

Научная статья

УДК [612.123:577.125:577.175:612.66](985)(045)

DOI: 10.37482/2687-1491-Z169

Анализ содержания катехоламинов и параметров липидного обмена у аборигенного и местного европеоидного населения Арктической зоны Российской Федерации

Екатерина Васильевна Нестерова* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8467-2514>

Фатима Артемовна Бичкаева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2970-4469>

Борис Александрович Шенгоф* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3776-1474>

*Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова
Уральского отделения Российской академии наук
(г. Архангельск)

Аннотация. Изучение жирового обмена и содержания гормонов симпатoadреналовой системы у аборигенного населения Арктики, в современном мире меняющего образ жизни с кочевого на оседлый, несомненно, представляет практический интерес. **Цель** данной работы – сравнительный анализ содержания катехоламинов, триглицеридов и насыщенных жирных кислот у жителей Арктической зоны РФ в зависимости от образа жизни (кочующие аборигены (КА), оседлые аборигены (ОА), местное европеоидное население (МЕ)), возраста и пола. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 472 чел.: мужчины и женщины 1-го и 2-го периодов зрелого возраста, ведущие различный образ жизни. В сыворотке крови оценивали: концентрацию триглицеридов ферментативным методом; уровень насыщенных жирных кислот ($\Sigma_{\text{НЖК}}$) методом газожидкостной хроматографии, с последующим расчетом содержания коротко-, средне- и длинноцепочечных насыщенных жирных кислот ($\Sigma_{\text{КЦ}}$, $\Sigma_{\text{СЦ}}$, $\Sigma_{\text{ДЦ}}$). Уровни адреналина и норадреналина в моче определяли флуориметрическим методом. **Результаты.** У лиц зрелого возраста независимо от образа жизни на фоне высоких концентраций адреналина выявлены низкое содержание триглицеридов и повышенные значения $\Sigma_{\text{НЖК}}$, преимущественно у женщин. Корреляционным анализом установлены отрицательные взаимосвязи содержания адреналина с $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ и $\Sigma_{\text{НЖК}}$ у 21–35-летних женщин ОА, а у 36–55-летних – с $\Sigma_{\text{СЦ}}$; у 36–55-летних женщин МЕ – положительная взаимосвязь содержания норадреналина с $\Sigma_{\text{КЦ}}$, $\Sigma_{\text{СЦ}}$, $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ и $\Sigma_{\text{НЖК}}$; у представительниц КА статистически значимых корреляций не выявлено. В отличие от женщин, у мужчин корреляционная взаимосвязь установлена лишь в группах МЕ между содержанием адреналина и $\Sigma_{\text{СЦ}}$: у 22–35-летних – отрицательная, а у 36–60-летних, при высоких концентрациях норадреналина, – положительная. Низкие уровни триглицеридов и повышенные значения $\Sigma_{\text{НЖК}}$ у жителей Арктической зоны РФ, с одной стороны, поддерживают энергетический гомеостаз организма, а с другой, приводят к накоплению избыточной массы тела и ожирению, как следствие – к риску развития метаболически обусловленных заболеваний, ранее несвойственных для них, особенно у женщин.

Ответственный за переписку: Нестерова Екатерина Васильевна, адрес: 163001, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249; e-mail: Ekaterina29reg@mail.ru

Ключевые слова: катехоламины, триглицериды, насыщенные жирные кислоты, кочующие аборигены, оседлые аборигены, местное европеоидное население, Арктическая зона РФ.

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы ФНИР ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН № 122011800399-2 (руководитель – доктор биологических наук Ф.А. Бичкаева) и НИОКТР № 123042700020-9 (руководитель – Е.В. Нестерова).

Для цитирования: Нестерова Е.В., Бичкаева Ф.А., Шенгоф Б.А. Анализ содержания катехоламинов и параметров липидного обмена у аборигенного и местного европеоидного населения Арктической зоны Российской Федерации // Журн. мед.-биол. исследований. 2023. Т. 11, № 4. С. 429–439. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z169>

Original article

Analysis of Catecholamine Content and Lipid Metabolism Parameters in the Indigenous and Local Russian Population of the Arctic Zone of the Russian Federation

Ekaterina V. Nesterova* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8467-2514>

Fatima A. Bichkaeva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2970-4469>

Boris A. Shengof* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3776-1474>

*N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Arkhangelsk, Russian Federation)

Abstract. The study of fat metabolism and the levels of sympathoadrenal hormones in the indigenous population of the Arctic presently changing their lifestyle from nomadic to sedentary is undoubtedly of practical interest. The **purpose** of this article was to conduct a comparative analysis of the content of catecholamines, triglycerides and saturated fatty acids in the inhabitants of the Arctic zone of the Russian Federation, depending on their lifestyle (nomadic indigenous people, sedentary indigenous people, and local Russian population), age and sex. **Materials and methods.** The study involved 472 subjects: men and women of the first (men: 22–35 years old; women: 21–35 years old) and second (men: 36–60 years old; women: 36–55 years old) periods of adulthood, leading different lifestyles. The following were determined in the blood serum: triglyceride concentrations using the enzymatic method; level of saturated fatty acids (Σ_{SFA}) using gas-liquid chromatography, followed by a calculation of the content of short-, medium- and long-chain saturated fatty acids (Σ_{SCFA} , Σ_{MCFA} , Σ_{LCFA}). Urine levels of adrenaline and noradrenaline were determined by means of fluorimetry. **Results.** Regardless of their lifestyle, adult subjects, primarily women, showed high adrenaline values, low triglyceride concentrations and elevated Σ_{SFA} . Correlation analysis established a negative association of adrenaline with Σ_{LCFA} and Σ_{SFA} in sedentary indigenous women aged 21–35 years and with Σ_{MCFA} in those aged 36–55 years. In local Russian women aged 36–55 years, on the contrary, a positive association of noradrenaline with Σ_{SCFA} , Σ_{MCFA} , Σ_{LCFA} and Σ_{SFA} was found. No statistically significant correlations were identified in nomadic indigenous women. Unlike

Corresponding author: Ekaterina Nesterova, address: prosp. Lomonosova 249, Arkhangelsk, 163001, Russian Federation; e-mail: Ekaterina29reg@mail.ru

women, men had a correlation between adrenaline content and Σ_{MCFA} only among local Russians: negative in 22–35-year-olds and positive in 36–60-year-olds with high noradrenaline levels. On the one hand, low triglyceride values and elevated Σ_{SFA} among residents of the Arctic zone of the Russian Federation maintain the energy homeostasis of the body. On the other hand, they lead to overweight and obesity, which increases the risk of new-onset metabolic dysfunction-associated diseases, especially in women.

Keywords: catecholamines, triglycerides, saturated fatty acids, nomadic indigenous people, settled indigenous people, local Russian population, Arctic zone of the Russian Federation.

Funding. The work was carried out within the Fundamental Research of FECIAR UrB RAS, topic no. 122030400209-9 (leader – Dr. Sci. (Biol.) F.A. Bichkaeva) and Research and Technological Development, topic no. 123042700020-9 (leader – E.V. Nesterova).

For citation: Nesterova E.V., Bichkaeva F.A., Shengof B.A. Analysis of Catecholamine Content and Lipid Metabolism Parameters in the Indigenous and Local Russian Population of the Arctic Zone of the Russian Federation. *Journal of Medical and Biological Research*, 2023, vol. 11, no. 4, pp. 429–439. <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z169>

Проживание человека в суровых климатических условиях нередко приводит к развитию северного стресса, что является абсолютно оправданной реакцией организма. Однако, как известно, хронический стресс негативно влияет на резервные возможности организма и приводит к таким дизадаптивным расстройствам, как нарушения со стороны центральной нервной системы, синдром липидной гиперпероксидации, дисфункция эндокринной системы, нарушение метаболизма, иммунная недостаточность [1, 2].

Адаптация требует немалого количества энергетических затрат, что обусловлено степенью перенапряжения регуляторных механизмов и уровнем расходования функциональных резервов. Значительное место в данном процессе занимают мобилизация и совершенствование целого комплекса неспецифических и специфических ответных реакций эндокринной системы при возникающем стрессе [3, 4]. В основе общего адаптационного синдрома лежит возбуждение высших вегетативных центров, таких как симпато-адреналовая и гипофизарно-надпочечниковая системы, что приводит к повышению содержания и активности в сыворотке крови катехоламинов и глюкокортикоидов [4].

Известно, что симпатоадреналовая система (САС) занимает ключевое место в регуляции

обмена веществ и в поддержании постоянства внутренней среды организма [1, 4, 5]. Катехоламины и кортизол приводят к активации в клетке гидролитических реакций с расщеплением макромолекул до их составляющих, в частности триглицеридов и фосфолипидов до жирных кислот, которые являются основным субстратом процессов перекисного окисления липидов [6, 7].

Территория Арктической зоны РФ отличается многообразием популяций населения – так, одновременно можно встретить популяции, сохранившие этнический уклад и традиционный образ жизни, и популяции, ощутившие на себе влияние современного мира, а также вновь прибывшее население. Для облегчения проживания в экстремальном климате народы арктических территорий обладают особенными культурой питания и образом жизни, основанными на опыте предков, что позволяет им выжить в условиях высоких широт и предотвратить развитие некоторых заболеваний [8–10].

Ранее проведенными исследованиями установлено, что низкая температура окружающей среды, физические нагрузки, эмоциональный стресс приводят к повышению концентрации катехоламинов как в крови, так и в моче [11–13]. При этом активация САС, в свою очередь, оказывает негативное влияние на сердечно-сосудистую систему [14].

Несмотря на накопленные сведения, в доступной литературе не так много работ, показывающих взаимосвязь содержания катехоламинов и параметров липидного обмена у жителей Крайнего Севера с образом жизни, половой принадлежностью и возрастом, что и определило актуальность и цель данной работы.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 472 чел., постоянно проживающие в Арктической зоне РФ. Согласно возрастной периодизации, принятой на 7-й конференции по возрастной морфологии, физиологии и биохимии (Москва, 1965 год), рассматривались мужчины и женщины 1-го (мужчины – 22–35 лет, женщины – 21–35 лет) и 2-го (мужчины – 36–60 лет, женщины – 36–55 лет) периодов зрелого возраста. Обследованы 168 чел. из Ненецкого автономного округа (НАО: п. Нельмин-Нос и с. Несь), 151 чел. из Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО: с. Красноселькуп, с. Сё-Яха, с. Толька) и 153 чел. из Мезенского района Архангельской области (д. Совполье, д. Сояна, с. Долгощелье). В составе участников 69 чел. являлись кочующими аборигенами (КА: 16 мужчин и 15 женщин 1-го периода зрелого возраста, 17 мужчин и 21 женщина 2-го периода), 188 чел. – оседлыми аборигенами (ОА: 13 мужчин и 60 женщин 1-го периода зрелого возраста, 17 мужчин и 98 женщин 2-го периода) и 215 чел. – местным европеоидным населением (МЕ: 11 мужчин и 25 женщин 1-го периода зрелого возраста, 68 мужчин и 111 женщин 2-го периода).

В выборку включались лица вне периода обострения хронических заболеваний и без наличия острых заболеваний. Из исследования исключались лица, состоявшие на диспансерном учете у эндокринолога, имевшие в анамнезе заболевания сердечно-сосудистой системы и сахарный диабет.

Обследование проходило в утренние часы (с 8:00 до 10:00), в процессе него выполнялись анкетирование, физикальный осмотр врачом, на основании заключения которого делался вывод о состоянии здоровья испытуемых. Забор крови проводился из локтевой вены натощак в

вакутайнеры фирмы Becton Dickinson (США) с согласия обследуемых и в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов» (с изменениями 2013 года). Сбор мочи осуществлялся в специальные контейнеры, с добавлением 6М раствора соляной кислоты. Содержание насыщенных жирных кислот определялось методом газожидкостной хроматографии с предварительной экстракцией липидов из сыворотки крови и последующим получением метиловых эфиров жирных кислот [15]. В данной работе рассматривались только суммарные содержания короткоцепочечных ($C_{6:0}-C_{8:0}$; $\Sigma_{КЦ}$), среднецепочечных ($C_{12:0}-C_{15:0}$; $\Sigma_{СЦ}$) и длинноцепочечных ($C_{16:0}-C_{24:0}$; $\Sigma_{ДЦ}$) насыщенных жирных кислот, а также их общее содержание ($\Sigma_{НЖК}$), полученные расчетным путем. Уровни адреналина и нор-адреналина в моче оценивались флуоресцентным методом на анализаторе биоожидкостей «Флюорат-02-АБЛФ-Т» («Люмэкс», Россия), рассчитывалось соотношение экскреции нор-адреналина и адреналина (коэффициент НА/А). Концентрация триглицеридов в сыворотке крови определялась ферментативным методом на биохимических анализаторах «Биалаб-100» («Бианалитика», Россия), Furuno SA-270 (Furuno Electric Co., Япония).

Статистический анализ результатов исследования производился с применением пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS Statistics 22.0 для Windows. Полученные выборки проверялись на нормальность распределения с помощью теста Шапиро–Уилка, вследствие частичной асимметрии рядов распределения показателей в группах использовались методы непараметрической статистики. В качестве меры центральной тенденции были рассчитаны значения медианы (*Me*). Для предварительной оценки статистической значимости различий между независимыми выборками применялся критерий Краскела–Уоллиса (*H*-тест). Для анализа различий частот встреча-

емости отклонений исследуемых параметров от физиологической нормы использовались критерии Манна–Уитни и Фишера. Взаимосвязи между содержанием катехоламинов и насыщенных жирных кислот устанавливались методом корреляционного анализа с применением коэффициента Спирмена (r). Статистически значимыми считались изменения при вероятности ошибочного принятия нулевой гипотезы $p < 0,05$. Для коррекции вероятности ошибки 1-го типа при сравнении возрастных групп использовалась поправка Бонферрони, равная 3 (для 3 сравнений).

Результаты. Практически во всех группах обследуемых независимо от образа жизни, возраста и пола уровни адреналина (рис. 1) оказались выше физиологической нормы (1,2–81,9 нмоль/сут).

Исключением стали мужчины КА 36–60 лет. Аномально высокие уровни адреналина в общей выборке зарегистрированы: у женщин – в 48–66 % случаев, а у мужчин – в 41–85 % случаев.

Анализ содержания норадреналина (рис. 1) показал, что активность медиаторного компонента САС более выражена у аборигенов-мужчин, ведущих оседлый образ жизни, независимо от возраста – данный показатель у них превышал физиологическую норму (47,3–236,4 нмоль/сут). В остальных рассматриваемых группах концентрация норадреналина находилась в пределах нормы. Стоит отметить, что у мужчин ОА 2-го периода зрелого возраста концентрация норадреналина была статистически значимо выше, чем у их ровесников МЕ

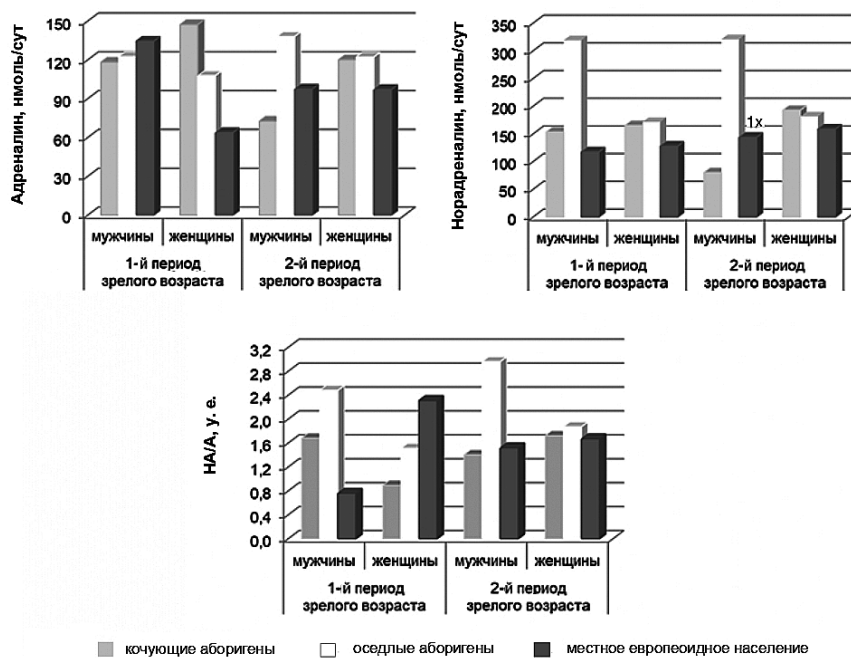


Рис. 1. Содержание адреналина, норадреналина и их соотношение (NA/A) в моче практически здорового взрослого населения Арктической зоны РФ в зависимости от возраста, пола и образа жизни (установлена статистическая значимость различий: 1x – относительно оседлых аборигенов, $p < 0,05$)

Fig. 1. Adrenaline and noradrenaline content and their ratio in the urine of an apparently healthy adult population of the Arctic zone of the Russian Federation, depending on their age, sex and lifestyle (statistical significance of differences was established: 1x – in relation to sedentary indigenous people, $p < 0.05$)

($p = 0,018$). Аномально высокие уровни норадреналина выявлены во всех группах и встречались у 23–61 % лиц из общей выборки. При этом у мужчин ОА частота встречаемости аномально высоких концентраций норадреналина была статистически значимо выше, чем у мужчин МЕ: 61,5 % против 23,1 % ($p = 0,047$) у лиц 1-го периода зрелого возраста и 58,8 % против 26,8 % ($p = 0,012$) у лиц 2-го периода. Среди женщин высокие уровни норадреналина встречались у 27–40 % лиц, значимых различий между группами по образу жизни и возрасту не выявлено. Аномально низкие концентрации норадреналина зарегистрированы: среди мужчин 22–35 лет – в 12 % случаев у КА и 7,7 % случаев у МЕ; среди мужчин 36–60 лет – в 35 % случаев у КА и 11 % случаев у МЕ ($p = 0,015$); у женщин – от 10 до 17 % случаев во всех группах.

Для оценки баланса гормонального и медиаторного компонентов САС определялось соотношение экскреции норадреналина и адреналина (по коэффициенту НА/А). Исследование показало, что значения данного коэффициента (рис. 1) были максимальными у мужчин ОА независимо от возраста и у женщин МЕ в возрасте 21–35 лет. Низкие значения коэффициента НА/А зафиксированы у мужчин МЕ 1-го периода зрелого возраста и у женщин КА.

На фоне высоких уровней адреналина у женщин ОА в группе 21–35 лет отмечены статистически значимо более низкие концентрации триглицеридов (рис. 2) относительно представительниц МЕ ($p = 0,050$), а в группе КА 36–55 лет – относительно ОА и МЕ ($p = 0,012$ и $p = 0,003$ соответственно). У женщин в группе ОА 36–55 лет уровень триглицеридов был статистически значимо выше ($p < 0,001$), чем у 21–35-летних. При этом максимальная частота встречаемости лиц с уровнем триглицеридов ниже нормы среди женщин 1-го периода зрелого возраста составила 58,6 % у ОА, против 35,7 % у КА и 32 % у МЕ ($p = 0,018$), среди женщин 2-го периода зрелого возраста – 50 % у КА, против 27 % у ОА ($p = 0,039$) и 21 % у МЕ ($p = 0,006$). Аномально высокие концен-

трации триглицеридов зарегистрированы в единичных случаях.

При анализе содержания триглицеридов в сыворотке крови мужчин не установлено статистически достоверных различий, а значения показателя находились в пределах физиологической нормы во всех группах, независимо от образа жизни и возраста, максимальное содержание триглицеридов отмечено у КА 22–35 лет. При этом доли лиц с концентрациями триглицеридов ниже нормы среди мужчин 22–35 лет статистически значимо не различались в зависимости от образа жизни: у КА – 19 %, у ОА – 46 % и у МЕ – 23 %; среди мужчин 36–60 лет различия установлены – 41 % у КА против 35 % у ОА и 19 % у МЕ ($p = 0,050$). Аномально высокие уровни триглицеридов зарегистрированы в единичных случаях только у мужчин 36–60 лет.

При оценке $\Sigma_{\text{НЖК}}$ в сыворотке крови (рис. 2) установлена тенденция к повышению показателя с возрастом у мужчин КА и у женщин КА и ОА ($p = 0,030$). В остальных группах $\Sigma_{\text{НЖК}}$ практически не менялся с возрастом. Максимальная частота встречаемости отклонений выше физиологической нормы зарегистрирована у мужчин 36–60 лет в группе КА (35 %). В остальных группах мужчин и женщин частота встречаемости таких отклонений составила от 5 до 15 %.

Установлено (рис. 2) статистически значимое повышение $\Sigma_{\text{КЦ}}$ у женщин ОА с возрастом ($p = 0,045$). При этом у 36–55-летних женщин данной группы $\Sigma_{\text{КЦ}}$ был статистически значимо выше, чем у их ровесниц в группах КА и МЕ ($p = 0,012$ и $p < 0,001$ соответственно). У мужчин ОА и МЕ наблюдалось незначительное повышение $\Sigma_{\text{КЦ}}$ с возрастом, а у мужчин КА, наоборот, понижение. У 30 % мужчин ОА 22–35 лет выявлены аномально низкие значения $\Sigma_{\text{КЦ}}$, в остальных группах доля таких отклонений составила не более 7 %. У 48 % женщин ОА 36–55 лет зарегистрированы аномально высокие значения $\Sigma_{\text{КЦ}}$, что статистически значимо больше, чем у представительниц КА и МЕ того же возраста – 15 % ($p = 0,007$) и 9 %

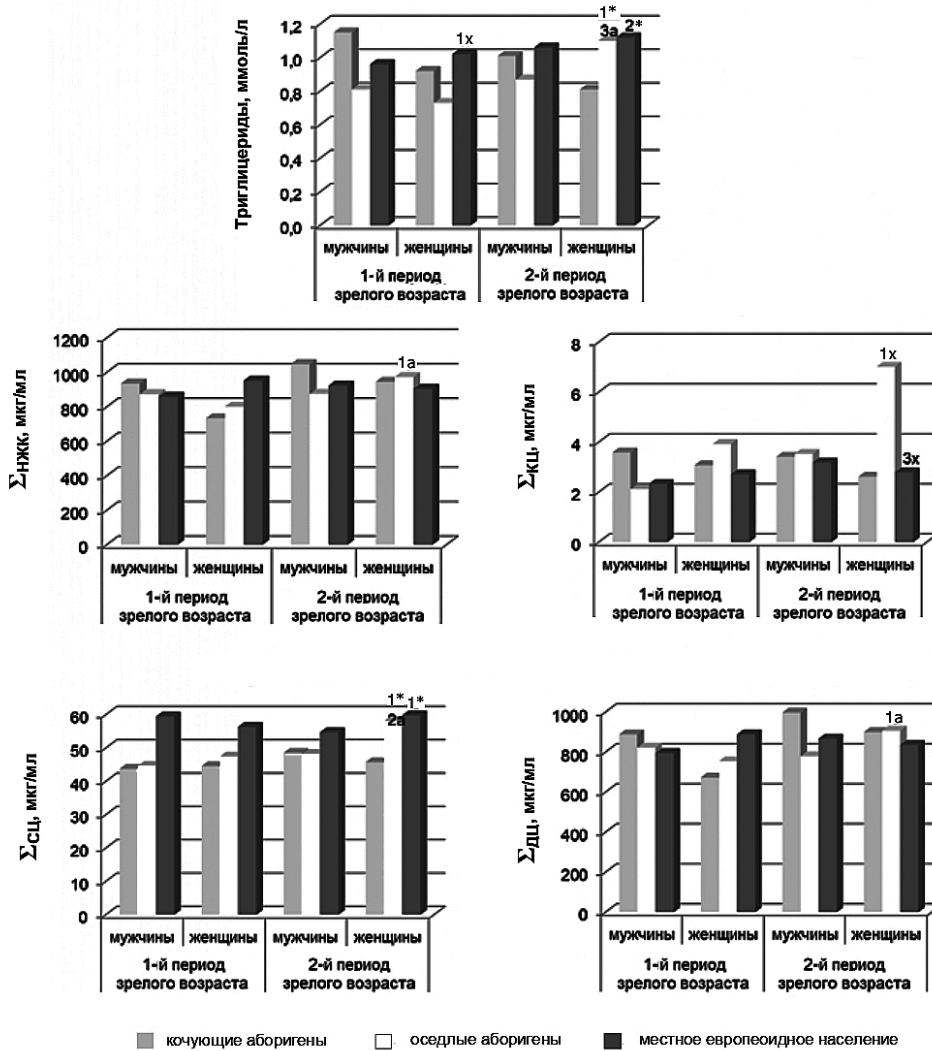


Рис. 2. Содержание триглицеридов, коротко- ($\Sigma_{КЦ}$), средне- ($\Sigma_{СЦ}$), длинноцепочечных ($\Sigma_{ДЦ}$) насыщенных жирных кислот и суммарное содержание насыщенных жирных кислот ($\Sigma_{НЖК}$) в сыворотке крови практически здорового взрослого населения Арктической зоны РФ в зависимости от возраста, пола и образа жизни (установлена статистическая значимость различий: * – относительно кочующих аборигенов; x – относительно оседлых аборигенов; a – относительно 1-го периода зрелого возраста; 1 – $p < 0,05$; 2 – $p < 0,01$; 3 – $p < 0,001$)

Fig. 2. Content of triglycerides, short-, medium- and long-chain saturated fatty acids and total content of saturated fatty acids in the blood serum of an apparently healthy adult population of the Arctic zone of the Russian Federation, depending on their age, sex and lifestyle (statistical significance of differences was established: * – in relation to nomadic indigenous people; x – in relation to sedentary indigenous people; a – in relation to the 1st period of adulthood; 1 – $p < 0.05$; 2 – $p < 0.01$; 3 – $p < 0.001$)

($p < 0,001$) соответственно. Стоит отметить, у женщин ОА и МЕ 1-го периода зрелого возраста частота встречаемости отклонений $\Sigma_{\text{КЦ}}$ выше физиологической нормы была статистически значимо больше по сравнению с ровесниками-мужчинами ОА и МЕ ($p = 0,006$ и $p = 0,006$ соответственно) и 36–60-летними мужчинами КА, ОА и МЕ ($p = 0,021$; $p = 0,020$ и $p < 0,001$ соответственно).

При анализе $\Sigma_{\text{СЦ}}$ (рис. 2) максимальное значение показателя выявлено в группе МЕ независимо от пола и возраста. У женщин ОА и МЕ 36–55 лет $\Sigma_{\text{СЦ}}$ оказался статистически значимо выше, чем у их ровесниц в группе КА ($p = 0,021$ и $p = 0,050$ соответственно). Стоит отметить, что у 36–55-летних женщин ОА $\Sigma_{\text{СЦ}}$ был статистически значимо выше, чем у 21–35-летних ($p = 0,018$). У мужчин же значимых различий не выявлено. При этом у 29 % мужчин КА 36–60 лет и у 21 % женщин МЕ 21–35 лет установлены значения выше физиологической нормы (16,9–85,9 мкг/мл), в остальных группах частота встречаемости таких отклонений составила до 13 %.

Исследование показало статистически значимое повышение $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ (рис. 2) у женщин ОА с возрастом ($p = 0,033$). Аномально высокие значения данного показателя зарегистрированы у 35 % мужчин КА 36–60 лет, в остальных же группах доля лиц со значениями выше физиологической нормы (360–1194 мкг/мл) составила от 6,3 до 15,4 % независимо от образа жизни, возраста и пола.

Корреляционный анализ установил взаимосвязь содержания катехоламинов и насыщенных жирных кислот. Так, у 21–35-летних женщин ОА наблюдалась обратная корреляционная взаимосвязь уровня адреналина с $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ ($r = -0,32$; $p = 0,017$) и $\Sigma_{\text{НЖК}}$ ($r = -0,31$; $p = 0,018$), у 36–55-летних – с $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = -0,27$; $p = 0,009$), а у 36–55-летних представительниц МЕ – положительная взаимосвязь уровня норадреналина с $\Sigma_{\text{КЦ}}$ ($r = 0,24$; $p = 0,009$), $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = 0,24$; $p = 0,009$), $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ ($r = 0,26$; $p = 0,005$) и $\Sigma_{\text{НЖК}}$ ($r = 0,26$; $p = 0,009$). Среди мужчин лишь у МЕ 22–35 лет установлена отрица-

тельная корреляционная взаимосвязь содержания адреналина с $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = -0,62$; $p = 0,024$), а у 36–60-летних, при высоких концентрациях норадреналина, – положительная с $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = 0,47$; $p = 0,050$). Стоит отметить, что в группе МЕ, где коэффициент НА/А был наиболее низким, зарегистрирована положительная корреляционная взаимосвязь НА/А: у мужчин 22–35 лет – с $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = 0,64$; $p = 0,019$), $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ ($r = 0,69$; $p = 0,010$) и $\Sigma_{\text{НЖК}}$ ($r = 0,69$; $p = 0,010$), а у женщин 36–55 лет – с $\Sigma_{\text{КЦ}}$ ($r = 0,19$; $p = 0,042$), $\Sigma_{\text{СЦ}}$ ($r = 0,20$; $p = 0,035$), $\Sigma_{\text{ДЦ}}$ ($r = 0,26$; $p = 0,005$) и $\Sigma_{\text{НЖК}}$ ($r = 0,25$; $p = 0,006$).

Обсуждение. Влияние катехоламинов на обменные процессы в организме человека, проживающего в районах Арктической зоны РФ и ведущего различный образ жизни, до сих пор недостаточно изучено, а имеющиеся сведения немногочисленны. Так, по существующим данным увеличение содержания катехоламинов как в сыворотке крови, так и в моче отмечается в основном у пришлого населения Арктической зоны РФ, среди коренного и местного европеоидного населения их повышенные уровни наблюдаются редко [5, 16].

В ранее проведенных нами исследованиях у жителей приполярного и арктического регионов Севера России было установлено повышение концентрации адреналина с возрастом на фоне дисбаланса норадреналина [17, 18].

В настоящей работе также выявлены высокие концентрации адреналина во всех группах, независимо от образа жизни, возраста и пола, что можно рассматривать в качестве потенциальных возможностей организма, способных активироваться при неблагоприятной ситуации [1, 17–19]. Исключением стали женщины МЕ 21–35 лет и мужчины КА 36–60 лет, у которых уровни катехоламинов находились в пределах физиологической нормы, что свидетельствует об умеренной активности САС. При этом у мужчин ОА уровни адреналина и норадреналина оказались значительно выше физиологической нормы независимо от возраста, что может говорить о напряжении адаптационных меха-

низмов и истощении ресурсов естественной резистентности.

Активация симпатической нервной системы способствует экономному использованию энергетического материала – так, под влиянием катехоламинов (в частности, адреналина) происходит усиление липолиза в жировой ткани с повышением концентрации незатерифицированных жирных кислот в крови [17, 19]. На фоне высоких уровней катехоламинов у жителей Арктической зоны РФ отмечались низкие концентрации триглицеридов, преимущественно у женщин КА и ОА независимо от возраста, что указывает на усиление жиромобилизующего эффекта в жировой ткани с последующей утилизацией липидов тканям. Симпатические воздействия замедляют синтез триглицеридов, усиливая их распад [19].

Высокие значения $\Sigma_{\text{НЖК}}$, сопровождающиеся статистически достоверным повышением

$\Sigma_{\text{СЦ}}$, $\Sigma_{\text{ДЦ}}$, у женщин ОА 36–55 лет свидетельствуют о нарушении баланса поглощения и окисления насыщенных жирных кислот, что может способствовать увеличению массы тела и риску развития ранее несвойственных соматических заболеваний. У мужчин наблюдалась схожая картина, но без статистически значимых различий.

Таким образом, у жителей Арктической зоны РФ, независимо от образа жизни, возраста и пола, выявленные изменения в уровнях катехоламинов и параметрах жирового обмена говорят о напряжении рассматриваемых звеньев, что поддерживает энергетический гомеостаз организма, с одной стороны, а с другой, приводит к накоплению избыточной массы тела и ожирению, впоследствии – к риску развития метаболически обусловленных заболеваний. Последнее требует дальнейших исследований и поиска профилактических мер.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Панин Л.Е. Гомеостаз и проблемы приполярной медицины (методологические аспекты адаптации) // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2010. Т. 30, № 3. С. 6–11.
2. Kruk J., Kotarska K., Aboul-Enein B. Physical Exercise and Catecholamines Response: Benefits and Health Risk: Possible Mechanisms // Free Radic. Res. 2020. Vol. 54, № 2-3. P. 105–125. <https://doi.org/10.1080/10715762.2020.1726343>
3. Депутат И.С., Дерябина И.Н., Нехорошкова А.Н., Грибанов А.В. Влияние климатоэкологических условий Севера на процессы старения // Журн. мед.-биол. исследований. 2017. Т. 5, № 3. С. 5–17. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5>
4. Гуцол Л.О., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н., Семинский И.Ж. Стресс (общий адаптационный синдром) // Байкал. мед. журн. 2022. Т. 1, № 1. С. 70–80. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2022-1-70-80>
5. Бичкаева Ф.А., Типисова Е.В., Волкова Н.И. Соотношение содержания инсулина, половых гормонов, стероидсвязывающего β -глобулина, параметров липидного обмена и глюкозы у мужского населения Арктики // Проблемы репродукции. 2016. Т. 22, № 2. С. 99–110. <https://doi.org/10.17116/repro20162299-110>
6. Коваленко Г.А., Антипова Е.Н., Князев Р.А. Специфическая гидролитическая активность липопротеинов // Бюл. Сиб. отд-ния РАМН. 2010. Т. 30, № 2. С. 49–52.
7. Lafontan M., Langin D. Régulation neuro-humorale de la lipolyse: Aspects physiologiques et physiopathologiques // Med. Sci. (Paris). 1998. Vol. 14, № 8-9. P. 865–876. <https://doi.org/10.4267/10608/1158>
8. Андронов С.В., Лобанов А.А., Бичкаева Ф.А., Попов А.И., Фесюн А.Д., Мухина А.А., Рачин А.П., Кочкин Р.А., Лобанова Л.П., Богданова Е.Н., Шадуйко О.М., Никитин М.В. Традиционное питание и демография в Арктической зоне Западной Сибири // Вопр. питания. 2020. Т. 89, № 5. С. 69–79. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10067>

9. Андронов С.В., Лобанов А.А., Костицын В.В., Кобелькова И.В., Кешабянц Э.Э., Мартинчик А.Н., Лобанова Л.П., Попов А.И., Кочкин Р.А. Традиционное питание коренных жителей Ямало-Ненецкого автономного округа и предупреждение развития гипертонической болезни, хронического бронхита, избыточной массы тела // Науч. вестн. Ямало-Ненец. авт. округа. 2017. № 2(95). С. 13–16.
10. Belkin V., Korostishevsky M., Batsevich V., Pavlovsky O., Volkov-Dubrovin V., Kobylansky E. Morpho-Physiological Features of Human Populations in the Context of Climatic-Geographical Conditions // Coll. Antropol. 2012. Vol. 36, № 3. P. 729–743.
11. Dalmaz Y., Peyrin L., Mamelle J.C., Tuil D., Gilly R., Cier J.F. The Pattern of Urinary Catecholamines and Their Metabolites in Duchenne Myopathy, in Relation to Disease Evolution // J. Neural Transm. 1979. Vol. 46, № 1. P. 17–34. <https://doi.org/10.1007/BF01243426>
12. Бичкаева Ф.А., Бичкаев А.А., Волкова Н.И., Власова О.С., Третьякова Т.В., Шенгоф Б.А. Модулирующее влияние биогенных аминов, инсулина и кортизола на белковый обмен у жителей различных климатогеографических территорий // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2015. № 3. С. 66–76. <https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2015.3.66>
13. Герасименко Д.К. Роль катехоловых аминов в приспособительных реакциях сердечно-сосудистой системы к физическим нагрузкам // Вопр. науки и образования. 2018. № 7(19). С. 23–25.
14. Ширинян Э.А., Петросян А.А., Гукасян Т.Г., Ширинян М.Э. Катехоламинергическая система мозга при ишемии // Нейрохимия. 2000. Т. 17, № 1. С. 13–21.
15. Патент RU 2758932 С1, МПК G01N 33/487, 33/483, 33/12, 33/49, 30/02. Способ измерения массовой концентрации метиловых эфиров жирных кислот в биологических средах методом газожидкостной хроматографии: № 2020124879: заявл. 17.07.2020: опубл. 03.11.2021 / Ф.А. Бичкаева, Н.Ф. Баранова, О.С. Власова, Е.В. Нестерова, А.А. Бичкаев, Б.А. Шенгоф, Т.В. Третьякова. 31 с.
16. Пирогов А.Б. Нейроэндокринная организация адаптации жителей Северо-Востока России // Бюл. физиологии и патологии дыхания. 1998. № 1. С. 14–27.
17. Нестерова Е.В., Бичкаева Ф.А., Баранова Н.Ф. Содержание адреналина в моче и короткоцепочечных насыщенных жирных кислот в крови у взрослого населения Арктики // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И.П. Павлова с международным участием, г. Воронеж, 18–22 сент. 2017 г. Воронеж: Истоки, 2017. С. 466–468.
18. Нестерова Е.В. Возрастные изменения катехоламинов в моче у населения Арктических регионов // Бюл. Сев. гос. мед. ун-та. 2015. № 1(36). С. 161–164.
19. Frühbeck G., Méndez-Giménez L., Fernández-Formoso J., Fernández S., Rodríguez A. Regulation of Adipocyte Lipolysis // Nutr. Res. Rev. 2014. Vol. 27, № 1. P. 63–93. <https://doi.org/10.1017/S095442241400002X>

References

1. Panin L.E. Gomeostaz i problemy pripolyarnoy meditsiny (metodologicheskie aspekty adaptatsii) [Homeostasis and Problems of Circumpolar Health (Methodological Aspects of Adaptation)]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2010, vol. 30, no. 3, pp. 6–11.
2. Kruk J., Kotarska K., Aboul-Enein B.H. Physical Exercise and Catecholamines Response: Benefits and Health Risk: Possible Mechanisms. *Free Radic. Res.*, 2020, vol. 54, no. 2-3, pp. 105–125. <https://doi.org/10.1080/10715762.2020.1726343>
3. Deputat I.S., Deryabina I.N., Nekhoroshkova A.N., Gribanov A.V. Effect of Climatic and Ecological Conditions of the North on Ageing Processes. *J. Med. Biol. Res.*, 2017, vol. 5, no. 3, pp. 5–17. <https://doi.org/10.17238/issn2542-1298.2017.5.3.5>
4. Gutsol L.O., Guzovskaya E.V., Serebrennikova S.N., Seminsky I.Zh. Stress (General Adaptation Syndrome): Lecture. *Baikal Med. J.*, 2022, vol. 1, no. 1, pp. 70–80 (in Russ.). <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2022-1-70-80>
5. Bichkaeva F.A., Tipisova E.V., Volkova N.I. Sootnoshenie sodержaniya insulina, polovoykh gormonov, steroidsvyazyvayushchego β -globulina, parametrov lipidnogo obmena i glyukozy u muzhskogo naseleniya Arktiki [The Ratio of Insulin, Sex Hormones, Sex Hormone-Binding β -Globulin, Parameters of Lipid Metabolism and Glucose in the Male Population of the Arctic]. *Problemy reproduksii*, 2016, vol. 22, no. 2, pp. 99–110. <https://doi.org/10.17116/repro201622299-110>

6. Kovalenko G.A., Antipova E.N., Knyazev R.A. Spetsificheskaya gidroliticheskaya aktivnost' lipoproteinov [Specific Hydrolytic Activity of Lipoproteins]. *Byulleten' Sibirskogo otdeleniya RAMN*, 2010, vol. 30, no. 2, pp. 49–52.
7. Lafontan M., Langin D. Régulation neuro-humorale de la lipolyse: Aspects physiologiques et physiopathologiques. *Med. Sci. (Paris)*, 1998, vol. 14, no. 8-9, pp. 865–876. <https://doi.org/10.4267/10608/1158>
8. Andronov S.V., Lobanov A.A., Bichkaeva F.A., Popov A.I., Fesyun A.D., Mukhina A.A., Rachin A.P., Kochkin R.A., Lobanova L.P., Bogdanova E.N., Shadyko O.M., Nikitin M.V. Traditional Nutrition and Demography in the Arctic Zone of Western Siberia. *Probl. Nutr.*, 2020, vol. 89, no. 5, pp. 69–79 (in Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10067>
9. Andronov S.V., Lobanov A.A., Kostritsyn V.V., Kobel'kova I.V., Keshabyants E.E., Martinchik A.N., Lobanova L.P., Popov A.I., Kochkin R.A. Traditsionnoe pitanie korennykh zHITELEY Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga i preduprezhdenie razvitiya gipertonicheskoy bolezni, khronicheskogo bronkhita, izbytochnoy massy tela [The Traditional Food of Indigenous Inhabitants of the Yamal-Nenets Autonomous District and the Prevention of Development of Hypertension, Chronic Bronchitis and Overweight]. *Nauchnyy vestnik Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga*, 2017, no. 2, pp. 13–16.
10. Belkin V., Korostishevsky M., Batsevich V., Pavlovsky O., Volkov-Dubrovin V., Kobylansky E. Morpho-Physiological Features of Human Populations in the Context of Climatic-Geographical Conditions. *Coll. Antropol.*, 2012, vol. 36, no. 3, pp. 729–743.
11. Dalmaz Y., Peyrin L., Mamelle J.C., Tuil D., Gilly R., Cier J.F. The Pattern of Urinary Catecholamines and Their Metabolites in Duchenne Myopathy, in Relation to Disease Evolution. *J. Neural Transm.*, 1979, vol. 46, no. 1, pp. 17–34. <https://doi.org/10.1007/BF01243426>
12. Bichkaeva F.A., Bichkaev A.A., Volkova N.I., Vlasova O.S., Tret'yakova T.V., Shengof B.A. Moduliruyushchee vliyanie biogennykh aminov, insulina i kortizola na belkovyy obmen u zHITELEY razlichnykh klimatogeograficheskikh territoriy [The Modulating Effect of Biogenic Amines, Insulin and Cortisol on Protein Metabolism in Residents of Different Climatic Regions]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2015, no. 3, pp. 66–76. <https://doi.org/10.17238/issn2308-3174.2015.3.66>
13. Gerasimenko D.K. Rol' katekholovykh aminov v prispособitel'nykh reaktsiyakh serdechno-sosudistoy sistemy k fizicheskim nagruzkam [The Role of Catecholamines in the Adaptive Reactions of the Cardiovascular System to Physical Activity]. *Voprosy nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 7, pp. 23–25.
14. Shirinyan E.A., Petrosyan A.A., Gukasyan T.G., Shirinyan M.E. Katekholaminergicheskaya sistema mozga pri ishemii [Catecholaminergic System of the Brain in Ischemia]. *Neyrokhiymiya*, 2000, vol. 17, no. 1, pp. 13–21.
15. Bichkaeva F.A., Baranova N.F., Vlasova O.S., Nesterova E.V., Bichkaev A.A., Shengof B.A., Tretyakova T.V. *Method for Measuring Mass Concentration of Methyl Esters of Fatty Acids in Biological Media by Gas-Liquid Chromatography Method*. Patent RU2758932C1, 2021 (in Russ.).
16. Pirogov A.B. Neyroendokrinnaya organizatsiya adaptatsii zHITELEY Severo-Vostoka Rossii [Neuroendocrine Structure of Adaptation of Russian North-Eastern Population]. *Byulleten' fiziologii i patologii dykhaniya*, 1998, no. 1, pp. 14–27.
17. Nesterova E.V., Bichkaeva F.A., Baranova N.F. Soderzhanie adrenalina v moche i korotkotsepochechnykh nasyshechnykh zhirnykh kislot v krovi u vzroslogo naseleniya Arktiki [Content of Adrenaline in the Urine and Short-Chain Saturated Fatty Acids in the Blood of the Adult Population of the Arctic]. *Materialy XXIII s'ezda Fiziologicheskogo obshchestva im. I.P. Pavlova s mezhdunarodnym uchastiem* [Proceedings of the 23rd Congress of I.P. Pavlov Physiological Society with International Participation]. Voronezh, 2017, pp. 466–468.
18. Nesterova E.V. Vozrastnye izmeneniya katekholaminov v moche u naseleniya Arkticheskikh regionov [Age-Related Changes of the Urine Catecholamines in Population of the Arctic Regions]. *Byulleten' Severnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2015, no. 1, pp. 161–164.
19. Frühbeck G., Méndez-Giménez L., Fernández-Formoso J., Fernández S., Rodríguez A. Regulation of Adipocyte Lipolysis. *Nutr. Res. Rev.*, 2014, vol. 27, no. 1, pp. 63–93. <https://doi.org/10.1017/S095442241400002X>

Received 13 June 2023

Accepted 26 September 2023

Published 30 November 2023

Поступила 13.06.2023

Принята 26.09.2023

Опубликована 30.11.2023