

**СОСТОЯНИЕ ИММУННОГО ГОМЕОСТАЗА У ГИДРОГРАФОВ
СЕВЕРНОГО ФЛОТА РФ С УЧЕТОМ СТАЖА РАБОТЫ**

Каббани М. С.¹,
Щёголева Л. С.¹,
Шашкова Е. Ю.¹

¹ ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН.

**STATE OF IMMUNE HOMEOSTASIS IN HYDROGRAPHERS OF THE
NORTHERN FLEET OF THE RUSSIAN FEDERATION, CONSIDERING
THEIR WORK EXPERIENCE**

Kabbani M. S. ^a,
Shchegoleva L. S. ^a,
Shashkova E. Y. ^a

^a N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (FECIAR UrB RAS).

Резюме

Профессиональная деятельность и срок воздействия факторов, связанных с видом профессии и стажем работы, способствуют модуляции как физиологических, так и психологических функций организма человека. Экологические и климатические особенности высоких широт, характеризующихся практически круглогодовыми низкими температурами, пониженным УФ индексом и фотопериодизмом, приводит к усугублению воздействия профессиональной деятельности. Комплекс профессиональных и экологических факторов вызывает напряжения адаптационных возможностей, в том числе иммунных. Цель работы - выявление влияния стажа работы на состояние иммунного гомеостаза у гидрографов Северного флота РФ. Обследовано 64 практически здоровых мужчины, работающих в условиях северных морей, в зависимости от стажа работы: 1. стаж работы $2,3 \pm 0,4$ года; 2. $9,0 \pm 0,5$ лет; 3. $15,9 \pm 0,6$ лет; 4. $28,9 \pm 1,0$ лет. Определяли в периферической крови, с помощью метода непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля» с применением пероксидазного конъюгата и окрашиванием раствором хромогена, количество лимфоцитов (CD5+, CD10+, CD95+, CD71+) и соотношение их концентраций (CD10+/CD95+ и CD71+/CD95+). Анализ показал, что количество лимфоцитов с маркером (CD5+) снижается у лиц со стажем до $9,0 \pm 0,5$ лет. Соотношение содержания клеток (CD10+/CD95+) и (CD71+/CD95+) находятся в пределах оптимальных сбалансированных значений ($0,94-1,06$) при норме ($1 \pm 0,05$) с отсутствием статистически значимого различия в зависимости от стажа работы. Установили, что предполагаемый механизм иммунной адаптации у гидрографов выполняется двумя путями: у молодых (с маленьким и средним стажем работы) гидрографов - через сохранение соотношения процессов лимфопролиферации к апоптозу за счет (CD10+/CD95+) на фоне снижения уровня экспрессии маркера (CD5+); у старших (со значительным и долголетним стажем работы) гидрографов – через восстановление уровня экспрессии маркера (CD5+) на фоне расширения диапазона распределения значений соотношения (CD10+/CD95+) и сохранения соотношения (CD71+/CD95+) в жестких пределах. Полученные результаты подчеркивают необходимость индивидуального медико-биологического мониторинга для коррекции иммунного гомеостаза трудоспособного населения высоких широт.

Ключевые слова: Иммунный гомеостаз, Соотношение лимфопролиферации и апоптоза, Профессия, Гидрографы. Север РФ.

Abstract

Professional activity and the exposure duration to factors associated with the professional type and work experience influence the modulation of physiological and psychological functions in the human body. The ecological and climatic characteristics of high latitudes, such as, low temperatures, UV index, and variations in photoperiod, exacerbate the effects of professional activity. This complex interplay of professional and environmental factors imposes stress on adaptive capabilities, including those related to the immune system. The purpose of this paper is to identify the impact of job experience on the state of immune homeostasis in hydrographers of the Northern Fleet of the Russia. Sixty-four practically healthy men working in the northern seas were examined based on their length of service: 1. 2.3 ± 0.4 years; 2. 9.0 ± 0.5 years; 3. 15.9 ± 0.6 years; 4. 28.9 ± 1.0 years. The count of lymphocytes with the markers $CD5^+$, $CD10^+$, $CD95^+$, $CD71^+$ and the ratios of their concentrations ($CD10^+/CD95^+$ and $CD71^+/CD95^+$) were determined in the peripheral blood using the indirect immunoperoxidase reaction method with monoclonal antibodies on dried drop lymphocyte preparations. The analysis showed that the lymphocytes expressing the marker $CD5^+$ decreases in individuals with work experience up to 9.0 ± 0.5 years. The ratios of cell content ($CD10^+/CD95^+$ and $CD71^+/CD95^+$) are within the optimal balanced values ($0.94-1.06$) at the norm (1 ± 0.05), with no statistically significant difference based on length of work experience. It was found that the proposed mechanism of immune adaptation in hydrographers is implemented in two ways: in younger hydrographers (with short and medium work experience) through the maintenance of the ratio of lymphoproliferation processes to apoptosis due to ($CD10^+/CD95^+$) against the background of a decrease in the level of expression of the marker $CD5^+$; and in older hydrographers (with significant and long-term work experience) through the restoration of the level of expression of the marker $CD5^+$ against the background of an expanded distribution range of the values of $CD10^+/CD95^+$ ratio while maintaining the ratio of $CD71^+/CD95^+$ within strict limits. The results underscore the necessity for individualized medical and biological monitoring to restore immune homeostasis in the working population residing in high latitudes.

Keywords: Immune homeostasis, Ratio of Lymphoproliferation to apoptosis, Profession, Hydrographers. North of the Russian Federation.

1 Введение

Экстремальный климат и ограниченная инфраструктура человека, распространенные в высокоширотных регионах, могут оказывать существенное влияние на деятельность человека и создавать существенные проблемы для здоровья работников в этих регионах, включая иммунную функцию [9, 12].

Окружающая среда в высокоширотных регионах известна своими экстремально низкими температурами и УФ-индексом, резким изменением фотопериодики и особыми требованиями к профессиональной деятельности, что вызывает значительный физиологический стресс всех систем организма человека, в том числе иммунной системы. Профессиональная деятельность человека в суровых условиях северного региона, включая военную службу, гидрографию, работу на открытом воздухе и др. требует интенсивных физических энергозатрат, а длительность воздействия экстремальных факторов окружающей среды еще больше ослабляет иммунную защиту организма [11, 13].

Известно, что у работников высоких широт иммунная адаптация сопровождается повышенной частотой системных воспалительных реакций и измененной микробиотой кишечника. Однако, данная адаптация чревата более высокой восприимчивостью организма человека к болезням на фоне иммунных дисбалансов и других функциональных иммунных расстройств [1].

Более высокий риск респираторных инфекций и повышенное воздействие патогенов, передающихся воздушно-капельным путем, могут быть результатом того, что ученые и исследователи, работающие в высокоширотных условиях, проводят длительное время в помещениях. У экспедиционных исследователей, работающих на открытом воздухе субарктического региона, отмечено повышение содержания иммуноглобулинов, особенно IgA, а также повышение концентрации трансформирующего фактора роста бета (TGF- β) [4, 8]. У пожарных наблюдается повышенная концентрация Т-лимфоцитов 2-го типа (CD3+, CD294+) в результате длительного воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды, что связано с повышением концентрации общего иммуноглобулина Е (IgE) и респираторными осложнениями [7].

Тип работы влияет на активность естественных киллеров (NK-клеток): высокая рабочая стрессовая нагрузка у работников фабрик и строителей коррелирует с более низкой активностью NK, в то время как у офисных работников и художников наблюдается повышенная активность NK из-за меньшего стресса [5].

Здоровье гидрографов зависит от многих профессиональных и экологических факторов, включая стресс, связанный с работой, образом жизни и уникальных условий труда. Исследования показывают, что моряки, включая гидрографов, сталкиваются со значительными проблемами со здоровьем из-за условий своей работы [10].

Целью данной работы является выявление влияния стажа работы на состояние иммунного гомеостаза у гидрографов Северного флота РФ.

2 Материалы и методы

Проведено исследование иммунного статуса 64 человек мужского пола, работающих в Архангельском районе гидрографической службы Северного флота Российской Федерации (АРГС СФ РФ). Участие в обследовании выполнено на добровольной основе с письменными согласиями участников. Работа проводилась с соблюдением основных норм биомедицинской этики в соответствии с документом «Этические принципы проведения медицинских исследований с участием людей в качестве субъектов исследования» (Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации 1964). Этический протокол №4, 10.02.2022. На момент взятия крови все добровольцы по заключению врача организации не имели острых/хронических заболеваний. Обследуемых разделили на четыре группы в зависимости от стажа работы в данной профессии; Первая группа (маленький стаж) состоит из 16 мужчин в возрасте $31,1 \pm 2,5$ года со стажем работы $2,3 \pm 0,4$ года; Вторая группа (средний стаж) включает 19 человек в возрасте $42,6 \pm 2,6$ года со стажем работы $9,0 \pm 0,5$ года; Третья группа (значительный стаж) состоит из 14 мужчин в возрасте $44,9 \pm 2,8$ года со стажем работы $15,9 \pm 0,6$ года; Четвёртая группа (долголетний стаж) состоит из 15 человек в возрасте $51,0 \pm 1,5$ года со стажем работы $28,9 \pm 1,0$ года.

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии иммунокомпетентных клеток, института физиологии природных адаптации, ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН. Исследование включало определение в периферической крови, с помощью метода непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител на препаратах лимфоцитов типа «высушенная капля» с применением пероксидазного конъюгата и окрашиванием раствором хромогена, лимфоцитов с маркером (CD5+), отражающих общее количество Т- и В-1 лимфоцитов, соотношения процесса лимфопролиферации (лимфоциты с маркером CD10+ и лимфоциты с рецептором к трансферрину CD71+, отражающие уровень лимфопролиферации) к апоптозу (лимфоциты с маркером CD95+) (CD10+/CD95+ и CD71+/CD95+); госзадание №125021902582-1.

Статистический анализ осуществляли с помощью SPSS 25. Отсутствие нормального распределения определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Медиану (Me), процентильные интервалы (Q25–Q75) и 95% доверительный интервал (нижняя граница-верхняя граница) использовали для представления полученных результатов. Сравнение полученных результатов выполнено с помощью критерия Крускала-Уоллиса, уровень значимости $p < 0,05-0,01$.

3 Результаты и обсуждения

Анализ полученных результатов показывает, что количество лимфоцитов с маркером (CD5+) находится ниже оптимальных нормальных пределов ($1,00-2,5$ кл/л $\times 10^9$), установленных на базе нашей лаборатории и соответствующих нормам, предложенным Al-Mawali et al. [3], что характерно

для северян согласно нашим ранее опубликованным работам [2], наряду с этим, также можно заметить колебание содержания лимфоцитов с маркером (CD5+) в зависимости от стажа работы (Таблица 1), так как медиана количества лимфоцитов, несущих рецептор (CD5+), у группы гидрографов с маленьким стажем работы составляет $0,44 (0,37-0,49) \times 10^9$ кл/л, а у группы со среднем стажем значительно ($p < 0,05$) медиана уменьшается и составляет $0,34 (0,21-0,43) \times 10^9$ кл/л. У группы гидрографов со значительным стажем ($p < 0,05$) закрепляется медиана и доходит до уровня $0,47 (0,37-0,77) \times 10^9$ кл/л с регистрацией расширения в диапазоне распределения данных согласно 95% доверительного интервала (0,38-0,83). Процесс закрепления уровня экспрессии маркера (CD5+) продолжается у группы с долголетним стажем, и медиана их количества составляет $0,56 (0,46-0,66) \times 10^9$ кл/л с более стабильным диапазоном распределения данных согласно 95% доверительного интервала (0,48-0,64).

Медианы соотношения (CD10+/CD95+) и (CD71+/CD95+), отражающие баланс между процессами лимфопрлиферации и апоптоза находятся в пределах (0,94-1,05), т.е. практически в пределах оптимальных сбалансированных значений ($1 \pm 0,05$), с отсутствием статистически значимого различия в зависимости от стажа работы.

Несмотря на то, что медиана (CD10+/CD95+) сбалансирована в независимости от стажа работы, важно заметить, что диапазон распределения значений резко расширяется со стажем с (0,76-1,06) и (0,91-1,18) у групп гидрографов с маленьким и умеренным стажем, соответственно, до (0,65-1,96) у группы с долголетним стажем, что, вероятно, служит признаком ослабления возможности организма в сохранении состояния иммунного гомеостаза у гидрографов со стажем работы более $9,0 \pm 0,5$ лет.

В связи с тем, что рецептор (CD5+) играет ключевую роль в иммунной толерантности, участвуя в отрицательном отборе лимфоцитов, регуляции аллергических реакций, интенсивности иммунного ответа [6], можно предположить, что стаж работы гидрографов приводит к снижению уровня иммунной толерантности, укрепляя интенсивность иммунного ответа, особенно у группы с умеренным стажем ($9,0 \pm 0,5$ года), с последующим признаком адаптации к профессиональным воздействующим факторам, характеризующимся восстановлением уровня иммунной толерантности и интенсивности иммунного ответа при стаже работы более $9,0 \pm 0,5$ лет.

4 Заключение

Исследование дает представление о состоянии иммунного гомеостаза и иммунной адаптации мужчин (гидрографов), работающих в Архангельском районе гидрографической службы Северного флота Российской Федерации, в зависимости от стажа работы.

Установлено, что сохранение иммунного гомеостаза у гидрографов выполняется двумя механизмами: у молодых (с маленьким и средним стажем работы) гидрографов - через сохранение соотношения процессов (CD10+/CD95+) в пределах (0,68 – 1,15; 0,84-1,18) на фоне снижения уровня

экспрессии маркера (CD5+); у старших (со значительным и долголетним стажем работы) гидрографов – через восстановление уровня экспрессии маркера (CD5+) на фоне расширения диапазона распределения значений соотношения (CD10+/CD95+) до (0,65-1,96) и сохранения соотношения (CD71+/CD95+) в жестких пределах (0,85-1,17).

Иными словами, один из механизмов выполняется за счет удерживания уровня (CD71+/CD95+) в жестких пределах (0,85-1,17) вне зависимости от стажа работы, а другой механизм, по нашему мнению, более лабильный и реализуется путем сохранения сбалансированного соотношения клеток (CD10+/CD95+) для компенсации снижения уровня иммунной адаптации (толерантности), вызванной снижением уровня экспрессии.

Полученные результаты способствуют пониманию динамики сохранения иммунного гомеостаза у здоровых людей в конкретных профессиональных условиях и требуют дальнейших исследований для выявления потенциальных последствий снижения уровня иммунной адаптации/толерантности, особенно у тех лиц, у которых рано выявляются признаки нарушения соотношения (CD10+/CD95+). Полученные данные могут быть использованы для разработки необходимых профилактических мер для сохранения профессиональной работоспособности населения в условиях высоких широт.

ТАБЛИЦЫ

Таблица 1. Медиана и 95% доверительный интервал иммунных показателей у мужчин (гидрографов) в зависимости от стажа работы.

Table 1. Median and 95% Confidence Interval immune parameters in men (hydrographers) considering job experience.

Показатель Parameter		Группа 1 Group 1 N=16	Группа 2 Group 2 N=19	Группа 3 Group 3 N=14	Группа 4 Group 4 N=15	Р- значени е (Круска ла- Уоллис а) P-value (Kruskal -Wallis)
Стаж работ, год Work experie nce, year	Me(Q ₂₅ -Q ₇₅)	2.3(1,0-3,0)	9.0(7,0-11,0)	16.0(14,0-17,3)	30.0(25,0-31,0)	0.000
	95% ДИ 95% CI	(1,56-3,10)	(8,00-10,00)	(0,40-0,81)	(0,47-0,64)	
CD5 ⁺ Кл/л × 10 ⁹ Cell/l × 10 ⁹	Me(Q ₂₅ -Q ₇₅)	0.44(0,37-0,49)	0.34(0,21-0,43)	0.47(0,37-0,77)	0.56(0,46-0,66)	0.006
	95% ДИ 95% CI	(0,37-0,52)	(0,26-0,41)	(0,38-0,83)	(0,48-0,64)	
CD10 ⁺ / CD95 ⁺	Me(Q ₂₅ -Q ₇₅)	0.94(0,68-1,15)	1.00(0,84-1,18)	1.00(0,91-1,31)	1.04(0,94-1,29)	0,326
	95% ДИ 95% CI	(0,76-1,06)	(0,91-1,18)	(0,90-1,42)	(0,65-1,96)	
CD71 ⁺ / CD95 ⁺	Me(Q ₂₅ -Q ₇₅)	1.00(0,83-1,21)	0.95(0,79-1,00)	1.05(0,92-1,20)	0.95(0,87-1,07)	0,304
	95% ДИ 95% CI	(0,88-1,17)	(0,85-1,04)	(0,94-1,16)	(0,85-1,08)	

ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ_МЕТАДААННЫЕ

Блок 1. Информация об авторе ответственном за переписку

Каббани Мохаммад Сохиб, к.б.н., научный сотрудник;

адрес: 163000, Россия, Архангельск, пр-к. Ломоносова 249, 11;

телефон/факс: 8(8182)28-64-19;

e-mail: Sohibmsk@hotmail.com

Kabbani Mohammad Sohib, Candidate of Biological Sciences, researcher;

address: 163000, Russia, Arkhangelsk, avenue Lomonosova 249, 11;

telephone/fax: 8(8182)28-64-19;

e-mail: Sohibmsk@hotmail.com

Блок 2. Информация об авторах

Щёголева Любовь Станиславовна, д.б.н., профессор, главный научный сотрудник, зав. лаб.;

Shchegoleva Lyubov Stanislavovna - Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, head of laboratory;

Шашкова Елизавета Юрьевна, к.б.н., старший научный сотрудник;

Shashkova Elizaveta Yurievna, Candidate of Biological Sciences, senior researcher.

Блок 3. Метаданные статьи

СОСТОЯНИЕ ИММУННОГО ГОМЕОСТАЗА У ГИДРОГРАФОВ
СЕВЕРНОГО ФЛОТА РФ С УЧЕТОМ СТАЖА РАБОТЫ
STATE OF IMMUNE HOMEOSTASIS IN HYDROGRAPHERS OF THE
NORTHERN FLEET OF THE RUSSIAN FEDERATION, CONSIDERING
THEIR WORK EXPERIENCE

Сокращенное название статьи для верхнего колонтитула:

ИММУННЫЙ ГОМЕОСТАЗ У ГИДРОГРАФОВ
IMMUNE HOMEOSTASIS IN HYDROGRAPHERS

Ключевые слова: Иммунный гомеостаз, Соотношение лимфопролиферации и апоптоза, Профессия, Гидрографы. Север РФ.

Keywords: Immune homeostasis, Ratio of Lymphoproliferation to apoptosis, Profession, Hydrographers. North of the Russian Federation.

Краткие сообщения.

Количество страниц текста – 4,

Количество таблиц – 1,

Количество рисунков – 0.

01.04.2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Порядковый номер ссылки	Авторы, название публикации и источника, где она опубликована, выходные данные	ФИО, название публикации и источника на английском	Полный интернет-адрес (URL) цитируемой статьи или ее doi.
1	Саликова С.П., Власов А.А., Гриневич В.Б. Адаптация человека к условиям Крайнего Севера: фокус на коррекцию микробно-тканевого комплекса желудочно-кишечного тракта. Экология человека, 2021, Т. 28, №2, С. 4-12.	Salikova S.P., Vlasov A.A., Grinevich V.B. Human adaptation to the conditions of the far north: emphasis on the correction of the microbial-tissue complex of the gastrointestinal tract. Ekologiya cheloveka (Human Ecology), 2021, Vol. 28, no. 2, pp. 4-12.	https://hum-ecol.ru/1728-0869/article/view/63399 [doi:10.33396/1728-0869-2021-2-4-12]
2	Щёголева Л.С., Каббани М.С., Сергеева Т.Б., Шашкова Е.Ю., Филиппова О.Е. Исследование иммунного гомеостаза у жителей Северо-Западного и Горно-Южного регионов. Вестник уральской медицинской академической науки, 2023, Том 20, № 1-2, с. 40–52.	Shchegoleva L.S., Kabbani M.S., Sergeeva T.B., Shashkova E.Yu., Filippova O.E. Study of immune homeostasis in residents of the North-West and Mountain-South regions. Bulletin of the Ural Medical Academic Science, 2023, Vol. 20, no. 1-2, pp. 40–52	https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54914740 [doi: 10.22138/2500-0918-2023-20-1-40-52]
3	Al-Mawali A., Pinto A.D., Al Busaidi R., Al-Zakwani I. Lymphocyte subsets: reference ranges in an age- and gender-	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23839863/ [doi:10.1002/cyto.a.22322]

	balanced population of Omani healthy adults. Cytometry. Part A : the journal of the International Society for Analytical Cytology, 2013, Vol. 83, no. 8, pp. 739–744.		
4	Bhushan B., Tanwar H., Eslavath M.R., Singh S.B., Kumar B., Ganju L. Impact of the harsh Antarctic environment on mucosal immunity. Antarctic Science, 2021, Vol. 33, no. 6, pp. 624-632.	–	https://www.cambridge.org/core/journals/antarctic-science/article/abs/impact-of-the-harsh-antarctic-environment-on-mucosal-immunity/26F574E55BBB193BE4ADC349E43E27EB [doi:10.1017/S0954102021000407]
5	Boscolo P., Forcella L., Reale M., Vianale G., Battisti U., Bonfiglioli R., Cortini M., Di Giampaolo L., Di Donato A., Salerno S. Job strain in different types of employment affects the immune response. Work (Reading, Mass.), 2012, Vol. 41, Suppl 1, pp. 2950–2954.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22317167/ [doi:10.3233/WOR-2012-0546-2950]
6	Burgueño-Bucio E., Mier-Aguilar C. A., Soldevila G. The multiple faces of CD5. Journal of leukocyte biology, 2019, Vol. 105, no. 5, pp. 891–904.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30676652/ [doi:10.1002/JLB.MR0618-226R]

7	Bychkova N.V., Kalashnikova A.A., Kalinina N.M. T-lymphocytes of the 2nd type of the immune response and their role in enhancing inflammation during the professional activities of firefighters. Medical Immunology (Russia), 2023, Vol. 25, no. 4, pp. 741-746.	–	https://www.mimmun.ru/mimmun/article/view/2739?locale=en_US [doi:10.15789/1563-0625-TLO-2739]
8	Ganly K.H., Bowyer J.C., Bird P.W., Willford N.J., Shaw J., Odedra M., Osborn G., Everett T., Warner M., Horne S., Dinn M., McMurray C.L., Holmes C.W., Koo S.S.F., Tang J.W. Prospective Surveillance of Respiratory Infections in British Antarctic Survey Bases During the COVID-19 Pandemic. The Journal of infectious diseases, 2022, Vol. 226, no. 12, pp. 2105–2112.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36214778/ [doi:10.1093/infdis/jiac412]
9	Grigorieva E.A. Climate Change and Human Health in the Arctic: A Review. Climate, 2024, Vol.12, no. 7, 89.	–	https://www.mdpi.com/2225-1154/12/7/89 [doi:10.3390/cli12070089]
10	Hynds P., Borchardt M.A., Ibaraki M. Preface: Hydrogeology and human health. Hydrogeology Journal, 2017, V. 25, pp. 897–902.	–	https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-017-1585-1 [doi:10.1007/s10040-017-1585-1]

11	Lundblad M.W, Broderstad A.R, Njølstad I. Social inequalities in health in the Arctic region: from observing to serving. Scandinavian Journal of Public Health, 2023, Vol.51, no. 7, pp. 973-975.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3776175/ [doi:10.1177/14034948231200515]
12	Parkinson A. J., Evengard B., Semenza J. C., Ogden N., Børresen M. L., Berner J., Brubaker M., Sjöstedt A., Evander M., Hondula D. M., Menne B., Pshenichnaya N., Gounder P., Larose T., Revich B., Hueffer K., Albihn A. Climate change and infectious diseases in the Arctic: establishment of a circumpolar working group. International journal of circumpolar health, 2014, Vol. 73, 25163.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25317383/ [doi:10.3402/ijch.v73.25163]
13	Simpson R.J., Kunz H., Agha N., Graff R. Exercise and the Regulation of Immune Functions. Progress in molecular biology and translational science, 2015, Vol. 135, pp. 355–380.	–	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26477922/ [doi:10.1016/bs.pmbts.2015.08.001]