

БИОЛОГИЯ И МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ BIOLOGY AND MEDICAL BIOLOGY

СООТНОШЕНИЕ ЛЕЙКОЦИТОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ

Шашкова Е.Ю.,
Каббани М.С.,
Сергеева Т.Б.,
Дедюхина (Филиппова) О.Е.,
Щёголева Л.С.

ФГБУН Федеральный
исследовательский центр комплексного
изучения Арктики имени академика
Н.П. Лаверова Уральского Отделения
Российской академии наук (163020
г. Архангельск, проспект Никольский, 20,
Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Шашкова Елизавета Юрьевна,
e-mail: eli1255@ya.ru

РЕЗЮМЕ

Семь субъектов Архангельской области, а также Ненецкий автономный округ (НАО) и Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) входят в состав АЗРФ, где климатоэкологические условия характеризуются как экстремальные (промышленность целлюлозно-бумажный комбинат, военно-промышленный комплекс, космодром, Нефтегазпром). Часть территории Архангельской области и НАО являются прилегающими к зоне ядерных испытаний (ЯИ) на Северном полигоне с 1955 по 1990 гг. В Западной Сибири (ЯНАО) никогда не производились ЯИ. Актуальность исследования определяется отсутствием на данный момент сведений о состоянии иммунного статуса молодых северянок, родившихся и оседло проживающих в АЗРФ.

Цель исследования. Выявить соотношение уровней содержания лейкоцитов периферической крови у молодых женщин разных северных зон проживания.

Материалы и методы. Обследовано 62 женщины: 47 человек 22–35 лет (НАО и Архангельская область) и 15 человек 22–40 лет (ЯНАО). Определяли лейкоциты, NLR, клетки CD8⁺, CD16⁺. Использован метод непрямой иммунопероксидазной реакции с моноклональными антителами. Пакет прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS 20.0 для Windows.

Результаты. У жительниц прилегающей зоны выявлены повышенные концентрации моноцитов (20,0; 12,5; 43,7 %), эозинофилов (20,0; 25,0; 12,5 %), лимфоцитов CD8⁺ (73,3; 31,2; 75,0 %) и CD16⁺ (33,3; 62,5; 43,7 %). Дефицит общего количества лимфоцитов встречался в 2,5 раза чаще, чем лимфоцитоз: в 20,0; 43,7; 12,5 %. У жительниц не прилегающей зоны регистрировались повышенные концентрации моноцитов (46,7 %), эозинофилов (26,7 %), нейтрофилов (20,0 %), лейкоцитов (13,3 %), лимфоцитов CD8⁺ (80,0 %) и CD16⁺ (66,7 %).

Заключение. Соотношение субпопуляций лимфоцитов молодых жительниц АЗРФ характеризуется высокой концентрацией моноцитов, эозинофилов и лимфоцитов (CD8⁺, CD16⁺) на фоне выраженного дефицита общей популяции лимфоцитов.

Ключевые слова: лейкоциты, лимфоциты, NLR, фенотипы CD8⁺, CD16⁺, иммунный дисбаланс женщин Арктической зоны РФ

Статья поступила: 15.04.2025
Статья принята: 26.11.2025
Статья опубликована: 25.12.2025

Для цитирования: Шашкова Е.Ю., Каббани М.С., Сергеева Т.Б., Дедюхина (Филиппова) О.Е., Щёголева Л.С. Соотношение лейкоцитов периферической крови молодых женщин арктической зоны РФ. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(6): 28-36. doi: 10.29413/ABS.2025-10.6.4

RATIO OF PERIPHERAL BLOOD LEUKOCYTES IN YOUNG WOMEN OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Shashkova E.Yu.,
Kabbani M.S.,
Sergeeva T.B.,
Dedyukhina (Filippova) O.E.,
Shchegoleva L.S.**

N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Nikolsky Avenue, 20, Arkhangelsk 163020, Russian Federation)

Corresponding author:
Elizaveta Yu. Shashkova,
e-mail: eli1255@ya.ru

RESUME

Seven subjects of the Arkhangelsk Region, and also the Northern Administrative District and the Yamalo-Nenets Autonomous District are part of the AZRF, where climatic and ecological conditions are characterized as extreme (the industry of the Central Industrial Complex, the military industrial complex, the cosmodrome, and the Neftegazprom). Part of the territory of the Arkhangelsk region and the NAO are adjacent to the nuclear test zone (NPS) at the Northern Test site from 1955 to 1990. Nuclear weapons have never been produced in Western Siberia (Yamalo-Nenets Autonomous District). The relevance of the study is determined by the lack of information about the immune status of young northern women who were born and permanently reside in the Arctic zone of the Russian Federation.

The aim. To identify the ratio of peripheral blood leukocyte levels in young women from different northern regions.

Materials and methods. Sixty two women were examined: 47 people from the Nenets Autonomous Okrug and the Arkhangelsk Region (22–35 years old) and 15 people aged 22–40 years (Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). Leukocytes, NLR, CD8⁺, and CD16⁺ cells were determined. An indirect immunoperoxidase reaction with monoclonal antibodies was used. Microsoft Excel 2010 and SPSS 20.0 for Windows were used.

Results. Residents of the adjacent area had elevated concentrations of monocytes (20.0; 12.5; 43.7 %), eosinophils (20.0; 25.0; 12.5 %), CD8⁺ lymphocytes (73.3; 31.2; 75.0 %), and CD16⁺ lymphocytes (33.3; 62.5; 43.7 %). Deficiency of the total number of lymphocytes was 2.5 times more common than lymphocytosis: 20.0, 43.7, 12.5 %. Increased concentrations of monocytes 46.7 %, eosinophils 26.7 %, neutrophils 20.0 %, leukocytes 13.3 %, CD8⁺ (80.0 %) and CD16⁺ (66.7 %) lymphocytes were recorded in residents of the non-adjacent zone.

Conclusion. The ratio of lymphocyte subpopulations in young women living in the Arctic zone of the Russian Federation is characterized by a high concentration of monocytes, eosinophils, and lymphocytes (CD8⁺, CD16⁺) against the background of a pronounced deficiency of the total lymphocyte population.

Keywords: leukocytes, lymphocytes, NLR, CD8⁺, CD16⁺ lymphocyte phenotypes, Immune Imbalance in Women of the Russian Arctic Zone

Received: 15.04.2025

Accepted: 26.11.2025

Published: 25.12.2025

For citation: Shashkova E.Yu., Kabbani M.S., Sergeeva T.B., Dedyukhina (Filippova) O.E., Shchegoleva L.S. Ratio of peripheral blood leukocytes in young women of the arctic zone of the Russian Federation. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(6): 28-36. doi: 10.29413/ABS.2025-10.6.4

ВВЕДЕНИЕ

Территория континентальной суши Арктической зоны РФ (АЗРФ) составляет 4,9 млн км² [1]. В состав которой включены территории субъектов РФ: семь муниципальных образований Архангельской области, Ненецкого автономного округа, Ямalo-Ненецкого автономного округа, Мурманской области и др. [1].

Арктический регион характеризуется не только экстремальными климатогеографическими условиями, но и наличием крупных промышленных предприятий, таких как, ЦБК (г. Новодвинск, Архангельская обл.), военно-промышленный комплекс (г. Северодвинск), космодром (п. Плесецк, Архангельская обл.), нефтегазовые компании (НАО, ЯНАО) и др. [2, 3]. Регионы высоких широт имеют отличительные климатогеографические особенности, такие как низкие температуры в течение практически всего года, резкие изменения атмосферного давления, уникальный фотопериодизм (полярная ночь, полярный день, «белые ночи») и низкий индекс ультрафиолетового излучения [4, 5].

Важно отметить тот факт, что обследуемые лица (Архангельская область, д. Сояна, д. Совполье и НАО, д. Несь) родились и проживают оседло на территории, которая была прилегающей к зоне ядерных испытаний (ЯИ) на Северном полигоне в период с 1 сентября 1955 г по 25 октября 1990 г (до объявления действующего Моратория от 26 октября 1991 года, № 67-рп «О прекращении испытаний ядерного оружия на полигоне Новой Земли»). Известно, что на Северном полигоне в период 1955–1990 гг. было произведено 130 ядерных испытаний в целях разработки и совершенствования образцов ядерного оружия, изучения фундаментальных и прикладных исследований в области экстремальных физических параметров воздействия на окружающую среду и др. [6]. Климат города Надым в Ямalo-Ненецком автономном округе Западной Сибири России (АЗРФ) субарктический континентальный, суровый, со среднегодовой температурой -6,6°C, где никогда не производились ядерные испытания [7].

Суровые климатические условия Арктической зоны РФ предъявляют повышенные требования к организму человека, накладывают особый отпечаток на работу его функциональных систем и могут привести к раннему появлению проблем со здоровьем, препятствуют развертыванию процессов саморегуляции, возвращающих системы организма к оптимальному режиму функционирования, что приводит к активации и напряжению клеточного и гуморального звеньев иммунитета и, в конечном счете, к сокращению резервных возможностей организма [8, 9, 10].

Большинство исследователей признают северные регионы экстремальной средой обитания, где человек подвержен комплексному воздействию негативных природно-климатических факторов. Отличительной особенностью организма человека на Севере является формирование синдрома полярного напряжения, который, по мнению Кривощёкова С.Г с соавторами, является ведущим патогенетическим механизмом

развития заболеваний в условиях северных регионов [11, 12]. Исследователи северной патологии полагают, что воздействие специфических факторов Севера почти не возмещается мерами социальной защиты [13]. Воздействие холода вызывает температурный стресс и влияет на резистентность организма человека на Севере. Холодовой спазм периферических сосудов может сменяться вазодилатацией. По совокупности климатических характеристик, их климато-экологического сочетания и степени выраженности приполярные регионы Европейского Севера в целом могут быть отнесены к зоне дискомфортных природно-климатических условий проживания, с элементами выраженной экстремальности по ряду параметров, которые предъявляют повышенные требования к человеческому организму и его системам, в том числе иммунной. Высокая заболеваемость и ранняя смертность населения, низкий социально-экономический статус коренных малочисленных народов, загрязнение окружающей среды – актуальные проблемы регионов Крайнего Севера [14].

На данный момент в открытом доступе нет сведений о содержании радионуклидов цезия в окружающей среде территорий, ранее прилегавших к Северному полигону. Кроме того, в литературе сведения о состоянии иммунного статуса населения указанных территорий крайне разрознены и малочисленны [15, 16, 17, 18] или касаются результатов техногенных катастроф и состояния людей, получивших ту или иную дозу радиации. Представляло интерес изучить содержание лейкоцитов периферической крови у молодых женщин Арктического региона, родившихся после 1990-го года и проживающих оседло на территории, которая была прилегающей к зоне ядерных испытаний (ЯИ) на Северном полигоне в период с 1 сентября 1955 г по 25 октября 1990 г (до объявления действующего Моратория от 26 октября 1991 года, № 67-рп «О прекращении испытаний ядерного оружия на полигоне Новой Земли»).

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявить соотношение уровня содержания лейкоцитов периферической крови у молодых женщин разных северных зон проживания.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток института физиологии природных адаптаций Федерального Исследовательского Центра Комплексного Изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского Отделения Российской Академии Наук совместно с ООО «БИОЛАМ», г. Архангельск, Россия. В обследовании на добровольной основе приняли участие 62 женщины в возрасте 22–40 лет, не имеющих хронических заболеваний,

проживающих в АЗРФ, из них 32 женщины 22–35 лет из Архангельской области (16 человек из д. Сояна и 16 из д. Совполье), 15 женщин из НАО (п. Несь), родившиеся и проживающие после 1990-го года на территории, которая была прилегающей к зоне ядерных испытаний (ЯИ) на Северном полигоне в период с 1 сентября 1955 г. по 25 октября 1990 г., и 15 женщин из ЯНАО (22–40 лет), г. Надым, где никогда не проводились ЯИ и территория никогда не являлась прилегающей зоной. Работа выполнена в соответствии с этическими нормами согласно Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации 1964 года с изменениями и дополнениями 2013 года. Для проведения исследования получено заключение этического комитета ФГБУН ФИЦКИА РАН (Протокол № 001-20/01 от 20.01.2025 г.), государственного задания № 125021902582-1 «Физиологическая значимость особенностей адаптивных и врожденных иммунных реакций в формировании резервных возможностей иммунного гомеостаза у жителей Арктического региона в зависимости от возраста, пола и профессионального статуса».

Комплекс иммунологического обследования людей включал определение содержания в периферической крови лейкоцитов, моноцитов, эозинофилов, нейтрофилов, лимфоцитов, соотношения нейтрофилов к лимфоцитам (NLR), фенотипов лимфоцитов ($CD8^+$, $CD16^+$). Содержание нейтрофилов и лимфоцитов в периферической крови выполнено с помощью гематологического анализатора Pentra 60 ABX. Определение NLR выполнено с помощью подсчета количества лейкоцитов в камере Горяева, процентного содержания нейтрофилов и лимфоцитов в окрашенном мазке крови по Романовскому – Гимзе, рассчитаны абсолютные количества нейтрофилов и лимфоцитов. Фенотипирование лимфоцитов ($CD8^+$ и $CD16^+$) выполнено методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля» с применением пероксидазного коньюгата и окрашиванием раствором хромогена для анализа в иммерсионной микроскопии (микроскоп Nikon Eclipse 50i). Первичный анализ периферической венозной крови выполнен в условиях экспедиций. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel 2010 и SPSS 20.0 для Windows. Использовали медиану (Me) с процентильным интервалом 25–75 (Q1; Q3) для указания содержания изученных показателей вследствие отсутствия нормального распределения, 95% доверительный интервал (95% ДИ) (нижняя граница–верхняя граница) для представления диапазона распределения показаний. Сравнительный анализ между всеми изученными группами проводили с помощью критерия Краскела – Уоллиса, а для попарного сравнения групп использовали критерий Манна – Уитни. Для исследования структуры взаимосвязей изучаемых переменных использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Различия сравниваемых показателей принимались достоверными при уровне значимости $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Представляло интерес детально изучить медианы содержания иммунокомpetентных клеток лейкоцитарного ряда коренного оседлого населения Арктического региона, родившихся после 1990 года и проживающих там по сей день.

Анализ показал (табл. 1), что медиана содержания лейкоцитов среди обследуемых женщин (д. Совполье, д. Сояна, Архангельская обл.) находится в пределах физиологических норм $5,80$ ($3,98:7,05$) и $4,90$ ($4,60:6,60$) $\cdot 10^9$ кл/л, с 95% ДИ ($4,59$ – $6,30$) и ($4,86$ – $6,02$) $\cdot 10^9$ кл/л соответственно, а у жительниц п. Несь, НАО и г. Надым, ЯНАО содержание лейкоцитов достоверно выше ($p < 0,05$), и составляет $6,68$ ($5,87:7,25$) и $6,63$ ($5,64:8,50$) $\cdot 10^9$ кл/л с 95% ДИ ($5,91$ – $8,10$) и ($5,73$ – $8,28$) $\cdot 10^9$ кл/л, соответственно.

Частота встречаемости иммунных дисбалансов у обследуемых лиц представлена в таблице 2. В наших исследованиях дефицит лейкоцитов у жительниц п. Несь (НАО), д. Сояна (Архангельская обл.) и г. Надым (ЯНАО) не выявлен. При этом у жительниц д. Совполье (Архангельская обл.) лейкопения встречалась в 25,0 % случаев. Лейкоцитоз встречался в 6,7 % и 13,3 % у жительниц п. Несь (НАО) и г. Надым (ЯНАО), соответственно.

Содержание моноцитов крайне велико у жительниц д. Сояна и г. Надым и составляет $0,60$ ($0,46:1,12$) и $0,60$ ($0,45:0,68$) $\cdot 10^9$ кл/л, соответственно, с регистрацией 43,7 % и 46,7 % случаев с высоким количеством моноцитов, что достоверно выше, чем у женщин д. Совполье практически в 3 раза ($p < 0,01$). У 20 % женщин п. Несь количество моноцитов превышает норму, а их медиана составляет $0,44$ ($0,28:0,62$) $\cdot 10^9$ кл/л, что достоверно выше, чем у женщин д. Совполье практически в 3 раза ($p < 0,01$), и ниже, чем у жительниц д. Сояна и г. Надым практически 1,4 раза ($p < 0,05$).

Медиана содержания эозинофилов находится в пределах физиологических норм вне зависимости от места проживания. Высокое содержание эозинофилов установлено у 12,5–26,7 % женщин.

Медиана содержания лимфоцитов $2,37$ ($1,55:2,85$) $1,64$ ($1,42:2,30$) $2,71$ ($1,57:3,04$) $\cdot 10^9$ кл/л находится в пределах физиологических норм у женщин п. Несь (НАО) и д. Сояна, что не имеет достоверное отличие от группы г. Надым $2,05$ ($1,56:2,65$) $\cdot 10^9$ кл/л, при этом признаки низкой концентрации отмечаются у жительниц д. Совполье, с регистрацией достоверного отличия по сравнению с д. Сояна ($p < 0,05$). Важно заметить, что частота встречаемости лимфопений у молодых женщин д. Совполье (43,7 %) в 2 раза выше, чем у жительниц п. Несь и г. Надым (20,0 %) и в 3,5 раза выше, чем у жительниц д. Сояна (12,5 %).

Медиана содержания нейтрофилов составляет у обследуемых п. Несь, д. Совполье и д. Сояна $3,55$ ($2,68:4,58$), $3,19$ ($2,90:4,54$) и $3,17$ ($2,47:4,48$) $\cdot 10^9$ кл/л, соответственно, не превышая референсные величины. Достоверное различие с группой г. Надым $3,37$ ($2,85:5,25$) $\cdot 10^9$ кл/л не выявлено. Установлено состояние

ТАБЛИЦА 1

МЕДИАНА И 95% ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ СОДЕРЖАНИЯ ИММУННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ У ЖЕНЩИН, ПРОЖИВАЮЩИХ В АЗРФ

TABLE 1

MEDIAN AND 95% CONFIDENCE INTERVAL OF CONTENT OF IMMUNE INDICATORS IN PERIPHERAL BLOOD OF WOMEN LIVING IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

Показатели	Медиана и процентили Me (Q1:Q3) 95% Доверительный интервал (ниж.-верхн.)				Референсные значения	Уровень занч. (Критерий Краскела – Уоллиса)
	Несь <i>n</i> =15	Совполье <i>n</i> =16	Сояна <i>n</i> =16	Надым <i>n</i> =15		
Лейкоциты, 10^9 кл/л	6,68 (5,87:7,25)	5,80 ^{*,a} (3,98:7,05)	4,90 ^{*,a} (4,60:6,60)	6,63 (5,64:8,50)	4,0-8,8	0,030
	(5,91-8,10)	(4,59-6,30)	(4,86-6,02)	(5,73-8,28)		
Моноциты, 10^9 кл/л	0,44* (0,28:0,61)	0,22 ^{*,a,6} (0,14:0,28)	0,60 ^a (0,46:1,12)	0,60 (0,45:0,68)	0,09-0,6	0,0002
	(0,31-0,63)	(0,16-0,37)	(0,41-1,04)	(0,48-0,71)		
Эозинофилы, 10^9 кл/л	0,17 (0,07:0,30)	0,19 (0,12:0,42)	0,21 (0,13:0,28)	0,14 (0,08:0,30)	0,02-0,3	0,316
	(0,12-0,26)	(0,15-0,34)	(0,15-0,25)	(0,10-0,41)		
Лимфоциты, 10^9 кл/л	2,37 (1,55:2,85)	1,64 ⁶ (1,42:2,30)	2,71 (1,57:3,04)	2,05 (1,56:2,65)	1,5-3,5	0,190
	(1,89-2,81)	(1,33-2,46)	(1,64-3,38)	(1,77-2,80)		
Нейтрофилы, 10^9 кл/л	3,55 (2,68:4,58)	3,19 (2,90:4,54)	3,17 (2,47:4,48)	3,37 (2,85:5,25)	2,0-6,0	0,891
	(2,95-4,50)	(2,98-4,04)	(2,75-4,67)	(3,12-4,61)		
NLR	1,52 (1,01:2,49)	1,99 ⁶ (1,50:2,31)	1,47 (0,98:1,84)	1,84 (1,42:2,01)	1,0-2,0	0,195
	(1,26-2,33)	(1,68-2,18)	(1,08-2,28)	(1,45-2,04)		
CD8 ⁺ , 10^9 кл/л	0,55 (0,33:0,76)	0,34* (0,30:0,55)	0,48 (0,34:0,55)	0,58 (0,46:0,69)	0,2-0,4	0,167
	(0,40-0,78)	(0,29-0,56)	(0,36-0,57)	(0,43-0,70)		
CD16 ⁺ , 10^9 кл/л	0,40 (0,30:0,62)	0,64 ^a (0,45:0,69)	0,46 (0,30:0,67)	0,56 (0,37:0,58)	0,03-0,5	0,096
	(0,35-0,60)	(0,54-0,65)	(0,38-0,68)	(0,43-0,65)		

Примечания: *Достоверное статистическое различие с группой г. Надым, $p < 0,05$; ^a Достоверное статистическое различие с группой п. Несь, $p < 0,05$;

⁶ Достоверное статистическое различие с группой д. Сояна, $p < 0,05$; Указаны статистически значимые различия с референсными значениями показателя.

нейтрофилёза у 6,7, 12,5 и 20,0 % жительниц п. Несь, д. Сояна и г. Надым.

Отношение нейтрофилов к лимфоцитам (NLR), рассчитываемое как простое соотношение между количеством нейтрофилов и лимфоцитов периферической крови, является биомаркером, который объединяет две стороны иммунной системы: врожденный иммунный ответ, в основном за счет нейтрофилов, и адаптивный иммунитет, поддерживаемый лимфоцитами [19]. Выявили, что медиана соотношения нейтрофилов к лимфоцитам (NLR) составляет 1,52 (1,01:2,49), 1,99 (1,50:2,31), 1,47 (0,98:1,84) у жительниц п. Несь (HAO), д. Совполье и д. Сояна, что находится в пределах оптимальных общепринятых норм (1-2) и не отличается от группы г. Надым 1,84 (1,42:2,01). Несмотря на то, что медиана NLR находится в пределах оптимальных норм, достоверное различие установлено между группами д. Совполье и д. Сояна ($p < 0,05$). В дополнении

к этому стоит отметить выявленное повышение частоты регистрации случаев на повышенном стрессовом уровне NLR (2-3) у 25,0-50,0 % обследуемых женщин.

Согласно работе (Zahorec, 2021) [20], нормальные значения NLR находятся в диапазоне (0,7-3,0), причем оптимальные значения находятся в диапазоне (1,0-2,0), а стрессовые диапазоны, служащие ранним предупреждением о возможности развития патологического состояния или дизадаптации, составляет (0,7-1,0) и (2,0-3,0) [20, 21].

Количество цитотоксических Т-лимфоцитов (клеток с маркером CD8⁺) в периферической крови превышает пределы физиологических норм, причем медиана их количества в п. Несь и д. Сояна составляет 0,55 (0,33:0,76) и 0,48 (0,34:0,55)· 10^9 кл/л, соответственно, в то время как она составляет 0,34 (0,30:0,55)· 10^9 кл/л в д. Совполье с отсутствием статистически достоверного различия. Количество случаев с высокой концентрацией

ТАБЛИЦА 2

**ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ИММУННЫХ
ДИСБАЛАНСОВ У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН
АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА, %**

TABLE 2

**FREQUENCY OF IMMUNE IMBALANCES IN YOUNG
WOMEN OF THE ARCTIC REGION, %**

	п. Несь (ЯАО) n=15	д. Совполье (Архангельская область) n=16	д. Сояна (Архангельская область) n=16	г. Надым (ЯНАО) n=15
Лейкоциты ·10 ⁹ кл/л < 4,0	-	25,0%	-	-
Лейкоциты ·10 ⁹ кл/л > 8,8	6,7%	-	-	13,3%
Лимфоциты ·10 ⁹ кл/л < 1,5	20,0%	43,7%	12,5%	20,0%
Лимфоциты ·10 ⁹ кл/л > 3,5	6,7%	-	12,5%	13,3%
Моноциты ·10 ⁹ кл/л > 0,6	20,0%	12,5%	43,7%	46,7%
Эозинофилы ·10 ⁹ кл/л > 0,3	20,0%	25,0%	12,5%	26,7%
Нейтрофилы ·10 ⁹ кл/л > 5,5	6,7%	-	12,5%	20,0%
CD8 ⁺ ·10 ⁹ кл/л < 0,2	6,7%	-	12,5%	-
CD8 ⁺ ·10 ⁹ кл/л > 0,4	73,3%	31,2%	75,0%	80,0%
CD16 ⁺ ·10 ⁹ кл/л > 0,5	33,3%	62,5%	43,7%	66,7%
NLR > 2,0	40,0%	50,0%	25,0%	26,7%

цитотоксических лимфоцитов выявлено у 73,3–75,0 % обследуемых женщин п. Несь и д. Сояна, что в 2,5 раз выше, чем у обследуемых д. Совполье (31,2 %).

У жительниц г. Надым, ЯНАО медиана содержания (клеток с маркером CD8⁺) составляет 0,58 (0,46:0,69) и 0,56 (0,37:0,58) ·10⁹ кл/л, что крайне велико у 80,0 % обследуемых г. Надым и превышает значения медианы содержания в 1,1–2,7 раза у жительниц территорий, которые являлись прилегающими к Северному полигону ЯИ до 1990 г. в зависимости от населенного пункта (30–75 % обследуемых).

Медиана содержания естественных киллеров (CD16⁺) составляет 0,40 (0,30:0,62) и 0,46 (0,30:0,67) ·10⁹ кл/л в п. Несь и д. Сояна, соответственно, что находится в пределах физиологических норм, с регистрацией у 33,3–43,7 % обследуемых женщин состояние повышенной концентрации клеток с маркером CD16⁺. С другой стороны, содержание естественных киллеров (CD16⁺) превышает физиологические нормы у 62,5 % женщин д. Совполье и медиана составляет 0,64 (0,45:0,69) ·10⁹ кл/л. Достоверное различие между группами не установлено. У жительниц г. Надым (ЯНАО) медиана содержания естественных киллеров (CD16⁺) составляет 0,56 (0,37:0,58) у 66,7 % обследуемых и встречается чаще, чем в других обследуемых группах в 1,1–2,0 раза.

Важно отметить, что концентрации лимфоидных клеток с маркером CD8⁺ и CD16⁺ косвенно отражают уровень клеточно-опосредованной цитотоксичности и повышенное их содержание на севере очень распространено [22].

Корреляционный анализ показал (табл. 3), что количество достоверных сильных взаимосвязей

зарегистрировано между концентрациями нейтрофилов и моноцитов ($r = 0,86$ и $0,58$) у женщин д. Сояна и г. Надым, соответственно. Обратные сильные взаимоотношения установлены между NLR и количеством эозинофилов ($r = -0,72$ и $-0,55$) у женщин г. Надым и п. Несь, соответственно.

Несмотря на то, что NLR является соотношением нейтрофилов к лимфоцитам, их влияние на индекс NLR оказалось, по нашим данным, не однотипно. В то время как, влияние изменения содержания нейтрофилов и лимфоцитов на NLR у женщин п. Несь является равновесным, можно заметить, что у обследуемых д. Совполье и г. Надым в основном количество лимфоцитов (особенно цитотоксических лимфоцитов CD8⁺ в д. Совполье) способствует регуляции NLR, в отличие от женщин д. Сояна, где преимущественно именно количество нейтрофилов способствует регуляции NLR. Взаимосвязь между клетками, отражающими состояние врожденной клеточной реакции за счет естественных киллеров (CD16⁺) и клеточно-опосредованной цитотоксической активности за счет Т-лимфоцитов (CD8⁺), имеет неоднородный характер: так в д. Сояна и п. Несь взаимосвязь является прямой, сильной, а в д. Совполье – обратной и заметной. По жительницам г. Надым нет достоверной взаимосвязи.

Произведена попытка сопоставить полученные результаты у северянок, проживающих на территории АЗРФ, прилегавшей 35 лет назад к территории ЯИ и проживающих на территории АЗРФ (ЗС ЯНАО), где никогда не производились ЯИ.

Обращает на себя внимание тот факт, что у жительниц п. Несь (ЯАО) установлен условно

ТАБЛИЦА 3

**КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ
ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА
(ПО СПИРМЕНУ)**

TABLE 3

**CORRELATION ANALYSIS OF IMMUNOLOGIC
INDICES IN YOUNG WOMEN OF THE ARCTIC REGION
(BY SPEARMAN)**

		п. Несь	д. Совполье	д. Сояна	г. Надым
Нейтрофилы с моноцитами	r	0,35	0,11	0,86	0,58
	p	0,225	0,715	0,000	0,025
NLR с эозинофилами	r	-0,55	0,09	-0,09	-0,72
	p	0,040	0,762	0,758	0,002
NLR с нейтрофилами	r	0,78	0,04	0,75	0,15
	p	0,001	0,896	0,002	0,585
NLR с лимфоцитами	r	-0,78	-0,71	-0,43	-0,64
	p	0,001	0,004	0,126	0,01
NLR с CD8 ⁺	r	-0,40	-0,86	-0,11	-0,11
	p	0,154	0,000	0,707	0,970
CD8 ⁺ с CD16 ⁺	r	0,67	-0,55	0,96	0,41
	p	0,009	0,038	0,000	0,130

Примечание: r – коэффициент корреляции; p – уровень статистической значимости.

сбалансированный профиль врожденного иммунитета, связанный с регистрацией в 40,0 % и 33,3 % случаев высоких NLR и естественных киллеров CD16⁺, соответственно, на фоне гиперактивации адаптивной цитотоксической функции Т-лимфоцитов CD8⁺.

У жительниц д. Совполье (Архангельская обл.) замечено подавление адаптивной иммунной реакции за счёт лимфопении (у 43,7 % обследуемых) на фоне повышенного стрессо-воспалительного напряжения (NLR) и атипичной отрицательной взаимосвязи цитотоксической врожденной (CD16⁺) и адаптивной (CD8⁺) функции, что можно понять как компенсаторную реакцию с подавлением адаптивной функции.

У жительниц д. Сояна (Архангельская обл.) выявлена гиперактивация фагоцитарной функции за счет повышения частоты регистрации моноцитоза, а также цитотоксической врожденной (CD16⁺) и адаптивной (CD8⁺) функции на фоне оптимального уровня NLR.

У жительниц г. Надым наблюдается типичный «арктический» тип адаптации, характеризующийся повышением содержания моноцитов, относительно высоким уровнем NLR и активацией как врожденной (CD16⁺), так и адаптивной (CD8⁺) цитотоксической функции. Исследованиями установлено, что для населения, проживающего в среде с высоким экологическим прессингом, донозологическая диагностика заболеваний является основой здоровьесберегающей деятельности [23]. Это диктует необходимость продолжения научных исследований по изучению воздействия на здоровье населения Крайнего Севера факторов окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У молодых женщин, проживающих в АЗРФ, регистрируется состояние хронического функционального напряжения иммунной системы. Интенсивность напряжения проявляется двумя путями: гиперактивацией врожденной фагоцитарной/воспалительной функции и гиперактивацией цитотоксической адаптивной (CD8⁺) и врожденной (CD16⁺) функции, что косвенно может свидетельствовать о сокращении резервных возможностей иммунного гомеостаза и вероятно возможном формировании вторичного экологически зависимого иммунодефицита.

Среди всех иммунных дисбалансов, выявленных у обследуемых, наибольшая частота распространения приходится на повышенное содержание лимфоцитов с фенотипом CD8⁺ и CD16⁺. Повышенная клеточно-опосредованная цитотоксичность (CD8⁺, CD16⁺) у всех обследуемых ассоциирована с активацией моноцитарной и фагоцитарной систем. Выявлена неоднородность в соотношении лейкоцитов и интенсивности напряжения иммунной системы у обследуемых лиц; так, у женщин, проживающих на территории ранее прилегающей к Северной зоне ЯИ, установлена разбалансированность концентраций клеток: повышенное содержание CD8⁺ чаще регистрируется в д. Несь и д. Сояна, повышенное содержание CD16⁺ чаще регистрируется в д. Совполье. У лиц, проживающих в АЗРФ, где никогда не проходили ЯИ, соотношение лейкоцитов сбалансированное и повышение концентраций CD8⁺ и CD16⁺ одностороннее. Полученные результаты

о скрытых, хоть и незначительных, различиях подчеркивают необходимость учета микрорегиональных особенностей иммунного гомеостаза при оценке состояния здоровья и разработке профилактических мероприятий для населения АЗРФ и требуют пристального мониторинга.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке госзадания «Физиологическая значимость особенностей адаптивных и врожденных иммунных реакций в формировании резервных возможностей иммунного гомеостаза у жителей Арктического региона в зависимости от возраста, пола и профессионального статуса» № гос. регистрации 125021902582-1.

Конфликт интересов

Авторы данной статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) [Arctic Zone of the Russian Federation (AZRF)]. URL: <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/668885-arkticheskaya-zona-rossiyskoy-federatsii-azrf/> [date of access: September 29, 2025].
2. Стародед А.С., Майдан В.А., Цветков С.В. Влияние медико-географических особенностей Крайнего Севера на процессы адаптации. *Известия Российской военно-медицинской академии*. 2020; 39(3-5): 160-163. [Staroded AS, Maidan VA, Tsvetkov SV. Influence of medico-geographical features of the Far North on the processes of adaptation. *Proceedings of the Russian Military Medical Academy*. 2020; 39(3-5): 160-163. (In Russ.)].
3. Pashinskaya KO, Samodova AV, Dobrodeeva LK. Features of the immune system and levels of blood transport components in residents of the arctic of the Russian Federation. *Am J Hum Biol*. 2024; 36(10):e24136. doi: 10.1002/ajhb.24136
4. Лушнов А.М., Лушнов М.С. *Медицинские информационные системы: многомерный анализ медицинских и экологических данных*. Санкт-Петербург. «Геликон Плюс». 2013; 460. [Lushnov AM, Lushnov MS. *Medical information systems: multivariate analysis of medical and environmental data*. St. Petersburg. "Helicon Plus. 2013; 460. (In Russ.)].
5. Гмшинский И.В., Никитюк Д.Б. Полярный стресс: механизмы и моделирование в эксперименте. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2022; 77(6): 447-457. [Gmoshinsky IV, Nikityuk DB. Polar stress: mechanisms and modeling in the experiment. *Bulletin of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2022; 77(6): 447-457. (In Russ.)]. doi: 10.15690/vramn2209
6. Иванов А.Б., Красилов Г.А., Логачев В.А, Матушенко А.М., Сафонов В.Г. *Северный полигон Новая Земля, радиологические последствия ядерных испытаний*. Москва. 1997; 83. [Ivanov AB, Krasilov GA, Logachev VA, Matushchenko AM, Safronov VG. *Northern Novaya Zemlya test site, radiological consequences of nuclear tests*. Moscow. 1997; 83. (In Russ.)].
7. Корчин В.И., Корчина Т.Я., Терникова Е.М., Бикбулатова Л.Н., Лапенко В.В. Влияние климатогеографических факторов Ямало-Ненецкого автономного округа на здоровье населения (обзор). *Журн. мед.-биол. исследований*. 2021; 9(1): 77-88. [Korchin VI, Korchina TYa, Ternikova EM, Bikbulatova LN, Lapenko VV. Influence of climatic and geographical factors of the Yamalo-Nenets Autonomous District on public health (review). *J. Med.-biol. Res.* 2021; 9(1); 77-88. (In Russ.)]. doi: 10.37482/2687-1491-Z046
8. Donaldson S, Adlard B, Odland JØ. Overview of Human Health in the Arctic: Conclusions and Recommendations. Arctic Monitoring and Assessment Program. *International Journal of Circumpolar Health*. 2016; 75: 33807. doi: 10.3402/ijch.v75.33807
9. Курзанов А.Н., Заболотских Н.В., Ковалев Д.В. *Функциональные резервы организма*. – М.: Издательский дом Академии Естествознания. 2016; 96. [Kurzanov AN, Zabolotskikh NV, Kovalev DV. *Functional reserves of the organism*. – Moscow: Publishing House of the Academy of Natural Science. 2016; 96. (In Russ.)].
10. Verster JC, Kraneveld AD, Garssen J. The Assessment of Immune Fitness. *Journal of Clinical Medicine*. 2023; 12(1): 22. doi: 10.3390/jcm12010022
11. Кривощёков С.Г. Труд и здоровье человека в Арктике. *Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки*. 2016; 4; 84-93. [Krivoshchekov SG. Labor and human health in the Arctic. *Vestn. Sev. (Arctic) feder. Uni. Ser.: Med.-biol. sciences*. 2016; 4; 84-93. (In Russ.)].
12. Маликова Е.Л. *Картографирование эоловых форм рельефа Надымского Приобья. Географические исследования Сибири и сопредельных территорий*. Мат. Междунар. геогр. конф. Иркутск: Изд-во Инст. геогр. им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2019; 510-513. [Malikova EL. *Mapping of Aeolian relief forms of the Nadym Ob region. Geographical studies of Siberia and adjacent territories*. Mat. International geographical conf. Irkutsk: Publishing House of the V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS. 2019; 510-513. (In Russ.)].
13. Горбачев А.Л. Биогеохимическая характеристика северных регионов России. Человек на Севере: системные механизмы адаптации: сб. тр., посвященный 90-летию основания Магадана / под ред. акад. Н.Н. Беседновой. Магадан: Экспресс-полиграфия. 2019; 3: 68-79. [Gorbachev AL. Biogeochemical characteristics of the northern regions of Russia. Man in the North: systemic mechanisms of adaptation: collected works dedicated to the 90th anniversary of the founding of Magadan / ed. Academician NN Besetnova. Magadan: Express polygraphy. 2019; 3: 68-79. (In Russ.)].
14. Dudarev AA, Dorofeyev VM, Dushkina EV, Alloyarov PR, et al. Food and water security issues in Russia III: Food- and Waterborne Diseases in the Russian Arctic, Siberia and the Far East, 2000–2011. *Int. J. Circumpolar Health*. 2013; 72(1): 21856. doi: 10.3402/ijch.v72i0.21856
15. Щёголева Л.С., Шашкова Е.Ю., Сергеева Т.Б. Клеточный иммунитет у женщин 20–40 лет, проживающих

- в разных климатогеографических регионах. *Acta biomedica scientifica*. 2024; 9(2): 120-129. [Shchegoleva LS, Shashkova EYu, Sergeeva TB. Cellular immunity in women aged 20–40 living in different climatic and geographic regions. *Acta biomedica scientifica*. 2024; 9(2): 120-129. (In Russ.)]. doi: 10.29413/ABS.2024-9.2.12
16. Сабиров Ж.Б., Намазбаева З.И., Мукашева М.А. Оценка показателей периферической крови у населения, проживающего вблизи Семипалатинского полигона. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(9). [Sabirov JB, Namazbaeva ZI, Mukasheva MA. Assessment of peripheral blood parameters in the population living near the Semipalatinsk polygon. *Med. labor and industrial ecol.* 2019; 59(9). (In Russ.)]. doi:10.31089/1026-9428-2019-59-9-738-739
17. Снигирева Г.П., Новицкая Н.Н. Возможности использования цитогенетических методов при обследовании населения, подвергшегося облучению в результате ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне. *Вестник РНЦРР МЗ РФ*. 2011; 11. [Snigireva GP, Novitskaya NN. Possibilities of using cytogenetic methods in the examination of the population exposed to radiation as a result of nuclear explosions at the Semipalatinsk test site. *Bulletin of the Russian Scientific Research Center for Reconstruction and Research of the Ministry of Health of the Russian Federation*. 2011; 11. URL: http://vestnik.rnccr.ru/vestnik/v11/papers/snigir_v11.htm [date of access: February 02, 2025].
18. Tanaka K, Iida S, Takeichi N, Chaizhunusovaet NJ, Gusev BI, Apsalikov KN, et al. Unstable-type chromosome aberrations in lymphocytes from individuals living near Semipalatinsk nuclear test site. *Journal of Radiation Research (Tokyo)*. 2006; 47(A): 159-164. doi: 10.1269/jrr.47.a159
19. Buonacera A, Stancanelli B, Colaci M, Malatino L. Neutrophil to Lymphocyte Ratio: An Emerging Marker of the Relationships between the Immune System and Diseases. *Int J Mol Sci.* 2022; 23(7): 3636. doi: 10.3390/ijms23073636
20. Zahorec R. Neutrophil-to-lymphocyte ratio, past, present and future perspectives. *Bratisl Lek Listy*. 2021; 122(7): 474-488. doi: 10.4149/BLL_2021_078
21. Song M, Graubard BI, Rabkin CS, Engels EA. Neutrophil-to-lymphocyte ratio and mortality in the United States general population. *Sci Rep.* 2021; 11(1): 464. doi: 10.1038/s41598-020-79431-7
22. Добродеева Л.К., Самодова А.В. Адгезия и агрегация клеток периферической венозной крови у жителей высоких широт. Екатеринбург: УрО РАН; 2024; 216. [Dobrodeeva LK, Samodova AV. Adhesion and aggregation of peripheral venous blood cells in inhabitants of high latitudes. Ekaterinburg: Uro RAS; 2024; 216. (In Russ.)].
23. Unguryan T, Novikov S, Buzinov R, Gudkov A, Grjibovski A. Respiratory Diseases in a Town with Heavy Pulp and Paper Industry. *Epidemiologia e Prevenzione*. 2010; 34(5-6): 138

Сведения об авторах

Шашкова Елизавета Юрьевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН; e-mail: eli1255@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1735-6690>

Каббани Мухаммад Сохаб – кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН; e-mail: sohibmsk@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2330-7123>

Сергеева Татьяна Борисовна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН; e-mail: tanya--86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-3099>

Дедюхина (Филиппова) Оксана Евгеньевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН, e-mail: oxana_filippova_85@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-6117-0562>

Щёголева Любовь Станиславовна – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, зав. лабораторией физиологии иммунокомпетентных клеток ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН; e-mail: shchegoleva60@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4900-4021>

Information about the authors

Elizaveta Yu. Shashkova – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Physiology of Immune Competent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: eli1255@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1735-6690>

Mohammad S. Kabbani – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Physiology of Immune Competent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: sohibmsk@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2330-7123>

Tatyana B. Sergeeva – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Physiology of Immune Competent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: tanya--86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-3099>

Oksana E. Dedyukhina (Filippova) – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer at the Laboratory of Physiology of Immune Competent Cell, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: oxana_filippova_85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6117-0562>

Lyubov S. Shchegoleva – Dr. Sc. (Biol.), Professor, Chief Research Officer, Head of the Laboratory of Physiology of Immune Competent Cells, N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; e-mail: shchegoleva60@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4900-4021>