Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_23
УДК 612.017.2

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_23
UDC 612.017.2

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫРАЖЕННОСТИ ОКСИДАТИВНОГО СТРЕССА У КОРЕННОГО И ПРИШЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

А.Р. Шаймарданов, О.Г. Литовченко
Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут, Россия

Аннотация. Цель исследования – провести сравнительный анализ выраженности оксидативного стресса у коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа. Проведено обследование 200 лиц разного пола коренных и приезжих жителей Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). Основную группу составили 100 коренных жителей ЯНАО, в группу сравнения входили 100 приезжих жителей, которые проживали в регионе от 5 лет. Группы состояли из лиц в возрасте от 35 до 65 лет, среди которых 115 (57,5%) были женского пола и 85 (42,5%) мужского пола. Полученные результаты позволили констатировать некоторые преимущества коренного населения по сравнению с приезжим по показателям функционального состояния организма, что совпадало с изменением интенсивности ряда путей образования активных форм кислорода, азота и вызванного этим усиления процессов перекисного окисления липидов.
Ключевые слова: коренное, пришлое население, оксидативный стресс, окислительный метаболизм.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SEVERITY OF OXIDATIVE STRESS IN THE INDIGENOUS AND NON-INDIGENOUS POPULATION OF THE YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG

A.R. Shajmardanov, O.G. Litovchenko
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. We conducted a survey of 200 persons – indigenous and non-indigenous residents of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug (YANAO) of different genders. The main group consisted of 100 indigenous residents of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug, the comparison group included 100 non-indigenous residents who had lived in the region for 5 years or more. The groups consisted of persons aged 35 to 65 years, among whom 115 (57.5%) were female and 85 (42.5%) male. The results obtained allowed us to state some advantages of the indigenous population in comparison with the non-indigenous residents in terms of the functional state of the body, which coincided with a change in the intensity of a number of ways of formation of reactive oxygen species, nitrogen and the resulting intensification of lipid peroxidation processes.
Keywords: indigenous, non-indigenous population, oxidative stress, oxidative metabolism.

Введение. Изучением состояния здоровья коренных народов Севера ученые активно занимаются с 70-х гг. прошлого века. Значительный интерес представляют работы об относительно высокой активности окислительно-восстановительных реакций у жителей Севера [1-3]. Установлено, что уровень перекисного окисления липидов (ПОЛ) как у коренного, так и у пришлого населения Крайнего Севера выше, чем у населения, живущего в средних широтах [4-7]. Вместе с тем у коренных народов отмечается высокое содержание α-токоферола и ретинола, более низкое содержание продуктов липопероксидации, чем у пришлых [8-10]. Относительно больший уровень антиокислителей у коренного населения свидетельствует о более широких резервных возможностях, эволюционно выработанных многими поколениями [11-14].

В исследованиях ведущих специалистов в области физиологии и медицины, проведенных на животных и пациентах с теми или иными патологиями (сахарный диабет, онкологические заболевания, болезнь Паркинсона, ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, бронхиальная астма, заболевания эндокринной системы и т.д.), выяснена роль активных форм кислорода и азота в регуляции деятельности сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной, эндокринной, иммунной систем организма, которые в определенной степени определяют текущий уровень его физической работоспособности и форму адаптации [15-17].

В связи с этим, высказывается предположение о возможной зависимости между выраженностью оксидативного стресса и общим функциональным состоянием организма, а именно о доминирующей роли активных форм кислорода (АФК), активных форм азота (АФА) и процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ) в обеспечении оптимальной формы адаптации организма к условиям Крайнего Севера.

Решение этого вопроса открывает реальные перспективы в плане разработки принципиально новых подходов к проведению своевременной коррекции текущего функционального состояния, имеет важное значение для долговременной поддержки высокого уровня физической работоспособности.

Цель исследования – провести сравнительный анализ выраженности оксидативного стресса у коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа.

Методы и организация исследования. Проведено обследование 200 лиц разного пола коренных и приезжих жителей Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО). В рамках исследования обследовано 200 практически здоровых мужчин и женщин. Все участники исследования были разделены на две группы. Основную группу составили 100 коренных жителей ЯНАО, в группу сравнения входили 100 приезжих жителей, которые проживали в регионе от 5 лет. Распределение по возрасту проводилось согласно Международной классификации возрастных периодов. Группы состояли из лиц в возрасте от 35 до 65 лет, среди которых 115 (57,5%) были женского пола и 85 (42,5%) мужского пола.

Выраженность оксидативного стресса оценивали по содержанию в плазме крови маркеров различных путей генерации супероксидного радикала и уровню генерации активных форм кислорода. Определяли: активность циклооксигеназной (ЦОГ) и липоксигеназной (ЛОГ) реакций по содержанию тромбоксана B_2 (TxB_2, пмоль $мг^{-1}$ белка) и лейкотриена C_4 (LtC_4, пмоль · $мг^{-1}$ белка) с помощью радиоиммунного метода, а также свободной арахидоновой кислоты (АА, нмоль·$мг^{-1}$ белка), активность ксантиноксидазной (ХО) реакции по содержанию суммарных продуктов деградации аденин- и гуанин-нуклеотидов (Е254, нмоль · мг-1 белка) и мочевой кислоты (UA, нмоль · $мг^{-1}$ белка), скорость генерации супероксидного радикала (* O_2, усл.ед.) и показателей реакции Фентона: скорость генерации гидроксильного радикала (* ОН, усл.ед.), содержание пероксида водорода (H_2O_2, пмоль · $мг^{-1}$ белка) и негемового железа (Fe, пмоль · $мг^{-1}$ белка).

Выраженность нитративного стресса определяли в плазме крови по показателям, характеризующим состояние системы синтеза оксида азота (NO). Оценивали интенсивность окислительной деградации L-аргинина по активности конститутивных синтаз NO (cNOS = eNOS + iNOS, пмоль · $мин^{-1}$·$мг^{-1}$ белка) и индуцибельной синтазы NO (iNOS, пмоль·$мин^{-1}$·$мг^{-1}$ белка); интенсивность реутилизацийного механизма синтеза NO определяли по активности нитратредуктазы (Н-Ред, нмоль·$мин^{-1}$·$мг^{-1}$ белка); интенсивность неокислительной деградации L-аргинина устанавливали по активности аргиназы (Арг, нмоль·$мин^{-1}$·$мг^{-1}$ белка) также определяли содержание нитрат-аниона (NO_3^-, нмоль·$мг^{-1}$ белка).

Интенсивность перекисного окисления липидов оценивали в плазме крови по содержанию диеновых конъюгатов (ДК, нг·$мг^{-1}$ белка) и ТБК-активных продуктов (ТБК-

АП, нмоль·мг$^{-1}$ белка). Для проведения биохимических исследований у обследуемых натощак делали забор крови из локтевой вены одноразовым шприцем. После взятия крови из вены биологический материал переносился в центрифужную пробирку, содержащую 5% раствор цитрата натрия из расчета соотношения объема крови к антикоагулянту 4:1.

Пробирку с образцом несколько раз прокручивали, не допуская встряхивания содержимого. Далее пробы центрифугировали в течение 10-15 минут при 3500 об·мин$^{-1}$, отбирали плазму в отдельную стерильную пробирку с последующим определением биохимических показателей.

Полученные данные заносили в расчетные таблицы. Статистическую обработку проводили с помощью программы Statistica 10.0 (StatSoft Inc., США) с использованием параметрических и непараметрических методов. Проводили оценку нормальности распределения вариационных рядов, рассчитывали средние значения, стандартные отклонения. Достоверность различий между независимыми количественными показателями при нормальном распределении определяли по Т-критерию Стьюдента; при распределении, отличном от нормального – с помощью U-критерия Манна-Уитни. Достоверным считали уровень статистической значимости при $p<0,05$. Табличные данные представляли в виде M±m, где M – среднее арифметическое, m – ошибка среднего.

Результаты исследования и их обсуждение. Известно, что с одной стороны продукция активных форм кислорода и азота в организме может выступать в качестве адаптационного фактора, стимулируя активацию защитных антиоксидантных механизмов и образования как ферментативных, так и неферментативных эндогенных антиоксидантов, а с другой стороны АФК и АФА способны оказывать повреждающее влияние на мембранные компоненты клеток, повышая проницаемость и нарушая тем самым их функции. Полученные данные и анализ литературы по проблеме исследования позволили предположить, что одним из важных факторов, который лимитирует повышение физической работоспособности, может быть выраженность оксидативного стресса.

С целью экспериментальной проверки этого предположения нами был проведен сравнительный анализ показателей оксидативного стресса у коренного населения и приезжих жителей ЯНАО. Сравнение показателей, характеризующих интенсивность различных путей генерации супероксидного радикала у коренного населения и приезжих жителей ЯНАО, показало следующее (табл. 1).

Таблица 1

Содержание маркеров различных путей генерации супероксидного радикала у коренного и пришлого населения ЯНАО (M±m)

Показатели	Мужчины (n=87)		Женщины (n=113)	
	Коренные (n=41)	Пришлые (n=46)	Коренные (n=59)	Пришлые (n=54)
АА, нмоль·мг$^{-1}$ белка	13,03±0,66	11,13±0,36*	11,10±0,45	9,45±0,28*
TxB2, пмоль·мг$^{-1}$ белка	2,23±0,19	1,73±0,08*	2,33±0,15	1,59±0,06*
LtC4, пмоль·мг$^{-1}$ белка	2,26±0,18	1,40±0,08*	2,23±0,05	1,44±0,06*

Продолжение таблицы 1

E254, нмоль·мг$^{-1}$ белка	2,63±0,31	1,83±0,07*	2,12±0,15	1,59±0,08*
UA, нмоль·мг$^{-1}$ белка	4,27±0,36	3,14±0,15*	3,30±0,22	2,79±0,09*

Примечание: AA – содержание арахидоновой кислоты; TxB_2 – содержание тромбоксана B_2; LtC4 – содержание лейкотриена C_4; E254 – содержание пуриновых нуклеотидов (аденин и гуанин); UA – содержание мочевой кислоты; * − $p<0,05$ при сравнении показателей между основной группой и группой сравнения в одной половой группе

Сходная тенденция отмечалась и при сравнении групп женщин. В частности у коренных жительниц, по сравнению с приезжими, отмечалось достоверно более высокое содержание арахидоновой кислоты (11,10±0,45 нмоль·мг$^{-1}$ белка против 9,45±0,28 нмоль·мг$^{-1}$белка соответственно), тромбоксана B_2 (2,33±0,15 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 1,59±0,06 пмоль·мг$^{-1}$ белка) и лейкотриена С4 (2,23±0,05 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 1,44±0,06 пмоль·мг$^{-1}$ белка). Также установлено, что для коренных жительниц ЯНАО характерно достоверное повышение содержания продуктов деградации пуриновых нуклеотидов (2,12±0,15 нмоль·мг$^{-1}$ белка против 1,59±0,08 нмоль·мг$^{-1}$белка) и мочевой кислоты (3,30±0,22 нмоль·мг$^{-1}$ белка против 2,79±0,09 нмоль·мг$^{-1}$белка). Такие данные позволяют утверждать, что для коренного населения характерны изменения в организме, приводящие к активации некоторых ферментативных механизмов генерации супероксидного радикала, в частности с участием липоксигеназы, циклооксигеназы и ксантиноксидазы.

Поскольку изучение интенсивности различных путей генерации СОР показало наличие достоверных различий в показателях коренного и пришлого населения, нами также было проведено определение уровней генерации АФК (табл. 2).

Таблица 2

Уровни генерации активных форм кислорода у коренного и пришлого населения ЯНАО (M±m)

Показатели	Мужчины (n=87)		Женщины (n=113)	
	Коренные (n=41)	Пришлые (n=46)	Коренные (n=59)	Пришлые (n=54)
* O_2, усл.ед.	2,15±0,23	1,91±0,09*	2,10±0,12	1,51±0,07*
* OH, усл.ед.	2,06±0,42	1,21±0,03*	2,12±0,26	1,17±0,12*
H_2O_2, пмоль·мг$^{-1}$ белка	4,02±0,15	3,11±0,13*	3,07±0,19	2,02±0,09*
Fe, пмоль·мг$^{-1}$ белка	4,24±0,19	2,2±0,07*	3,30±0,14	2,36±0,08*

Примечание: * O_2 – скорость геренерации супероксидного радикала; * OH – скорость генерации гидроксильного радикала; H_2O_2 – содержание пероксида водорода; Fe – содержание негемового железа; * − $p<0,05$ при сравнении показателей между основной группой и группой сравнения в одной половой группе

В соответствии с результатами, приведенными в таблице 2, в группе мужчин коренных жителей ЯНАО скорость генерации СОР была достоверно выше (2,15±0,23 усл.ед. против 1,91±0,09 усл.ед. соответственно, $p<0,05$). Кроме того, в данной группе выше была интенсивность образования АФК неферментативным путем (реакция Фентона), что подтверждается достоверно более высокими значениями содержания перекиси водорода (4,02±0,15 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 3,11±0,13 пмоль·

мг$^{-1}$ белка соответственно, p<0,05) и негемового железа (3,24±0,19 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 2,2±0,07 пмоль·мг$^{-1}$ белка соответственно, p<0,05), что повлекло достоверное увеличение скорости генерации гидроксильного радикала (2,06±0,42 усл.ед. против 1,21±0,03 усл.ед. соответственно, p<0,05).

Установлено, что активация ферментативных процессов образования СОР у женщин коренного населения привела к достоверному увеличению (p<0,05) скорости генерации супероксидного радикала на 105,42% (2,10±0,12 усл.ед. против 1,51±0,07 усл.ед. соответственно). Наряду с этим отмечается активация неферментативных процессов генерации АФК, а именно в реакции образования гидроксильных радикалов. Об этом свидетельствуют достоверно более высокие (p<0,05) значения содержания перекиси водорода (3,07±0,19 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 2,02±0,09 пмоль·мг$^{-1}$ белка соответственно) и негемового железа (3,30±0,14 пмоль·мг$^{-1}$ белка против 2,36±0,08 пмоль·мг$^{-1}$ белка соответственно), при взаимодействии которых генерируется гидроксильный радикал, скорость генерации которого в группе коренных жительниц ЯНАО была достоверно выше (p<0,05), (2,12±0,26 усл.ед. против 1,17±0,12 усл.ед.).

Также нами было установлено, что поддержание оптимального уровня функционального состояния систем организма, обеспечивающих высокий уровень его физической работоспособности, происходит не только за счет изменений в механизмах генерации и метаболизма АФК, но и в системе синтеза оксида азота (табл. 3).

Таблица 3

Показатели системы синтеза оксида азота у коренного и пришлого населения ЯНАО (M±m)

Показатели	Мужчины (n=87)		Женщины (n=113)	
	Коренные (n=41)	Пришлые (n=4)6	Коренные (n=59)	Пришлые (n=54)
cNOS, пмоль·мин$^{-1}$· мг$^{-1}$ белка	42,44±2,12	31,06±1,21*	35,52±1,74	26,54±0,50*
iNOS, пмоль·мин$^{-1}$· мг$^{-1}$ белка	6,80±0,45	7,69±0,36*	8,06±0,45	8,79±0,55
Н-Ред, нмоль·мин$^{-1}$· мг$^{-1}$ белка	4,84±0,18	4,52±0,16	4,16±0,02	4,2±0,18
Арг, нмоль·мин$^{-1}$· мг$^{-1}$ белка	1,59±0,09	1,78±0,06	1,32±0,02	1,37±0,03
NO3^{-}, нмоль·мг$^{-1}$ белка	7,74±0,19	10,15±0,27*	6,83±0,19	8,97±0,31*

Примечание: cNOS – активность конститутивных синтаз оксида азота; iNOS – активность индуцибельной синтазы оксида азота; Н-Ред – активность нитратредуктазы; Арг – активность аргиназы; NO3^{-} – содержание нитрат-аниона; * − p<0,05 при сравнении показателей между основной группой и группой сравнения в одной половой группе

В частности, нами было выявлено, что у коренных жителей-мужчин была достоверно выше (p<0,05) активность конститутивной NO-синтазы – на 106,62% (42,44±2,12 пмоль·мин$^{-1}$·мг белка против 31,06±1,21 пмоль·мин$^{-1}$·мг белка соответственно), и напротив, достоверно ниже (p<0,05) активность кальций-независмой NO-синтазы (6,8±0,45 пмоль·мин$^{-1}$ · мг белка против 7,69±0,36 пмоль·мин$^{-1}$·мг белка) и достоверно ниже (p<0,05) содержание нитрат-аниона (7,74±0,19 нмоль·мг$^{-1}$ белка против 10,15±0,27 нмоль·мг$^{-1}$ белка). Других достоверных различий в показателях системы синтеза оксида азота обнаружено не было.

Приведенные в таблице 3 данные позволили констатировать достоверные различия показателей системы синтеза оксида азота в группах коренных и приезжих жительниц ЯНАО. Нами было установлено, что в группе коренных жительниц отмечался усиленный синтез кислородзависимого NO путем de novo, о чем свидетельствует достоверное ($p<0,05$) увеличение активности конститутивной NOS (35,52±1,74 пмоль $\cdot мин^{-1} \cdot мг^{-1}$ белка против 26,54±0,5 пмоль$\cdot мин^{-1} \cdot мг^{-1}$ белка соответственно). Наряду с этим, у коренных жительниц выявлено достоверно более низкое ($p<0,05$) содержание нитрат-аниона (6,83±0,19 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка против 8,97±0,31 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка соответственно), который является маркером образования и нерадикального распада высокотоксичного пероксинитрита, что в общем, несмотря на достоверно более высокую активность конститутивной синтазы, может характеризовать у коренных жителей более оптимальное состояние системы синтеза оксида азота. Других достоверных различий в показателях системы синтеза оксида азота обнаружено не было.

Нами было установлено (табл. 4), что содержание диеновых конъюгатов было достоверно выше (4,28±0,55 нг$\cdot мг^{-1}$ белка против 2,76±0,12 нг$\cdot мг^{-1}$ белка соответственно, $p<0,05$) в группе мужчин-коренных жителей по сравнению с приезжими.

Таблица 4

Содержание продуктов перекисного окисления липидов азота у коренного и пришлого населения ЯНАО (M±m)

Показатели	Мужчины (n=87)		Женщины (n=113)	
	Коренные (n=41)	Пришлые (n=46)	Коренные (n=59)	Пришлые (n=54)
ДК, нг$\cdot мг^{-1}$ белка	4,28±0,55	2,76±0,12*	3,54±0,28	2,19±0,12*
ТБК-АП, нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка	21,06±1,68	14,4±0,52*	22,02±2,04	16,70±0,70*

Примечание: ДК – содержание диеновых конъюгатов; ТБК-АП – содержание ТБК-активных продуктов; * − $p<0,05$ при сравнении показателей между основной группой и группой сравнения в одной половой группе

Также достоверно выше в группе коренных жителей оказалось содержание ТБК-активных продуктов (21,06±1,68 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка против 14,4±0,52 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка, $p<0,05$).

Как показано в таблице 4, у коренных жительниц ЯНАО отмечалось достоверно более высокое ($p<0,05$) содержание как первичных (3,54±0,28 нг$\cdot мг^{-1}$ белка против 2,19±0,12 нг$\cdot мг^{-1}$ белка, соответственно), так и конечных (22,02±2,04 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка против 16,7±0,70 нмоль$\cdot мг^{-1}$ белка соответственно) продуктов перекисного окисления липидов.

Заключение. В общем, полученные результаты позволили констатировать некоторые преимущества коренного населения по сравнению с приезжим по показателям функционального состояния организма, что совпадало с изменением интенсивности ряда путей образования активных форм кислорода, азота и вызванного этим усиления процессов перекисного окисления липидов.

Таким образом, коренному населению соответствует более благоприятное функциональное состояние системы энергообеспечения на фоне изменения интенсивности генерации АФК, АФА и ПОЛ.

В целом, приведенные материалы позволили не только констатировать значительную роль активных форм кислорода, азота и процессов перекисного окисления липидов в обеспечении оптимальной формы адаптации системы энергообеспечения, сердечно-сосудистой системы и системы внешнего дыхания, но и выделить наиболее важные ферментативные и

неферментативные пути образования АФК и АФА у лиц разного пола и с разной формой адаптации к условиям Крайнего Севера.

Исследование было проведено в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Declaration of Helsinki, and approved by the Institutional Review Board).

Информированное согласие было получено от всех субъектов, участвовавших в исследовании. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сезонные аспекты оксидативного стресса у человека в условиях Севера / Бойко Е. Р., Евдокимов В. Г., Вахнина Н. А. [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 2007. – № 41(3). – С. 44-48.
2. Кривова, Н. А. Антиоксидантная активность плазмы крови у аборигенов низкогорья и среднегорья Южного Алтая / Н. А. Кривова, Е. А. Чанчаева // Физиология человека. – 2011. – № 37(2) . – С. 60-65.
3. Liu, C. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges / C. Liu, Z. Yavar, Q. Sun // Am J Physiol Heart Circ Physiol. – 2015. – № 309 (11). – P. 793-812. DOI: 10.1152/ajpheart.00199. 2015.
4. Маслов, Л. Н. Влияние долговременной адаптации к холоду на состояние сердечно-сосудистой системы / Л. Н. Маслов, Н. В. Нарыжная // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2015. – № 101(5) . – С. 525-537.
5. Гридин, Л. А. Особенности адаптационных реакций человека в условиях Крайнего Севера / Л. А. Гридин, А. А. Шишов, М. В. Дворников // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 4 (253). – С. 4-6.
6. Литовченко, О. Г. Основные адаптационные возможности организма человека в условиях холодного климата / О. Г. Литовченко, С. В. Болотов, Э. Н. Саитова // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 6-1. – С. 137-141.
7. Петрова, П. Г. Эколого-физиологические аспекты адаптации человека к условиям Севера / П. Г. Петрова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. МК Аммосова. Серия: Медицинские науки. – 2019. – № 2(15). – С. 29-38.
8. Особенности состояния антиоксидантной системы у здоровых лиц основных этнических групп Прибайкалья / Колесникова Л. И., Даренская М. А., Гребенкина Л. А. [и др.] // Вопросы питания. – 2012. – № 81(3). – С. 46-51.
9. Салтыкова, М. М. Основные физиологические механизмы адаптации человека к холоду / М. М. Салтыкова // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2017. – № 103(2). – С. 148-151.
10. Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases / Incalza M. A., D'Oria R., Natalicchio A. [et al.] // Vascul Pharmacol. – 2018. – № 100. – P. 1-19. DOI: 10.1016/-j.vph.2017.05.005.
11. Колесникова, Л. И. Этногенетические маркеры антиоксидантной системы (обзор литературы) / Л. И. Колесникова, Т. А. Баирова, О. А. Первушина // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2013. – № 4(92). – С. 166-171.
12. Максимов, А. Л. Структура капилляров и микроциркуляции у аборигенов и у коренных европеоидов – постоянных жителей крайнего Севера / А. Л. Максимов, А. В. Харин // Экология человека. – 2016. – № 11. – С. 23-28.
13. Genome-wide analysis of cold adaptation in indigenous Siberian populations / Cardona A., Pagani L., Antao T. [et al] // PLoS One. – 2014. – № 9(5). – P. e98076. DOI: 10.1371/journal.pone.0098076.
14. Human physiological responses of exposure to extremely cold environments / Wu J., Hu Z., Han Z. [et al] // J Therm Biol. – 2021. – № 98. – P. 102933. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.102933.
15. Human physiology in extreme heat and cold / B. M. Beker, C. Cervellera, A. De Vito, C. G. Musso // Int. Arch. Clin. Physiol. – 2018. – № 1. – P. 1-8.
16. Castellani, J. W. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure / J. W. Castellani, A. J. Young // Auton Neurosci. –

2016. – № 196. – P. 63-74. DOI: 10.1016/j.autneu. 2016.02.009.
17. Tejero, J. Sources of Vascular Nitric Oxide and Reactive Oxygen Species and Their Regulation / J. Tejero, S. Shiva, M. T. Gladwin // Physiol Rev. – 2019. – № 99(1). – P. 311-379. DOI: 10.1152/physrev.00036.2017.

REFERENCES

1. Bojko E.R., Evdokimov V.G., Vahnina N.A., Shadrina V.D. et al. Seasonal aspects of oxidative stress in northern conditions. *Aerospace and Environmental Medicine,* 2007, no. 41(3), pp. 44-48. (in Russ.)
2. Krivova N.A., CHanchaeva E.A. Antioxidant activity of blood plasma of mountain Altai's aborigines Russian and Kazakh nationality of low and medium height altitude areas. *Human Physiology,* 2011, no. 37(2), pp. 60-65. (in Russ.)
3. Liu C., Yavar Z., Sun Q. Cardiovascular response to thermoregulatory challenges. *Am J Physiol Heart Circ Physiol,* 2015, no. 309(11), pp. 793-812. DOI: 10.1152/ajpheart.00199.2015.
4. Maslov L.N., Naryzhnaya N.V. Impact of long-term adaptation to cold on the state of cardiovascular system. *Russian Journal of Physiology,* 2015, no. 101(5), pp. 525-537. (in Russ.)
5. Gridin L.A., Shishov A.A., Dvornikov M.V. Features of adaptation reactions of human in Far North. *Public Health and Life Environment – PH&LE,* 2014, no. 4 (253), pp. 4-6. (in Russ.)
6. Litovchenko O.G., Bolotov S.V., Saitova E.N. The main adaptive capabilities of the human body in a cold climate. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire,* 2021, no. 6-1, pp. 137-141. (in Russ.)
7. Petrova P.G. Ecological and physiological aspects of human adaptation to the conditions of the North. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Medical Sciences,* 2019, no. 2(15), pp. 29-38. (in Russ.)
8. Kolesnikova L.I., Darenskaya M.A., Grebenkina L.A., Suturina L.V. Labygina A.V., Semenova N.V., Tsyrenov T.B., Darzhaev Z.Yu., Kurashova N.A., Tolpygina O.A. State features of the antioxidant system at healthy people of the basic ethnic groups of Baikal Lake. *Problems of nutrition,* 2012, no. 81(3), pp. 46-51. (in Russ.)
9. Saltykova M.M. Main physiological mechanisms of adaptation to cold. *Russian Journal of Physiology,* 2017, no. 103(2), pp. 147-151. (in Russ.)
10. Incalza M.A., D'Oria R., Natalicchio A., Perrini S., Laviola L., Giorgino F. Oxidative stress and reactive oxygen species in endothelial dysfunction associated with cardiovascular and metabolic diseases. *Vascul Pharmacol,* 2018, no. 100, pp. 1-19. DOI: 10.1016/j.vph.2017.05.005
11. Kolesnikova L.I., Bairova T.A., Pervushina O.A. Ethno-genetic markers of antioxidant system (literature review). *Acta Biomedica Scientifica*, 2013, no. 4(92), pp. 166-171. (in Russ.)
12. Maksimov A.L., Harin A.V. Capillary and microcirculation structure observed in aborigines and north-born caucasoids residents of Russia's extreme North-East. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*, 2016, no. 11, pp. 23-28. (in Russ.)
13. Cardona A., Pagani L., Antao T., Lawson D.J., Eichstaedt C.A., Yngvadottir B. et al. Genome-wide analysis of cold adaptation in indigenous Siberian populations. *PLoS One,* 2014, no. 9(5), p. e98076. DOI: 10.1371/journal.pone.0098076/
14. Wu J., Hu Z., Han Z., Gu Y., Yang L., Sun B. Human physiological responses of exposure to extremely cold environments. *J Therm Biol*, 2021, no. 98, pp. 102933. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.102933.
15. Beker B.M., Cervellera C., De Vito A., Musso C.G. Human physiology in extreme heat and cold. *Int. Arch. Clin*. Physiol, 2018, no. 1, pp. 1-8.
16. Castellani J.W., Young A.J. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton Neurosci,* 2016, no. 196, pp. 63-74. DOI: 10.1016/j.autneu.2016.02.009.
17. Tejero J., Shiva S., Gladwin M.T. Sources of Vascular Nitric Oxide and Reactive Oxygen Species and Their Regulation. *Physiol Rev,* 2019, no. 99(1), pp. 311-379. DOI: 10.1152/physrev.00036.2017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Артур Рифович Шаймарданов – аспирант, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут, e-mail: dezurengoi@yandex.ru.

Ольга Геннадьевна Литовченко – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры морфологии и физиологии, Бюджетное учреждение высшего образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», Сургут.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Artur Rifovich Shajmardanov – Post-Graduate Student, Surgut State University, Surgut, e-mail: dezurengoi@yandex.ru.
Olga Gennad'evna Litovchenko – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Morphology and Physiology, Surgut State University, Surgut.

Для цитирования: Шаймарданов, А. Р. Сравнительный анализ выраженности оксидативного стресса у коренного и пришлого населения Ямало-Ненецкого автономного округа / А. Р. Шаймарданов, О. Г. Литовченко // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_23

For citation: Shajmardanov A.R., Litovchenko O.G. Comparative analysis of the severity of oxidative stress in the indigenous and non-indigenous population of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_23