. Анохин М. И. Компьютерная спирометрия у детей. М.: Бинном, 2012. 104 с.
2. Баранов В. Л., Куренкова И. Г., Казанцева В. А., Харитонова М. А. Исследование функции внешнего дыхания. СПб.: Элби-СПб., 2002. 302 с.
3. Величковский Б. Т. Причины и механизмы низкого коэффициента использования кислорода в легких человека на Крайнем Севере // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. № 2 (90). С. 97–101.
4. Воронцов И. М., Мазурин А. В. Пропедевтика детских болезней. СПб.: Фолиант, 2009. 1008 с.
5. Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н. Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях: монография. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.
6. Гудков А. Б., Кубушка О. Н. Пропедевтика детских болезней. СПб.: Фолиант, 2009. 1008 с.
7. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2012. 252 с.
8. Единство и разнообразие человечества: хрестоматия / сост. Т. И. Алексеева. М.: Московский государственный психолого-педагогический университет, 2004. 185 с.
9. Ефимова Н. В., Попова О. Н. Адаптивные реакции внешнего дыхания у здоровых студентов в годовом цикле на Европейском Севере // Экология человека. 2012. № 3. С. 23–27.
10. Завьялова А. А. Характеристика сезонных изменений внешнего дыхания у детей-северян 11–14 лет: дис. ... канд. биол. наук. Архангельск, 2012. 125 с.
11. Кубушка О. Н., Гудков А. Б., Лабутин Н. Ю. Некоторые реакции кардиореспираторной системы у молодых лиц трудоспособного возраста на стадии адаптивного напряжения при переезде на Север // Экология человека. 2004. № 5. С. 16–18.
12. Ленишин А. В., Гельцер Б. И. Климатогеографические влияния на структурно-функциональные изменения легочной ткани // Бюллетень Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2005. № 21. С. 11–13.
13. Литовченко О. Г., Винокурова И. В., Собакарь В. Н. Особенности адаптации организма человека в климатогеографических условиях Севера России // Северный регион: наука, образование, культура. 2011. Т. 2, № 24. С. 7–15.
14. Мархинин В. В., Удалова И. В. Коренные народы Югры в системе межэтнических отношений // Вестник НГУ. Серия: Философия. 2012. Т. 10, № 1. С. 56–63.
15. Ольховская Е. А., Соловьева Е. В., Шкарин В. В. Исследование функции внешнего дыхания: учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородской гос. медицинской академии, 2015. 60 с.
16. Перельман Ю. М., Приходько А. Г. Спирографи-

ческая диагностика нарушений вентиляционной функции легких: пособие для врачей. Благовещенск, 2013. 44 с.

17. *Погонышева И. А., Погонышев Д. А., Крюков И. К.* Функциональные параметры респираторной системы студентов, проживающих в условиях Среднего Приобья // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Современная наука: проблемы и пути их решения», Кемерово, 10–11 декабря 2015 года. 2015. Т. 2. С. 101–104.

18. *Попова О. Н., Глебова Н. А., Гудков А. Б.* Компенсаторно-приспособительная перестройка системы внешнего дыхания у жителей Крайнего Севера // Экология человека. 2008. № 10. С. 31–33.

19. *Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н., Ивченко Е. В., Беляев В. Р.* Характеристика компенсаторно-приспособительных реакций внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционно-вахтового режима труда в Заполярье // Вестник Российской военной-медицинской академии. 2011. № 3 (35). С. 163–166.

20. *Стручков П. В., Дроздов Д. В., Лукина О. Ф.* Спирометрия: руководство для врачей. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 96 с.

21. *Успенская Т. Н.* Миграционное поведение населения Ханты-Мансийского автономного округа. М.: ЦСП, 2006. 208 с.

22. *Чащин В. П., Гудков А. Б., Чащин М. В., Попова О. Н.* Предикивная оценка индивидуальной восприимчивости организма человека к опасному воздействию холода // Экология человека. 2017. № 5. С. 3–13.

23. *Ярцев С. С.* Основы функциональной диагностики внешнего дыхания. Эргоспирометрия: практическое руководство для врачей. М.: РУДН, 2015. 236 с.

24. *Al-Ashkar F., Mehra R., Mazzone P. J.* Interpreting pulmonary function tests: recognize the pattern, and the diagnosis will follow // Cleveland Clinic Journal of Medicine. 2003. Vol. 70, N 10. P. 866, 868, 871–873.

25. *Daanen H. A. M., Lichtenbelt W. D. V. M.* Human whole body cold adaptation // Temperature. 2016. Vol. 3, N 1. P. 104–118.

26. *Makinen T. M.* Human cold exposure, adaptation and performance in a Northern Climate. Doctoral thesis. Finland: University of Oulu, 2006. 90 p.

27. *Miller M. R., Hankinson J., Brusasco V. et al.* Standardisation of spirometry // European Respiratory Journal. 2005. Vol. 26, N 2. P. 319–338.

28. *Nifontova O. L., Konkova K. S., Nagovitsin A. V.* Anthropomorphic measurement of middle-school age children living in Northern territory // American Scientific Journal. 2017. Vol. 15, N 1. P. 33–36.

29. *Risikko T.* Safety, health and productivity of cold work. A management model, implementation and effects. Doctoral thesis. Finland: University of Oulu, 2009. 140 p.

30. *Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Iu. R.* Physiological aspects of optimization of expedition and work shift schedules in Arctic regions // Медицина труда и промышленная экология. 1996. Iss. 6. P. 4–7.

References

1. *Anohin M. I.* *Komp'yuternaya spirometriya u detei* [Computer spirometry in children]. Moscow, 2012, 104 p.

2. *Baranov V. L., Kurenkova I. G., Kazantseva V. A., Kharitonova M. A.* *Issledovanie funktsii vneshnego dykhaniya* [Examination of respiratory function]. Saint Petersburg, 2002, 302 p.

3. *Velichkovskii B. T.* Causes and mechanisms of low oxygen

utilization in the human lungs in the Far North. *Byulleten' VSNTs SO RAMN* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center SB RAMS]. 2013, 2 (90), pp. 97–101. [In Russian]

4. *Vorontsov I. M., Mazurin A. V.* *Propedevtika detskikh boleznei* [Propedeutics of childhood diseases]. Saint Petersburg, Folio Publ., 2009, 1008 p.

5. *Gribanov A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Krainova I. N.* *Krovoobrashchenie i dykhanie u shkol'nikov v tsirkumpolyarnykh usloviyakh: monografiya* [Circulation and breathing in schoolchildren in circumpolar conditions: monograph]. Arkhangelsk, 2016, 270 p.

6. *Gudkov A. B., Kubushka O. N.* Airway conductance in high school students living in the European North. *Fiziologiya cheloveka*. 2006, 32 (3), pp. 84–91. [In Russian]

7. *Gudkov A. B., Popova O. N.* *Vneshnee dykhanie cheloveka na Evropeiskom Severe: monografiya* [External breath of a person in the European North: monograph]. Arkhangelsk, Center of the Northern State Medical University Publ., 2012, 252 p.

8. *Edinstvo i raznoobrazie chelovechestva: khrestomatiya* [The unity and diversity of humanity: a reader]. Comp. T. I. Alekseeva. Moscow, Moscow State University of psychology and education Publ., 2004, 185 p.

9. *Elimova N. V., Popova O. N.* Adaptive reactions of external respiration in healthy students in the annual cycle in the European North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, 3, pp. 23–27. [In Russian]

10. *Zav'yalova A. A.* *Kharakteristika sezonnykh izmenenii veshnego dykhaniya u detei-severyan 11-14 let (kand. diss.)* [Characteristics of seasonal changes in vernal respiration in northerners 11–14 years of age. Cand. Diss.]. Arkhangelsk, 2012, 125 p.

11. *Kubushka O. N., Gudkov A. B., Labutin N. Yu.* Some reactions in the cardiorespiratory system in young persons of able-bodied age at the stage of the adaptive strain by removal to the North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2004, 5, pp. 16–18 [In Russian]

12. *Lenshin A. V., Gel'tser B. I.* Climatogeographic influences on structural and functional changes in lung tissue. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk* [Bulletin of the Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Sciences]. 2005, 21, pp. 11–13. [In Russian]

13. *Litovchenko O. G., Vinokurova I. V., Sobakar' V. N.* Peculiarities of adaptation of the human body to the climatic geographic conditions of the North of Russia. *Severnyi region: nauka, obrazovanie, kul'tura* [Northern region: science, education, culture]. 2011, 2 (24), pp. 7–15. [In Russian]

14. *Markhinin V. V., Udalova I. V.* Indigenous peoples of Ugra in the system of interethnic relations. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Filosofiya* [Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Philosophy]. 2012, 10 (1), pp. 55–63. [In Russian]

15. *Ol'khovskaya E. A., Solov'eva E. V., Shkarin V. V.* *Issledovanie funktsii vneshnego dykhaniya: uchebno-metodicheskoe posobie* [The study of the function of external respiration: a teaching aid]. Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod State Medical Academy Publ., 2015, 60 p.

16. *Perel'man Yu. M., Prikhod'ko A. G.* *Spirograficheskaya diagnostika narushenii ventilyatsionnoi funktsii legkikh: posobie dlya vrachei* [Spirographic diagnosis of pulmonary ventilation disorders: a manual for physicians]. Blagoveshchensk, 2013, 44 p.

17. *Pogonyshcheva I. A., Pogonyshchev D. A., Kryukov I. K.* Funktsional'nye parametry respiratornoi sistemy studentov,

- prozhivayushchikh v usloviyakh Srednego Priob'ya [Functional parameters of the respiratory system of students living in the Middle Ob region]. In: *Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Sovremennaya nauka: problemy i puti ikh resheniya"*, Kemerovo, 10-11 dekabrya 2015 goda [Collection materials of the International Scientific and Practical Conference «Modern science: problems and ways to solve them», Kemerovo, 10-11 December 2015]. Kemerovo, 2015, pp. 101-104.
18. Popova O. N., Glebova N. A., Gudkov A. B. Compensatory and adaptive restructuring of the respiratory system in the Far North. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2008, 10, pp. 31-33. [In Russian]
19. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N., Ivchenko E. V., Belyaev V. R. Characteristics of compensatory-adaptive reactions of external respiration at oil industry workers in dynamics expeditionary rotational team work in the Polar region. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Bulletin of Russian military-medicine academy]. 2011, 3 (35), pp. 163-166. [In Russian]
20. Struchkov P. V., Drozdov D. V., Lukina O. F. *Spirometriya: rukovodstvo dlya vrachei* [Spirometry: a guide for doctors]. Moscow, 2017, 96 p.
21. Uspenskaya T. N. *Migratsionnoe povedenie naseleniya Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga* [Migratory behavior of the population of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug]. Moscow, 2006, 208 p.
22. Chashchin V. P., Gudkov A. B., Chashchin M. V., Popova O. N. Predictive assessment of individual human susceptibility to damaging cold exposure. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 5, pp. 3-13. [In Russian]
23. Yartsev S. S. *Osnovy funktsional'noi diagnostiki vneshnego dykhaniya. Ergospirometriya: prakticheskoe rukovodstvo dlya vrachei* [Fundamentals of functional diagnostics of external respiration. Ergospirometry: a practical guide for doctors]. Moscow, 2015, 236 p.
24. Al-Ashkar F., Mehra R., Mazzone P. J. Interpreting pulmonary function tests: recognize the pattern, and the diagnosis will follow. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*. 2003, 70 (10), pp. 866, 868, 871-873.
25. Daanen H. A. M., Lichtenbelt W. D. V. M. Human whole body cold adaptation. *Temperature*. 2016, 3 (1), pp. 104-118.
26. Makinen T. M. *Human cold exposure, adaptation and performance in a Northern Climate. Doctoral thesis*. Finland, 2006, 90 p.
27. Miller M. R., Hankinson J., Brusasco V. et al. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal*. 2005, 26 (2), pp. 319-338.
28. Nifontova O. L., Konkova K. S., Nagovitsin A. V. Anthropomorphic measurement of middle-school age children living in Northern territory. *American Scientific Journal*. 2017, 15 (1), pp. 33-36.
29. Risikko T. Safety, health and productivity of cold work. *A management model, implementation and effects. Doctoral thesis*. Finland, 2009, 140 p.
30. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Iu. R. Physiological aspects of optimization of expedition and work shift schedules in Arctic regions. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 1996, 6, pp. 4-7.

Контактная информация:

Конькова Кристина Сергеевна — аспирант кафедры медико-биологических дисциплин и безопасности жизнедеятельности БУ ВО ХМАО — Югры «Сургутский государственный педагогический университет»

Адрес: 628417, Ханты-Мансийский округ — Югра, Тюменская область, г. Сургут, ул. 50 лет ВЛКСМ, д. 10/2
E-mail: Kris92.008@yandex.ru

A-АЛЛЕЛЬ ГЕНА *FTO* АССОЦИИРОВАН С ПОВЫШЕННЫМ НАКОПЛЕНИЕМ ЖИРА У ВЕГЕТАРИАНЦЕВ

© 2019 г. Э. А. Бондарева, Л. В. Задорожная, И. А. Хомякова

НИИ и Музей антропологии ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва

Проявление генетически детерминированного риска развития ожирения связано среди прочего с особенностями диеты; низкобелковая диета является, по данным ряда исследований, фактором, провоцирующим набор массы тела. *Цель* исследования – изучение ассоциаций Т/А-полиморфизма гена *FTO* с морфологическими параметрами, характеризующими количество и топографию жирового отложения в группе взрослых мужчин и женщин, придерживающихся вегетарианской диеты. *Методы*. Проведено комплексное антропогенетическое обследование 114 добровольцев (48 мужчин и 66 женщин), средний возраст ($30,6 \pm 7,0$) года. Для каждого участника эксперимента был определен генотип по полиморфной системе гена *FTO* (Т/А, rs9939609). *Результаты*. Доля жировой массы тела у мужчин, придерживающихся вегетарианской диеты, составила 11,4 %, то есть являлась недостаточной, в подгруппе женщин – 23,7 %, что соответствовало норме. В подгруппе мужчин были обнаружены многочисленные ассоциации А-аллеля с большими значениями признаков, характеризующих накопление жира. В основном у мужчин-вегетарианцев, обладающих двумя аллелями риска (*FTO*×*AA*), жир сосредоточен на корпусе. В подгруппе женщин не было найдено статистически значимых связей Т/А-полиморфизма с показателями, характеризующими количество и топографию жирового отложения. *Вывод*: аллель повышенного риска развития ожирения (*FTO*×*A*) ассоциирован с/trunkальным типом жирового отложения у мужчин, придерживающихся вегетарианской диеты.

Ключевые слова: *FTO*, накопление жира, состав тела, морфология, вегетарианцы

A-ALLELE OF THE *FTO* GENE IS ASSOCIATED WITH INCREASED FAT ACCUMULATION IN VEGETARIANS

E. A. Bondareva, L. V. Zadorozhnaya, I. A. Khomyakova

Research Institute and Museum of Anthropology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Recent evidence suggests that the fat mass and obesity-associated gene (*FTO*) genotype may interact with dietary intakes in relation to adiposity; previous findings suggest that low dietary protein intake may increase the obesity risk. *The aim* of present paper was to test the effect of *FTO* variants on obesity related morphological traits (fat accumulation and topography) in adult vegetarians. *Methods*: Lifestyle, genetic (*FTO* T/A, rs9939609) and anthropometric data were collected from 114 adult Russian vegetarians (48 males and 66 females), mean age was $30,6 \pm 7,0$ yrs. *Results*: Vegetarian men had lower total body fat (11,4 %) compared with non-vegetarian Russian men the same age. Vegetarian women had normal total body fat (23,7 %). A lot of significant associations between A allele and obesity related traits were found in males' subgroup. In this subgroup the AA genotype carriers demonstrate abdominal fat accumulation. There were no significant differences between alternative *FTO* genotype carriers in obesity related traits in vegetarian women. *Conclusion*: Obesity risk allele (*FTO*×*A*) is associated with fat accumulation on trunk in vegetarian men.

Key words: *FTO*, fat accumulation, body composition, morphology, vegetarians

Библиографическая ссылка:

Бондарева Э. А., Задорожная Л. В., Хомякова И. А. А-аллель гена *FTO* ассоциирован с повышенным накоплением жира у вегетарианцев // Экология человека. 2019. № 8. С. 25–31.

Bondareva E. A., Zadorozhnaya L. V., Khomyakova I. A. A-allele of the *FTO* Gene is Associated with Increased Fat Accumulation in Vegetarians. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 25-31.

По оценке отечественных исследователей, на территории РФ доля взрослых имеющих ожирение мужчин и женщин составляет 21,9 и 29,7 % соответственно; максимальное число людей с ожирением (85 %) приходится на возраст 55–60 лет [3]. Избыточная масса тела – это результат длительного взаимодействия большого числа эндогенных (генетических, половых, этнорасовых) и экзогенных факторов (климатогеографические, социально-экономические, особенности образа жизни) [15, 24]. Некоторые из перечисленных факторов, например генетические, остаются неизменными на протяжении всего онтогенеза, тогда как другие достаточно лабильны и их действие в течение жизни человека может меняться

на противоположное. Известно большое число молекулярно-генетических маркеров, ассоциированных с ожирением [12]. Это подтверждает полигенный характер ожирения и осложняет индивидуальный прогноз на основании данных только о генетическом бэкграунде конкретного человека. Тем не менее за последние 10 лет изучения молекулярно-генетических маркеров, ассоциированных с накоплением жировой массы, был выделен ряд генов, полиморфизм которых демонстрирует однозначные и стабильные ассоциации с ожирением в разных популяциях и механизм действия которых относительно понятен. Ген, ассоциированный с жировой массой и ожирением, – *FTO* (fat mass and obesity-associated) хорошо известен

в качестве такого маркера [19]. Однонуклеотидные замены, сосредоточенные преимущественно в первом интроне *FTO*, ассоциированы с повышенным риском развития ожирения, метаболического синдрома и диабета 2 типа. Частота встречаемости аллелей риска наиболее высока в европейской популяции (около 42 %), в Азии доля данных аллелей составляет 30 %, гораздо реже они встречаются у населения Африки (12 %) [13, 14, 20]. Неуклонный рост во всем мире числа людей с избыточной массой тела стимулирует поиск наиболее эффективных стратегий по борьбе с ожирением и его профилактикой. Одним из очевидных способов снижения риска ожирения является коррекция диеты. Влияние различных видов диеты на проявление генетически детерминированного риска ожирения было изучено в последние годы, однако результаты этих исследований противоречивы [9, 18, 24]. Результаты исследований влияния вегетарианской диеты на эффективность снижения жировой массы тела также не согласованы. Некоторые авторы констатируют положительное влияние ограничений, которые накладывает вегетарианство, на метаболические показатели и сокращение количества жира, в то время как другие отмечают увеличение значений ряда метаболических показателей, повышающих риск кардиометаболических заболеваний [5, 6]. Также отмечается большое число людей с ожирением в традиционных вегетарианских обществах [11, 16]. Механизм влияния *FTO* на массу тела, по всей видимости, связан с регуляцией аппетита и насыщения в соответствующих центрах гипоталамуса, что приводит к увеличению потребления энергии с пищей у носителей аллелей риска [23]. Также показано, что изменение диеты на высокобелковую позволяет носителям аллелей риска *FTO* эффективно снижать жировую массу тела [8, 24]. Таким образом, диета в значительной мере может влиять на фенотипическое проявление генетических детерминант ожирения. Целью исследования является изучение ассоциаций Т/А-полиморфизма гена *FTO* с морфологическими параметрами, характеризующими количество и топографию жиротложения в моноэтнической группе взрослых мужчин и женщин, придерживающихся вегетарианской диеты. Исследования влияния Т/А-полиморфизма гена *FTO* на количество и топографию жира у взрослых этнических русских, придерживающихся вегетарианской диеты, на территории РФ ранее не проводились.

Методы

В рамках проведенного поперечного исследования были обследованы 114 условно здоровых добровольцев в возрасте от 18 до 60 лет — 48 мужчин ($31,7 \pm 6,6$) года и 66 женщин ($29,7 \pm 7,7$) года, проживающих в г. Москве и придерживающихся вегетарианской диеты на протяжении ($6,2 \pm 1,6$) года на момент эксперимента. Программа комплексного антропогенетического обследования включала измерение стандартных антропометрических показателей,

в том числе калиперометрию (GPM, Швейцария) [1], определение компонентов состава тела при помощи биоимпедансометрии (ABC-01 МЕДАСС, г. Москва) [2], а также измерение силы сжатия кисти при помощи динамометра. Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали по формуле $I = W/L^2$, где I — значение индекса, W — масса тела в кг, L — длина тела в м. У всех добровольцев при помощи одноразовых стерильных зонд-тампонов (Nuova Aptasa, Италия) были собраны образцы буккального эпителия. Далее из собранных образцов выделили геномную ДНК и провели генотипирование по полиморфной системе гена *FTO* (Т/А, rs9939609). Выделение ДНК и генотипирование было проведено на базе ООО Лаборатория «Литех» (г. Москва). Анкетирование позволило собрать данные об особенностях образа жизни, питания и социальном статусе обследованных.

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ Statistica 12.0 (StatSoft, США). Для оценки значимости различий в распределении генотипов был использован непараметрический критерий χ^2 , для проверки соответствия распределения изучаемых признаков нормальному — критерий Шапиро — Уилка. Для анализа межгрупповых различий значений показателей, не имеющих нормального распределения, в группах испытуемых с альтернативными генотипами *FTO* был применен критерий Краскела — Уоллиса. Для попарного сравнения показателей в подгруппах носителей альтернативных генотипов был использован критерий Манна — Уитни. Для контроля ошибки первого рода при множественных попарных сравнениях показателей, характеризующих количество жира и его топографию, применяли поправку Бонферрони; значимыми считали различия при $p < 0,017$. Для признаков, по которым были найдены статистически значимые различия между носителями различных генотипов *FTO*, был рассчитан коэффициент детерминации $\epsilon^2 = N/(N2 - 1)/(N + 1)$, где N — значение N критерия Краскела — Уоллиса, N — численность группы. Для удобства интерпретации полученных данных коэффициент детерминации выражали в процентах ($\epsilon^2 \times 100$ %). В таблицах указаны медианные значения признаков, в качестве меры размаха значений приведены первый и третий квартили.

Все материалы комплексного обследования, анализируемые в статье, собраны с соблюдением правил биоэтики (экспертное заключение Комиссии МГУ по биоэтике, протокол № 91-о от 24.05.2018 г.). Добровольцы были осведомлены о целях исследования и дали свое письменное информированное согласие. Данные были деперсонифицированы и анализировались в обезличенной форме.

Результаты

В целом в обследованной выборке распределение частот встречаемости генотипов исследованного гена соответствует равновесию Харди — Вайнберга

(табл. 1). Численное распределение частот встречаемости генотипов *FTO* в целом в обследованной выборке, а также в подгруппах мужчин и женщин представлено в табл. 1.

Таблица 1

Распределение генотипов *FTO* в обследованной выборке

Под-группа	Генотип n (%)			Значимость различий	Аллель, %	
	<i>FTO×TT</i>	<i>FTO×TA</i>	<i>FTO×AA</i>		<i>FTO×T</i>	<i>FTO×A</i>
Мужчины	6 (12,6)	21 (43,7)	21 (43,7)	$\chi^2 = 2,09$ $df = 2$ $p = 0,35$	34	66
Женщины	4 (6,1)	26 (39,4)	36 (54,5)		26	76
Всего	10 (8,8)	47 (41,2)	57 (50,0)	$\chi^2_{HW} = 0,005$ $p = 0,94$	29	71

Таблица 2

Основные морфофункциональные показатели в подгруппах обследованных мужчин и женщин, медиана Q1÷Q3

Признак	Мужчины	Женщины
Длина тела, см	176,1 172,9÷180,6	164,1 161,3÷168,2
Масса тела, кг	67,9 62,5÷72,2	55,2 51,1÷60,8
ИМТ, кг/м ²	21,8 19,4÷23,0	20,3 18,9÷21,9
Обхват груди, см	89,5 86,1÷91,3	79,3 76,3÷81,7
Обхват талии, см	76,3 73,7÷79,4	67,7 65,7÷70,4
Обхват бедер, см	92,7 89,5÷95,6	93,1 90,7÷97,7
Толщина кожно-жировой складки под лопаткой, мм	8,4 7,6÷10,2	9,1 7,4÷11,2
Толщина кожно-жировой складки на животе, мм	8,2 6,2÷13,6	12,0 8,6÷16,0
Толщина кожно-жировой складки на трицепсе, мм	4,8 3,8÷6,4	10,8 8,2÷12,4
Динамометрия (правая рука), кг	42,0 38,0÷46,0	24,2 22,0÷26,0
Жировая масса, кг	7,5 6,5÷10,5	13,4 10,7÷16,7
Доля жировой массы, %	11,4 9,7÷15,1	23,7 20,5÷27,6

Таблица 3

Значения признаков, характеризующих количество и топографию жирового отложения, в группе мужчин носителей альтернативных генотипов *FTO*, медиана Q1÷Q3

Признак	Генотип			Значимость различий
	<i>FTO×TT</i>	<i>FTO×TA</i>	<i>FTO×AA</i>	
Обхват груди, см	87,5 83,1÷89,5	88,1 83,3÷90,5	90,7 88,5÷92,8	$N = 7,1$ $p = 0,03$
Обхват талии, см	73,2 6,9÷7,5	77,0 72,5÷79,4	77,8 75,1÷80,2	$N = 6,2$ $p = 0,04$
Обхват бедер, см	89,3 87,9÷90,6	91,3 86,7÷94,3	94,4 91,3÷96,4	$N = 8,2$ $p = 0,02$
Обхват на середине плеча, см	27,2 2,6÷2,8	27,5 26,0÷29,8	30,2 29,6÷30,7	$N = 9,1$ $p = 0,01$
Обхват предплечья, см	25,2 24,7÷25,5	25,1 24,0÷26,3	26,6 26,1÷27,3	$N = 6,9$ $p = 0,03$
Толщина кожно-жировой складки под лопаткой, мм	7,4 7,0÷7,6	8,2 7,2÷10,2	9,8 8,4÷11,2	$N = 9,7$ $p = 0,01$

Продолжение таблицы 3

Признак	Генотип			Значимость различий
	<i>FTO×TT</i>	<i>FTO×TA</i>	<i>FTO×AA</i>	
Толщина кожно-жировой складки на трицепсе, мм	3,7 3,2÷4,4	5,0 4,0÷6,4	5,8 4,0÷6,8	$N = 5,3$ $p = 0,07$
Толщина кожно-жировой складки на животе (прямая), мм	5,6 4,4÷6,2	9,2 6,4÷14,0	9,6 7,2÷14,0	$N = 8,4$ $p = 0,01$
Толщина кожно-жировой складки на животе (косая), мм	4,4 3,2÷4,6	6,6 4,6÷7,6	6,6 5,2÷9,6	$N = 8,8$ $p = 0,01$
Масса тела, кг	63,1 61,9÷63,8	65,9 59,7÷71,0	71,2 67,5÷76,2	$N = 7,9$ $p = 0,02$
ИМТ, кг/м ²	18,9 18,5÷20,9	20,7 19,4÷22,1	22,4 21,9÷23,7	$N = 8,9$ $p = 0,01$

Значения морфологических признаков в подгруппах обследованной выборки представлены в табл. 2 и 3. Медианные значения основных морфофункциональных показателей обследованных мужчин и женщин – в табл. 2. В табл. 3 показаны значения признаков, по которым были обнаружены статистически значимые различия у мужчин носителей альтернативных генотипов гена *FTO*.

Обсуждение результатов

Диета влияет на проявление генетически детерминированного риска ожирения, так, чем лучше пища соответствует средиземноморской диете, а также чем больше в потребляемых продуктах белка, тем меньше проявляются аллели риска гена *FTO* [15, 17]. С другой стороны, вегетарианская диета позиционируется как эффективный способ контроля над массой тела и нормализации метаболического профиля [7, 10]. Исследования морфологических характеристик людей, придерживающихся вегетарианской диеты, свидетельствуют о снижении у них ИМТ, массы тела и обхвата талии по сравнению с контрольной группой [21]. Обследованная выборка мужчин-вегетарианцев в целом может быть охарактеризована как имеющая недостаточное жировое отложение по значению признака доли жира в организме (см. табл. 2) [3]. Таким образом, у мужчин вегетарианская диета приводит к значительному снижению количества жира в организме, также в данной подгруппе обнаружили значимое снижение мышечной массы тела и силы сжатия кисти по сравнению с контрольной группой, что не противоречило данным, полученным ранее [21, 22]. Это, согласно общепринятым критериям, свидетельствует о снижении рисков кардиометаболических заболеваний. В данной подгруппе были обнаружены многочисленные ассоциации А-аллеля с большими значениями признаков, характеризующих накопление жира (см. табл. 3). Как видно из приведенных данных, у мужчин-вегетарианцев, обладающих двумя аллелями риска (*FTO×AA*), жир сосредоточен на корпусе, т. е. реализуется трункальный тип жирового отложения на фоне пониженных значений ИМТ, жировой и мышечной массы тела. Для признаков, характеризующих толщину

подкожной жировой ткани на корпусе, были обнаружены наибольшие коэффициенты детерминации: от 17,9 до 20,6 % для жировых складок на животе и спине (под лопаткой) соответственно, что свидетельствует о значительном вкладе *FTO* в формирование центрального ожирения в условиях низкобелковой диеты. Аналогичное влияние низкобелковой диеты на морфологические признаки в контексте генотипов *FTO* были обнаружены и в других исследованиях [8, 9, 15]. Носители аллелей риска (*FTO*, rs1558902), в рационе которых было мало белка, обладали значительно большими значениями ИМТ и обхвата талии по сравнению с носителями альтернативного аллеля,

тогда как в группе с высокобелковой диетой данные связи обнаружены не были [15]. Медианное значение доли жировой массы тела у женщин в обследованной выборке составило 23,7 % (20,5÷27,6 %), что соответствовало норме для российской популяции [3]. Анализ ассоциаций Т/А-полиморфизма гена *FTO* с показателями, отражающими количество и топографию ожирения в подгруппе женщин, не выявил статистически значимых различий между носительницами альтернативных генотипов (рис. 1 и 2). Ранее было отмечено, что вегетарианская диета у женщин приводит к меньшему снижению массы тела, в том числе и за счет менее интенсивной потери жира [4]. Можно

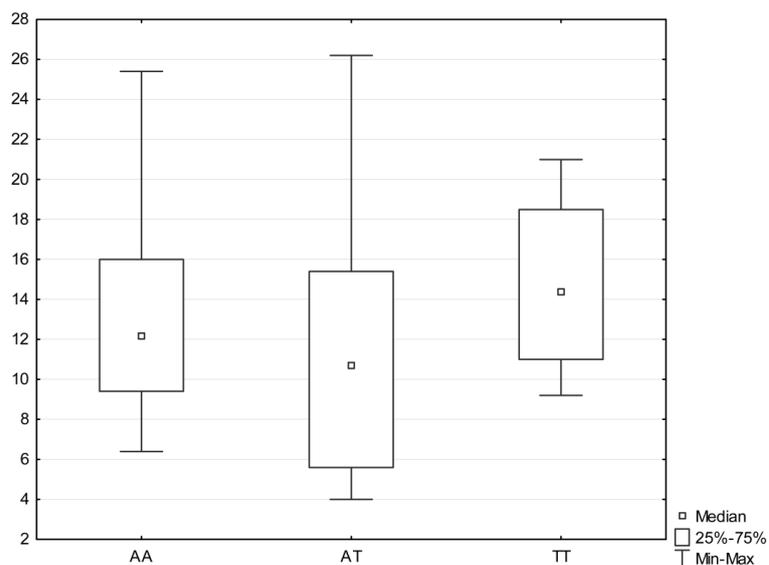


Рис. 1. Медианные значения толщины кожно-жировой складки на животе у женщин с альтернативными генотипами *FTO*.

Примечание. По оси абсцисс: генотипы исследованного гена; по оси ординат: толщина кожно-жировой складки на животе, мм (калиперометрия)

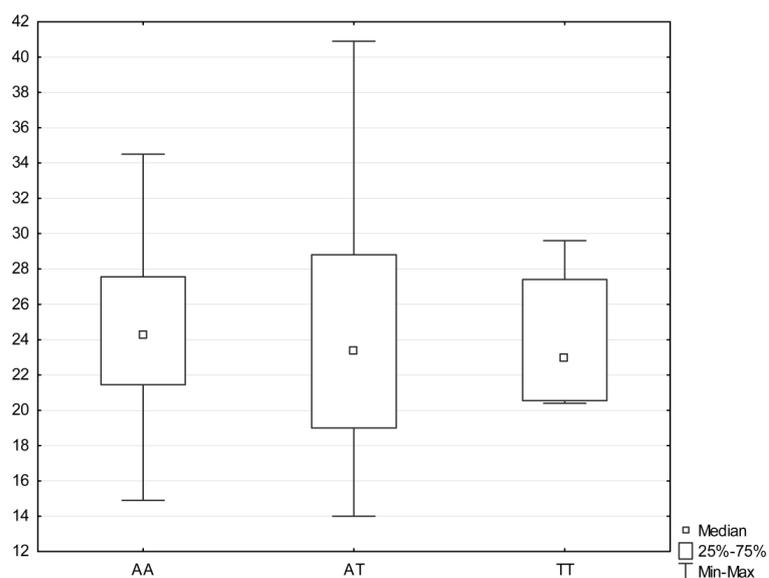


Рис. 2. Медианные значения доли жировой массы тела (%) у женщин с альтернативными генотипами *FTO*.

Примечание. По оси абсцисс: генотипы исследованного гена; по оси ординат: доля жировой массы тела (%), рассчитанная по результатам биоимпедансометрии.

лишь отметить общую, но статистически незначимую тенденцию к увеличению значений всех показателей, характеризующих развитие эндоморфного компонента состава тела, у носительниц А-аллеля. Возможно, отсутствие значимых связей Т/А-полиморфизма *FTO* с показателями жировоголожения в подгруппе женщин связано с присутствием среди обследованных вегетарианок, регулярно употребляющих в пищу белок животного происхождения в виде молочных продуктов и/или яиц. Доля вегетарианок в обследованной подгруппе составила 58,5 %, а лакто- и/или ововегетарианок — 41,5 %. Тем не менее не было найдено статистически значимых различий между морфологическими характеристиками данных подгрупп, за исключением ИМТ и доли активной клеточной массы, рассчитанной по результатам биоимпедансометрии ($U = 333,0$; $Z = 2,2$; $p = 0,03$ и $U = 307,0$; $Z = 2,5$; $p = 0,01$ соответственно). При этом большие медианные значения данных признаков были характерны для лакто- и/или ововегетарианок.

Результаты проведенного исследования позволяют заключить, что ограничения в употреблении белковой пищи животного происхождения приводят к значительному снижению жировой массы тела у мужчин и позволяют поддерживать этот показатель в пределах нормы у женщин. Генетическая предрасположенность к набору жира, обусловленная полиморфизмом гена *FTO*, на фоне вегетарианской диеты проявляется только у мужчин. Носители А-аллеля демонстрируют большее количество подкожного жира в области корпуса, а также более высокие ИМТ и массу тела. Отсутствие ассоциаций Т/А-полиморфизма с уровнем жировоголожения у женщин, с одной стороны, может быть связано с различиями в регуляции процессов метаболизма, обусловленных половыми гормонами, меньшей мышечной массой тела у женщин и меньшим уровнем физических нагрузок. Продолжение исследований на большей выборке, учет потребления простых углеводов и количества физических нагрузок позволят, на наш взгляд, прояснить влияние генетически обусловленного риска ожирения у взрослых женщин на фоне низкобелковой диеты. Также в перспективе желателен изучение биохимических маркеров крови, позволяющих оценить метаболизм липидов и глюкозы для оценки влияния вегетарианской диеты на риски развития мультифакторных заболеваний, развивающихся на фоне центрального ожирения.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проекты №№ 17-26-03004-ОГН и 18-59-94015). Авторы выражают благодарность всем добровольцам, принявшим участие в исследовании.

Авторство

Бондарева Э. А. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Задорожная Л. В. участвовала в получении данных; Хомякова И. А. участвовала в получении данных. Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов.

Бондарева Эльвира Александровна — ORCID 0000-0003-3321-7575; SPIN 6732-2072

Задорожная Людмила Викторовна — ORCID 0000-0002-3143-3226; SPIN 3075-7754

Хомякова Ирина Анатольевна — ORCID 0000-0002-2811-2034; SPIN 2751-1295

Список литературы

1. *Негашева М. А.* Основы антропометрии. М.: Экон-Информ, 2017. 216 с.
2. *Николаев Д. В., Смирнов А. В., Бобринская И. Г., Руднев С. Г.* Биоимпедансный анализ состава тела человека. М.: Наука, 2009. 392 с.
3. *Соболева Н. П., Руднев С. Г., Николаев Д. В., Ерюкова Т. А., Колесников В. А., Мельниченко О. А., Пономарева Е. Г., Старунова О. А., Стерликов С. А.* Биоимпедансный скрининг населения России в центрах здоровья: распространенность избыточной массы тела и ожирения // Российский медицинский журнал. 2014. № 4. С. 4–13.
4. *Barnard N. D., Levin S. M., Yokoyama Y.* A systematic review and meta-analysis of changes in body weight in clinical trials of vegetarian diets // *J. Acad. Nutr. Diet.* 2015. N 115 (6). P. 954–969. doi: 10.1016/j.jand.2014.11.016.
5. *Bhardwaj S., Misra A., Gulati S., Anoop S., Kamal V. K., Pandey R. M.* A randomized controlled trial to evaluate the effects of high Protein Complete (IActo) VEgetarian (PACER) diet in non-diabetic obese Asian Indians in North India // *Heliyon.* 2017. N 3. e00472. doi: 10.1016/j.heliyon.2017. e00472.
6. *Chiu Y. F., Hsu C. C., Chiu T. H., Lee C. Y., Liu T. T., Tsao C. K., Chuang S. C., Hsiung C. A.* Cross-sectional and longitudinal comparisons of metabolic profiles between vegetarian and non-vegetarian subjects: a matched cohort study // *Br. J. Nutr.* 2015. N 114 (8). P. 1313–1320. doi: 10.1017/S0007114515002937.
7. *Chuang S. Y., Chiu T. H., Lee C. Y., Liu T. T., Tsao C. K., Hsiung C. A., Chiu Y. F.* Vegetarian diet reduces the risk of hypertension independent of abdominal obesity and inflammation: a prospective study // *J. Hypertens.* 2016. N 34 (11). P. 2164–2171. doi:10.1097/HJH.0000000000001068.
8. *de Luis D. A., Aller R., Izaola O., Primo D., Urdiales S., Romero E.* Effects of a high-protein/low-carbohydrate diet versus a standard hypocaloric diet on weight and cardiovascular risk factors: role of a genetic variation in the rs9939609 *FTO* gene variant // *J. Nutrigenet. Nutrigenomics.* 2015. N 8. P. 128–136.
9. *Grau K., Hansen T., Holst C., Astrup A., Saris W. H., Arner P., Rössner S., Macdonald I., Polak J., Oppert J. M., Langin D., Martinez J. A., Pedersen O., Sørensen T. I.* Macronutrient-specific effect of *FTO* rs9939609 in response to a 10-week randomized hypo-energetic diet among obese Europeans // *Int. J. Obes (Lond).* 2009. N 33. P. 1227–1234.
10. *Kahleova H., Pelikanova T.* Vegetarian Diets in the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes // *J. Am. Coll. Nutr.* 2015. N 34 (5). P. 448–458. doi: 10.1080/07315724.2014.976890.
11. *Kahleova H., Levin S., Barnard N.* Cardio-Metabolic Benefits of Plant-Based Diets // *Nutrients.* 2017. N 9 (8). pii: E848. doi: 10.3390/nu9080848.
12. *Lee H. J., Kim I. K., Kang J. H., Ahn Y., Han B. G., Lee J. Y., Song J.* Effects of common *FTO* gene variants associated with BMI on dietary intake and physical activity in Koreans // *Clin. Chim. Acta.* 2010. N 411. P. 1716–1722.
13. *Li H., Kilpeläinen T. O., Liu C., et al.* Association

of genetic variation in FTO with risk of obesity and type 2 diabetes with data from 96,551 East and South Asians // *Diabetologia*. 2012. N 55. P. 981–995.

14. Loos R. J., Yeo G. S. The bigger picture of FTO: the first GWAS-identified obesity gene // *Nat. Rev. Endocrinol.* 2014. N 10. P. 51–61.

15. Merritt D. C., Jamnik J., El-Sohemy A. FTO genotype, dietary protein intake, and body weight in a multiethnic population of young adults: a cross-sectional study // *Genes & Nutrition*. 2018. N 13. P. 4.

16. Misra R., Balagopal P., Raj S., Patel T. G. Vegetarian Diet and Cardiometabolic Risk among Asian Indians in the United States // *J. Diabetes Res.* 2018. 2018:1675369. doi: 10.1155/2018/1675369. eCollection 2018.

17. Razquin C., Martinez J. A., Martinez-Gonzalez M. A., Bes-Rastrollo M., Fernández-Crehuet J., Marti A. A 3-year intervention with a Mediterranean diet modified the association between the rs9939609 gene variant in FTO and body weight changes // *Int. J. Obes (Lond)*. 2010. N 34. P. 266–272.

18. Sonestedt E., Roos C., Gullberg B., Ericson U., Wirfält E., Orho-Melander M. Fat and carbohydrate intake modify the association between genetic variation in the FTO genotype and obesity // *Am. J. Clin. Nutr.* 2009. N 90. P. 1418–1425.

19. Speakman J. R., Rance K. A., Johnstone A. M. Polymorphisms of the FTO gene are associated with variation in energy intake, but not energy expenditure // *Obesity (Silver Spring)*. 2008. N 16. P. 1961–1965.

20. Speliotes E. K., Willer C. J., Berndt S. I., et al. Association analyses of 249,796 individuals reveal 18 new loci associated with body mass index // *Nat. Genet.* 2010. N 42. P. 937–948.

21. Tong T. Y., Key T. J., Sobiecki J. G., Bradbury K. E. Anthropometric and physiologic characteristics in white and British Indian vegetarians and nonvegetarians in the UK Biobank // *Am. J. Clin. Nutr.* 2018. N 107 (6). P. 909–920. doi: 10.1093/ajcn/nqy042.

22. Vanacore D., Messina G., Lama S., Bitti G., Ambrosio P., Tenore G., Messina A., Monda V., Zappavigna S., Boccellino M., Novellino E., Monda M., Stiuso P. Effect of restriction vegan diet's on muscle mass, oxidative status, and myocytes differentiation: A pilot study // *J. Cell Physiol.* 2018. doi: 10.1002/jcp.26427.

23. Wardle J., Carnell S., Haworth C. M., Farooqi I. S., O'Rahilly S., Plomin R. Obesity associated genetic variation in FTO is associated with diminished satiety // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2008. N 93. P. 3640–3643.

24. Zhang X., Qi Q., Zhang C., Smith S. R., Hu F. B., Sacks F. M., Bray G. A., Qi L. FTO genotype and 2-year change in body composition and fat distribution in response to weight-loss diets: the POUNDS LOST Trial // *Diabetes*. 2012. N 61. P. 3005–3011.

References

1. Negasheva M. A. *Osnovy antropometrii* [Basics of anthropometry]. Moscow, Econ-Infom Publ., 2017, 216 p.
2. Nikolaev D. V., Smirnov A. V., Bobrinskaya I. G., Rudnev S. G. *Bioimpedansnyi analiz sostava tela cheloveka* [Bioelectric impedance analysis of human body composition]. Moscow, Nauka Publ., 2009, 392 p.
3. Soboleva N. P., Rudnev S. G., Nikolaev D. V., Eryukova T. A., Kolesnikov V. A., Mel'nichenko O. A., Ponomareva E. G., Starunova O. A., Sterlikov S. A. The Bio-Impedance Screening of Population in the Health Centers: Prevalence of Surplus Body Mass and Obesity. *Rossiiskii*

meditsinskii zhurnal [Russian Journal of Medicine]. 2014, 4, pp. 4–13. [In Russian]

4. Barnard N. D., Levin S. M., Yokoyama Y. A systematic review and meta-analysis of changes in body weight in clinical trials of vegetarian diets. *J. Acad. Nutr. Diet.* 2015, 115 (6), pp. 954–969. doi: 10.1016/j.jand.2014.11.016.

5. Bhardwaj S., Misra A., Gulati S., Anoop S., Kamal V. K., Pandey R. M. A randomized controlled trial to evaluate the effects of high Protein Complete (IActo) VEgetaRian (PACER) diet in non-diabetic obese Asian Indians in North India. *Heliyon*. 2017, 3, e00472. doi: 10.1016/j.heliyon.2017. e00472.

6. Chiu Y. F., Hsu C. C., Chiu T. H., Lee C. Y., Liu T. T., Tsao C. K., Chuang S. C., Hsiung C. A. Cross-sectional and longitudinal comparisons of metabolic profiles between vegetarian and non-vegetarian subjects: a matched cohort study. *Br. J. Nutr.* 2015, 114 (8), pp. 1313–1320. doi: 10.1017/S0007114515002937.

7. Chuang S. Y., Chiu T. H., Lee C. Y., Liu T. T., Tsao C. K., Hsiung C. A., Chiu Y. F. Vegetarian diet reduces the risk of hypertension independent of abdominal obesity and inflammation: a prospective study. *J. Hypertens.* 2016, 34 (11), pp. 2164–2171. doi:10.1097/HJH.0000000000001068.

8. de Luis D. A., Aller R., Izaola O., Primo D., Urdiales S., Romero E. Effects of a high-protein/low-carbohydrate diet versus a standard hypocaloric diet on weight and cardiovascular risk factors: role of a genetic variation in the rs9939609 FTO gene variant. *J. Nutrigenet. Nutrigenomics.* 2015, 8, pp. 128–136.

9. Grau K., Hansen T., Holst C., Astrup A., Saris W. H., Arner P., Rössner S., Macdonald I., Polak J., Oppert J. M., Langin D., Martinez J. A., Pedersen O., Sørensen T. I. Macronutrient-specific effect of FTO rs9939609 in response to a 10-week randomized hypo-energetic diet among obese Europeans. *Int. J. Obes (Lond)*. 2009, 33, pp. 1227–1234.

10. Kahleova H., Pelikanova T. Vegetarian Diets in the Prevention and Treatment of Type 2 Diabetes. *J Am. Coll. Nutr.* 2015, 34 (5), pp. 448–458. doi: 10.1080/07315724.2014.976890.

11. Kahleova H., Levin S., Barnard N. Cardio-Metabolic Benefits of Plant-Based Diets. *Nutrients*. 2017, 9 (8), pii: E848. doi: 10.3390/nu9080848.

12. Lee H. J., Kim I. K., Kang J. H., Ahn Y., Han B. G., Lee J. Y., Song J. Effects of common FTO gene variants associated with BMI on dietary intake and physical activity in Koreans. *Clin. Chim. Acta.* 2010, 411, pp. 1716–1722.

13. Li H., Kilpeläinen T. O., Liu C., et al. Association of genetic variation in FTO with risk of obesity and type 2 diabetes with data from 96,551 East and South Asians. *Diabetologia*. 2012, 55, pp. 981–995.

14. Loos R. J., Yeo G. S. The bigger picture of FTO: the first GWAS-identified obesity gene. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2014, 10, pp. 51–61.

15. Merritt D. C., Jamnik J., El-Sohemy A. FTO genotype, dietary protein intake, and body weight in a multiethnic population of young adults: a cross-sectional study. *Genes & Nutrition*. 2018, 13, p. 4.

16. Misra R., Balagopal P., Raj S., Patel T. G. Vegetarian Diet and Cardiometabolic Risk among Asian Indians in the United States. *J. Diabetes Res.* 2018, 2018:1675369. doi: 10.1155/2018/1675369. eCollection 2018.

17. Razquin C., Martinez J. A., Martinez-Gonzalez M. A., Bes-Rastrollo M., Fernández-Crehuet J., Marti A. A 3-year intervention with a Mediterranean diet modified the association between the rs9939609 gene variant in FTO and body weight changes. *Int. J. Obes. (Lond)*. 2010, 34, pp. 266–272.

18. Sonestedt E., Roos C., Gullberg B., Ericson U., Wirfalt E., Orho-Melander M. Fat and carbohydrate intake modify the association between genetic variation in the FTO genotype and obesity. *Am. J. Clin. Nutr.* 2009, 90, pp. 1418-1425.
19. Speakman J. R., Rance K. A., Johnstone A. M. Polymorphisms of the FTO gene are associated with variation in energy intake, but not energy expenditure. *Obesity (Silver Spring)*. 2008, 16, pp. 1961-1965.
20. Speliotes E. K., Willer C. J., Berndt S. I., et al. Association analyses of 249,796 individuals reveal 18 new loci associated with body mass index. *Nat. Genet.* 2010, 42, pp. 937-948.
21. Tong T. Y., Key T. J., Sobiecki J. G., Bradbury K. E. Anthropometric and physiologic characteristics in white and British Indian vegetarians and nonvegetarians in the UK Biobank. *Am. J. Clin. Nutr.* 2018, 107 (6), pp. 909-920. doi: 10.1093/ajcn/nqy042.
22. Vanacore D., Messina G., Lama S., Bitti G., Ambrosio P., Tenore G., Messina A., Monda V., Zappavigna S., Boccellino M., Novellino E., Monda M., Stiuso P. Effect of restriction vegan diet's on muscle mass, oxidative status, and myocytes differentiation: A pilot study. *J. Cell Physiol.* 2018. doi: 10.1002/jcp.26427.
23. Wardle J., Carnell S., Haworth C. M., Farooqi I. S., O'Rahilly S., Plomin R. Obesity associated genetic variation in FTO is associated with diminished satiety. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 2008, 93, pp. 3640-3643.
24. Zhang X., Qi Q., Zhang C., Smith S. R., Hu F. B., Sacks F. M., Bray G. A., Qi L. FTO genotype and 2-year change in body composition and fat distribution in response to weight-loss diets: the POUNDS LOST Trial. *Diabetes.* 2012, 61, pp. 3005-3011.

Контактная информация:

Бондарева Эльвира Александровна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник НИИ и Музея антропологии МГУ имени М. В. Ломоносова

Адрес: 125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11

E-mail: Bondareva.E@gmail.com

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ У ЛИЦ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ПОЛУШАРНОГО ДОМИНИРОВАНИЯ (обзор)

© 2019 г. ¹О. Н. Котцова, ²Н. Ю. Аникина, ^{1,2}А. В. Грибанов

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск;

²ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск

Представлена значимость исследований межполушарной асимметрии для оценки структурно-функциональных показателей различных физиологических систем. Проведен анализ литературы по вопросу функциональной межполушарной асимметрии (ФМА). Обозначены характерные особенности правого и левого полушарий согласно эволюционно-генетическому подходу. Так, правое полушарие относят филогенетически к более старому, поэтому развитие его биоэлектрической активности во многом определяется генотипом. Левое полушарие филогенетически более молодое и обладает большей индивидуальной изменчивостью в зависимости от средовых и социальных факторов. Описана психическая асимметрия, под которой понимают функциональное неравенство полушарий головного мозга в осуществлении нервно-психической деятельности. Раскрываются понятия различных типов и профилей асимметрии. Прослежены изменения ФМА в процессе онтогенеза: с рождения и до 6–7 лет преобладающим является правое полушарие; к 10–14 годам возрастает активность левого полушария, функциональные связи становятся более жесткими, энергетические ресурсы мозга обращаются к передним отделам левого полушария; в пожилом возрасте межполушарная асимметрия сглаживается. Отражены морфологические и функциональные особенности полушарий в зависимости от пола. Так, цитоархитектонические структуры мозга мужчин имеют выраженную структурную асимметрию, в то время как для цитоархитектонических структур мозга женщин более типична и характерна симметричность строения. Описаны экспериментально-психологические и физиологические методы регистрации и оценки межполушарной асимметрии. Представлен неинвазивный метод анализа межполушарных энергообменных процессов по данным распределения уровня постоянного потенциала головного мозга, отражающего трансформацию мембранных потенциалов нейронов, глии и гематоэнцефалического барьера. Проанализировано влияние межполушарной асимметрии на успешность процессов адаптации. На сегодняшний день малоизученным остается взаимодействие между корой головного мозга и вегетативной нервной системой. Исследования и оценку структурно-функционального состояния физиологических функций у человека авторы рекомендуют проводить с учетом типа полушарного доминирования.

Ключевые слова: головной мозг, межполушарная асимметрия, уровень постоянного потенциала, церебральный энергообмен.

STRUCTURAL-FUNCTIONAL PECULIARITIES OF PHYSIOLOGICAL SYSTEMS IN PERSONS WITH DIFFERENT TYPES OF HEMISPHERIC DOMINATION (review)

¹O. N. Kottsova, ²N. Yu. Anikina, ^{1,2}A. V. Gribanov

¹Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia; ²Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia

This article presents the significance of research on hemispheric asymmetry for assessing the structural and functional parameters of various physiological systems. The authors performed the literature analysis on the functional hemispheric asymmetry (FHA). Special features of the right and left hemispheres according to the evolutionary-genetic approach have been given. Thus, the right hemisphere was phylogenetically attributed to the older one; therefore, the development of its bioelectrical activity was largely determined by the genotype. The left hemisphere was phylogenetically younger and had greater individual variability depending on environmental and social factors. Psychic asymmetry was described, by which we understood the functional inequality of the cerebral hemispheres in the implementation of neuropsychic activity. Concepts of various types and profiles of asymmetry were revealed. A brief overview of the changes was given. FHA changes during ontogenesis were traced: right hemisphere was predominant from birth to 6-7 years; by 10-14 years, the activity of the left hemisphere increased, the functional connections became more rigid, the brain's energy resources turned to the front sections of the left hemisphere; in old age, hemispheric asymmetry was smoothed out. Morphological and functional features of the hemispheres, depending on gender were also presented. Thus, cytoarchitectonic structures of men's brain had a pronounced structural asymmetry, while cytoarchitectonic structures of women's brain were more typical and were characterized by structural symmetry. Experimental-psychological and physiological methods of recording and assessing hemispheric asymmetry were described. A non-invasive method for the analysis of interhemispheric energy-exchange processes according to the distribution of the level of constant potential of the brain, reflecting the transformation of the membrane potentials of neurons, glia and the hemato-encephalic barrier was presented. The effect of interhemispheric asymmetry on the success of adaptation processes was analyzed. Today, the interaction between the cerebral cortex and the autonomic nervous system remained understudied. Study and evaluation of the structural and functional state of human's physiological functions are recommended to carry out taking into account the type of hemispheric dominance.

Key words: brain, hemispheric asymmetry, constant potential level, cerebral energy exchange

Библиографическая ссылка:

Котцова О. Н., Аникина Н. Ю., Грибанов А. В. Структурно-функциональные особенности физиологических систем у лиц с различными типами полушарного доминирования (обзор) // Экология человека. 2019. № 8. С. 32–40.

Kottsova O. N., Anikina N. Yu., Gribanov A. V. Structural-Functional Peculiarities of Physiological Systems in Persons with Different Types of Hemispheric Domination (Review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 32–40.

В настоящее время полушария головного мозга рассматривают как два симметричных, но функционально неравнозначных органа, роль которых заключается в обеспечении определенных функций и межполушарных взаимодействий [2, 3, 18, 23]. Физиологические механизмы при этом до сих пор остаются до конца не изученными и оцениваются неоднозначно. Так, например, при негативных эмоциях имеются данные как о вовлеченности левого полушария [35], так и о преимущественной эмоциональности правого [44]. В то же время корковая регуляция эмоций осуществляется в норме при взаимодействии обоих полушарий [5]. На фоне высокого эмоционального напряжения преобладают активации левой передней коры [30].

Длительное время считалось, что межполушарная асимметрия (МПА) может иметь только стационарный характер при стабильном преобладании некоторых сенсорных и моторных характеристик («ведущая рука», «ведущий глаз» и др.) [17]. Однако при регистрации электроэнцефалограммы, локального мозгового кровотока, использовании современных компьютерных методов биохимического картирования и другом доказано наличие динамического характера функциональной асимметрии мозга (ФАМ) [22].

Характерным признаком такой асимметрии полушарий является ее лабильность, она изменяется при осуществлении различных видов деятельности [28] и зависит от асимметрии внешней среды, характера межполушарных взаимодействий, специализированной работы каждого полушария, функционального состояния организма и особенно заметна при развитии стресса [18, 21].

Известно, что морфологический субстрат ФАМ может проявляться не только в коре головного мозга, но и в других образованиях нервной системы [24].

Говоря о межполушарной асимметрии, чаще всего подразумевают неравенство полушарий головного мозга в обеспечении нервно-психической деятельности человека, поскольку по теории мозговой организации высших психических функций [14] при их реализации головной мозг работает как парный орган, но каждое полушарие вносит свой определенный вклад.

В зависимости от специализации полушарий каждое из них перерабатывает и преобразует сенсорные сигналы и стимулы по-своему. Левое полушарие отвечает за речевые функции и аналитическую абстрактную деятельность, участвует в прогнозировании сложных моторных и психических актов. Правое полушарие участвует в восприятии пространства, времени и имеет особое значение в эмоциональных проявлениях. Большинство гностических функций, некоторые виды праксиса обеспечиваются преимущественно правым полушарием [40].

Существует огромное количество гипотез о неравнозначности полушарий головного мозга в осу-

ществлении нервно-психической деятельности.

Согласно эволюционно-генетическому подходу к межполушарной асимметрии [15], правое полушарие относят филогенетически к более старому. В связи с этим развитие его биоэлектрической активности во многом определяется генотипом. Левое полушарие, как филогенетически более молодое, обладает большей индивидуальной изменчивостью, его работа во многом зависит от средовых и социальных факторов.

Специализация полушарий головного мозга является врожденной [28], но под влиянием биосоциальной среды функциональная асимметрия и межполушарное взаимодействие совершенствуются [2].

Различают сенсорную, моторную, психическую асимметрию полушарий головного мозга.

Сенсорная асимметрия — совокупность признаков функционального неравенства правой и левой частей органов чувств.

Так, различны острота и поля зрения, различно цветоощущение, различны острота слуха левым и правым ухом. Асимметрично осязание (проприо-, терморцепция, болевая чувствительность), обоняние, вкус.

Моторная асимметрия — совокупность признаков неравенства функций рук, ног, половин туловища и лица в формировании общего двигательного поведения и его выразительности.

Наибольшая роль в процессе латерализации отводится мануальной асимметрии, которая рассматривается как обобщенный индекс индивидуальных вариаций в функциональной асимметрии мозга и является одной из наиболее устойчивых индивидуальных характеристик. Однако четкой связи между ведущей рукой и доминантностью полушарий нет. В исследовании М. М. Безруких [3] подвергается сомнению закономерная связь латерализации моторных функций и межполушарной асимметрии у детей, и на этом основании мануальную асимметрию предлагают не считать маркером межполушарной асимметрии.

Оценивая доминирование полушарий в сенсорной и моторной сферах, можно описать профиль функциональной сенсомоторной асимметрии [17].

Моторные процессы, как правило, зависят от левого полушария, сенсорные — от правого [17].

Существуют индивидуальные профили асимметрии. Так, по П. Деннисону, с учетом ведущего полушария, ведущих руки, ноги, глаза и уха насчитывается 32 типа [Цит. по 17].

Несмотря на разнообразие профилей асимметрии, можно выделить три основных: правый (преобладание правых асимметрий), левый (сочетание левых асимметрий), смешанный (сочетание правых и левых сенсомоторных асимметрий).

Известно, что у лиц с разным типом полушарного доминирования имеются особенности внутримушарной организации психических процессов. Так, у правшей отмечается высокая степень внутримуш-

шарной дифференцированности, в первую очередь это относится к левому полушарию, в меньшей степени — к правому. У левшей внутриполушарная функциональная организация как правого, так и левого полушарий мозга отличается более диффузным, недифференцированным характером. У левшей имеет место феномен функциональной разобщенности мозговых гемисфер, относительная автономия полушарий мозга в процессе осуществления психических функций [24].

Кроме функциональной асимметрии полушарий мозга имеются данные об их морфологическом различии. Так, при ультразвуковом исследовании беременных на 20–22 неделе выявлено, что диаметр левого полушария головного мозга плода больше диаметра правого, причем как у мальчиков, так и у девочек [28]. У новорожденных сильвиева борозда слева значительно больше, чем справа [39].

С момента рождения ребенка и в среднем до 6–7 лет преобладает правое полушарие, поэтому в этом возрасте дети эмоциональны, их поведение характеризуется неосознанностью и произвольностью [17].

При овладении навыками письма начинает набирать активность левое полушарие. Причем у мальчиков межполушарные различия формируются позже, но сохраняются дольше, чем у девочек.

К 10–14 годам, к периоду завершения интенсивного развития головного мозга, возрастает активность левого полушария, функциональные связи становятся более жесткими, энергетические ресурсы мозга обращаются к передним отделам левого полушария [17].

Однако единого мнения у исследователей о сроках критических периодов формирования МПА до сих пор нет.

Первый критический период в формировании МПА до двух лет некоторые авторы связывают с развитием речевых навыков у ребенка [37], другие — с созреванием к этому периоду мозолистого тела [38].

Общепринятым считается завершение формирования МПА к периоду половой зрелости, однако окончательное формирование латерализации головного мозга может происходить и к пяти годам [36].

Существует мнение, что МПА — это не только состояние, но и процесс, который реализуется в течение всей жизни человека и определяется особенностями психического развития. У мужчин мозг латерально более специализирован, у женщин он билатерален [4, 17].

В настоящее время выявлены половые различия корковых структур и МПА. Так цитоархитектонические структуры мозга мужчин имеют выраженную структурную асимметрию, в то время как для цитоархитектонических структур мозга женщин более типичным и характерным является симметричность строения [4].

Известно, что МПА зависит от функционального состояния организма и проявляется в преобладании активности в одном из полушарий головного мозга [7].

Для изучения МПА используются экспериментально-психологические методы (не требующие специальной аппаратуры, направленные на анализ предпочтений (моторных и сенсорных) при выполнении тех или иных поведенческих актов и физиологические методы, основанные на регистрации различных биоэлектрических показателей асимметрии (порогов сенсорных ответов, ЭЭГ- и ВП-показателей, ЭМГ-реакций, вегетативных процессов и др.).

Для изучения динамической МПА в последние десятилетия достаточно широко применяется регистрация распределения уровня постоянного потенциала головного мозга (УПП), как медленно меняющегося потенциала милливольтового диапазона, который при регистрации от кожи головы интегрально отражает трансформацию мембранных потенциалов нейронов, глии- и гематоэнцефалического барьера [10, 11].

При этом вклад различных источников (мембранных потенциалов нейронов, глии- и гематоэнцефалического барьера) в электрогенез УПП в конкретных ситуациях может быть различным. Однако, вне зависимости от этого, интегральная величина УПП позволяет оценить интенсивность энергетических процессов в мозге, поскольку создание и поддержание определенных концентраций ионов на мембранах требует затрат энергии на работу против диффузного концентрационного градиента [26].

В общих чертах регуляция интенсивности энергетического обмена осуществляется путем воздействия конечных продуктов аэробного и анаэробного обмена на активность определенных ферментов, участвующих в цикле Кребса и гликолизе. При повышении мозговой активности усиливается поступление в кровь кислых продуктов энергетического обмена, pH оттекающей от мозга крови снижается, а УПП на поверхности головы увеличивается. Уровень pH мозга, отражаемый в параметрах УПП головного мозга, таким образом, является конечной характеристикой энергетического метаболизма [13].

В любом возрасте существует определенная интенсивность церебрального энергообмена, который обеспечивает необходимый уровень адаптации в норме. Таким образом, метод регистрации УПП как метод энергетической характеристики головного мозга применим в течение всей жизни организма. Технологическая доступность метода и его безвредность, портативность используемой аппаратуры дают возможность прижизненного изучения церебральных энергетических процессов. Между тем современные методы компьютерной визуализации биохимических процессов в головном мозге (позитронная эмиссионная томография, магнитно-резонансная томография, однофотонная эмиссионная компьютерная томография) зачастую сопряжены с введением радиоактивных препаратов (что небезопасно для пациента), аппаратура громоздкая, оборудование дорогостоящее

(поэтому данные методы исследования применяются в крупных клинических центрах), а поддержание определенной позы делает затруднительным данные исследования у детей [20].

Основными параметрами УПП являются: монополярно зарегистрированные значения УПП, усредненный УПП (средний по всем отведениям), локальные УПП (разности между значением УПП в каком-либо отведении и усредненным УПП), градиенты УПП (разности между монополярно зарегистрированными значениями УПП).

Среди градиентов УПП наиболее важным для изучения МПА является межполушарный градиент (разность потенциалов между правым и левым височными отведениями), который в течение дня может меняться. Так, в первой половине дня энергетический метаболизм у правой преобладает в левом полушарии, во второй половине дня — в правом [20]. Исследования функциональной асимметрии церебральных энергетических процессов при адаптации к условиям окружающей среды имеет важное значение, поскольку от их величины и преобладания в одном из полушарий зависит успешность или незавершенность адаптации [7, 8]. Зачастую в условиях стресса преобладает активность субдоминантного полушария. Считается, что при данном переключении происходит защита доминантного полушария от неблагоприятного воздействия конечных продуктов энергетического обмена [20].

Известно, что адаптивные реакции центральной нервной системы в высоких широтах сопровождаются значительным увеличением церебральных энергетических процессов, как и формирование экологической адаптированности, что соответствует признакам синдрома адаптационного профицита церебрального энергообмена [7]. Лимитируются эти состояния состоянием центральной нервной системы [12]. Степень созревания мозговых структур, участвующих в формировании конкретной деятельности, влияет на генерирование адекватного уровня активационных влияний на фронтальную кору полушарий мозга при модулировании оптимального рабочего состояния мозга. В свою очередь, поддержание этого состояния невозможно без достаточного энергетического обеспечения клеток.

Так, адаптивные реакции у молодых людей в условиях Арктического региона при формировании экологической адаптированности энергетического метаболизма характеризуются, как правило, завершенностью и успешностью адаптации центральной нервной системы при наличии правополушарного доминирования с высокой интенсивностью энергетического метаболизма [7].

Основой для развития теорий о влиянии МПА на особенности адаптации организма к высоким широтам служит морфологическая, нейрохимическая и функциональная МПА. Преобладание в правом полушарии головного мозга норадренергических структур при-

водит к побуждающим и мотивационным действиям индивида, направленным на обеспечение адаптации к дискомфортным условиям окружающей среды; а серотонинергических — к тормозящему эффекту реакций, ведущих к тревоге и депрессии [23].

Преобладание в левом полушарии дофамин-, ГАМК- и холинергических структур ведет к обеспечению подкрепления адаптивных реакций организма [23, 32].

Таким образом, с учетом нейрохимической теории МПА головного мозга активация правого полушария является пусковым механизмом в развитии адаптивных реакций организма. Роль левого полушария заключается в обеспечении «закрепления» этих реакций. Такое распределение является в какой-то мере условным, т. к. каждое из полушарий влияет на определенный спектр функций. Внутри- и межполушарное взаимодействие определяет протекание процессов адаптации [19].

В настоящее время доказано, что функциональная МПА тесно связана с иммунной реактивностью организма. Так, в результате клинических наблюдений показано, что у лиц с правополушарным доминированием чаще встречаются аллергические и аутоиммунные заболевания [1].

Установлена связь МПА с патогенетической разнородностью иммунологических заболеваний психосоматической природы, вариантами их клинических проявлений и эффективностью лечения [34].

Экспериментально показано, что эффекты, оказываемые различными полушариями мозга на иммунную систему, являются результатом асимметричного контроля мозгом симпатической нервной системы [41, 46].

Доказаны изменения иммунной реактивности под влиянием стресса. Так, при первой стадии стресса активируется правое полушарие и усиливается пролиферативная активность Т-лимфоцитов. Это связано с активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы через кортикоидные рецепторы гиппокампа [34].

Обратную связь иммунной системы с нервной опосредуют цитокины — эндогенные медиаторы полипептидной природы. Продукция и эффекты цитокинов во многом зависят от латерализации мозга [41].

Молекулярно-генетическая основа МПА связана с асимметричной экспрессией mRNA в головном мозге таких цитокинов, как интерлейкин (IL) 1 β , IL-6 и фактор некроза опухоли (TNF) α [33, 43, 47].

Огромный интерес для ученых представляют механизмы адаптации человека к физическим нагрузкам [9, 16]. Доказано, что существует тесная связь между ФАМ, иммунным статусом спортсменов, степенью их тренированности, половой принадлежностью, характером вегетативной регуляции.

Так, нейтрофилы девушек-спортсменок с «правым» профилем латерализации имеют более низкую

способность к фагоцитозу по сравнению с левшами. У высококвалифицированных юношей левшей фагоцитарная активность нейтрофилов на 47,1 % выше, чем у спортсменов левшей низкой квалификации [25].

Выявленные различия в функционировании нейтрофилов у спортсменов разных полов могут быть связаны с тем, что при физических нагрузках важную роль в регуляции нейтрофильных функций играют адренергические рецепторы [29, 31], а β 2-адренергическая регуляция функций нейтрофилов обладает выраженным половым диморфизмом.

Доказано, что физические нагрузки оказывают непосредственное влияние на продукцию цитокинов клетками и их уровень в плазме крови [45].

На фоне повышенного содержания IL-6 и низкой концентрации IL-8 в плазме крови высококвалифицированных юношей левшей их нейтрофилы более активны в реакциях фагоцитоза, чем нейтрофилы левшей низкой квалификации [25].

При исследовании УПП подростков с разным уровнем физической активности выявлено, что у подростков с низкой физической активностью в покое показатели МПА и уровень УПП приближены к норме, но имеются признаки незавершенности адаптационных процессов. А наиболее оптимальное функциональное состояние имеют подростки с умеренным уровнем физической активности [16].

Особая роль в исследованиях принадлежит механизмам адаптации организма детей и студентов к обучению [19].

В условиях интенсивной умственной нагрузки активируется деятельность головного мозга, следовательно, повышаются энергообмен и уровень УПП.

Однако И. А. Шимко, О. А. Андреев [26] в своей работе получили противоречивые результаты. Они изучили особенности лабильности церебральных УПП у школьников-правшей 10–11 лет в условиях начальной тренировки концентрации внимания. В ходе исследования школьники разделились по типу доминантного по реактивности УПП полушария: с преобладанием в левом и правом полушарии. На начальном этапе тренировки концентрации внимания амплитуда УПП нарастала как в правом, так и в левом полушарии головного мозга. В ходе дальнейшей тренировки уменьшалась амплитуда УПП в полушариях и уменьшалась величина межполушарной асимметрии УПП, что, по мнению авторов, можно расценить как церебральный энергосберегающий эффект обучения и повышение синергичного действия полушарий головного мозга (нивелирование МПА церебральных энергозатрат [26].

Профиль МПА не влияет на выбор направления обучения в ВУЗе. Однако у студентов технических специальностей при переходе от состояния покоя к деятельности, независимо от её характера, наблюдается усиление доминирования левого полушария, а у студентов художественных специальностей — правого полушария коры мозга [19].

Сравнительно недавно появилось положение о динамических свойствах МПА, обусловленной взаимодействием между корой и вегетативной нервной системой. В отношении височной (инсулярной) коры показан наиболее яркий эффект разнонаправленного влияния правого и левого полушария на активность вегетативной нервной системы [42].

В литературе описана связь динамической асимметрии с асимметрией вегетативной нервной системы [27]. Основываясь на том, что стимуляция симметричных образований коры (в основном инсулярной) вызывает противоположные изменения вегетативных функций, автор предположил, что симпатические и парасимпатические волокна, идущие из вентромедиального ядра таламуса, перекрещиваются таким образом, что большая часть симпатических волокон направляется в правую инсулярную кору, а парасимпатических — в левую.

Следовательно, наличие связи инсулярной коры с височной и лобной, подтверждает следующее положение: стимуляция височной и лобной коры правого или левого полушарий приводит к активации симпатической либо парасимпатической системы [42, 46]. А естественная суточная ритмика тонуса симпатической и парасимпатической нервной системы также может оказывать влияние на динамическую асимметрию [21].

Таким образом, взаимодействия между корой головного мозга и вегетативной нервной системой на сегодняшний день остаются малоизученными.

Так, у детей-северян с разным типом межполушарной асимметрии выявлены особенности вегетативной регуляции [12]. У подростков с преобладанием парасимпатической нервной системы (по результатам ВСР) зарегистрирован (по результатам ЭЭГ) более зрелый головной мозг, чем у их сверстников с преобладанием симпатической нервной системы. Девочки с левополушарным доминированием в отличие от мальчиков имеют более зрелую организацию взаимосвязей в ЭЭГ.

Таким образом, доказано, что огромную роль в процессах формирования вегетативной регуляции функций и процессов межполушарного взаимодействия (по результатам ЭЭГ) играет межполушарная асимметрия сенсомоторных функций, оценка которой является важным показателем морфофункционального созревания головного мозга детей-северян. Следует сказать, что адаптация церебрального энергообмена у ваготоников, проживающих в Арктическом регионе, характеризуется как успешная, а формирование экологической адаптированности происходит менее затратно для организма [6].

Исходя из этого, исследования и оценку структурно-функционального состояния физиологических функций у человека следует проводить с учетом типа полушарного доминирования.

Исследование выполнено при финансовой поддержке конкурса научных проектов «Молодые ученые Поморья» 2019 г. в рамках научного проекта № 18-2019-02а.

Авторство

Котцова О. Н. внесла существенный вклад в проведение исследования, участвовала в анализе и интерпретации данных, подготовке статьи; Аникина Н. Ю. внесла существенный вклад в проведение исследования, участвовала в анализе и интерпретации данных, подготовке статьи; Грибанов А. В. предложил идею статьи, внес существенный вклад в анализ и интерпретацию данных, подготовил окончательный вариант статьи.

Грибанов Анатолий Владимирович – SPIN 2788-8167; ORCID 0000-0002-4714-6408

Аникина Наталья Юрьевна – SPIN 1168-4705

Котцова Ольга Николаевна – SPIN 1213-1050

Список литературы

1. *Абрамова Т. Я., Смык А. В., Соловьева И. Г., Демидова Д. В., Леонова М. И., Труфакин С. В., Абрамов В. В.* Психофизиологические и иммунологические характеристики больных бронхиальной астмой и здоровых мужчин с различной функциональной асимметрией мозга // *Медицинская иммунология*. 2012. № 1–2. С. 75–80.
2. *Антропова Л. К., Андронникова О. О., Куликов В. Ю., Козлов Л. А.* Функциональная асимметрия мозга и индивидуальные психофизиологические особенности человека // *Медицина и образование в Сибири*. 2011. № 3. С. 4–7.
3. *Безруких М. М.* К вопросу о функциональной межполушарной асимметрии и латерализации моторных функций // *Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии: материалы II Всероссийской научной конференции*. М.: НИИ мозга РАМН, 2003. С. 27–28.
4. *Бозолепова И. Н., Малофеева Л. И., Свеишиков А. В., Ловчицкая А. О.* Нейронная организация корковых полей как показатель межполушарной асимметрии мозга мужчин и женщин // *Асимметрия*. 2017. Т. 11, № 3. С. 5–16.
5. *Вартамян И. А.* Физиология сенсорных систем. СПб.: Лань, 1999. 153 с.
6. *Волокитина Т. В., Аникина Н. Ю., Котцова О. Н., Грибанов А. В.* Проявления экологической адаптированности церебрального энергообмена у молодых жителей арктического региона с различным вегетативным тонусом // *Современные проблемы науки и образования*. 2018. № 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28335> (дата обращения: 21.12.2018).
7. *Грибанов А. В., Аникина Н. Ю., Котцова О. Н.* Распределение церебральных энергетических процессов у молодых людей, постоянно проживающих в Арктическом регионе // *Журнал медико-биологических исследований*. 2019. № 1. С. 118–123.
8. *Грибанов А. В., Гудков А. Б., Попова О. Н., Крайнова И. Н.* Кровообращение и дыхание у школьников в циркумполярных условиях: монография / Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. Архангельск: САФУ, 2016. 270 с.
9. *Дерягина Л. Е., Цыганок Т. В., Рувинова Л. Г., Гудков А. Б.* Психофизиологические свойства личности и особенности регуляции сердечного ритма под влиянием трудовой деятельности // *Медицинская техника*. 2001. № 3. С. 40–44.
10. *Илюхина В. А.* Медленные биоэлектрические процессы головного мозга человека. Л.: Наука, 1977. 184 с.
11. *Илюхина В. А., Ломарев М. П., Кожушко Н. Ю., Бажин Е. Ф.* Пороговые критерии асимметрии омега-потенциалов в оценке нарушений психических функций // *Физиология человека*. 1994. Т. 20, № 1. С. 37–43.
12. *Иовлева Н. Н., Рожкова В. П., Сороко С. И.* Особенности формирования пространственных взаимодействий корковых процессов и вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы у детей-северян с разными типами межполушарной латерализации сенсомоторных функций // *Вестник СВНЦ ДВО РАН*. 2011. № 1. С. 65–76.
13. *Калинина М. А., Боравова А. И., Галкина Н. С.* Изменение уровня антител к фактору роста нервов и межполушарной асимметрии по уровню постоянного потенциала головного мозга у детей из группы высокого риска по шизофрении // *Асимметрия*. 2010. Т. 4, № 3. С. 14–22.
14. *Лурия А. Р.* Высшие корковые функции человека и их нарушение при локальных поражениях мозга. М.: Изд-во МГУ, 1962. С. 431.
15. *Орбели Л. А.* Вопросы высшей нервной деятельности. М., Л., 1949. С. 384.
16. *Рожнова К. С.* Особенности энергетического обмена мозга у подростков с различным уровнем физической активности в покое и при выполнении функциональных проб // *Асимметрия*. 2010. Т. 4, № 2. С. 13–61.
17. *Силина Е. А., Евтухт В.* Межполушарная асимметрия и индивидуальные различия: монография. Пермь: Перм. гос. пед. университет, 2005. 132 с.
18. *Степанян Л. С., Степанян А. Ю., Григорян В. Г.* Межполушарная асимметрия в системной деятельности мозга при коррекции подростковой агрессивности // *Асимметрия*. 2009. Т. 3, № 2. С. 41–50.
19. *Тамбиев А. Э., Асланян Е. В.* Межполушарная функциональная асимметрия у студентов технических и художественных специальностей // *Асимметрия*. 2016. Т. 10, № 1. С. 24–37.
20. *Фокин В. Ф., Пономарева Н. В.* Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.
21. *Фокин В. Ф., Пономарёва Н. В., Кротенкова М. В., Коновалов Р. Н., Танащян М. М., Лагода О. В.* Влияние вегетативной нервной системы на динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии: материалы конференции «Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга». Москва, 2–3 декабря 2010 года. М.: Научный мир, 2010. С. 543–555.
22. *Фокин В. Ф., Пономарева Н. В., Кротенкова М. В., Коновалов Р. Н., Танащян М. М., Лагода О. В.* Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии // *Асимметрия*. 2011. Т. 5, № 1. С. 5–20.
23. *Чувилев Н. В., Мулик А. Б.* Межполушарная асимметрия как фактор организации функционального состояния организма // *Вестник Волгоградского государственного университета*. 2007. № 6. С. 160–162.
24. *Шарова Е. В., Ениколопова Е. В., Зайцев О. С., Болдырева Г. Н., Трошина Е. М., Окнина Л. Б.* Прикладные и методологические аспекты функциональной межполушарной асимметрии: руководство по функциональной межполушарной асимметрии. М.: Научный мир, 2009. С.836.
25. *Швыдченко И. Н., Бердичевская Е. М., Тамбовцева А. А., Степукова А. С., Кужильная Ю. А.* Реактивность нейтрофилов и уровень провоспалительных цитокинов в плазме крови у спортсменов с разным профилем функциональной асимметрии мозга // *Асимметрия*. 2015. Т. 9, № 3. С. 14–30.
26. *Шимко И. А., Андреев О. А.* Динамика лабильности церебральных УПП и психофизиологических параметров

детей 10–11 лет с гетеротипной межполушарной асимметрией в условиях тренировки концентрации внимания // *Асимметрия*. 2010. Т. 4, № 1. С. 38–53.

27. Craig A. D. Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis // *TRENDS in Cognitive Sciences*. 2005. Vol. 9 (12). P. 566–571.

28. Geschwind N. Cerebral dominance in biological perspective // *Neuropsychology*. 1984. Vol. 22, N 6. P. 675.

29. Giraldo E., Hinchado M. D., Ortega E. J. Combined activity of post-exercise concentrations of NA and eHsp72 on human neutrophil function: role of cAMP // *Cell Physiol*. 2013. Vol. 228, N 9. P. 1902–1906.

30. Heller W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion. Personality and arousal // *Neuropsychology*. 1993. Vol. 7. P. 476–489.

31. Hinchado M. D., Giraldo E., Ortega E. J. Adrenoreceptors are involved in the stimulation of neutrophils by exercise-induced circulating concentrations of Hsp72: cAMP as a potential “intracellular danger signal” // *Cell. Physiol*. 2012. Vol. 227, N 2. P. 604–608.

32. Holmboe K., Nemoda Z., Fearson R. M. P., Sasvari-Szekely M., Johnson M. H. Dopamine D4 receptor and serotonin transporter gene effects on the longitudinal development of infant temperament // *Genes, Brain and Behavior*. 2011. Vol. 10. P. 513–522.

33. Jiao X. Y., Shen Y. Q., Li K. S. The correlation between cytokine production by cerebral cortical glial cells and brain lateralization in mice // *Neuromodulation*. 2008. Vol. 11, N 1. P. 23–32.

34. Koh K. B., Sohn S.-H., Kang J. I. Relationship between neural activity and immunity in patients with undifferentiated somatoform disorder // *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2012. Vol. 202, N 3. P. 252–256.

35. Kolb B., Milner B. Observations on spontaneous facial expression after local cerebral excisions and after intracrotid injection of Sodium Amital // *Neuropsychol*. 1981. Vol. 19, N 4. P. 107–116.

36. Krachsen S. D. Lateralization, language learning, and the critical period: some new evidence // *Language Learning*. 1975. Vol. 23, N 1. P. 63–74.

37. Lenneberg E. H. Biological foundations of language. New York: Wiley, 1967.

38. McKeever W. F., Hoemann H. W., Florian V. A., Van Deventer A. D. Evidence of minimal cerebral asymmetries for the processing of English words and American sign language in the congenitally deaf // *Neuropsychologia*. 1976. Vol. 14. P. 413–423.

39. McManus I. C., Silk G., Cole D. R., Mellon A. F., Wong J., Kloss J. The development of Handedness in children // *British Journal of Developmental Psychology*. 1988. Vol. 6, N 3. P. 257–273.

40. Miller C. L. Qualitative differences among gender-stereotypes toys: Implications for cognitive and social development in girls and boys // *Sex Roles*. 1987. Vol. 16. P. 473–487.

41. Neveu P. J. The Production and Effects of Cytokines Depend on Brain Lateralization // *Neuroimmune Biology*. 2008. Vol. 6. P. 549–563.

42. Oppenheimer S. M., Gebb A., Girvind P., Hachinski V. C. Cardiovascular effects of human insular cortex stimulation // *Neurology*. 1992. Vol. 42, N 41. P. 1727–1732.

43. Shen Y.-Q., Hebert G., Moze E., Li K.-S., Neveu P. J. Asymmetrical Distribution of Brain Interleukin-6 Depends on Lateralization in Mice // *Neuroimmunomod*. 2005. Vol. 12. P. 189–194.

44. Stenberg G. Personality and the EEG: arousal and emotional arousability // *Person, individ. differ*. 1992. Vol. 13, N 10. P. 1097–1113.

45. Walsh N. P., Gleeson M., Shephard R. J., et al. Position statement. Part one: Immune function and exercise // *Exerc. Immunol.Rev*. 2011. Vol. 17. P. 6–63.

46. Wittling W., Block A., Gensel S., Schweiger E. Hemisphere asymmetry in parasympathetic control of the heart // *Neuropsychologia*. 1998. N 36. P. 461–468.

47. Xin G., Su Y., Gao Y. L., Zhang H., Wang G. F., Li K.-S. Lipopolysaccharide enhances asymmetrical production of cytokines and nitric oxide by left and right cerebral cortical microglial cells in BALB/C mice // *Cell Biochem. Funct*. 2011. Vol. 29, N 1. P. 50–54.

References

1. Abramova T. Ya., Smik A. V., Solov'eva I. G., Demina D. V., Leonova M. I., Trufakin S. V., Abramov V. V. Psychophysiological and immunological characteristics of patients with bronchial asthma and healthy men with different functional asymmetry of the brain. *Medical Immunology (Russia)*. 2012, 1-2, pp. 75-80. [In Russian]

2. Antropova L. K., Andronnikova O. O., Kulikov V. Yu., Kozlov L. A. Functional asymmetry of brain and individual psychophysiological characteristics of person. *Meditsina i obrazovanie v Sibiri* [Journal of Siberian Medical Sciences]. 2011, 3, pp. 4-7. [In Russian]

3. Bezrukikh M. M. K voprosu o funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii i lateralizatsii motornikh funktsii [On the issue of functional interhemispheric asymmetry and lateralization of motor functions]. *Aktual'nye voprosy funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii. Materialy II Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii* [Topical issues of functional hemispheric asymmetry: proceedings of the II all-Russian scientific conference]. Moscow, 2003, pp. 27-28.

4. Bogolepova I. N., Malofeeva L. I., Sveshnikov A. V., Lovchitskaya A. O. Neural organization of cortical fields as an indicator of interhemispheric asymmetry of the brain of men and women. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2017, 11 (3), pp. 5-16. [In Russian]

5. Vartanyan I. A. *Physiology of sensory systems* [Physiology of sensory systems]. Saint Petersburg, 1999, 153 p.

6. Volokitina T. V., Anikina N. Yu., Kotzova O. N., Gribanov A. V. Manifestations of ecological adaptability of cerebral energy exchange in young residents of the Arctic region with different vegetative tonus. *Sovremennye problemi nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2018, 6. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28335> (дата обращения: 01.03.2019) [In Russian]

7. Gribanov A. V., Anikina N. Yu., Kotzova O. N. Distribution of cerebral energy processes in young people constantly living in the arctic region. *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovaniy* [Journal of Medical and Biological Research]. 2019, 1, pp. 118-123. [In Russian]

8. Gribanov A. V., Gudkov A. B., Popova O. N., Krainova I. N. *Krovoobrashchenie i dykhanie y shkol'nikov v tsyrkumpoliarnykh usloviyakh* [Blood circulation and breathing in schoolchildren in circumpolar conditions]. Arkhangelsk, 2016, 270 p.

9. Deryagina L. E., Tsyganok T. V., Ruvina L. G., Gudkov A. B. Psychophysiological traits of personality and the specific features of heart rhythm regulation under the

influence of occupational activities. *Meditsinskaya Tekhnika*. 2001, 3, pp. 40-44. [In Russian]

10. Ilyukhina V. A. *Medlennyye bioelektricheskiye protsessy golovnogo mozga cheloveka* [Slow bioelectric processes of the human brain]. Leningrad, Nauka Publ., 1977, 184 p.

11. Ilyukhina V. A., Lomarev M. P., Kozhushko N. Yu., Bazhin E. F. Threshold criteria of omega-potential asymmetry in estimating disturbances of mental functions. *Fiziologiya cheloveka*. 1994, 20 (1), pp. 37-43. [In Russian]

12. Iovleva N. N., Rozhkova V. P., Soroko S. I. The profiles in the formation of spatial relationships of cortex processes and in vegetative regulation of cardiovascular system showed by the north children with different types of interhemispheric lateralization of sensomotor functions. *Vestnik SVNZ DVO RAN* [Bulletin of the North-East Scientific Center, Russia Academy of Sciences Far East Branch]. 2011, 1, pp. 65-76. [In Russian]

13. Kalinina M. A., Boravova A. I., Galkina N. S. Changes in the level of anti-bodies to the nerve growth factor and interhemispheric asymmetry at the level of constant potential of the brain in children from a high risk group on schizophrenia. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2010, 4 (3), pp. 14-22. [In Russian]

14. Luriya A. R. *Vysshie kortexnyye funktsii cheloveka i ikh narusheniye pri lokal'nykh porazheniyakh mozga* [Higher human cortical functions and their violation in local brain lesions]. Moscow, Moscow State University, 1962, p. 431.

15. Orbeli L. A. *Voprosy vysshei nervnoi deyatel'nosti* [Higher Nervous Activity Issues]. Moscow, Leningrad, 1949, p. 384.

16. Rozhnova K. S. Peculiarities of energy brain exchange in adolescents with different level of physical activity in calm and with performance of functional tests. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2010, 4 (2), pp. 13-61. [In Russian]

17. Silina E. A., Evtukht V. *Mezhpolutsharnaya asimmetriya i individual'nye razlichiya: monografiya* [Hemispheric asymmetry and individual differences]. Perm, Perm State Pediatric University Publ., 2005, 132 p.

18. Stepanyan L. S., Stepanyan A. Yu., Grigoryan V. G. Interhemispheric asymmetry in the system activity of the brain when correcting adolescent aggressiveness. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2009, 3 (2), pp. 41-50. [In Russian]

19. Tambiev A. E., Aslanyan E. V. Inter-hemispheric functional asymmetry in students of technical and artistic specialties. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2016, 10 (1), pp. 24-37. [In Russian]

20. Fokin V. F., Ponomareva N. B. *Energeticheskaya fiziologiya mozga* [Energy physiology of the brain]. Moscow, 2003, 288 p.

21. Fokin V. F., Ponomareva N. V., Krotenkova M. V., Konovalov R. N., Tanashyan M. M., Lagoda O. V. Vliyaniye vegetativnoi nervnoi sistemy na dinamicheskiye svoystva funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii [The influence of the vegetative nervous system on the dynamic properties of functional interhemispheric asymmetry]. In: *Materialy konferentsii «Sovremennyye napravleniya issledovaniy funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii i plastichnosti mozga»*. Moskva, 2-3 dekabrya 2010 goda [Materials of the conference "Contemporary research trends of functional cerebral asymmetry and brain plasticity". Moscow, 2-3 december 2010]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2010, pp. 543-555.

22. Fokin V. F., Ponomareva N. V., Krotenkova M. V., Konovalov R. N., Tanashyan M. M., Lagoda O. V. Factors determining the dynamic properties of functional

interhemispheric asymmetry. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2011, 5 (1), pp. 5-20. [In Russian]

23. Chuvilev N. V., Mulik A. B. Hemispheric asymmetry as a factor in the organization of the functional state of the body. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Volgograd State University]. 2007, 6, pp. 160-162. [In Russian]

24. Sharova E. V., Enikolopova E. V., Zaitsev O. S., Boldyreva G. N., Troshina E. M., Oknina L. B. *Prikladnyye i metodologicheskiye aspekty funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii: rukovodstvo po funktsional'noi mezhpolutsharnoi asimmetrii* [Applied and methodological aspects of functional inter-hemispheric asymmetry. A guide to functional inter-hemispheric asymmetry]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2009, p. 836.

25. Shvydchenko I. N., Berdichevskaya E. M., Tambovtseva A. A., Stepukova A. S., Kuzhil'naya Yu. A. Neutrophil reactivity and the level of proinflammatory cytokines in blood plasma in athletes with different profiles of functional asymmetry of the brain. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2015, 9 (3), pp. 14-30. [In Russian]

26. Shimko I. A., Andreev O. A. Dynamics of cerebral UPP lability and psychophysiological parameters of children 10-11 years old with heterotypic interhemispheric asymmetry in conditions of attention concentration training. *Asimmetriya* [Journal of asymmetry]. 2010, 4 (1), pp. 38-53. [In Russian]

27. Craig A. D. Forebrain emotional asymmetry: a neuroanatomical basis. *TRENDS in Cognitive Sciences*. 2005, 9 (12), pp. 566-571.

28. Geschwind N. Cerebral dominance in biological perspective. *Neuropsychology*. 1984, 22 (6), p. 675.

29. Giraldo E., Hinchado M. D., Ortega E. J. Combined activity of post-exercise concentrations of NA and eHsp72 on human neutrophil function: role of cAMP. *Cell Physiol*. 2013, 228 (9), pp. 1902-1906.

30. Heller W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion. Personality and arousal. *Neuropsychology*. 1993, 7, pp. 476-489.

31. Hinchado M. D., Giraldo E., Ortega E. J. Adrenoreceptors are involved in the stimulation of neutrophils by exercise-induced circulating concentrations of Hsp72: cAMP as a potential "intracellular danger signal". *Cell Physiol*. 2012, 227 (2), pp. 604-608.

32. Holmboe K., Nemoda Z., Fearson R. M. P., Sasvari-Szekely M., Johnson M. H. Dopamine D4 receptor and serotonin transporter gene effects on the longitudinal development of infant temperament. *Genes, Brain and Behavior*. 2011, 10, pp. 513-522.

33. Jiao X. Y., Shen Y. Q., Li K. S. The correlation between cytokine production by cerebral cortical glial cells and brain lateralization in mice. *Neuromodulation*. 2008, 11 (1), pp. 23-32.

34. Koh K. B., Sohn S.-H., Kang J. I. Relationship between neural activity and immunity in patients with undifferentiated somatoform disorder. *Psychiatry Research: Neuroimaging*. 2012, 202 (3), pp. 252-256.

35. Kolb B., Milner B. Observations on spontaneous facial expression after local cerebral excisions and after intracrotid injection of Sodium Amital. *Neuropsychology*. 1981, 19 (4), pp. 107-116.

36. Krachsen S. D. Lateralization, language learning, and the critical period: some new evidence. *Language Learning*. 1975, 23 (1), pp. 63-74.

37. Lenneberg E. H. *Biological foundations of language*. New York, Wiley, 1967.

38. McKeever W. F., Hoemann H. W., Florian V. A., Van Deventer A. D. Evidence of minimal cerebral asymmetries for the processing of English words and American sign language in the congenitally deaf. *Neuropsychology*. 1976, 14, pp. 413-423.
39. McManus I. C., Silk G., Cole D. R., Mellon A. F., Wong J., Kloss J. The development of Handedness in children. *British Journal of Developmental Psychology*. 1988, 6 (3), pp. 257-273.
40. Miller C. L. Qualitative differences among gender-stereotypes toys: Implications for cognitive and social development in girls and boys. *Sex Roles*. 1987, 16, pp. 473-487.
41. Neveu P. J. The Production and Effects of Cytokines Depend on Brain Lateralization. *Neuroimmune Biology*. 2008, 6, pp. 549-563.
42. Oppenheimer S. M., Gebb A., Girvind P., Hachinski V. C. Cardiovascular effects of human insular cortex stimulation. *Neurology*. 1992, 42 (41), pp. 1727-1732.
43. Shen Y.-Q., Hebert G., Moze E., Li K.-S., Neveu P. J. Asymmetrical Distribution of Brain Interleukin-6 Depends on Lateralization in Mice. *Neuroimmunomod.* 2005, 12, pp. 189-194.
44. Stenberg G. Personality and the EEG: arousal and emotional arousability. *Person, individ. differ.* 1992, 13 (10), pp. 1097-1113.
45. Walsh N. P., Gleeson M., Shephard R. J., ets. Position statement. Part one: Immune function and exercise. *Exerc. Immunol. Rev.* 2011, 17, pp. 6-63.
46. Wittling W., Block A., Gensel S., Schweiger E. Hemisphere asymmetry in parasympathetic control of the heart. *Neuropsychology*. 1998, 36, pp. 461-468.
47. Xin G., Su Y., Gao Y. L., Zhang H., Wang G. F., Li K.-S. Lipopolysaccharide enhances asymmetrical production of cytokines and nitric oxide by left and right cerebral cortical microglial cells in BALB/C mice. *Cell Biochem. Funct.* 2011, 29 (1), pp. 50-54.

Контактная информация:

Грибанов Анатолий Владимирович – главный научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Адрес: 163045, г. Архангельск, пр. Бадигина, д. 3
E-mail: a.gribanov@narfu.ru

ПОПУЛЯЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ ЧУКОТСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

© 2019 г. ^{1,2}Т. И. Ионова, ³В. Н. Кирин, ⁴А. С. Шейдорова, ²Н. М. Порфирьева,
^{1,2}Т. П. Никитина, ⁵Ю. А. Сухонос, ⁶А. Б. Гудков, ^{7,8}В. П. Чашин

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Клиника высоких медицинских технологий им. Н. И. Пирогова, г. Санкт-Петербург; ²Международный центр исследования качества жизни, г. Санкт-Петербург; ³Управление Роспотребнадзора по Чукотскому автономному округу, г. Анадырь; ⁴ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Чукотском автономном округе», г. Анадырь; ⁵Управление здравоохранением Департамента социальной политики Чукотского автономного округа, г. Анадырь; ⁶ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет», г. Архангельск; ⁷НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва; ⁸Арктическая экспертная группа по здоровью человека межгосударственного Арктического совета (Arctic Human Health Expert Group of the Arctic Council). Научно-экспертный совет при Государственной комиссии Правительства РФ по развитию Арктики

Цель исследования – изучить показатели качества жизни (КЖ) у взрослого населения Чукотского автономного округа и выявить их особенности в данном регионе. *Методы*: с помощью опросника RAND SF-36 оценивали показатели КЖ 424 жителей округа в возрасте от 18 до 77 лет (231 женщина и 193 мужчины). *Результаты*: Средние показатели КЖ населения Чукотки: физическое функционирование ($87,1 \pm 17,9$) балла; ролевое физическое функционирование ($79,0 \pm 32,1$); боль ($76,2 \pm 23,3$); общее здоровье ($63,9 \pm 20,0$); жизнеспособность ($65,1 \pm 18,1$); социальное функционирование ($81,7 \pm 19,3$); ролевое эмоциональное функционирование ($79,9 \pm 31,1$); психическое здоровье ($69,7 \pm 16,9$) балла. У женщин КЖ значимо ниже, чем у мужчин, по следующим шкалам: физическое функционирование (84,0 против 90,1 балла), ролевое физическое функционирование (75,2 против 82,6), ролевое эмоциональное функционирование (77,2 против 82,4), боль (72,5 против 79,7) и социальное функционирование (79,9 против 83,3). Самые низкие показатели жизнеспособности (59,9 балла), ролевого эмоционального функционирования (68,6) и психического здоровья (65,3) – в возрастной группе 55–64 лет. *Выводы*. Показатели КЖ у женщин округа по шкалам физическое функционирование, ролевое физическое и ролевое эмоциональное функционирование, боль и социальное функционирование ниже, чем у мужчин. По шкалам общее здоровье, жизнеспособность и психическое здоровье они у мужчин и женщин сходны. Самые высокие показатели КЖ по всем шкалам у жителей 18–34 лет. У горожан они выше, чем у жителей сельской местности и поселков городского типа. Качество жизни коренного населения округа по всем показателям существенно ниже, чем некоренного; различий между чукчами и другими коренными этносами Чукотки по показателям КЖ не обнаружено. Самые низкие показатели выявлены у овдовевших респондентов.

Ключевые слова: Арктика, Чукотский автономный округ, качество жизни, популяционное исследование, региональные нормы

A POPULATION STUDY OF THE QUALITY OF LIFE OF THE HABITANCY OF THE CHUKOTKA AUTONOMOUS AREA

^{1,2}T. I. Ionova, ³V. N. Kirin, ⁴A. S. Sheidorova, ²N. M. Porfirieva,
^{1,2}T. P. Nikitina, ⁵Yu. A. Sukhonos, ⁶A. B. Gudkov, ^{7,8}V. P. Chashchin

¹The Clinic of high medical technologies after N. I. Pirogov, Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg; ²The International Center for quality of life studies, Saint Petersburg; ³The Chukotka Regional office of Rospotrebnadzor, Anadyr; ⁴The Chukotka Hygienic and Epidemiological Center, Anadyr; ⁵Health board of the Department for social policies of the Government of the Chukotka Autonomous Area, Anadyr; ⁶The Northern State Medical University, Arkhangelsk; ⁷The National Research University "Higher School of Economics", Moscow; ⁸Arctic Human Health Expert Group of the Arctic Council

The aim was to study the indicators of quality of life of the adult population of the Chukotka Autonomous Region (ChAO) and to identify characteristics specific to the remote arctic area. *Methods*: The study included 424 residents of the Chukotka Autonomous Region aged 18 to 77 years old (231 - women and 193 - men). Using the RAND SF-36 questionnaire, health-related quality of life indicators were evaluated. *Results*: The average indicators of the life quality of Chukotka population were the following: physical functioning - 87.1 ± 17.9 points; role-physical functioning - 79.0 ± 32.1 points; pain index - 76.2 ± 23.3 points; general health - 63.9 ± 20.0 points; viability - 65.1 ± 18.1 points; social functioning - 81.7 ± 19.3 points; role- emotional functioning - 79.9 ± 31.1 points; mental health - 69.7 ± 16.9 points. The life quality of women was significantly lower than that of men according to the following scales: physical functioning (84.0 versus 90.1 points), role- physical functioning (75.2 versus 82.6 points), role-emotional functioning (77.2 versus 82, 4 points), pain (72.5 versus 79.7 points) and social functioning (79.9 versus 83.3 points). The lowest vitality index (59.9 points), role-emotional functioning (68.6 points) and mental health (65.3 points) were stated in the age group of 55-64 years. *Conclusion*: The quality of life indicators in women living in Chukotka area are lower than in men according to the scales: physical functioning, role-physical and role-emotional functioning, pain index and social functioning. The scales: overall health, vitality, and mental health indices were similar in men and women. The highest indicators of quality of life were in residents aged 18-34 years. Urban residents had higher quality of life indicators than residents of rural areas and urban-type settlements. The quality of life of the

indigenous population of Chukotka area was significantly lower than that of the non-indigenous population for all the indicators; no differences were found in the life quality indicators between the Chukchi and other indigenous ethnic groups of Chukotka. Widowed respondents showed the lowest indicators of quality of life.

Key words: Arctic, Chukotka Autonomous Area, quality of life, population study, regional indicators

Библиографическая ссылка:

Ионова Т. И., Кирич В. Н., Шейдорова А. С., Порфирьева Н. М., Никитина Т. П., Сухонос Ю. А., Гудков А. Б., Чашчин В. П. Популяционное исследование качества жизни населения Чукотского автономного округа // Экология человека. 2019. № 8. С. 41–49.
Ionova T. I., Kirin V. N., Sheidorova A. S., Porfirieva N. M., Nikitina T. P., Sukhonos Yu. A., Gudkov A. B., Chashchin V. P. A Population Study of the Quality of Life of The Habitancy of the Chukotka Autonomous Area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 41-49

Среди приоритетных направлений современного здравоохранения России — охрана и укрепление здоровья населения, улучшение показателей качества жизни людей [15]. В связи с тем, что в последнее время большое значение приобретают программы развития Арктики [7], актуальность приобретают вопросы охраны здоровья и повышения качества жизни населения, проживающего в регионе Северного морского пути [2, 12, 21]. Особого внимания заслуживает изучение различных аспектов качества жизни жителей Чукотского автономного округа: географическое положение территории в поясе Арктической зоны, его отдаленность от других регионов, суровые условия жизни оказывают влияние на физическое, психологическое и социальное благополучие людей, неблагоприятно сказываются на демографической ситуации в регионе.

Изучение качества жизни является общепринятым в международной практике высокоинформативным, чувствительным и экономичным методом оценки состояния благополучия как населения в целом, так и отдельных его групп [1, 3–5, 8]. Качество жизни — интегральная характеристика физического, психологического и социального функционирования человека, основанная на его собственном восприятии [14]. В настоящее время качество жизни населения — важный критерий качества медицинской помощи. Метод позволяет дать количественную оценку ключевых характеристик жизнедеятельности человека и представляет собой инновационный подход регистрации, анализа и мониторинга его физического, психологического и социального благополучия, которые не могут быть идентифицированы другим способом. С его помощью можно реализовать персонализированный и проблемно-ориентированный принципы в современном здравоохранении и выявить факторы устойчивого демографического развития населения. Для различных институтов общества большую ценность представляют данные о результатах популяционных исследований качества жизни, так называемые популяционные нормы качества жизни [15–19, 22]. Под нормой в данном случае подразумевают значения показателей качества жизни населения той или иной страны, того или иного региона. Популяционные данные качества жизни имеются для разных регионов Российской Федерации [1, 8–11, 13, 16]. Для населения Чукотки такие данные отсутствуют. Информация о нормативных показателях качества жизни населения Чукотского автономного округа

может быть использована для решения различных задач в здравоохранении и социальной сфере региона, для улучшения состояния здоровья жителей, относящихся к одной из самых уязвимых групп населения Арктической зоны Российской Федерации. Особый интерес представляет сравнение показателей качества жизни у коренных и некоренных жителей округа, а также изучение особенностей качества жизни жителей Чукотки в зависимости от места проживания, сравнение популяционных показателей их качества жизни с показателями в других регионах Арктической зоны.

Цель исследования — изучить показатели качества жизни у взрослого населения Чукотского автономного округа и выявить их особенности в данном регионе.

Методы

Методология исследования соответствовала требованиям Международного проекта IQOLA, разработанного для проведения популяционных исследований качества жизни [23, 25]. В исследовании участвовали респонденты 18 лет и старше, проживающие в городах, селах и поселках городского типа в Чукотском автономном округе. Анализируемая выборка являлась репрезентативной по полу и возрасту населению Чукотского автономного округа. Качественная репрезентативность выборки была достигнута путем обеспечения ее соответствия по половому и возрастному признакам официальным данным статистики взрослого населения Чукотки [6]. Согласно статистическим данным, взрослое население Чукотского автономного округа в 2017 году включало 37 151 жителя в возрасте 18 лет и старше (51 % мужчины, 49 % женщины); распределение по возрасту было следующим: 3 492 жителя (9,4 %) 18–24 лет (51 % мужчины, 49 % женщины); 7 976 жителей (21,5 %) 25–34 лет (54 % мужчины, 46 % женщины); 8 758 жителей (23,6 %) 35–44 лет (53 % мужчины, 47 % женщины); 8 023 жителя (21,6 %) 45–54 лет (51 % мужчины, 49 % женщины); 6 643 жителя (17,9 %) 55–64 лет (49 % мужчины, 51 % женщины); 2 259 жителей (6,1 %) 65 лет и старше (42 % мужчины, 58 % женщины). Сбор данных осуществляли методом анкетирования на основе использования прямого опроса респондентов. После разъяснения цели исследования респонденты самостоятельно заполняли общий опросник оценки качества жизни RANDSF-36 и анкету, в которой указывали свой пол, возраст, место проживания, национальность, семейное положение и профессию. Опросник

SF-36 может применяться как у здоровых людей старше 14 лет, так и при хронических заболеваниях [20, 24]. Инструмент состоит из 36 вопросов, которые формируют 8 шкал: Физическое функционирование (ФФ), Роловое физическое функционирование (РФФ), Боль (Б), Общее здоровье (ОЗ), Жизнеспособность (Ж), Социальное функционирование (СФ), Роловое эмоциональное функционирование (РЭФ) и Психическое здоровье (ПЗ). После проведения шкалирования (перевода необработанных данных в баллы качества жизни) результаты исследования выражаются в баллах от 0 до 100 по каждой из восьми шкал. Чем выше балл по шкале опросника SF-36, тем лучше показатель качества жизни. При анализе качества данных оценивали долю пропущенных ответов, долю респондентов, которые ответили не менее чем на 50 % вопросов каждой шкалы, а также долю логических противоречий в ответах респондентов. Интегральный показатель качества жизни (ИПКЖ) определяли на основании шкал опросника SF-36 методом интегральных профилей [13]. Данные опросника и анкеты, полученные в ходе самостоятельного заполнения респондентами, были внесены в базу данных для последующей статистической обработки с помощью программных пакетов Statistica 10 и SPSS 23. Окончательная репрезентативная выборка была сформирована после апостериорного ремонта выборки в возрастных группах.

При проведении сравнительного анализа показателей качества жизни в группах, учитывая, что пол и возраст влияют на качество жизни, на первом этапе проверяли наличие отличий между группами по полу и возрасту. Для этого использовали параметрический парный t-критерий Стьюдента или его непарметрический аналог – парный критерий Манна – Уитни, а также однофакторный дисперсионный анализ или его непарметрический аналог – тест Краскела – Уоллиса (сравнение распределения в группах согласно возрасту) и критерий χ^2 Пирсона (сравнение распределения в группах согласно полу). При отсутствии отличий сравнение проводили с помощью парного теста или однофакторного дисперсионного анализа. В случаях, когда были выявлены различия, использовали метод «общие линейные модели» (General Linear Models, GLM). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$; при сравнении небольших групп ($n \leq 30$) принимали уровень значимости $p < 0,1$.

Результаты

Выборка исследования включала 424 жителя Чукотского автономного округа в возрасте от 18 до 77 лет (средний возраст – 41,2 года; стандартное отклонение – 13,9 года), 231 женщина (54 %) и 193 мужчины (46 %). Структура выборки в соответствии с распределением респондентов по полу, семейному статусу, месту проживания и национальности представлена в табл. 1.

Национальный состав выборки представлен следующим образом: больше половины респондентов

Таблица 1

Характеристика выборки населения Чукотского автономного округа

Характеристика	Респонденты		
	Абс. число	%	
Объем выборки	424	100	
Пол	мужчины	193	45,5
	женщины	231	54,5
Семейный статус	замужем (женат)	216	50,9
	не замужем (холост)	149	35,1
	разведен (а)	19	4,5
	вдова (ец)	16	3,8
	нет данных	24	5,7
Место проживания	город	165	38,9
	село	186	43,9
	поселок городского типа	66	15,6
	нет данных	7	1,7
Национальность	коренное население	221	52,1
	некоренное население	182	42,9
	нет данных	21	5,0

(52 %) составили коренное население Чукотки, 43 % – некоренное население; 5 % респондентов не указали национальность (не ответили на вопрос анкеты). Коренное население – чукчи (45,1 % от всей выборки), чуванцы (1,9 %), эскимосы (2,8 %), эвенки (ламуты) (2,4 %); некоренное население – русские (31,6 %), калмыки (2,1 %), украинцы (1,9 %), татары (1,4 %), якуты (0,7 %), а также представители ещё 13 национальностей и наций (5,3 %). Распределение выборки согласно занятости было следующим: 81 % – работающие, 12 % – пенсионеры, учащиеся, студенты и безработные, 7 % респондентов не предоставили соответствующую информацию. Сферы деятельности среди работающих были представлены следующим образом: обслуживание и управление – 27 % респондентов; образование – 18 %; финансовая сфера – 9 %; строительство – 7 %; транспорт – 7 %; здравоохранение – 6 %; другие – 7 %.

Структура выборки по возрастным группам у мужчин и женщин представлена в табл. 2.

Таблица 2

Распределение респондентов по возрастным группам согласно полу

Возрастная группа, лет	Респонденты		Мужчины/женщины	
	Абс. число	% от объема выборки	Абс. число	% от кол-ва в группе
18–24	47	11,1	27/20	57,4/42,6
25–34	106	25,0	50/56	47,2/52,8
35–44	112	26,4	50/62	44,6/55,4
45–54	65	15,3	22/43	33,8/66,2
55–64	70	16,5	34/36	48,6/51,4
≥65	24	5,7	10/14	41,7/58,3

Анализ качества данных продемонстрировал удовлетворительные характеристики заполнения опросника SF-36 респондентами: доля пропущенных ответов для всех анкет — 3,8 %; доля респондентов, которые ответили не менее чем на 50 % вопросов каждой шкалы — 91,5 %; доля ответов на вопросы всех анкет без логических противоречий — 99,0 %. Вышеуказанные характеристики отвечают общепринятым требованиям к анализу качества данных в исследованиях качества жизни.

Средние показатели качества жизни для репрезентативной выборки населения Чукотки представлены в табл. 3.

Таблица 3
Средние показатели качества жизни населения Чукотки по шкалам опросника SF-36

Шкала SF-36	Общая выборка, n=396		Мужчины, n=202		Женщины, n=194	
	Средн. арифм. знач.	Станд. откл.	Средн. арифм. знач.	Станд. откл.	Средн. арифм. знач.	Станд. откл.
ФФ	87,13	17,90	90,12	15,99	84,03	19,24
РФФ	79,01	32,11	82,61	27,72	75,22	35,84
Б	76,24	23,30	79,79	21,71	72,53	24,37
ОЗ	63,99	20,04	63,59	20,62	64,41	19,44
Ж	65,15	18,19	65,71	17,76	64,56	18,66
СФ	81,70	19,37	83,37	16,98	79,96	21,49
РЭФ	79,91	31,15	82,40	28,78	77,25	33,37
ПЗ	69,77	16,91	69,71	16,46	69,83	17,41
ИПКЖ	0,553	0,226	0,580	0,215	0,525	0,234

Как видно из данных таблицы, показатели 8 шкал опросника SF-36 колеблются в диапазоне от 63,99 (шкала *общее здоровье*) до 87,13 (шкала *физическое функционирование*); самые низкие значения характерны для шкалы *общее здоровье*, самые высокие — для шкалы *физическое функционирование*. Показатели качества жизни у мужчин, проживающих на Чукотке, выше, чем у женщин, по шкалам *физическое функционирование*, *ролевое физическое функционирование*, *ролевое эмоциональное функционирование*, *боль* и *социальное функционирование*. По шкалам *общее здоровье*, *жизнеспособность* и *психическое здоровье* показатели сходны. Статистически значимые различия выявлены только для шкал *физическое функционирование* (90,1 против 84,0, $p < 0,001$) и *боль* (79,8 против 72,5, $p = 0,005$). При этом значение ИПКЖ у мужчин статистически значимо выше, чем у женщин (0,580 против 0,525, $p = 0,038$).

Также проанализированы показатели качества жизни населения Чукотки в различных возрастных группах: 1-я группа — 18–24 года ($n = 47$), 2-я группа — 25–34 года ($n = 106$), 3-я группа — 35–44 года ($n = 112$), 4-я группа — 45–54 года ($n = 65$), 5-я группа — 55–64 года ($n = 70$), 6-я группа — 65 лет и

старше ($n = 24$). Средние показатели качества жизни по шкалам опросника SF-36 в данных возрастных группах представлены в табл. 4.

Таблица 4
Средние показатели качества жизни населения Чукотки по шкалам опросника SF-36 в разных возрастных группах

Шкала SF-36	Группа по возрастам						p
	18–24 года	25–34 года	35–44 года	45–54 года	55–64 года	≥ 65 лет	
ФФ	94,85	92,35	91,81	85,19	76,65	66,17	<0,001
РФФ	85,51	83,58	82,42	74,22	70,29	65,22	0,015
Б	81,09	83,62	78,25	70,83	68,90	61,30	<0,001
ОЗ	72,64	71,30	64,81	59,54	55,97	51,22	<0,001
Ж	67,34	66,70	63,60	67,76	59,93	64,13	0,104
СФ	81,38	82,43	80,80	80,19	79,11	78,65	0,953
РЭФ	79,71	79,09	81,23	84,11	68,60	79,37	0,085
ПЗ	69,94	72,04	66,27	70,84	65,36	73,83	0,058
ИПКЖ	0,606	0,592	0,567	0,536	0,449	0,446	0,001

Для населения Чукотки обнаружены особенности изменения физического, психологического и социального функционирования в соответствии с возрастом. Как видно из данных таблицы, максимально высокие показатели качества жизни по всем шкалам SF-36 и по ИПКЖ обнаружены для возрастных групп 18–24 и 25–34 лет. С возрастом наблюдается постепенное снижение показателей по шкалам *физическое функционирование*, *ролевое физическое функционирование*, *боль* и *общее здоровье* ($p < 0,05$). Также выявлено постепенное снижение ИПКЖ ($p = 0,001$). Важно отметить, что в группе 55–64 лет выявлены самые низкие показатели *ролевого эмоционального функционирования*, *жизнеспособности психического здоровья*; у респондентов старшей возрастной группы (≥ 65 лет) — самые низкие показатели *физического функционирования* по сравнению с респондентами остальных возрастных групп ($p < 0,05$).

Отдельно проведен анализ показателей качества жизни у жителей Чукотки, проживающих в городе ($n = 163$), сельской местности ($n = 184$) и поселках городского типа ($n = 66$). Средние показатели качества жизни по большинству шкал опросника SF-36 выше у респондентов, проживающих в городе, чем у жителей сельской местности и поселков городского типа. По шкалам *общее здоровье*, *жизнеспособность* и *психическое здоровье* показатели сопоставимы в указанных группах. У жителей поселков городского типа показатели качества жизни выше, чем у сельских жителей, но ниже, чем у городских. Значимые различия обнаружены только для шкал *ролевое физическое функционирование* и *боль* между городскими и сельскими жителями: у городских жителей показатели *ролевого физического функционирования* и *боли* статистически значимо выше, чем у сельских (85,4 против 72,7 и 80,0

против 73,1 соответственно, GLM, $p = 0,043$). По остальным шкалам различия между группами незначимы.

На рис. 1 представлены средние показатели качества жизни у коренного ($n = 221$) и некоренного ($n = 182$) населения Чукотки. Как видно из рисунка, показатели качества жизни у коренного населения округа существенно ниже, чем у некоренного. Различия статистически значимы по всем шкалам опросника SF-36. Различия по ИПКЖ также статистически значимы (0,491 против 0,620, GLM, $p < 0,001$)

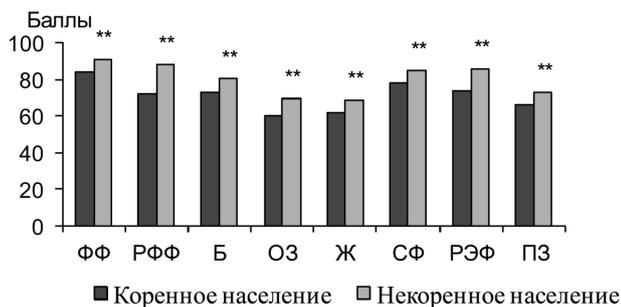


Рис. 1. Средние показатели качества жизни коренного и некоренного населения Чукотского автономного округа
Примечание. ** – $p \leq 0,001$.

Дополнительно было проведено сравнение показателей качества жизни у представителей наиболее многочисленной этнической группы Чукотки – чукчей ($n = 191$) и других этносов ($n = 30$). Средние значения качества жизни у чукчей и других коренных жителей округа представлены в табл. 5. Статистически значимые различия между указанными группами коренных этносов не выявлены ($p > 0,1$).

Таблица 5

Средние показатели качества жизни у чукчей в сравнении с другими этносами, проживающими в Чукотском автономном округе

Шкала SF-36	Чукчи, $n=191$		Остальные этносы, $n=30$		P
	Средн. арифм. знач.	Станд. откл.	Средн. арифм. знач.	Станд. откл.	
ФФ	85,23	18,86	87,11	17,40	0,584
РФФ	72,24	36,27	77,78	34,56	0,283
Б	73,29	23,62	78,00	24,52	0,301
ОЗ	60,89	20,68	66,35	18,29	0,181
Ж	62,05	18,48	64,00	16,84	0,587
СФ	77,16	20,82	83,75	16,46	0,131
РЭФ	73,35	35,48	77,78	34,28	0,492
ПЗ	66,46	17,57	65,77	16,64	0,840
ИПКЖ	0,495	0,225	0,548	0,211	0,230

На рис. 2 представлены средние показатели качества жизни в группах респондентов с разным семейным положением. Анализ был проведен в

следующих группах: 1-я группа – женат/замужем ($n = 505$); 2-я группа – холост/незамужем ($n = 251$); 3-я группа – разведен(а) ($n = 102$); 4-я группа – вдова(ец) ($n = 91$).

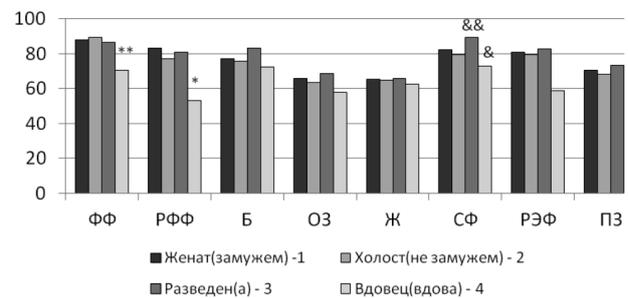


Рис. 2. Показатели качества жизни населения Чукотки в зависимости от семейного положения

Примечание. Значимость отличий: * – 4-й группы от остальных, $p < 0,05$; ** – 4-й группы от остальных, $p < 0,001$; & – 4-й группы от 1-й и 3-й, $p < 0,05$; && – 3-й группы от 1-й, $p < 0,05$.

Самые низкие показатели качества жизни по всем шкалам обнаружены у овдовевших респондентов. Статистически значимые различия выявлены по шкалам *физическое функционирование* ($p < 0,001$) и *ролевое физическое функционирование* ($p < 0,05$) по сравнению с тремя другими группами, а также по шкале *социальное функционирование* по сравнению с группой респондентов, состоящих в браке, и группой разведенных респондентов ($p < 0,05$). Также установлено, что показатели качества жизни респондентов, состоящих в браке, статистически значимо ниже, чем у разведенных респондентов, по шкале *социальное функционирование* ($p < 0,05$). Также установлены статистически значимые различия между всеми группами по ИПКЖ (состоящие в браке – 0,570; не состоящие в браке – 0,537; разведенные – 0,594; овдовевшие – 0,424; GLM, $p = 0,046$).

Обсуждение результатов

Популяционные показатели качества жизни населения того или иного региона позволяют оценить уровень физического, психологического и социального функционирования его жителей и использовать полученные данные для решения актуальных для региона проблем в области здравоохранения, медико-демографического развития, социальной сферы. В рамках данного исследования впервые изучены показатели качества жизни населения Чукотского автономного округа. Исследование проведено в репрезентативной выборке жителей Чукотки в соответствии с международными стандартами, и полученные результаты можно рассматривать в качестве популяционных показателей физического, психологического и социального функционирования населения этого региона. Согласно полученным данным, показатели качества жизни жителей Чукотки колеблются в диапазоне от 65 до 87 баллов. Ниже других значения по шкале *общее здоровье*, выше – по шкале *физическое*

функционирование. Это соотношение соответствует данным, полученным для других регионов России [1, 8, 16, 24].

При изучении популяционных показателей качества жизни населения Чукотки выявлены некоторые особенности, отражающие уникальный этнический состав населения и проживание в арктических условиях. Интересно, что по сравнению с результатами популяционного исследования, выполненного в другом регионе Арктики — Республике Саха [8], показатели качества жизни по большинству шкал и у мужчин, и у женщин, проживающих на Чукотке, выше. У женщин Чукотки показатели качества жизни выше, чем у женщин в Якутии, по всем шкалам кроме *общего здоровья*; у мужчин Чукотки аналогичные различия прослеживаются только для пяти шкал, показатели *жизнеспособности, социального функционирования и психического здоровья* у мужчин Чукотки ниже, чем у мужчин в Якутии. При этом у мужчин Чукотки качество жизни выше, чем у женщин, не по всем показателям. По шкалам *общее здоровье, жизнеспособность и психическое здоровье* показатели у мужчин и женщин сходны. Эти результаты принципиально отличаются от данных других многочисленных популяционных исследований, в соответствии с которыми показатели качества жизни у мужчин статистически значимо выше по всем шкалам [8, 9, 13]. Вероятно, это объясняется тем, что у женщин, проживающих в условиях Арктики, в большей степени, чем у мужчин, увеличиваются адаптационные возможности и усиливается стрессоустойчивость.

Исключительно важными представляются результаты сравнения показателей качества жизни у жителей Чукотки в зависимости от возраста. В целом снижение показателей качества жизни с возрастом, выявленное для населения Чукотки, совпадает с данными о качестве жизни населения другого арктического региона России — Якутии [8], а также с результатами других популяционных исследований [1, 9, 11, 13, 16]. Однако, в отличие от данных других исследований, согласно которым самые низкие показатели качества жизни характерны для старшей возрастной группы (≥ 65 лет), для населения Чукотки самые низкие показатели выявлены у респондентов в возрасте 54–65 лет. В этой возрастной группе особенно снижены *жизнеспособность, ролевое эмоциональное функционирование и психическое здоровье*. Принимая во внимание, что эту группу составляют лица пенсионного и предпенсионного возраста, полученную информацию следует учесть при разработке социальных и медико-профилактических мероприятий в регионе. Самые высокие показатели по всем шкалам SF-36 выявлены у респондентов молодого возраста. Причем, в отличие от данных других регионов РФ, согласно которым самые высокие показатели характерны для лиц моложе 30 лет, для Чукотки показатели физического, психологического

и социального функционирования являются сходными в широком возрастном диапазоне от 18 до 34 лет. Еще одной особенностью является то, что показатели *социального функционирования* жителей Чукотки с возрастом не меняются.

В результате исследования обнаружено, что у коренного населения Чукотки показатели качества жизни существенно ниже, чем у некоренного. При этом сравнение показателей качества жизни между наиболее многочисленным этносом — чукчами и другими этническими группами не выявило каких-либо различий.

Также интересными представляются результаты сравнения качества жизни жителей Чукотки в зависимости от места проживания и семейного положения. По аналогии с результатами других популяционных исследований, самые высокие показатели качества жизни выявлены у лиц, проживающих в городе. В большей степени различия показаны по шкалам *физическое функционирование* и *ролевое физическое функционирование*: у жителей сельской местности и поселков выражены ограничения *физического и ролевого физического функционирования* по сравнению с жителями городов. Что касается результатов анализа качества жизни в зависимости от семейного положения, самые низкие показатели качества жизни выявлены у овдовевших респондентов. Для этой группы характерны выраженные нарушения *физического и ролевого физического функционирования*.

Полученные данные представляют интерес для различных учреждений в области здравоохранения и социальной политики Чукотского автономного округа и могут быть использованы для проведения научно обоснованных мероприятий по улучшению качества жизни жителей данного региона.

Заключение

В результате проведенного исследования впервые получены популяционные показатели качества жизни населения Чукотского автономного округа и изучены особенности качества жизни в разных его группах.

Показатели качества жизни у женщин, проживающих на Чукотке, по шкалам *физическое функционирование, ролевое физическое и ролевое эмоциональное функционирование, боль и социальное функционирование* ниже, чем у мужчин. По шкалам *общее здоровье, жизнеспособность и психическое здоровье* показатели у мужчин и женщин сходны. Выявлены закономерности изменения качества жизни жителей Чукотки в разных возрастных группах. У жителей 18–34 лет самые высокие показатели качества жизни по всем шкалам. С возрастом эти показатели снижаются. В большей степени снижение качества жизни с возрастом выражено для шкал *физическое функционирование, ролевое физическое функционирование, общее здоровье и боль*. Показатели социального функционирования не меняются с возрастом. Самые

низкие показатели *жизнеспособности, ролевого эмоционального функционирования и психического здоровья* в группе 55–64 лет. Установлены различия качества жизни в зависимости от места проживания: у городских жителей показатели качества жизни выше, чем у жителей сельской местности и поселков городского типа. Выявлены отличия показателей качества жизни между коренным и некоренным населением Чукотки: по всем показателям качество жизни коренного населения существенно ниже, чем у некоренного; различий показателей качества жизни между чукчами и другими коренными этносами Чукотки не обнаружено. Также установлены различия показателей качества жизни в зависимости от семейного положения: самые низкие показатели выявлены у овдовевших респондентов.

Полученная информация о качестве жизни населения Чукотки может быть использована для проведения научно обоснованных мероприятий, направленных на улучшение качества жизни людей, проживающих в Чукотском автономном округе, и для принятия решений на федеральном и региональном уровнях в области здравоохранения, медико-демографического развития, миграционного оттока, социальной сферы округа.

Авторство

Ионова Т. И. внесла существенный вклад в концепцию, дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи; Кирилин В. Н. участвовал в получении и анализе первичных данных; Шейдурова А. С. участвовала в получении первичных результатов и анализе данных; Порфирьева Н. М. участвовала в получении первичных данных и подготовке первого варианта статьи; Никитина Т. П. участвовала в наборе первичных данных, написании первого варианта статьи; Сухонос Ю. А. участвовал в интерпретации полученных результатов и подготовке первого варианта статьи; Гудков А. Б. переработал статью на предмет её важного интеллектуального содержания и подготовил первый вариант статьи; Чашин В. П. внёс существенный вклад в интеллектуальное содержание статьи и утвердил окончательный вариант.

У авторов отсутствует конфликт интересов

Ионова Татьяна Ивановна SPIN 9290-3160; ORCID 0000-0002-9431-5286

Никитина Татьяна Павловна SPIN 5275-8114; ORCID 0000-0002-8279-8129

Гудков Андрей Борисович SPIN 4369-3372; ORCID 0000-0001-5923-0914

Чашин Валерий Петрович SPIN 6989-1648; ORCID 0000-0002-2600-0522

Список литературы

1. Абурахманов Г. М., Бекишкова П. А., Габиева П. И. Популяционное исследование качества жизни населения Дахадаевского района Республики Дагестан с использованием опросника SF-36 // Вестник Межнародного центра исследования качества жизни. 2015. № 25–26. С. 27–36.
2. Бузинов Р. В., Кикун П. Ф., Унгурияну Т. Н., Ярыгина М. В., Гудков А. Б. От Поморья до Приморья: социально-гигиенические и экологические проблемы здоровья

населения: монография. Архангельск: Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2016. 397 с.

3. Грибанов А. В., Дёмин А. В., Гудков А. Б., Панков М. Н. Характеристика качества жизни городских женщин 55–64 лет // Успехи геронтологии. 2018. Т. 31, № 3. С. 387–393.

4. Гудков А. Б., Дёмин А. В., Долгобородова А. А., Попова О. Н. Характеристика темпа старения, уровней тревожности и качества жизни у женщин пожилого возраста – жительниц Арктической зоны России // Вестник СурГУ. Медицина. 2018. № 4 (38). С. 33–37.

5. Гудков А. Б., Дёмин А. В., Грибанов А. В., Попова О. Н. Характеристика темпа старения, уровней тревожности и качества жизни у женщин пожилого возраста, переживших стрессовую ситуацию (на примере женщин-погорельцев) // Медицина катастроф. 2018. № 1 (101). С. 30–33.

6. Данные официальной статистики населения Чукотки: http://habstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/habstat/ru/statistics/chukot_stat/

7. Журавлёв П. С., Зарецкая О. В., Подоплёкин А. О., Репневский А. В., Тамицкий А. М. Арктика в системе международного сотрудничества и соперничества / Сев. (Аркт.) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова, Арханг. науч. центр УрО РАН. Архангельск, 2015. 168 с.

8. Захарова Р. Н., Михайлова А. Е., Ионова Т. И., Тимофеев Л. Ф., Кривошапкин В. Г. Популяционные показатели качества жизни у населения Республики Саха (Якутия) // Вестник Межнародного центра исследования качества жизни. 2012. № 19–20. С. 16–32

9. Кожокеева В. А. Показатели качества жизни взрослого населения г. Бишкек: популяционное исследование с использованием опросника SF-36 // Вестник Межнародного центра исследования качества жизни. 2011. № 17–18. С. 42–57.

10. Концевая А. В., Шальнова С. А., Баланова Ю. А. и др. Качество жизни российской популяции по данным исследования ЭССЕ-РФ // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016. Т. 15, № 5. С. 84–90.

11. Криуленко И. П., Ионова Т. И., Никитина Т. П., Курбатова К. А. Популяционное исследование качества жизни населения Костромы и Костромской области // Вестник Межнародного центра исследования качества жизни. 2009. № 13–14. С. 41–50.

12. Никитин Ю. П., Хаснулин Ю. В., Гудков А. Б. Итоги деятельности академии полярной медицины и экстремальной экологии человека за 1995–2015 года: современные проблемы северной медицины и усилия учёных по их решению // Медицина Кыргызстана. 2015. Т. 1, № 2. С. 8–14.

13. Новик А. А., Ионова Т. И., Гандек Б. и др. Показатели качества жизни населения Санкт-Петербурга // Проблемы стандартизации в здравоохранении. 2001. № 4. С. 22–31.

14. Новик А. А., Ионова Т. И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине (3-е изд., перераб. и дополн.) / под ред. академика РАМН Ю. Л. Шевченко. М.: Изд-во РАЕН, 2012. 528 с.

15. О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года: Указ Президента РФ, май 2018. М., 2018.

16. Симонова Г. И., Богатырев С. Н., Горбунова О. Г., Щербакова Л. В. Качество жизни населения Сибири (популяционное исследование) // Бюллетень СО РАМН. 2006. № 4 (122). С. 52–55.

17. Сухонос Ю. А. Особенности популяционного исследования: дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2003. 158 с.

18. Aaronson N. K., Miller M., Cohen P. D. A. et al. Translation, validation and norming of the Dutch language version of the SF-36 Health Survey in community and chronic disease populations // J. Clin. Epidemiol. 1998. Vol. 51(11). P. 1055–1068.

19. Apolone G., Mosconi P. The Italian SF-36 Health Survey: Translation, validation and norming // J. Clin. Epidemiol. 1998. Vol. 51 (11). P. 1025–1036.

20. Hays R. D., Sherbourne C. D., Mazel R. M. User's Manual for Medical Outcomes Study (MOS) Core measures of health-related quality of life. RAND Corporation, 1995; MR-162-RC. Available at : www.rand.org (accessed: 17.03.2019).

21. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Yu. R. Physiologic aspects of optimization of expedition and shifted working schedules in Transpolar regions // Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya. 1996. Iss. 6. P. 4–7.

22. Sullivan M., Karlsson J. The Swedish SF-36 Health Survey III. Evaluation of criterion-based validity: Results from normative population // J. Clin. Epidemiol. 1998. Vol. 51 (11). P. 1105–1113.

23. Wagner A. K., Gandek B., Aaronson N. K. et al. Cross-Cultural Comparisons of the Content of SF-36 translations across ten countries: results from the IQOLA Project // J. Clin. Epidemiol. 1998. Vol. 51 (11). P. 925–932.

24. Ware J. E., Kosinski M. A. SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A Manual for Users of Version 1. 2nd Edition. Lincoln RI: QualityMetric Inc. 2001.

25. WHOQOL Group, Division of Mental Health, World Health Organization. Study protocol for the World Health Organization: Organization to develop a Quality of Life assessment instrument (WHOQOL) // J. Quality Life Res. 1993. Vol. 2. P. 153–159.

References

1. Aburahmanov G. M., Bekshokova P. A., Gabibova P. I. A population-based study of the quality of life of the population of the Dakhadaevsky District of the Republic of Dagestan using the SF-36 questionnaire. *Vestnik Mezhnatsional'nogo tsentra issledovaniya kachestva zhizni* [Bulletin of the International Center for the Study of the quality of life]. 2015, 25-26, pp. 27-36. [In Russian]

2. Buzinov R. V., Kiku P. F., Unguryanu T. N., Yarygina M. V., Gudkov A. B. *Ot Pomor'ya do Primor'ya: sotsial'no-gigienicheskie i ekologicheskie problemy zdorov'ya naseleniya* [From Pomorie to Primorye: socio-hygienic and environmental problems of public health]. Arkhangelsk, Publishing house of the Northern State Medical University, 2016, 397 p.

3. Gribanov A. V., Demin A. V., Gudkov A. B., Pankov M. N. Characteristics of the quality of life in women 55-64 years old living in the urban conditions. *Uspekhi gerontologii* [Advances in gerontology]. 2018, 31(3), pp. 387-393. [In Russian]

4. Gudkov A. B., Demin A. V., Dolgoborodova A. A., Popova O. N. Characteristics of rate of aging, anxiety levels and quality of life in older women of the Arctic zone of Russia. *Vestnik SurGU. Meditsina* [Bulletin of the Surgut State University. Medicina]. 2018, 4 (38), pp. 33-37. [In Russian]

5. Gudkov A. B., Demin A. V., Gribanov A. V., Popova O. N. Specifics of pace of aging, levels of anxiety and quality of life in older women survivors of stressful situations for example fires. *Meditsina katastrof* [Disaster Medicine]. 2018, 1 (101), pp. 30-33. [In Russian]

6. *Dannye ofitsial'noi statistiki naseleniya Chukotki* [The official statistics of the population of Chukotka]: http://habstat.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/habstat/ru/statistics/chukot_stat/

7. Zhuravlev P. S., Zaretskaya O. V., Podoplekin A. O., Repnevskii A. V., Tamitskii A. M. *Arktika v sisteme mezhdunarodnogo sotrudnichestva i sopernichestva* [The Arctic in the system of international cooperation and rivalry]. Arkhangelsk, 2015, 168 p.

8. Zakharova R. N., Mikhailova A. E., Ionova T. I., Timofeev L. F., Krivoshepin V. G. Population quality of life indicators among the population of the Republic of Sakha (Yakutia). *Vestnik Mezhnatsional'nogo tsentra issledovaniya kachestva zhizni* [Bulletin of the International Center for the Study of the quality of life]. 2012, 19-20, pp. 16-32. [In Russian]

9. Kozhokeeva V. A. Indicators of the quality of life of the adult population. Bishkek: population-based study using the SF-36 questionnaire. *Vestnik Mezhnatsional'nogo tsentra issledovaniya kachestva zhizni* [Bulletin of the International Center for the Study of the quality of life]. 2011, 17-18, pp. 42-57. [In Russian]

10. Kontsevaya A. V., Shalnova S. A., Balanova Yu. A. et al. The quality of life of the Russian population according to the ESSE-RF study. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* [Cardiovascular therapy and prevention]. 2016, 15 (5), pp. 84-90. [In Russian]

11. Kriulenko I. P., Ionova T. I., Nikitina T. P., Kurbatova K. A. Population study of the quality of life of the population of Kostroma and the Kostroma region. *Vestnik Mezhnatsional'nogo tsentra issledovaniya kachestva zhizni* [Bulletin of the International Center for the Study of the quality of life]. 2009, 13-14, pp. 41-50. [In Russian]

12. Nikitin Y. P., Khasnulin V. I., Gudkov A. B. Performance academy polar medicine and extreme human ecology for 1995-2015: modern problems of northern medicine and efforts of scientists to address them. *Meditsina Kirgystana* [Medicine of Kyrgyzstan]. 2015, 1 (2), pp. 8-14. [In Russian]

13. Novik A. A., Ionova T. I., Gandek B. et al. Indicators of the quality of life of the population of St. Petersburg. *Problemy standartizatsii v zdravookhranении* [Problems of standardization in health care]. 2001, 4, pp. 22-31. [In Russian]

14. Novik A. A., Ionova T. I. *Rukovodstvo po issledovaniyu kachestva zhizni v meditsine* [Guide to the study of the quality of life in medicine]. Ed. by Acad. of RAMS Yu. L. Shevchenko. Moscow, Publishing House of Natural Sciences, 2012, 528 p.

15. On the national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024: Decree of the President of the Russian Federation, May 2018. Moscow, 2018. [In Russian]

16. Simonova G. I., Bogatyrev S. N., Gorbunova O. G., Shcherbakova L. V. The quality of life of the population of Siberia (population study). *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch of Russian Academy of Medical Sciences]. 2006, 4 (122), pp. 52-55. [In Russian]

17. Suhonos Yu. A. *Osobennosti populyatsionnogo issledovaniya. Kand. dis.* [Features of population research. Cand. Diss.]. Saint Petersburg, 2003, 158 p.

18. Aaronson N. K., Miller M., Cohen P. D. A. et al. Translation, validation and norming of the Dutch language version of the SF-36 Health Survey in community and chronic disease populations. *J. Clin. Epidemiol.* 1998, 51 (11), pp. 1055-1068.

19. Apolone G., Mosconi P. The Italian SF-36 Health Survey: Translation, validation and norming. *J. Clin. Epidem.* 1998, 51 (11), pp. 1025-1036.

20. Hays R. D., Sherbourne C. D., Mazel R. M. User's Manual for Medical Outcomes Study (MOS) Core measures of health-related quality of life. RAND Corporation, 1995; MR-162-RC. Available at: www.rand.org (accessed: 17.03.2019).

21. Sidorov P. I., Gudkov A. B., Tedder Yu. R. Physiologic aspects of optimization of expedition and shifted working schedules in Transpolar regions. *Meditcina truda i promyshlennaia ekologiya.* 1996, 6, pp. 4-7.

22. Sullivan M., Karlsson J. The Swedish SF-36 Health Survey III. Evaluation of criterion-based validity: Results from normative population. *J. Clin. Epidem.* 1998, 51 (11), pp. 1105-1113.

23. Wagner A. K., Gandek B., Aaronson N. K. et al. Cross-Cultural Comparisons of the Content of SF-36 translations across ten countries: results from the IQOLA Project. *J. Clin. Epidem.* 1998, 51 (11), pp. 925-932.

24. Ware J. E., Kosinski M. A. *SF-36 Physical and Mental Health Summary Scales: A Manual for Users of Version 1.* 2nd Edition. Lincoln RI, QualityMetric Inc., 2001.

25. WHOQOL Group, Division of Mental Health, World Health Organization. Study protocol for the World Health Organization: Organization to develop a Quality of Life assessment instrument (WHOQOL). *J. Quality Life Res.* 1993, 2, pp. 153-159.

Контактная информация:

Чащин Валерий Петрович – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, директор международного центра общественного здравоохранения имени А. Коха и И. И. Мечникова ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова» Минздрава России
Адрес: 191015, г. Санкт-Петербург, ул. Кирочная, д. 41
E-mail: valerych05@mail.ru

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ СПОРТСМЕНОВ С РАЗНЫМ СПОРТИВНЫМ СТАЖЕМ

© 2019 г. С. В. Боронникова, Ю. С. Васильева, М. Ю. Бурлуцкая, *Е. П. Гаврикова

ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», г. Пермь;

*ООО «ИНВИТРО-УРАЛ», г. Челябинск

Цель исследования – выявление взаимосвязи полиморфных вариантов генов *ACTN3*, *PPARG*, *NOS3*, *PPARGC1A*, ассоциированных с выносливостью и со скоростно-силовыми качествами, у занимающихся единоборствами спортсменов с разной длительностью спортивного стажа. *Методы*. Лабораторным методом исследования с использованием полимеразной цепной реакции выявлены полиморфизмы четырех генов: R577X гена *ACTN3*, Pro12→Ala гена *PPARG*, G894T гена *NOS3*, Gly482Ser гена *PPARGC1A* у 98 спортсменов-единоборцев в возрасте от 9 до 20 лет. Изучена взаимосвязь генетического профиля у спортсменов с функционированием скелетных мышц, сердечно-сосудистой системы и липидным обменом. *Результаты*. В зависимости от спортивного стажа единоборцы распределены на три группы. Установлено, что в группе с высоким спортивным стажем от 9 до 12 лет преобладают благоприятные генотипы R/R (0,17; $p = 0,001$) гена *ACTN3*, Ala/Ala (0,17; $p = 0,007$) гена *PPARG* и Gly/Gly (0,14; $p = 0,012$) гена *PPARGC1A*. Корреляционный анализ с использованием критерия Спирмена показал, что взаимосвязь между спортивным стажем и генотипом спортсмена положительная, слабая у трех генов: *ACTN3* ($r_s = 0,426$), *PPARG* ($r_s = 0,280$), *PPARGC1A* ($r_s = 0,180$), а также очень слабая у гена *NOS3* ($r_s = 0,082$). *Выводы*. Полученные результаты отражают процесс спортивного отбора: у спортсменов с большим спортивным стажем благоприятствующие генотипы и аллели выявлены статистически значимо чаще, чем у спортсменов с небольшим спортивным стажем. Наличие благоприятных генотипов необходимо учитывать наряду с другими факторами, влияющими на достижения единоборцев в спортивной карьере.

Ключевые слова: ДНК, полиморфизм генов, генотипирование, спортсмены-единоборцы, спортивный стаж

GENETIC POLYMORPHISM OF SPORTSMENS WITH DIFFERENT SPORT EXPERIENCE

S. V. Boronnikova, Yu. S. Vasilyeva, M. Y. Burlutskaya, *E. P. Gavrikov

Perm State University, Perm, Russia; *INVITRO-Ural, Chelyabinsk, Russia

The aim of the study was to identify the interconnection between polymorphic genes *ACTN3*, *PPARG*, *NOS3* and *PPARGC1A*, associated with endurance and speed-physical skills in athletes practicing martial arts with different duration of the sport experience. *Methods*: 98 athletes aged from 9 to 20 years practicing martial arts participated in the study. Polymorphisms of four genes: R577X of gene *ACTN3*, Pro12→Ala of gene *PPARG*, G894T of gene *NOS3*, Gly482Ser of gene *PPARGC1A* were identified by laboratory methods using polymerase chain reaction. The interconnection between the genetic profile and functioning of skeletal muscles, cardiovascular system and lipid metabolism was studied. *Results*: The athletes were divided into three groups according to sport experience. It was stated that in the group with long sport experience (9 to 12 years) favorable genotypes R/R (0,17, $p = 0,001$) of gene *ACTN3*, Ala/Ala (0,17, $p = 0,007$) of gene *PPARG* and Gly/Gly (0,14, $p = 0,012$) of gene *PPARGC1A* prevailed. Spearman's correlation analysis showed that interconnection between sport experience and genotype of athletes practicing martial arts was positive, but weak in three genes *ACTN3* ($r_s = 0,426$), *PPARG* ($r_s = 0,280$), *PPARGC1A* ($r_s = 0,180$), and very weak in *NOS3* ($r_s = 0,082$) gene. *Conclusions*: The obtained results reflected the process of sport selection: in athletes with a longer sport experience, favorable genotypes and alleles were detected with a significantly higher frequency than athletes with short sport experience. Presence of favorable genotypes should be considered along with other factors that influence the progress of athletes in sport career.

Key words: DNA, genes polymorphism, genotyping, combat athletes, sport experience

Библиографическая ссылка:

Боронникова С. В., Васильева Ю. С., Бурлуцкая М. Ю., Гаврикова Е. П. Генетический полиморфизм спортсменов с разным спортивным стажем // Экология человека. 2019. № 8. С. 50–58.

Boronnikova S. V., Vasilyeva Yu. S., Burlutskaya M. Y., Gavrikov E. P. Genetic Polymorphism of Sportsmens with Different Sport Experience. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 50-58.

Проблема изучения полиморфизма генов-кандидатов, ответственных за функционирование различных систем организма, а также физическую работоспособность спортсменов в целом, является одной из актуальнейших в современной медицинской генетике. Список возможных генов-кандидатов довольно обширен и включает гены ренин-ангиотензиновой системы, эндотелиальной системы, антиоксидантной и детоксикационной систем, гены системы липидного метаболизма и другие. В настоящее время эти гены активно исследуют с целью выявления их сочетаний, которые либо предрасполагают к развитию физиче-

ских качеств, либо препятствуют ему [16]. В связи с этим интенсивно увеличивается число исследований, связанных с анализом генетической предрасположенности развития физических качеств спортсменов. На основании аллельного профиля генов-кандидатов возможно выявлять наследственные особенности у конкретного спортсмена, а следовательно, определять предрасположенность человека в том числе и к развитию патологий [11].

Взаимосвязь генетического профиля с длительностью спортивной карьеры изучена еще недостаточно, возможности тренировки не беспредельны, их грани-

цы определены генотипом данного индивидуума [3, 4]. К числу наиболее значимых факторов, определяющих физическую работоспособность, обычно относят скоростно-силовую подготовленность, а также выносливость спортсмена, уровень развития его биоэнергетических возможностей (аэробных и анаэробных), технику выполнения упражнений, тактику ведения спортивного поединка и психологическую подготовку [13]. Раскрытие всего потенциала у спортсмена не может основываться только на применении стандартной системы подготовки, которая ориентирована на средние значения показателей и ведется без учета в должной мере их индивидуальных способностей [20].

Наиболее вероятными кандидатами на роль генетических маркеров в спорте являются гены, определяющие функции сердечно-сосудистой системы, такие как (*AGT2R1*) — рецептор 1-го типа к ангиотензину II, β_2 -рецептор брадикинина (*b2BKR*) и эндотелиальной (*eNOS*) NO-синтазы [19]. В число претендентов включены гены, ассоциированные с функционированием скелетных мышц, а именно гены, определяющие изоформы альфа-актинин-3 (*ACTN3*, *α -actinin-3*), аденозинмонофосфатдезаминазы (*AMPD1*) и креатинфосфокиназы (*CKMM*); а также гены, ответственные за регуляцию системы транспорта липидного обмена: гамма-рецептор, активирующий пролиферацию пероксисом (*PPARG* — *peroxisome proliferator-activated receptor gamma*) и (*PPARGC1A* — *peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha*) [26].

К сожалению, генетический полиморфизм генов-кандидатов *ACTN3*, *PPARG*, *NOS3* *PPARGC1A* изучен в основном у спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта, — гребцов-академистов, лыжников, пловцов, легкоатлетов, конькобежцев [2, 8, 12, 18, 19]. Особенности генетического профиля у единоборцев с разной продолжительностью спортивной подготовки практически не изучены.

Цель работы — изучение полиморфных вариантов генов *ACTN3*, *PPARG*, *NOS3* и *PPARGC1A*, ассоциированных с выносливостью и со скоростно-силовыми качествами, у занимающихся единоборствами спортсменов с разной длительностью спортивного стажа.

Методы

Молекулярно-генетический анализ проведен у 98 спортсменов-единоборцев, занимающихся ациклическими видами спорта (карате, самбо). Возраст испытуемых варьировал от 9 до 20 лет, а спортивный стаж — от 0,5 до 12 лет. Установлено [22], что полиморфизм избранных для изучения генов не сцеплен с полом.

Тип исследования — наблюдательное (продольное). Способ создания выборки — нерандомизированный. Сформированы три группы единоборцев в зависимости от спортивного стажа: первая группа, обозначенная как (I), включает единоборцев со стажем от 0,5 до 4 лет, вторая группа (II) — от 5 до 8 лет, третья группа (III) — от 9 до 12 лет. Применялся лабораторный метод исследований с использованием

полимеразной цепной реакции (ПЦР), который включал в себя определение полиморфизма четырех генов: R577X гена *ACTN3* (*alpha-actinin-3*), Pro12→Ala гена *PPARG* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma*), а также полиморфизм G894T гена *NOS3* (*nitric oxide synthase 3*) и Gly482Ser полиморфизм гена *PPARGC1A* (*peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha*). Забор биологического материала для генетического анализа проводили с помощью соскоба эпителиальных клеток ротовой полости одноразовыми цитологическими щетками, в утреннее время, перед тренировкой. От каждого спортсмена было получено добровольное согласие на забор материала и использование некоторых данных в научных обобщениях в соответствии с Хельсинкской декларацией 1975 и 1983 годов.

ДНК выделяли сорбентным методом с помощью набора «Проба ГС», изготовленного компанией ООО «ДНК-Технология» (г. Протвино). Концентрацию проб ДНК определяли с помощью спектрофотометра Spectrofotometr™ NanoDrop 2000 «Thermo scientific» (USA). Концентрацию проб ДНК выравняли до 5 нг/мкл. Препараты ДНК имели соотношение экстинкций 260 нм/280 нм, близкое к 1,8, то есть являлись пригодными для ПЦР.

Последовательности праймеров для амплификации полиморфных локусов четырех избранных для изучения генов (табл. 1) взяты из литературных источников и синтезированы в ООО «Синтол» (г. Москва). Реакционная смесь для ПЦР объемом 25 мкл содержала: 1 единицу Taq-полимеразы ООО «Силекс М» (г. Москва), 2,5 мкл 10-кратного буфера для ПЦР ООО «Силекс М» (г. Москва), 25 пМ праймера, 2,5 мМ Mg²⁺, 0,25 мМ dNTP. К реакционной смеси добавляли 5 мкл ДНК индивидуально каждого спортсмена. Амплификация ДНК была проведена на термоциклере Gene Amp PCR System 9700 «Applied Biosystems» (USA). В качестве отрицательного контроля (К-) в реакционную смесь добавляли вместо ДНК 5 мкл деионизированной воды.

Полиморфизм генов *ACTN3*, *PPARG*, *NOS3* и *PPARGC1A* определяли, применяя для ПЦР соответствующую программу амплификации [24, 23, 27]. В результате ПЦР получают ампликоны различной длины. Для выявления полиморфизма четырех генов продукт ПЦР дополнительно инкубировали вместе с эндонуклеазой рестрикции (табл. 1). Продукты рестрикции полиморфных позиций четырех анализируемых генов *ACTN3* и *PPARG*, *NOS3* и *PPARGC1A* фракционировали при помощи электрофореза в 2 % агарозном геле с окраской бромистым этидием и фотографированием в системе гель-документации GelDoc XR «Bio-Rad» (USA) в проходящем ультрафиолетовом свете. ПЦР и электрофорезы повторяли не менее трех раз. Определение длин фрагментов ДНК проводилось при помощи программы Quantity One 4.6.2 «Bio-Rad», (USA) с использованием маркера молекулярной массы (500 bp + 1,5 + 3 Kb DNA Ladder; ООО «СибЭнзим-М», г. Москва).

Таблица 1
**Праймеры для амплификации полиморфных позиций
 четырех генов**

Ген / полиморфный локус	Последовательность праймеров (прямой и обратный)	Литературный источник
<i>ACTN3</i> / <i>R577X</i>	5'-CTGTTGCCTGTGGTAAGTGGG-3' 5'-TGGTCCACAGTATGCAGGAGGG-3'	[24]
<i>PPARG</i> / <i>Pro12→Ala</i>	5'-GCCAATTC AAGCCCAGTC-3' 5'-GATATGTTTGCAGACAGTGTATCAGT- GAAGGAATC GCTTCCG-3'	[23]
<i>NOS3</i> / <i>G894T</i>	5'-AAGGCAGGAGACAGTGGATGGA-3' 5'-CCCAGTCAATCCSTTTGGTGCTCA-3'	[27]
<i>PPARGC1A</i> / <i>Gly482Ser</i>	5'-GAGCCGAGCTGAACAAGCAC-3' 5'-GGAGACACATTTGAACAATGAATAGG ATTG-3'	[23]

Примечание. Ген *ACTN3* – alpha-actinin-3 (полиморфизм R577X); ген *PPARG* – peroxisome proliferator-activated receptor gamma (полиморфизм Pro12→Ala); ген *NOS3* – nitric oxide synthase 3 (полиморфизм G894T); *PPARGC1A* – (полиморфизм Gly482Ser).

Анализ полученных данных проводился с использованием программы STATISTICA 6.0 с определением нормальности распределения [6]. Для оценки статистической значимости различий между тремя независимыми выборками применялся непараметрический критерий Краскела – Уоллиса (при $p < 0,05$) (One-way ANalysis Of VAriance, ANOVA). Для изучения взаимосвязи между двумя переменными (спортивный стаж и генотип) использовали корреляционный анализ Спирмена (r_s). За критический уровень значимости принимали значение $p < 0,05$.

Результаты

В результате исследования полиморфизма четырех генов, ассоциированных с качествами скорость/сила (*ACTN3* и *PPARG*) и выносливость (*NOS3* и *PPARGC1A*), проанализирована частота встречаемости аллельных вариантов этих генов. По результатам распределения частот полиморфных позиций R577X

гена *ACTN3* получены следующие данные: генотип R/R, при котором наблюдается высокая функциональная активность α -актина-3 [2, 18], отмечен у 48 спортсменов из общей выборки (98 человек), то есть с частотой 0,49. Генотип R/X, характеризующийся средней функциональной активностью α -актина-3, был обнаружен у 21 спортсмена с частотой 0,21. Самый же неблагоприятный генотип X/X, при котором α -актин-3 заменяется на α -актин-2, что приводит к снижению скоростно-силовых показателей физической работоспособности человека, выявлен у 29 спортсменов с частотой 0,30 (табл. 2).

В результате анализа распределения генотипов полиморфного локуса Pro12→Ala гена *PPARG* были получены следующие показатели: генотип Ala/Ala выявлен у 53 человек из 98 обследованных, то есть с частотой 0,54. При этом генотипе в организме наблюдается снижение активности PPAR γ 2, следствием чего является подавление липолиза в адипоцитах и снижение уровня циркулирующих свободных жирных кислот. Мышцы в большей степени утилизируют глюкозу, благодаря повышенной чувствительности к инсулину, который обладает анаболическим действием на скелетные мышцы [5, 8]. Генотип Ala/Pro наблюдался у 44 спортсменов, то есть в общей выборке с частотой 0,45. У спортсменов с этим генотипом активность рецептора 12Ala понижена, это приводит к снижению мышечной деятельности. Генотип Pro/Pro обнаружен только у 1 спортсмена (частота 0,01). У спортсменов с таким генотипом отмечается пониженная чувствительность к инсулину в медленных и быстрых мышечных волокнах, его анаболическое действие выражено слабо, что ассоциируется с пониженной физической работоспособностью [9].

Во вторую очередь были проанализированы полиморфизмы генов, ассоциированные с развитием выносливости. Распределение генотипов полиморфного локуса G894T гена *NOS3* следующее: генотип G/G, при котором наблюдается высокая активность

Таблица 2

Полиморфизм четырех генов у спортсменов с разным спортивным стажем (n = 98)

Ген	Генотип/аллель	Частота встречаемости генотипов (число спортсменов)			Частоты генотипа на общую выборку (число спортсменов)	p	r_s
		Группа I (0,5–4 года)	Группа II (5–8 лет)	Группа III (9–12 лет)			
<i>ACTN3</i>	R/R	0,15 (15)	0,16 (16)	0,17 (17)	0,49 (48)	0,001	0,426
	R/X	0,13 (13)	0,05 (5)	0,03 (3)	0,21 (21)		
	X/X	0,22 (21)	0,08 (8)	0	0,30 (29)		
<i>PPARG</i>	Ala/Ala	0,21 (21)	0,15 (15)	0,17 (17)	0,54 (53)	0,007	0,280
	Ala/Pro	0,29 (28)	0,13 (13)	0,03(3)	0,45 (44)		
	Pro/Pro	0	0,01 (1)	0	0,01 (1)		
<i>NOS3</i>	G/G	0,02 (2)	0,02 (2)	0,04 (4)	0,08 (8)	0,475	0,082
	G/T	0,13 (13)	0,06 (6)	0,04 (4)	0,24 (23)		
	T/T	0,35 (34)	0,22 (21)	0,12 (12)	0,68 (67)		
<i>PPARGC1A</i>	Gly/Gly	0,29 (28)	0,27 (26)	0,14 (14)	0,69 (68)	0,012	0,180
	Gly/Ser	0,18 (18)	0,03 (3)	0,03 (3)	0,25 (24)		
	Ser/Ser	0,03 (3)	0	0,03 (3)	0,06 (6)		

Примечание. Сравнение несвязанных выборок (генотипы спортсменов) осуществлялось непараметрическим критерием Краскела – Уоллиса при $p < 0,05$. Оценка взаимосвязи между двумя переменными (спортивный стаж и генотип) осуществлялась с помощью корреляционного анализа Спирмена (r_s).

эндотелиальной NO-синтазы и высокий уровень продукции монооксида азота, что не нарушает баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов [19], обнаружен у 8 спортсменов, то есть в общей выборке с частотой 0,08. Генотип G/T, которому соответствуют средняя активность эндотелиальной NO-синтазы и средний уровень продукции монооксида азота, вследствие чего нарушается баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов [19], был детектирован у 23 спортсменов (частота 0,24). Самый неблагоприятный генотип T/T был выявлен у большинства испытуемых, а именно у 67 спортсменов-единоборцев, то есть частота в общей выборке составила 0,68. Обладатели генотипа T/T имеют низкую активность эндотелиальной NO-синтазы, и у них снижена продукция монооксида азота [19], вследствие чего нарушается баланс продукции эндотелиальных вазоактивных факторов и снижается работоспособность.

Анализ полиморфной позиции Gly482Ser гена *PPARGC1A* выявил благоприятный для спортсменов генотип Gly/Gly у 68 человек, что характеризуется высокой в общей выборке частотой 0,69. При данном генотипе в организме спортсмена наблюдается увеличенное число митохондрий в клетках и усиление окисления жирных кислот [18]. Генотип Gly/Ser был выявлен у 24 спортсменов (частота 0,25). У носителя генотипа Gly/Ser формируется среднее число митохондрий в клетках, и в соответствии с этим ему присуща средняя степень окисления жирных кислот [18]. Генотип Ser/Ser, при котором отмечается пониженное число митохондрий в клетках и низкая же степень окисления жирных кислот, был определен лишь у 6 единоборцев, то есть найден с минимальной частотой (0,06).

После оценки на нормальность распределения установлено, что полученные частоты генотипов относятся к непараметрическим показателям связи между переменными, измеренными в ранговой шкале. Результаты статистической оценки различий с использованием критерия Краскела — Уоллиса (p) между генотипами в трех группах по каждому из генов отображены в табл. 2.

Анализ полиморфизма R577X гена *ACTN3* в трех группах по длительности спортивного стажа единоборцев выявил, что характеристики трех экспериментальных групп значимо отличаются друг от друга ($p = 0,001$). Корреляционный анализ (по критерию Спирмена) зависимости исследуемых показателей спортивного стажа и генотипа спортсмена выявил наличие положительной, хотя и слабой связи ($r_s = 0,426$) между этими двумя переменными (см. табл. 2). Статистические различия между тремя группами спортсменов по длительности занятий единоборствами установлены и по полиморфизму Pro12Ala гена *PPARG* ($p = 0,007$). Связь между двумя переменными по коэффициенту Спирмена ($r_s = 0,280$) слабая, но тем не менее положительная (см. табл. 2).

При анализе полиморфизма G894T гена *NOS3* в трех группах единоборцев, выделенных по спортивному стажу (см. табл. 2), различия оказались несущественными ($p = 0,475$). Отмечена очень слабая связь между этими двумя переменными по коэффициенту Спирмена ($r_s = 0,082$). При анализе полиморфизма Gly482Ser гена *PPARGC1A* было установлено, что различия в трех группах единоборцев статистически значимы ($p = 0,012$). С помощью критерия Спирмена обнаружена слабая корреляция, связь положительная ($r_s = 0,180$).

В целом при анализе показателей генетического полиморфизма было установлено, что в группе I (спортивный стаж от 0,5 до 4 лет) у гена *ACTN3* наблюдается низкая частота благоприятного генотипа R/R — 0,15, а преобладают генотипы с низкой и средней скоростно-силовой активностью: генотип R/X — 0,13; генотип X/X — 0,22. В группа II (спортивный стаж от 5 до 8 лет) отмечается сходное значение частоты благоприятного генотипа R/R (0,16); у обладателей генотипа R/X и X/X частота значительно ниже, по сравнению с первой группой 0,05 и 0,08 соответственно. В группе III (стаж спортивной карьеры от 9 и до 12 лет) отмечено, что наиболее высокая частота у благоприятного для спортсменов генотипа R/R — 0,17, а у генотипа со средней физической активностью R/X частота низкая (0,03). Генотип же X/X, который ассоциирован с низкой физической активностью, у спортсменов обследованной выборки не выявлен. Четко прослеживается тенденция спортивного отбора единоборцев с благоприятным генотипом R/R.

При анализе распределения генетического полиморфизма гена *PPARG* в группе I было обнаружено, что генотипы, для носителей которых характерна высокая и средняя физическая активность, имеют высокие частоты, а именно генотип Ala/Ala встречается с частотой 0,21; генотип Ala/Pro 0,29 соответственно. В группе I спортсменов не обнаружен генотип Pro/Pro. В группе II выявлена более низкая частота генотипов, которые определяют у их обладателей высокую и среднюю физическую активность, до 0,15 у Ala/Ala, до 0,13 у Ala/Pro. Генотип Pro/Pro, ассоциированный с низкой физической активностью, отмечен с невысокой частотой (0,01). В группе III преобладал благоприятный генотип Ala/Ala (частота 0,17), связанный с высокой скоростно-силовой активностью. Генотип же Ala/Pro отмечен с очень низкой частотой (0,03). Как и в случае с ранее рассмотренным геном *ACTN3*, самый неблагоприятный для спортсменов генотип Pro/Pro гена *PPARG* не отмечен в группе III с самым длительным спортивным стажем.

Иная картина распределения наблюдалась при анализе генетического профиля гена *NOS3*. Так, в группе I отмечено, что самая высокая частота встречаемости у неблагоприятного генотипа T/T (0,35). Вместе с тем ниже частоты у благоприятного аллельного варианта G/G (0,02), а средний показатель частоты

установлен у генотипа G/T, а именно 0,13. В группе II обнаружена низкая частота неблагоприятного генотипа T/T (0,22), также низкая частота выявлена у гетерозиготного генотипа G/T (0,06). Частота благоприятного генотипа осталась на прежнем уровне G/G — 0,02. Анализ частоты генотипов в группе III показал, что частота неблагоприятного генотипа T/T снижается до 0,12. В то же время частоты генотипов, способствующих усиленным физическим нагрузкам, остались на одном уровне (у G/G частота 0,04, а у G/T — частота 0,04).

Анализ распределения генетического профиля у гена *PPARGC1A* в группе I выявил, что благоприятный аллельный вариант Gly/Gly отмечен у большинства спортсменов с частотой 0,29; спортсмены с генотипом Gly/Ser обнаружены с частотой 0,18. Неблагоприятный же генотип Ser/Ser встречается с минимальной частотой 0,03. Сравнительный анализ полиморфных вариантов генов, определяющих физические параметры выносливости, в группе II показал, что преобладает частота генотипа, способствующего выносливости Gly/Gly (0,27). Низкий показатель частоты в группе II имеет гетерозиготный генотип Gly/Ser (0,03), характеризующийся средней физической активностью. Неблагоприятный генотип Ser/Ser в этой группе не отмечен. И наконец, в группе III преобладал генотип с высоким потенциалом к физической выносливости Gly/Gly (0,14); у генотипа Gly/Ser частота минимальна (0,03), так же как и у неблагоприятного генотипа Ser/Ser (0,03).

Обсуждение результатов

Проявление физических качеств человека зависит от различного соотношения генетических и средовых факторов. Чем больше генетические факторы влияют на развитие тех или иных физических качеств, тем менее эти качества тренируемы. Такие признаки характеризуются высокой наследуемостью [17, 25].

Результаты данного исследования показали, что у спортсменов-единоборцев частоты генотипов гена *ACTN3* распределяются следующим образом: R/R — (0,49), R/X — (0,21), X/X — (0,30). Тестирование R/R генотипа, равно как и анализ на наличие генотипа X/X гена, можно рекомендовать в качестве прогностического теста на выявление предрасположенности к скоростно-силовой работе циклических видов спорта [9, 18]. По результатам наших исследований, прогностический тест на основании полиморфного локуса R577X гена *ACTN3* можно рекомендовать и для ациклических видов спорта, таких как единоборства.

Молекулярно-генетический анализ полиморфизма гена *PPARG* выявил следующее соотношение генотипов: Ala/Ala (0,54), Ala/Pro (0,45), Pro/Pro (0,01). Для спортсменов, занимающихся видами спорта с преимущественным проявлением силы, выносливости и скорости, выявление генотипа Ala/Ala рекомендовано в качестве критерия при отборе в циклический вид спорта [2, 14]. Наши исследования показали,

что генотип Ala/Ala может служить молекулярным маркером при отборе спортсменов и для такого ациклического вида спорта, как единоборства.

При анализе полиморфизма гена *NOS3*, влияющего на проявление качества выносливость, выявлены следующие генотипы: G/G (0,08), G/T (0,24), T/T (0,68). Ряд исследований выявил, что у людей с генотипом T/T более высок риск ишемической болезни сердца, инфаркта миокарда и ишемического инсульта [1, 21]. Отмечено, что полиморфизм G894T может быть маркером предрасположенности к заболеваниям сердечно-сосудистой системы и только в некоторой степени оценивает физическую выносливость спортсмена [1, 7].

С выносливостью также связан полиморфизм Gly482Ser гена *PPARGC1A*. В результате исследования было установлено следующее соотношение генотипов: Gly/Gly (0,69); Gly/Ser (0,25); Ser/Ser (0,06). У носителей 482Ser-аллеля гена *PPARGC1A* был выявлен низкий прирост аэробной работоспособности по сравнению с гомозиготами (Gly/Gly) в результате 9-месячной тренировки, направленной на развитие выносливости [26]. Полученные нами данные позволяют рассматривать Ser-аллель гена *PPARGC1A* как генетический маркер, ограничивающий развитие и проявление выносливости.

Обнаружено, что в группе III с высоким спортивным стажем преобладают благоприятные генотипы R/R (0,17, $p = 0,001$) гена *ACTN3*, Ala/Ala (0,17, $p = 0,007$) гена *PPARG* и Gly/Gly (0,14, $p = 0,012$) гена *PPARGC1A*. Показания критерия Краскела — Уоллиса (p) свидетельствуют о значимости различий между генотипами в трех группах по трем генам. Корреляционная связь слабая между спортивным стажем и генотипом у следующих генов: *ACTN3* ($r_s = 0,426$) и *PPARG* ($r_s = 0,280$), *PPARGC1A* ($r_s = 0,180$) и очень слабая у *NOS3* ($r_s = 0,082$). Ранее корреляция генотипа и спортивного стажа была установлена только для спортсменов, занимающихся циклическими видами спорта [12, 15]. В данной работе показана взаимосвязь генотипа и спортивного стажа для спортсменов, занимающихся единоборствами, которые относятся к более сложным ациклическим видам спорта.

Важно отметить, что в области спортивной генетики все больше приходят к заключению, что основным направлением исследований должно быть не столько изучение генетических основ развития и проявления физических качеств спортсменов, молекулярных механизмов их наследования, сколько изучение способности сохранения здоровья спортсменом в процессе адаптации его организма к длительным высокоинтенсивным физическим нагрузкам [7, 10].

На основании проведенного молекулярно-генетического анализа полиморфных вариантов генов, ассоциированных с физическими качествами у спортсменов, занимающихся единоборствами, для каждого спортсмена были составлены Индивидуальные отчеты по генотипированию, которые были переданы спортсменам и их тренерам. Индивидуальные реко-

мендации могут быть использованы для повышения эффективности и качества процесса подготовки, для индивидуализации и коррекции тренировочного процесса.

Заключение

В результате проведенного исследования было установлено, что генетический профиль и функциональные составляющие организма у спортсменов-единоборцев имеют определенную взаимосвязь с их спортивным стажем. Так, в группе спортсменов с небольшим спортивным стажем (группа I) была выявлена большая частота генотипов, обуславливающих низкую физическую активность (X/X, T/T). Частота генотипов, обуславливающих среднюю физическую активность (R/X, Ala/Pro, G/T, Gly/Ser), была выше, чем у группы II и группы III. У спортсменов со средним стажем спортивной карьеры (группа II) прослеживалась низкая частота у неблагоприятных генотипов (X/X, T/T). У благоприятных для физической активности генотипов (R/R, Ala/Ala, Gly/Gly) частота снижалась, но в меньшей степени, либо оставалась на прежнем уровне (G/G). У спортсменов же с большим стажем занятий (группа III) выявлена большая частота генотипов, благоприятствующих физической работоспособности (R/R, Ala/Ala, Gly/Gly), а реже был отмечен генотип (T/T), ассоциированный с низкой активностью NO-синтазы.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в процессе отбора отсеиваются спортсмены с неблагоприятными генотипами по многим причинам, одной из которых является их генетически обусловленная низкая работоспособность, выявляемая в том числе и аллельными вариантами их генотипов по полиморфным локусам изученных четырех генов. Следовательно, данные генетического анализа могут использоваться в процессе подготовки спортсменов-единоборцев в спортивных школах. Разработка тренировочных программ с учетом индивидуальных особенностей спортсмена или группы спортсменов с учетом данных их генотипирования может привести к росту спортивных достижений при сохранении здоровья и увеличения спортивного долголетия.

Таким образом, полученные результаты исследования показали, что изучение генетического профиля позволяет выявить перспективных спортсменов, положительно реагирующих на физические нагрузки, в отличие от спортсменов, для которых такие нагрузки нежелательны. Наличие благоприятных генотипов необходимо учитывать наряду с другими факторами, влияющими на достижения единоборцев в спортивной карьере.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность за возможность выполнения молекулярно-генетического анализа тренерам, медицинским работникам, спортсменам из школ МБОУ ДОД «СДЮШОР по карате»; КГБУ ДО «СДЮШОР по дзюдо и самбо»; МАУ ДО «СДЮШОР по дзюдо и самбо» г. Перми.

Авторство

Боронникова С. В. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, подготовила первый вариант статьи, существенно переработала его на предмет важного интеллектуального содержания, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись; Васильева Ю. С. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных, существенно переработала на предмет важного интеллектуального содержания; Бурлуцкая М. Ю. внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию данных; Гаврикова Е. П. подготовила первый вариант статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Боронникова Светлана Витальевна – ORCID 0000-0002-5498-8160; SPIN 9222-6266

Васильева Юлия Сергеевна – ORCID 0000-0002-2255-2434; SPIN 5847-4882

Бурлуцкая Мария Юрьевна – ORCID 0000-0003-3167-9872; SPIN 8304-5056

Гаврикова Екатерина Петровна – ORCID 0000-0002-8801-4436; SPIN 4035-9920

Список литературы

1. Астратенкова И. В. Полиморфизм гена эндотелиальной NO-синтазы и физическая активность // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. науч. трудов. СПб., 2006. С. 45–57.
2. Ахметов И. И., Попов Д. В., Можайская И. А., Мисина С. С., Астратенкова И. В., Виноградова О. Л., Рогозкин В. А. Ассоциация полиморфизмов генов-регуляторов с аэробной и анаэробной работоспособностью спортсменов // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова. 2007. № 8. С. 837–843.
3. Ахметов И. И. Молекулярная генетика спорта: монография. М.: Советский спорт, 2009. 268 с.
4. Баранов В. С. Геном человека и гены «предрасположенности» (Введение в предиктивную медицину). СПб.: Интермедика. 2000. С. 263.
5. Баранов В. С. Генетический паспорт – основа индивидуальной и предиктивной медицины. СПб., 2009. С. 528.
6. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер, 2003. С. 688.
7. Готов О. С., Готов А. С., Пакин В. С., Баранов В. С. Мониторинг здоровья человека – возможности современной генетики // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2013. № 2. С. 95–107.
8. Дроздовская С. Б., Боровик О. А., Досенко В. Е., Ильин В. Н. Полиморфизм Гена γ -рецептора, активирующего пролиферацию пероксисом (PPARG) как маркер предрасположенности к занятиям спортом // Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта. 2012. № 4. С. 52–57.
9. Дружевская А. М. Полиморфизм гена ACTN3 у спортсменов // Генетические, психофизические и педагогические технологии подготовки спортсменов: сб. науч. трудов. СПб., 2006. С. 58–67.
10. Дятлов Д. А., Ямбаев Ю. А., Худяков Л. М., Григорьева Н. М. Достижения современной спортивной генетики // Теория и практика физической культуры. 2008. № 4. С. 3–5.
11. Комарова Л. Н., Ляпунова Е. Р., Котляров А. А., Витковская Е. И. Определение липидного профиля и склонности к ожирению у студентов // Международный

журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 1. С. 32–36.

12. Масленникова Ю. Л. Генетический профиль и длительность спортивной карьеры у высококвалифицированных спортсменов видов спорта аэробной направленности // Вопросы функциональной подготовки в спорте высших достижений (Омск). 2013. № 1. С. 85–90.

13. Макарова Г. А. Спортивная медицина. М.: Советский спорт. 2003. С. 9.

14. Моссэ И. Б. Молекулярно-генетические технологии в спорте высших достижений // Наука в олимпийском спорте. 2015. № 1. С. 45–51.

15. Моссэ И. Б., Кильчевский А. В., Кундас Л. А., Гончар А. Л., Минин С. Л., Жур К. В. Некоторые аспекты ассоциации генов с высокими спортивными достижениями // Физиологическая генетика. 2017. № 21. С. 296–303.

16. Носиков В. В. Геномика сахарного диабета первого типа и его поздних осложнений // Молекулярная биология. 2004. № 1. С. 150–164.

17. Пушкарев Б. С., Страбловская Н. Н., Четверяков А. В., Ляпунов А. К. Генетический полиморфизм, ассоциированный со спортивной успешностью, и его взаимосвязь с некоторыми фенотипическими признаками у спортсменов-любителей в Забайкальском крае // Забайкальский медицинский вестник. 2015. № 2. С. 81–88.

18. Рогозкин В. А., Астратенкова И. В., Дружевская А. М., Федотовская О. Н. Гены-маркеры предрасположенности к скоростно-силовым видам спорта // Теория и практика физической культуры. 2005. № 1. С. 2–4.

19. Рогозкин В. А., Назаров И. Б., Казаков В. И. Генетические маркеры физической работоспособности человека // Теория и практика физической культуры. 2000. № 12. С. 34–36.

20. Сальников В. А. Индивидуальные различия в системе спортивной деятельности: монография. Омск, 2003. 262 с.

21. Berger K., Stogbauer F., Stoll M., Wellmann J., Hüge A., Cheng S., Kessler C., John U., Assmann G., Ringelstein E. B., Funke H. The Glu298Asp polymorphism in the nitric oxide synthase 3 gene is associated with the risk of ischemic stroke in two large independent case-control studies // Hum. Genet. 2007. Vol. 121. P. 169–178.

22. Charbonneau D. E. ACE genotype and the muscle hypertrophic and strength responses to strength training // Med. and Sci. in Sports and Exercise. 2008. Vol. 40. P. 677–683.

23. Eynon N., Meckel Y., Alves A. J., Yamin C., Sagiv M., Goldhammer E., Sagiv M. Is there an interaction between PPARC T294C PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and endurance performance? // Exp. Physiol. 2009. Vol. 94 (11). P. 1147–1152.

24. Rasmussen M. The genome of a Late Pleistocene human from a Clovis burial site in western Montana // Nature. 2014. Vol. 506. P. 225–229.

25. Rankinen T., Bray M. S., Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update // Med. Sci. Sports Exerc. 2006. Vol. 38. P. 1863–1888.

26. Stefan N., Thamer C., Staiger H. Genetic variations in PPARC and PPARGC1A determine mitochondrial function and change in aerobic physical fitness and insulin sensitivity during lifestyle intervention // Metab. 2007. Vol. 92. P. 1827.

27. Gomez-Gallego F., Ruiz J. R., Buxens A., et al. The -786 T/C polymorphism of the NOS3 gene is associated with elite performance in power sports // Eur. J. Appl. Physiol. 2009. Vol. 107. P. 565–569.

References

1. Astratenkova I. V. Polimorfizm gena endotelial'noy NO-sintazy i fizicheskaya aktivnost' [Polymorphism of a gene endotelian NO-synthase and physical activity]. *Geneticheskiye, psikhofizicheskiye i pedagogicheskiye tekhnologii podgotovki sportsmenov* [Genetic, psychophysical and pedagogical technologies of preparation of sportsmen]. Saint Petersburg. 2006. P. 45-58.

2. Akhmetov I. I., Popov D. V., Mozhayskaya I. A., Missina S. S., Astratenkova I. V., Vinogradova O. L., Rogozkin V. A. Association of polymorphisms of gene-regulators with aerobic and anaerobic work capacity of athletes. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I. M. Sechenova / Rossiiskaia akademiia nauk*. 2007, 8, pp. 837-843. [In Russian]

3. Akhmetov I. I. *Molekulyarnaya genetika sporta* [Molecular genetics of sport]. Moscow, Soviet sport Publ., 2009, p. 268.

4. Baranov B. C. *Genom cheloveka i geny «predraspolozhennosti» (Vvedeniye v prediktivnyuyu meditsinu)* [The human genome and the genes of “predisposition” (introduction to Predictive Medicine)]. Saint Petersburg, Intermedika Publ., 2000, 263 p.

5. Baranov V. S. *Geneticheskiy pasport - osnova individual'noy i prediktivnoy meditsiny* [The genetic passport is the basis of individual and predictive medicine]. Saint Petersburg, 2009, p. 528.

6. Borovikov V. P. *Statistika. Iskusstvo analiza dannykh na komp'yutere* [Statistica. The art of analyzing data on a computer], Saint Petersburg, 2003, 688 p.

7. Glotov O. S., Glotov A. S., Pakin V. S., Baranov V. S. Monitoring of human health - the possibilities of modern genetics. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta* [Bulletin of Saint Petersburg University]. 2013, 2, pp. 95-107. [In Russian]

8. Drozdovskaya S. B. Borovik O. A., Dosenko V. E., Ilyin V. N. Gene polymorphism of the γ -receptor, which activates peroxisome proliferation (pparg) as a marker of predisposition to sports. *Pedagogika, psikhologiya i mediko-biologicheskiye problemy fizicheskogo vospitaniya i sporta* [Pedagogy, Psychology and Medical and Biological Problems of Physical Education and Sports]. 2012, 4, pp. 52-57. [In Russian]

9. Druzhevskaya A. M. Polimorfizm gena ACTN3 u sportsmenov. *Geneticheskiye, psikhofizicheskiye i pedagogicheskiye tekhnologii podgotovki sportsmenov* [Polymorphism of the ACTN3 gene in athletes. Genetic, psychophysical and pedagogical technologies of training athletes]. *Geneticheskiye, psikhofizicheskiye i pedagogicheskiye tekhnologii podgotovki sportsmenov: Sb. nauch. trudov* [Genetic, psychophysical and pedagogical technologies for the training of athletes: a collection of scientific papers]. Saint Petersburg, 2006, pp. 58-67.

10. Dyatlov D. A., Yanbaev Yu. A., Khudyakov L. M., Grigorieva N. M. Achievements of modern sports genetics. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and practice of physical culture]. 2008, 4, pp. 3-5. [In Russian]

11. Komarova L. N., Lyapunova E. R., Kotlyarov A. A., Vitkovskaya E. I. Determination of lipid profile and propensity to obesity in students. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2016, 1, pp. 32-36. [In Russian]

12. Maslennikova Yu. L. Genetic profile and duration of a sports career among highly qualified sportsmen of kinds of sports of an aerobic orientation. *Voprosy funktsional'noy*

podgotovki v sporte vysshikh dostizheniy [The questions of functional preparation in sports of the maximum achievements]. Omsk. 2013, 1, pp. 85-90. [In Russian]

13. Makarova G. A. *Sportivnaya meditsina* [Sports medicine]. Moscow, Soviet sport Publ., 2002, p. 9.

14. Mosse I. B. Molecular genetic technologies in the sport of higher achievements. *Nauka v olimpiyskom sporte* [Science in the Olympic sport]. 2015, 1, pp. 45-51. [In Russian]

15. Mosse I. B., Kilchevsky A. V., Kundas L. A., Gonchar A. L., Minin S. L., Zhur K. V. Some aspects of the association of genes with high athletic achievements. *Fiziologicheskaya genetika* [Physiological Genetics]. 2017, 21, pp. 296-303. [In Russian]

16. Nosikov V. V. Genomics of type 1 diabetes mellitus and its late complications. *Molekulyarnaya biologiya* [Molecular biology]. 2004, 1, pp. 150-164. [In Russian]

17. Pushkarev B. S., Strambovskaya N. N., Chetverikov A. V., Lyapunov A. K. Genetic polymorphism associated with athletic success, and its relationship with some phenotypic traits in amateur athletes in the Trans-Baikal Territory. *Zabaykal'skiy meditsinskiy vestnik* [Zabaikalsky Medical Herald]. 2015, 2, pp. 81-88. [In Russian]

18. Rogozkin V. A., Astratenkova I. V., Druzhevskaya A. M., Fedotovskaya O. N. Genes-markers of predisposition to speed-power types of sport. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and practice of physical culture]. 2005, 1, pp. 2-4. [In Russian]

19. Rogozkin V. A., Nazarov I. B., Kazakov V. I. Genetic markers of a person's physical working capacity. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury* [Theory and practice of physical culture]. 2000, 12, pp. 34-36. [In Russian]

20. Salnikov V. A. *Individual'nyye razlichiya v sisteme sportivnoy deyatel'nosti* [Individual differences in the system of sports activities]. Omsk, 2003, p. 262.

21. Berger K., Stogbauer F., Stoll M., Wellmann J., Hüge A., Cheng S., Kessler C., John U., Assmann G.,

Ringelstein E. B., Funke H. The glu298asp polymorphism in the nitric oxide synthase 3 gene is associated with the risk of ischemic stroke in two large independent case-control studies. *Hum. Genet.* 2007, 121, pp. 169-178.

22. Charbonneau D. E. ACE genotype and the muscle hypertrophic and strength responses to strength training. *Med. and Sci. in Sports and Exercise.* 2008, 40, pp. 677-683.

23. Eynon N., Meckel Y., Alves A. J., Yamin C., Sagiv M., Goldhammer E., Sagiv M. Is there an interaction between PPARG T294C PPARGC1A Gly482Ser polymorphisms and endurance performance? *Exp. Physiol.* 2009, 94 (11), pp. 1147-52.

24. Rasmussen M. The genome of a Late Pleistocene human from a Clovis burial site in western Montana. *Nature.* 2014, 506, pp. 225-229.

25. Rankinen T., Bray M. S., Bouchard C. The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2006, 38, pp. 1863-1888.

26. Stefan N., Thamer C., Staiger H. Genetic variations in PPARG and PPARGC1A determine mitochondrial function and change in aerobic physical fitness and insulin sensitivity during lifestyle intervention. *Metab.* 2007, 92, p. 1827.

27. Gomez-Gallego F., Ruiz J. R., Buxens A., et al. The -786 T/C polymorphism of the NOS3 gene is associated with elite performance in power sports. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2009, 107, pp. 565-569.

Контактная информация:

Боронникова Светлана Витальевна — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники и генетики растений ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

Адрес: 614990, г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

E-mail: svboronnikova@yandex.ru

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ НЕКАРИОЗНЫХ ПОРАЖЕНИЙ ЗУБОВ У БЕРЕМЕННЫХ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С ЭКОЛОГИЕЙ ПОЛОСТИ РТА

© 2019 г. С. Б. Улитовский, О. В. Калинина

Научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии
ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
имени академика И. П. Павлова» Минздрава России, г. Санкт-Петербург

Цель исследования – изучение распространенности и интенсивности некариозных поражений зубов у беременных женщин для улучшения их стоматологического здоровья. *Методы.* На протяжении месяца проводилось наблюдение за 129 беременными женщинами в I триместре. Клиническое обследование твердых тканей зубов у женщин включало результаты опроса, визуального и инструментального осмотра. Вязкость ротовой жидкости определялась с помощью вискозиметра ВПЖ-4. Концентрация водородных показателей ионов ротовой жидкости измерялась с помощью pH-метра фирмы HANNA. Гиперчувствительность зубов у женщин оценивалась с помощью индекса чувствительности зубов Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского. Для статистической обработки цифрового материала применялся t-критерий Стьюдента. *Результаты.* Установлено, что распространенность эрозии зубов у беременных достигала наибольших значений в возрасте от 31 до 35 лет – $(30,34 \pm 3,97) \%$, а клиновидный дефект в данной возрастной группе составлял $(27,12 \pm 3,80) \%$. При проведении у беременных женщин Профилактической программы с сочетанным использованием средств гигиены рта на основе экстрактов листьев грецкого ореха и лакричного дерева, витаминов С, РР и Е, а также лактопероксидазы и лактоферрина в течение месяца увеличилась кислотно-основная эффективность ротовой жидкости до 3,21 %, значения эффекта вязкости ротовой жидкости достигли 44,12 %, а эффективность десенситивного действия составила 53,88 %. *Вывод:* в период беременности необходимо учитывать кислотно-основное состояние и вязкость ротовой жидкости как факторы, определяющие экологию рта, следить за гиперчувствительностью зубов, а проводимый мониторинг позволяет корректировать состояние твердых тканей зубов у беременных женщин с помощью профилактических программ.

Ключевые слова: Профилактическая программа, некариозные поражения твердых тканей зубов, здоровье полости рта у беременных

THE PREVALENCE OF NONCARIOUS TEETH INJURY IN PREGNANT AND THEIR INTERACTION WITH ECOLOGY OF ORAL CAVITY

S. B. Ulitovskiy, O. V. Kalinina

Research Institute of dentistry and maxillofacial surgery,
Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

The aim was to study the prevalence and intensity of noncarious teeth injury in pregnant to improve their dental health. *Methods:* During the month, 129 pregnant women in the first trimester were observed. A clinical examination of hard teeth tissues in women included the results of a survey, visual and instrumental examination. The viscosity of the oral fluid was determined using a vpzh -4 viscometer. The concentration of hydrogen indicators of ions of the oral fluid was measured using a pH meter HANNA. Teeth hypersensitivity in women was assessed using L. Yu. Orekhova - S. B. Ulitovskiy tooth sensitivity index. Student t-test was used for statistical processing of digital material. *Results:* It was stated that the prevalence of tooth erosion in pregnant women reached the highest values between the ages of 31 and 35 years old - $(30.34 \pm 3.97) \%$, and the wedge-shaped defect in this age group was $(27.12 \pm 3.80) \%$. When conducting a preventive program for pregnant women with combined use of oral hygiene based on extracts of walnut leaves and liquorice tree, vitamins C, PP and E, as well as lactoperoxidase and lactoferrin, the acid-base efficiency of the oral fluid increased to 3.21 % during the month, the values of the effect of viscosity of the oral fluid reached 44.12 %, and the desensitive effect was 53.88 %. *Conclusion:* During pregnancy, it is necessary to take into account the acid-base state and the viscosity of the oral fluid as factors determining the ecology of the mouth, to monitor the hypersensitivity of the teeth, and the monitoring allows to correct the state of the hard tissues of the teeth in pregnant women by means of preventive programs.

Key words: Preventive program, noncarious injury of hard tissues of the teeth, oral cavity health in pregnant women

Библиографическая ссылка:

Улитовский С. Б., Калинина О. В. Распространенность некариозных поражений зубов у беременных и их взаимосвязь с экологией полости рта // Экология человека. 2019. № 8. С. 58–64.

Ulitovskiy S. B., Kalinina O. V. The Prevalence of Noncarious Teeth Injury in Pregnant and Their Interaction with Ecology of Oral Cavity. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2019, 8, pp. 58-64.

Низкие показатели стоматологического здоровья и ухудшение стоматологического статуса в период беременности указывают на необходимость более тщательной диагностики всех факторов риска основных стоматологических заболеваний и реализации

профилактических мероприятий в период беременности на основании результатов полного комплексного обследования.

Дополнительная нагрузка, которую испытывает организм женщины во время беременности, нередко

является пусковым фактором, приводящим к возникновению или прогрессированию таких стоматологических заболеваний, как некариозные поражения зубов [1, 7, 11, 16–18, 20]. За последние двадцать лет распространенность таких некариозных поражений зубов, сформировавшихся после их прорезывания, как эрозии, клиновидные дефекты и сочетанные формы поражения, значительно возросла и составляет 64,4–72,9 % [12, 13]. Нередко у беременных, особенно при токсикозах разных периодов беременности, определяются некариозные поражения в виде клиновидных дефектов и вертикальной патологической стираемости зубов, одним из симптомов которых является гиперсенситивность интактных зубов к химическим, термическим и механическим раздражителям [2]. У женщин с некариозными поражениями зубов выявлен высокий процент гинекологических заболеваний, приводящих к снижению эстрогенообразующей функции яичников, что является фактором риска развития эрозий, клиновидных дефектов и сочетанных форм поражения зубов [4, 6, 9]. Регулирующее действие гормонов — эстрогенов — на органы и ткани осуществляется через белки-рецепторы, находящиеся в клетках, и зависит от концентрации свободного гормона в крови и межклеточной жидкости. Женщин в период беременности с некариозными поражениями зубов следует относить к группе риска развития остеопении и остеопороза вследствие выявленного у них повышенного уровня маркеров костной резорбции и снижения минеральной плотности костной ткани [12]. Любые патологические процессы, протекающие у матери, могут отразиться на ее стоматологическом здоровье и здоровье плода. Поэтому важна своевременная профилактика некариозных поражений, особенно у женщин в период беременности, что формирует актуальность нашей темы [5].

Оценка влияния неблагоприятных факторов окружающей среды на развитие некариозных поражений зубов у женщин в период беременности до настоящего времени затруднена в связи с отсутствием социально-гигиенического мониторинга стоматологической заболеваемости. Особые подходы к организации и проведению профилактических мероприятий у беременных женщин требуются в случаях, когда на их здоровье оказывают комплексное влияние неблагоприятные климатикогеографические, социально-бытовые и производственные факторы риска, способствующие развитию некариозных поражений зубов [8, 10, 16, 17].

Первостепенным в решении проблем появления некариозных поражений является необходимость исключить этиологический фактор этих заболеваний. К таким факторам относятся: общесоматические заболевания, заболевания, перенесенные в период беременности, патология беременности и родов, частые роды с перерывом менее двух лет, ранняя беременность [2, 23]. Но для достижения максимальной эффективности профилактики требуется системное

воздействие с применением современного комплекса мер предупреждения некариозных поражений зубов у беременных, которые могут осуществляться в условиях стоматологического приема и амбулаторно [14, 21, 22]. Целью исследования явилось изучение распространенности и интенсивности некариозных поражений зубов у беременных женщин для улучшения их стоматологического здоровья.

Методы

В исследовании приняли участие 129 беременных женщин, наблюдение за которыми проводилось на протяжении месяца в I триместре. Все беременные были разделены на три группы в зависимости от участия в профилактических программах.

В 1-й группе (43 женщины) проводилась «Индивидуальная гигиеническая программа профилактики стоматологических заболеваний», включавшая средства гигиены рта, особенностью ее заключалась в использовании профилактической зубной пасты, активными компонентами которой являлись экстракт листьев грецкого ореха с флавоноидами и витаминами С, РР и Е; профилактической мануальной зубной щетки и восковой зубной нити, что обуславливало снижение гиперчувствительности зубов.

Во 2-й группе (46 женщин) — «Индивидуальная гигиеническая программа профилактики стоматологических заболеваний», включавшая средства гигиены рта, особенностью ее являлось использование профилактической зубной пасты с экстрактом листьев грецкого ореха с флавоноидами и витаминами С, РР и Е; профилактического ополаскивателя с папаином и бисабололом; профилактической пенки с экстрактом японского лакричного дерева, лактопероксидазой и лактоферрином; профилактической мануальной зубной щетки и восковой зубной нити, что обуславливало снижение гиперчувствительности зубов. Общие профилактические мероприятия — прием комплекса поливитаминов и минералов.

В 3-й — контрольной — группе (40 женщин) беременные не получали рекомендаций и выполняли традиционную гигиену полости рта.

Клиническое обследование твердых тканей зубов у беременных женщин включало результаты опроса, визуального и инструментального осмотра с помощью зондирования для определения распространенности некариозных поражений и гиперчувствительности зубов. Регистрация некариозных поражений зубов, таких как гипоплазия эмали, эрозия, флюороз, клиновидный дефект и повышенная стираемость зубов, проводилась с использованием стоматологического зеркала и зонда. При осмотре оценивали цвет и рельеф эмали, определяли наличие пятен и зубных отложений, выявляли полости и дефекты, оценивали их глубину, выявляли полости и дефекты, оценивали их глубину, а также чувствительность эмали зубов. Особое внимание уделялось сбору анамнеза беременной женщины и наличию у нее жалоб: выясняли характер болей, время их появления и продолжительность.

Концентрация водородных показателей ионов ротовой жидкости измерялась с помощью рН-метра фирмы HANNA со сменным рН-электродом HI 1270 с винтовым разъемом, большим легко считываемым дисплеем.

Вязкость ротовой жидкости определялась с помощью вискозиметра ВПЖ-4. Вязкость вычисляют по следующей формуле: $\eta = K \times t$, где η – вязкость слюны; K – постоянная вискозиметра, m^2/c ; t – время истечения жидкости в секундах.

Для оценки гиперчувствительности зубов у беременных женщин использовали индекс чувствительности зубов Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского, учитывающий субъективные ощущения пациентов и объективную профессиональную оценку гиперчувствительности зубов. Предложенный индекс позволяет оценивать в динамике состояние зубов с повышенной чувствительностью к внешним раздражителям и проводить мониторинг применяемых десенсибилизирующих средств.

Для статистической обработки цифрового материала, полученного в результате проведенных исследований, использовали t -критерий Стьюдента. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью приложения MS Excell 7,0. Достоверность результатов исследования обосновывалась репрезентативностью выборки, использованием комплекса методик и адекватного статистического анализа.

Результаты

Изучение и мониторинг анализа стоматологических заболеваний у беременных женщин показал распространенность таких некариозных поражений зубов, как гипоплазия эмали, флюороз, эрозия, клиновидный дефект и повышенная стираемость зубов. В начале исследования у женщин в возрасте до 20 лет гипоплазия эмали составляла $(5,41 \pm 0,24) \%$, флюороз – $(8,00 \pm 0,36) \%$, эрозия – $(11,57 \pm 1,03) \%$, клиновидный дефект – $(3,23 \pm 0,02) \%$ и повышенная стираемость зубов – $(0,47 \pm 0,02) \%$ (табл. 1).

Таблица 1
Распространенность некариозных поражений зубов у беременных женщин в зависимости от возрастной принадлежности

Некариозные поражения зубов, %	Возрастная принадлежность, годы				
	До 20	21–25	26–30	31–35	36 и более
Гипоплазия эмали	$5,41 \pm 0,24$	$6,83 \pm 0,75$	$9,70 \pm 2,13$	$10,31 \pm 5,30$	$11,49 \pm 4,10$
Эрозия	$11,57 \pm 1,03$	$17,95 \pm 2,78$	$26,15 \pm 0,33$	$30,34 \pm 3,97$	$29,05 \pm 2,41$
Клиновидный дефект	$3,23 \pm 0,02$	$5,93 \pm 2,40$	$23,68 \pm 1,87$	$27,12 \pm 3,80$	$31,55 \pm 3,90$
Флюороз	$8,00 \pm 0,36$	$8,67 \pm 1,62$	$9,45 \pm 1,25$	$9,28 \pm 2,41$	$12,35 \pm 2,63$
Повышенная стираемость	$0,47 \pm 0,02$	$1,50 \pm 1,33$	$5,33 \pm 1,27$	$30,61 \pm 2,13$	$38,70 \pm 2,78^*$

Примечание. * – $P < 0,05$.

В табл. 1 сведены результаты по распространенности некариозных поражений зубов среди женщин

в период беременности в зависимости от возрастной принадлежности. Было установлено, что распространенность эрозии у беременных достигала наибольших значений в возрасте от 31 до 35 лет – $(30,34 \pm 3,97) \%$, а клиновидный дефект в данной возрастной группе составил $(27,12 \pm 3,80) \%$.

В табл. 2 приведены результаты по распространенности некариозных поражений зубов среди изучаемого контингента в зависимости от распределения внутри исследуемых групп. Распространенность эрозии среди беременных женщин в 1-й и 2-й группах составила $(22,39 \pm 2,87)$ и $(22,03 \pm 3,33) \%$ соответственно, а в контрольной – $(24,61 \pm 2,67) \%$; средний показатель клиновидного дефекта составил $(18,30 \pm 1,33) \%$.

Таблица 2
Распространенность некариозных поражений зубов внутри исследуемых групп

Группа	Некариозные поражения зубов, %				
	Гипоплазия эмали	Эрозия	Клиновидный дефект	Флюороз	Повышенная стираемость
Первая	$8,05 \pm 0,42$	$22,39 \pm 2,87$	$18,05 \pm 1,10$	$11,27 \pm 1,88$	$17,14 \pm 1,05$
Вторая	$9,08 \pm 0,76$	$22,03 \pm 3,33$	$19,58 \pm 2,05$	$10,35 \pm 1,96$	$16,50 \pm 1,21^*$
Третья	$9,12 \pm 0,33$	$24,61 \pm 2,67$	$17,27 \pm 1,93$	$7,03 \pm 1,37$	$12,32 \pm 1,13$
Средний показатель	$8,75 \pm 0,36$	$23,01 \pm 2,45$	$18,30 \pm 1,33$	$9,55 \pm 1,10$	$15,32 \pm 1,47$

Примечание. * – $P < 0,05$ по сравнению с 3-й группой.

Результаты определения концентрации водородного показателя ротовой жидкости среди изучаемого контингента в зависимости от периода исследования представлены в табл. 3. Показатель рН ротовой жидкости у беременных с некариозными поражениями зубов к концу исследования в 1-й группе составил 6,97, во 2-й – 7,07, а в контрольной достиг 6,56.

Таблица 3
Динамика изменения показателей рН ротовой жидкости в течение исследования

Группа	Показатель рН ротовой жидкости				
	Период обследования				
	Начало	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
Первая	$6,80 \pm 0,20$	$6,85 \pm 0,20$	$6,88 \pm 0,20$	$6,95 \pm 0,20$	$6,97 \pm 0,20$
Вторая	$6,85 \pm 0,20$	$6,91 \pm 0,20$	$6,95 \pm 0,20$	$7,05 \pm 0,20$	$7,07 \pm 0,20$
Третья	$6,72 \pm 0,20$	$6,68 \pm 0,20$	$6,65 \pm 0,20$	$6,58 \pm 0,20$	$6,56 \pm 0,20$

Изменения кислотно-основной эффективности ротовой жидкости, полученной за весь период исследования, представлены на рис. 1. Кислотно-основная эффективность ротовой жидкости увеличивалась с максимальным эффектом в 1-й и 2-й группах, а в контрольной достигла 2,38 %.

Из данных табл. 4 видно, что в начале исследования результаты показателей вязкости ротовой жидкости в 1-й и 2-й группах были высокими, но

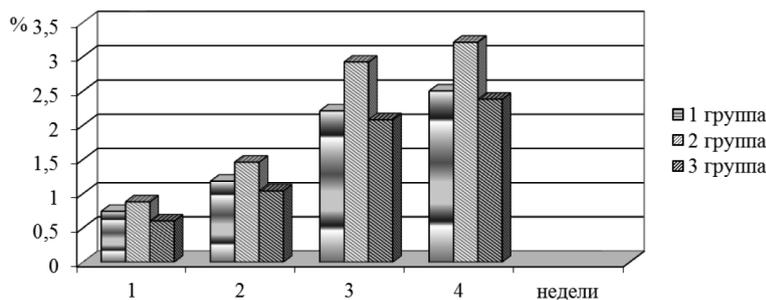


Рис. 1. Изменения кислотно-основной эффективности в течение исследования

уже ко второй неделе исследования они понизились, составив $(3,80 \pm 0,33)$ и $(3,39 \pm 0,25)$ мм²/с соответственно, а по окончании исследования они стали значительно ниже исходных показателей, в отличие от контрольной группы.

Таблица 4

Динамика изменения показателей вязкости ротовой жидкости в течение исследования

Группа	Показатель вязкости ротовой жидкости, мм ² /с				
	Период обследования				
	Начало	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
Первая	4,48 ± 0,39	4,25 ± 0,27	3,80 ± 0,33	3,31 ± 0,22	3,15 ± 0,27
Вторая	4,51 ± 0,65	4,00 ± 0,23	3,39 ± 0,25	2,87 ± 0,20	2,52 ± 0,33*
Третья	4,40 ± 0,52	4,33 ± 0,34	4,28 ± 0,29	4,15 ± 0,37	4,00 ± 0,41

Примечание. * – P < 0,05 по сравнению с 3-й группой.

Изменения показателей эффекта вязкости ротовой жидкости на протяжении всего периода исследования представлены на рис. 2. По рисунку видно, что положительная динамика эффекта вязкости ротовой жидкости наблюдалась в 1-й и 2-й группах в течение всего периода исследования. К концу исследования показатели эффекта вязкости ротовой жидкости достигли в 1-й группе 26,69 %, во 2-й – 44,12 %, а в контрольной отмечен незначительный рост эффекта – 9,09 %.

В табл. 5 представлена динамика изменения состояния чувствительности зубов у женщин в период беременности в течение одного месяца с помощью индекса чувствительности Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского с использованием предложенных им средств личной гигиены и разработанных профилактических

мероприятий. Цифровые показатели индекса снизились через четыре недели в 1-й группе с 47,10 до 25,31; во 2-й – с 46,51 до 21,45, в контрольной группе – с 47,03 до 43,05 %.

Таблица 5

Динамика изменения показателей индекса чувствительности зубов Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского

Группа	Показатель индекса, %				
	Период обследования				
	Начало	1 неделя	2 неделя	3 неделя	4 неделя
Первая	47,10 ± 2,83	40,73 ± 2,51	35,54 ± 1,95	32,39 ± 1,63	25,31 ± 1,33
Вторая	46,51 ± 2,19	35,33 ± 2,84	33,52 ± 2,03	26,97 ± 1,27	21,45 ± 1,73*
Третья	47,03 ± 1,73	46,45 ± 1,63	44,98 ± 2,34	44,39 ± 1,54	43,05 ± 1,45

Примечание. * – P < 0,05 по сравнению с 3-й группой.

На рис. 3 представлена эффективность десенсибилизирующего действия средств гигиены рта на чувствительность зубов по индексу чувствительности Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского у беременных женщин в течение месяца. Во 2-й группе установлено положительное влияние эффективности этого действия. В 1-й группе эффективность составила 46,26 %, во 2-й – 53,88 %, что по индексу чувствительности Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского соответствует умеренной эффективности чувствительности зубов, а в контрольной группе она достигла лишь 8,46 %.

Обсуждение результатов

Для изучения взаимосвязи распространенности некариозных поражений твердых тканей зубов с экологией полости рта у беременных оценивались показатели, влияющие на гомеостаз полости рта.

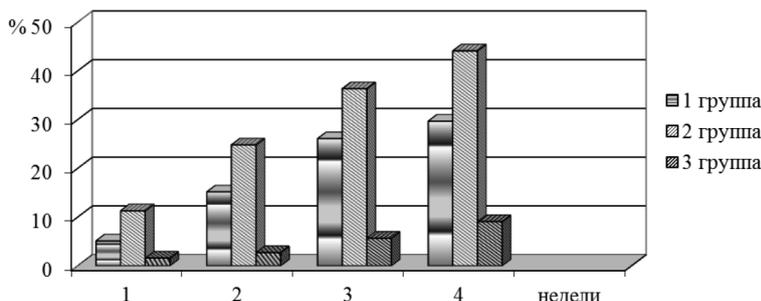


Рис. 2. Эффект вязкости ротовой жидкости у беременных в течение исследования

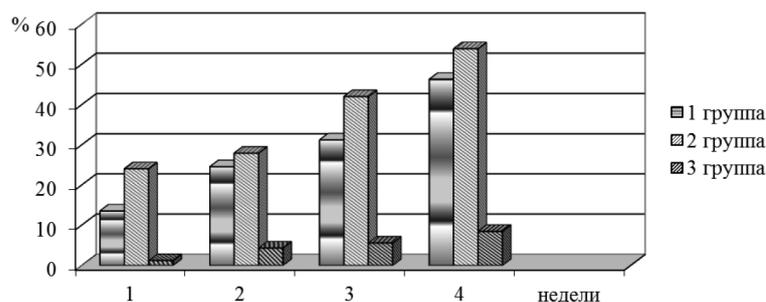


Рис. 3. Эффективность десенситивного действия по индексу чувствительности зубов Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского в течение исследования

Определялись кислотно-основная эффективность и эффект вязкости ротовой жидкости как основные характеристики, формирующие экологию рта. Выявлено их увеличение с максимальным эффектом при проведении у беременных женщин Профилактической программы с сочетанным использованием средств гигиены рта на основе экстрактов листьев грецкого ореха и лакричного дерева, витаминов С, РР и Е, а также лактопероксидазы и лактоферрина. Их применение в течение месяца увеличило кислотно-основную эффективность ротовой жидкости у беременных до 3,21 %, регистрировались высокие значения эффекта вязкости ротовой жидкости, которые достигли 44,12 %, а эффективность десенситивного действия составила 53,88 %, что значительно снизило чувствительность зубов у изучаемого контингента. Определено положительное влияние Профилактической программы и у беременных, использующих средства гигиены только на основе экстрактов листьев грецкого ореха, лакричного дерева и витаминов С, РР и Е, где показатель кислотно-основной эффективности составил 2,5 %, эффект вязкости ротовой жидкости – 29,69 %, а эффективность по индексу чувствительности Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского – 46,26 %.

В контрольной группе у женщин, в период беременности выполнявших традиционную гигиену рта, отмечается незначительный рост показателей кислотно-основной эффективности (2,38 %), эффекта вязкости ротовой жидкости, который составлял 9,09 %, и эффективности по индексу чувствительности Л. Ю. Ореховой – С. Б. Улитовского – 8,46 %.

Полученные данные свидетельствуют об актуальности проблемы некариозных поражений твердых тканей зубов у беременных женщин. Большая распространенность таких некариозных поражений зубов, как повышенная стираемость, в возрасте 31–35 лет составила (30,61 ± 2,13) %; в возрастной группе 36 лет и более высокие показатели клиновидного дефекта – (31,55 ± 3,90) %; значения эрозии достигали (17,95 ± 2,78) % в возрасте 21–25 лет. Средний показатель гипоплазии эмали у женщин в период I триместра беременности составлял 8,75 ± 0,36, а флюороза – 9,55 ± 1,10. Потеря твердых тканей зубов в период гестации может происходить не только в результате кариозного процесса, но и за счет некариозных поражений, таких как клиновид-

ный дефект, патологическая стираемость, а также кислотно-индуцированная эрозия [19]. Вследствие рвоты при токсикозе беременных наблюдается снижение водородного показателя [15, 22], что приводит к развитию эрозивных дефектов, возникающих как результат многократного воздействия желудочного сока на поверхность зубов. Определение кислотно-основного состояния ротовой жидкости показало улучшение экологии полости рта у беременных женщин. Концентрация водородного показателя у беременных, пользующихся Профилактической программой на основе средств гигиены рта с активными компонентами экстрактов листьев грецкого ореха, лакричного дерева и витаминов С, РР и Е, составила 6,97 ± 0,20. У беременных женщин, пользующихся Профилактической программой с сочетанным применением средств гигиены рта на основе экстрактов листьев грецкого ореха и лакричного дерева, витаминов С, РР и Е, а также лактопероксидазы и лактоферрина, концентрация водородного показателя достигла 7,07 ± 0,20, в отличие от контрольной группы, где беременные женщины выполняли традиционную для них гигиену рта, показатель изменялся незначительно – 6,56 ± 0,20. На экологию рта женщин в период беременности значительное влияние оказывал показатель вязкости. Прослеживался более высокий показатель вязкости ротовой жидкости в контрольной группе к концу исследования – 4,00 ± 0,41, а у женщин, пользующихся Профилактической программой с сочетанным применением средств гигиены рта на основе экстрактов листьев грецкого ореха и лакричного дерева, витаминов С, РР и Е, а также лактопероксидазы и лактоферрина, он достиг 2,52 ± 0,33.

Значимость профилактики некариозных поражений у беременных определяется одной из важнейших задач, поставленных Президентом России в послании Федеральному Собранию Российской Федерации, в котором говорилось о необходимости улучшения здоровья населения и увеличении рождаемости к 2020 году для преодоления демографического кризиса в стране. Общее улучшение здоровья населения обязательно включает в себя мероприятия по укреплению стоматологического здоровья, таким образом, и профилактику некариозных поражений у беременных [3]. К концу исследования по индексу чувствительности зубов Л. Ю. Ореховой – С. Б. Ули-

товского в группах у беременных, выполнявших Профилактическую программу, выявлено относительно компенсированное состояние, но на фоне имеющейся компенсированной легкой степени чувствительности зубов, а в группе с традиционной гигиеной рта — относительно компенсированное состояние средней степени чувствительности зубов.

На основании проведенного исследования было установлено, что при подборе средств индивидуальной гигиены полости рта у женщин в период беременности наблюдалось снижение гиперчувствительности зубов, а также нормализация водородного показателя и вязкости ротовой жидкости, что стабилизирует развитие стоматологической патологии и повышает качество их жизни.

По результатам исследования распространенности некариозных поражений твердых тканей зубов, их взаимосвязи с экологией полости рта и влияния Профилактической программы на основе сочетанного использования экстрактов листьев грецкого ореха и лакричного дерева, витаминов С, РР и Е, а также лактопероксидазы и лактоферрина на стоматологический статус у беременных получены следующие выводы:

1. Средний показатель гипоплазии эмали у женщин в период I триместра беременности составил $8,75 \pm 0,36$, эрозии — $23,01 \pm 2,45$, клиновидного дефекта — $18,30 \pm 1,33$, а флюороза — $9,55 \pm 1,10$, повышенная стираемость составила $15,32 \pm 1,47$. Полученные данные свидетельствуют об актуальности проблемы некариозных поражений твердых тканей зубов в период гестации.

2. Установлено положительное влияние на изменение кислотно-основного состояния ротовой жидкости, его сдвиг в щелочную сторону у женщин в период беременности в результате проведения Программы профилактики.

3. Положительная динамика эффекта вязкости ротовой жидкости (24,83 %) наблюдается у беременных уже через две недели проведения Профилактической программы, а в контрольной группе, применявшей традиционную гигиену полости рта, отмечается незначительный рост показателя эффекта вязкости ротовой жидкости — 2,73 %.

4. Анализ десенсибилизирующего действия средств гигиены рта на чувствительность зубов у беременных показал значительное снижение чувствительности зубов к концу исследования у женщин, выполнявших предложенную им Профилактическую программу.

Таким образом, в период беременности необходимо учитывать кислотно-основное состояние и вязкость ротовой жидкости как факторы, определяющие экологию рта, следить за гиперчувствительностью зубов, а проводимый мониторинг позволяет корректировать состояние твердых тканей зубов у беременных женщин с помощью применения профилактических программ.

Авторство

Улитовский С. Б. внес существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, получение, анализ и интерпретацию

данных, окончательно утвердили присланную в редакцию рукопись. Калинина О. В. подготовила первый вариант статьи и участвовала в анализе данных.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта интересов

Улитовский Сергей Борисович — ORCID 0000-0002-1643-1601; SPIN 8543-2581

Калинина Ольга Владимировна — ORCID 0000-0003-0729-0146; SPIN 2295-9017

Список литературы

1. *Алексеев В. А., Брозголь А. М.* Патологическое стирание зубов. М.: Медицина, 1970. 88 с.

2. *Бахмудов М. Б.* Поражаемость кариесом зубов беременных женщин и пути совершенствования организации лечебно-профилактических мероприятий: автореф. дис. канд. мед. наук. Ставрополь, 2010. 26 с.

3. *Вавилова Т. П., Янушевич О. О., Островская И. Г.* Слюна. Аналитические возможности и перспективы. М.: БИНОМ, 2014. 312 с.

4. *Грошиков М. И.* Некариозные поражения тканей зуба. М.: Медицина, 1985. 176 с.

5. *Даурова Ф. Ю., Умнова Т. Н.* Гормональный и микроэлементный статус женщин репродуктивного возраста с некариозными поражениями зубов // Технологии живых систем. 2012. Т. 9, № 4. С. 41–45.

6. *Дрожжина В. А., Соловьева-Савоярова Г. Е.* Состояние гормонального фона у женщин, имеющих некариозные поражения зубов // Институт стоматологии. 2006. № 2 (31). С. 70–73.

7. *Иорданишвили А. К., Янковский В. В., Черный Д. А., Орлов А. К., Дробкова К. О.* Распространенность некариозных поражений твердых тканей зубов у взрослого человека в разные возрастные периоды // Успехи геронтологии. 2015. Т. 28, № 2. С. 359–364.

8. *Каламкаргов Х. А.* Ортопедическое лечение патологической стираемости твердых тканей зубов. М.: Медицина, 1984. 176 с.

9. *Калинина О. В.* Роль средств гигиены в профилактике кариеса у беременных женщин // Пародонтология. 2009. № 3. С. 72.

10. *Калинина О. В.* Особенности формирования индивидуальной гигиенической программы профилактики стоматологических заболеваний у беременных: автореферат дис. канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2013. 16 с.

11. Клиническая стоматология: руководство для врачей / под ред. проф. А. К. Иорданишвили. М.: Медицинская книга, 2010. 228 с.

12. *Пихур О. Л., Цимбалитов А. В., Садников Р. А.* Клиновидные дефекты твердых тканей зубов. СПб.: СпецЛит, 2011. 96 с.

13. *Пихур О. Л.* Возрастные изменения состава и строения твердых тканей зуба взрослого человека: автореферат дис. д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 2015. 42 с.

14. *Улитовский С. Б.* Индивидуальные и групповые беседы и занятия с детьми различного возраста и их родителями по вопросам индивидуальной гигиены полости рта и профилактики стоматологических заболеваний // Новое в стоматологии. 2002. № 1. С. 47–48.

15. *Улитовский С. Б.* Определение уровня гигиенических знаний // Новое в стоматологии. 2003. № 6. С. 78–80.

16. *Улитовский С. Б.* Энциклопедия профилактической стоматологии. СПб.: Человек, 2004. 184 с.

17. *Улитовский С. Б.* Гиперчувствительность атакует // Стоматология сегодня. 2009. № 9. С. 23.

18. Улитовский С. Б. Профилактика некариозных поражений зубов. СПб.: Человек, 2015. 108 с.
19. Федоров Ю. А. Клиника и лечение гиперестезии твердых тканей зуба. Л.: Медицина, 1970. 136 с.
20. Якубова И. И., Крижалко О. В. Обоснование тактики врача-стоматолога до и во время беременности, в период лактации. Ч. IV. II триместр беременности // *Стоматология детского возраста и профилактика*. 2010. № 3. С. 35–39.
21. Ямщикова Е. Е. Профилактика стоматологических заболеваний у женщин с физиологической и осложненной гестозом беременностью: автореф. дис. канд. мед. наук. Москва, 2010. 26 с.
22. Addy M. Dentine hypersensitivity: new perspectives on an old problems // *Int. Dent J.* 2002. N 5. P. 367–375.
23. Figueiredo C., Rosalem C., Cantanhede A., Thomaz E., Cruz M. Systemic alterations and their oral manifestations in pregnant women // *J. Obstetrics and Gynaecology Research*. 2017. Vol. 43, N 1. P. 16–22.

References

1. Alekseev V. A., Brozgol' A. M. *Patologicheskoe stiranje zubov* [Pathological abrasion of the teeth]. Moscow, Medicine Publ., 1970, 88 p.
2. Bahmudov M. B. *Porazhaemost kariesom zubov beremennyih zhenshin i puti sovershenstvovaniya organizatsii lechebno-profilakticheskikh meropriyatii*. *Avtoref. dokt. diss.* [The incidence of dental caries in pregnant women and ways to improve the organization of therapeutic and preventive measures. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Stavropol, 2010, 26 p.
3. Vavilova T. P., Yanushevich O. O., Ostrovskaya I. G. *Slyuna. Analiticheskie vozmozhnosti i perspektivy* [Saliva. Analytical opportunities and prospects]. Moscow, BINOM Publ., 2014, 312 p.
4. Groshikov M. I. *Nekarioznyie porazheniya tkaney zuba* [Non-cariou lesions of tooth tissues]. Moscow, Medicine Publ., 1985, 176 p.
5. Daurova F. Yu., Umnova T. N. Hormonal and micronutrient status of women of reproductive age with non-cariou lesions of the teeth. *Tekhnologii zhivyykh system* [Living systems technology]. 2012, 9 (4), pp. 41-45. [In Russian]
6. Drozhzhina V. A., Solovieva-Savoyarova G. E. The state of hormonal background in women with non-cariou lesions of the teeth. *Institut stomatologii* [Institute of dentistry]. 2006, 2 (31), pp. 70-73. [In Russian]
7. Iordanishvili A. K., Yankovskiy V. V., Chernyy D. A., Orlov A. K., Drobkova K. O. Prevalence of non-cariou lesions of hard tissues of teeth in an adult at different age periods. *Uspekhi gerontologii* [Advances in Gerontology]. 2015, 28 (2), pp. 359-364. [In Russian]
8. Kalamkarov H. A. *Ortopedicheskoe lechenie patologicheskoy stiraemosti tverdyih tkaney zubov* [Orthopedic treatment of pathological abrasion of hard tissues of teeth]. Moscow, Medicine Publ., 1984, 176 p.
9. Kalinina O. V. The role of hygiene products in the prevention of caries in pregnant women. *Parodontologiya* [Periodontics]. 2009, 3, 72 p. [In Russian]
10. Kalinina O. V. *Osobennosti formirovaniya individualnoy gigenicheskoy programmy profilaktiki stomatologicheskikh zabolevaniy u beremennyih*. *Avtoref. dokt. diss.* [Features of formation of individual hygienic program of prevention of dental diseases in pregnant women. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Saint Petersburg, 2013, 16 p.
11. *Klinicheskaya stomatologiya: rukovodstvo dlya vrachey* [Clinical dentistry: a guide for physicians]. Moscow, 2010, 228 p.
12. Pihur O. L., Tsimbalistov A. V., Sadnikov R. A. *Klinovidnyie defekty tverdykh tkaney zubov* [Wedge-shaped defects of hard tissues of teeth]. Saint Petersburg, SpetsLit Publ., 2011, 96 p.
13. Pihur O. L. *Vozrastnyie izmeneniya sostava i stroeniya tverdykh tkaney zuba vzroslogo cheloveka*. *Avtoref. dokt. diss.* [Age-related changes in the composition and structure of hard tissues of the tooth of an adult. Author's Abstract of Doct. Diss.]. Saint Petersburg, 2015, 42 p.
14. Ulitovskiy S. B. Individual and group conversations and classes with children of different ages and their parents on individual oral hygiene and prevention of dental diseases. *Novoe v stomatologii* [New in dentistry]. 2002, 1, pp. 47-48. [In Russian]
15. Ulitovskiy S. B. Determination of the level of hygienic knowledge. *Novoe v stomatologii* [New in dentistry]. 2003, 6, pp. 78-80. [In Russian]
16. Ulitovskiy S. B. *Entsiklopediya profilakticheskoy stomatologii* [Encyclopedia of preventive dentistry]. Saint Petersburg, Chelovek Publ., 2004, 184 p.
17. Ulitovskiy S. B. Hypersensitivity attacks. *Stomatologiya segodnya* [Dentistry today]. 2009, 9, 23 p. [In Russian]
18. Ulitovskiy S. B. *Profilaktika nekarioznykh porazheniy zubov* [Prevention of non-cariou lesions of teeth]. Saint Petersburg, Chelovek Publ., 2015, 108 p.
19. Fedorov Yu. A. *Klinika i lechenie giperestezii tverdykh tkaney zuba* [Clinic and treatment of hyperesthesia of hard tooth tissues]. Leningrad, Medicine Publ., 1970, 136 p.
20. Yakubova I. I., Krizhalko O. V. Justification of tactics of the dentist before and during pregnancy, during lactation. Pt. IV. II trimester of pregnancy. *Stomatologiya detskogo vozrasta i profilaktika* [Pediatric dentistry and prevention]. 2010, 3, pp. 35-39. [In Russian]
21. Yamshchikova E. E. *Profilaktika stomatologicheskikh zabolevaniy u zhenshin s fiziologicheskoy i oslozhnennoy gestozom beremennostyu*. *Avtoref. cand. diss.* [Prevention of dental diseases in women with physiological and complicated gestosis pregnancy. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Moscow, 2010, 26 p.
22. Addy M. Dentine hypersensitivity: new perspectives on an old problems. *Int. Dent. J.* 2002, 5, pp. 367-375.
23. Figueiredo C., Rosalem C., Cantanhede A., Thomaz E., Cruz M. Systemic alterations and their oral manifestations in pregnant women. *J. Obstetrics and Gynaecology Research*. 2017, 43 (1), pp. 16-22.

Контактная информация:

Калинина Ольга Владимировна — кандидат медицинских наук, доцент кафедры стоматологии профилактической, старший научный сотрудник НИИ стоматологии и челюстно-лицевой хирургии ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Минздрава России
 Адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого д. 6–8
 E-mail: Lori2003@rambler.ru