

## ВЛИЯНИЕ ЗАКАЛИВАЮЩИХ ПРОЦЕДУР НА ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛОЙ КРОВИ ДЕТЕЙ 4–6 ЛЕТ

*Е.Н. Булашева*, [scorpion071197@mail.ru](mailto:scorpion071197@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0761-1803>  
*А.Д. Шалабодов*, [a.d.shalabodov@utmn.ru](mailto:a.d.shalabodov@utmn.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5844-0859>  
*И.В. Ральченко*, [i.v.ralchenko@utmn.ru](mailto:i.v.ralchenko@utmn.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4375-078X>  
Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

**Аннотация. Цель:** изучить влияние программы закаливания на иммунологические и лейкоцитарные показатели у дошкольников 4–6 лет в условиях дошкольного образовательного учреждения. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на группе из 81 ребенка дошкольного возраста, разделенных на три экспериментальные группы: группу закаливания ( $n = 53$ ), группу контраста ( $n = 12$ ) и контрольную группу ( $n = 16$ ). Группа закаливания подвергалась систематическим закаливающим процедурам пять раз в неделю по разработанной схеме контрастных температурных воздействий. Группа контраста участвовала в программе закаливания с дополнительными сеансами в сауне. Контрольная группа придерживалась стандартного режима дошкольного учреждения без применения специальных закаливающих мероприятий. **Результаты.** Закаливающие процедуры не оказывают существенного влияния на содержание иммуноглобулинов и показатели белой крови, но вызывают незначительные изменения содержания цитокинов в крови детей групп закаливания и контраста по сравнению с контрольной группой. Наличие положительной корреляции между содержанием ФНО- $\alpha$  и нейтрофилами в группах контроля и закаливания может указывать на базовую готовность организма к быстрому иммунному ответу. Напротив, в случае отрицательной корреляции между этими показателями в крови детей группы контраста – на изменение реакции иммунной системы под влиянием теплового воздействия. Об этом также свидетельствует наличие положительной корреляции между содержанием ФНО- $\alpha$  и моноцитами в крови детей группы контраста. **Заключение.** Отсутствие значимых изменений в количестве лейкоцитов и иммуноглобулинов, а также выявленные изменения в уровнях цитокинов, не выходящие за пределы референтных значений у детей групп закаливания и контраста, могут указывать на то, что иммунная система адекватно реагирует на стимулы, связанные с закаливающими процедурами, не переходя в состояние патологической активации.

**Ключевые слова:** закаливание, иммуноглобулины, цитокины, лейкоциты, дети дошкольного возраста

**Для цитирования:** Булашева Е.Н., Шалабодов А.Д., Ральченко И.В. Влияние закаливающих процедур на иммунологические показатели и показатели белой крови детей 4–6 лет // Человек. Спорт. Медицина. 2025. Т. 25, № S2. С. 38–44. DOI: 10.14529/hsm25s205

Original article  
DOI: 10.14529/hsm25s205

## THE INFLUENCE OF HARDENING PROCEDURES ON IMMUNOLOGICAL AND LEUKOCYTE PARAMETERS IN CHILDREN AGED 4–6 YEARS

*E.N. Bulasheva*, [scorpion071197@mail.ru](mailto:scorpion071197@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-0761-1803>  
*A.D. Shalabodov*, [a.d.shalabodov@utmn.ru](mailto:a.d.shalabodov@utmn.ru), <https://orcid.org/0000-0001-5844-0859>  
*I.V. Ralchenko*, [i.v.ralchenko@utmn.ru](mailto:i.v.ralchenko@utmn.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4375-078X>  
University of Tyumen, Tyumen, Russia

**Abstract. Aim.** This study aimed to investigate the effects of hardening regimens on key immunological and leukocyte parameters in children aged 4–6 years in preschool settings. **Materials and methods.** Preschool children were allocated into three groups. The Hardening group ( $n = 53$ ) underwent a regimen of cold temperature exposure five times per week. The Contrast group ( $n = 12$ ) followed a similar hardening

regimen (cold temperature exposure) but concluded each session with a sauna visit (+60 to +65°C, hot temperature exposure). The Control group (n = 16) adhered to the standard kindergarten routine. **Results.** The hardening procedures did not induce significant alterations in immunoglobulin levels or leukocyte parameters. However, subtle changes in cytokine levels were observed in both the Hardening and Contrast groups compared to the Control. A positive correlation between TNF- $\alpha$  and neutrophils in the Control and Hardening groups suggested a baseline state of immune readiness. In the Contrast group, this relationship was inverted, showing a negative correlation, which indicates a modulation of the immune response following thermal stress. This altered state was further supported by a positive correlation between TNF- $\alpha$  and monocyte levels in the Contrast group. **Conclusion.** The absence of significant changes in leukocyte and immunoglobulin parameters, coupled with cytokine alterations that remained within normal limits, suggests that temperature exposure elicits an adequate immune response without evidence of pathological immune activation.

**Keywords:** hardening, immunoglobulins, cytokines, leukocytes, preschool children

**For citation:** Bulasheva E.N., Shalabodov A.D., Ralchenko I.V. The influence of hardening procedures on immunological and leukocyte parameters in children aged 4–6 years. *Human. Sport. Medicine.* 2025;25(S2):38–44. (In Russ.) DOI: 10.14529/hsm25s205

**Введение.** Закаливающие процедуры становятся все более популярными из-за их потенциальной пользы для здоровья [16]. Однако некорректное применение данных процедур может привести к стрессовой реакции организма, потенциально ослабляя их положительный эффект. В то время как грамотно подобранные процедуры закаливания способствуют развитию адаптационных механизмов, которые усиливают иммунную защиту организма [16].

Одной из первых физиологических систем, реагирующих на стресс, является система крови, показатели которой быстро адаптируются к разнообразным экзогенным и эндогенным раздражителям и могут служить индикатором стресса [13].

Рядом авторов отмечено, что закаливающие процедуры влияют на количество лейкоцитов и показатели иммунной системы [10, 14–16]. В то же время лейкоциты играют важную роль во время стресса, помогая поддерживать баланс иммунной системы за счет синтеза таких ключевых провоспалительных цитокинов, как интерлейкин-6 и ФНО- $\alpha$  [11, 18].

**Материалы и методы исследования.** Исследование проводилось в период с 2020 по 2021 год на базе детского сада «Малышок» в поселке Винзили Тюменского муниципального района, где была реализована комплексная программа закаливания, интегрированная в образовательный процесс. Обследование охватывало детей в возрасте от 4 до 6 лет (n = 81), которые были разделены на три группы: контрольную (n = 16), группу закаливания (n = 53) и группу контраста (n = 12).

Критерии включения охватывали: наличие информированного согласия родителей,

медицинское заключение о принадлежности к I или II группе здоровья (форма № 026/у) и отсутствие семейного анамнеза синдрома внезапной смерти. Критерии исключения: перенесенные острые респираторные или вирусные инфекции в предшествующие два месяца, а также наличие сердечно-сосудистой патологии.

Контрольная группа следовала стандартному режиму дошкольного учреждения. Для группы закаливания был разработан комплекс контрастных закаливающих процедур, включающий аэробные упражнения на открытом воздухе, респираторную гимнастику по методике А.Н. Стрельниковой, криотерапию стоп и гидротерапию с применением холодной воды. Процедуры проводились пять раз в неделю перед началом основного режима дня. Дети группы контраста подвергались аналогичным воздействиям с последующей термотерапией в сауне (t = +60...+65°C).

Лабораторные и клинические исследования были выполнены через три месяца с момента начала процедур закаливания, что соответствует периоду, когда обычно наблюдается основной эффект от регулярного применения данных методов [3]. Для определения абсолютного и относительного содержания лейкоцитов в крови использовался гематологический анализатор UniCell DxH 800 (Beckman Coulter, США). Уровень иммуноглобулинов А, G и М, а также ФНО- $\alpha$  и интерлейкина-6 оценивался с помощью твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) с реактивами компании «ВекторБест» (Россия). Концентрации иммуноглобулинов А, G и М выражались в единицах на миллилитр (Ед/мл), а концентрации цитокинов ФНО- $\alpha$  и интерлейкина-6 – в пикограммах на миллилитр (пг/мл).

Статистическая обработка данных включала расчет средних значений и стандартных ошибок ( $M \pm m$ ). Различия между группами оценивались с помощью t-теста Стьюдента, при этом уровень статистической значимости был установлен на уровне  $p < 0,05$ . Для оценки взаимосвязи между признаками использовался коэффициент корреляции Спирмена.

**Результаты.** Средние значения лейкоцитов у детей всех исследуемых групп находились в пределах референтных значений и статистически не различались (табл. 1).

Однако не исключено, что закаливание может способствовать оптимизации функционирования иммунной системы, включая умеренное стимулирование производства иммуноглобулинов [4]. Исходя из этого нами были определены уровни иммуноглобулинов в крови детей исследуемых групп.

Как показали результаты исследования, уровни иммуноглобулинов в крови обследованных детей находились в пределах референтных значений. Также мы не обнаружили статистически значимых различий этих пока-

зателей в крови всех исследуемых групп (табл. 2).

Как отмечают ряд авторов, регулярное применение закаливающих процедур может способствовать увеличению выработки в крови противовоспалительных цитокинов [1, 6]. С другой стороны, отмечено, что закаливание может временно повышать уровни некоторых провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин-6 и ФНО- $\alpha$  [5, 9, 13, 18].

Интерлейкин-6 впервые был описан за его влияние на адаптивный иммунитет [8], в то время как ФНО- $\alpha$  влияет на метаболические процессы в организме, включая увеличение расхода энергии и усиление термогенеза, что помогает поддерживать температуру тела в условиях холода и способствует адаптации к низким температурам [17].

Таким образом, измерение содержания в крови интерлейкина-6 и ФНО- $\alpha$  после закаливающих процедур позволяет более детально определить их роль в формировании ответной реакции иммунной системы.

Нами показано, что уровень интерлейки-

Таблица 1  
Table 1

Показатели белой крови у обследованных детей ( $M \pm m$ )  
Leukocyte profiles among study participants ( $M \pm m$ )

Вид клеток (референтный интервал) Cell type (reference range)	Группа контроля Control group (n = 16)	Группа закаливания Hardening group (n = 53)	Группа контраста Contrast group (n = 12)
Абсолютное содержание / Absolute count, $\times 10^9/l$			
Лейкоциты / Leukocytes (5,00–14,50)	7,86 $\pm$ 0,59	8,49 $\pm$ 0,89	9,28 $\pm$ 1,08
Нейтрофилы / Neutrophils (1,80–7,70)	4,09 $\pm$ 0,48	3,78 $\pm$ 0,18	4,76 $\pm$ 0,79
Лимфоциты / Lymphocytes (1,20–7,50)	3,13 $\pm$ 0,15	3,32 $\pm$ 0,12	3,59 $\pm$ 0,38
Моноциты / Monocytes (0,10–1,00)	0,30 $\pm$ 0,02	0,35 $\pm$ 0,02	0,43 $\pm$ 0,08
Эозинофилы / Eosinophils (0,00–0,45)	0,30 $\pm$ 0,04	0,30 $\pm$ 0,02	0,46 $\pm$ 0,13
Базофилы / Basophils (0,00–0,20)	0,03 $\pm$ 0,01	0,04 $\pm$ 0,00	0,03 $\pm$ 0,01
Относительное содержание / Relative count, %			
Нейтрофилы / Neutrophils (32,0–55,0)	50,27 $\pm$ 2,18	47,90 $\pm$ 1,09	49,23 $\pm$ 3,32
Лимфоциты / Lymphocytes (33,0–55,0)	41,56 $\pm$ 2,22	42,42 $\pm$ 1,26	38,03 $\pm$ 3,54
Моноциты / Monocytes (4,0–12,0)	4,92 $\pm$ 0,30	4,98 $\pm$ 0,35	4,70 $\pm$ 0,75
Эозинофилы / Eosinophils (1,0–5,0)	3,81 $\pm$ 0,44	4,13 $\pm$ 0,35	4,81 $\pm$ 1,26
Базофилы / Basophils (0,0–2,5)	0,44 $\pm$ 0,06	0,49 $\pm$ 0,05	0,39 $\pm$ 0,08

Таблица 2  
Table 2

Показатели иммуноглобулинов обследованных детей (M ± m)  
Immunoglobulin profiles among study participants (M ± m)

Наименование параметров (референтный интервал) / Parameter (reference range)	Группа контроля / Control group (n = 16)	Группа закаливания / Hardening group (n = 53)	Группа контраста / Contrast group (n = 12)
Иммуноглобулин А общий / Immunoglobulin A (27,0–195,0 Ед/мл)	83,38 ± 7,87	82,16 ± 5,64	84,54 ± 11,78
Иммуноглобулин М общий / Immunoglobulin M (20,0–210,0 Ед/мл)	146,23 ± 12,60	177,96 ± 11,10	164,78 ± 19,25
Иммуноглобулин G общий / Immunoglobulin G (50,0–150,0 Ед/мл)	135,84 ± 8,74	147,01 ± 5,51	142,34 ± 6,67

Таблица 3  
Table 3

Показатели цитокинов обследованных детей (M ± m)  
Cytokine profiles among study participants (M ± m)

Наименование параметров (референтный интервал) / Parameter (reference range)	Группа контроля / Control group (n = 16)	Группа закаливания / Hardening group (n = 53)	Группа контраста / Contrast group (n = 12)
Интерлейкин-6 / Interleukin-6 (≤ 7 pg/mL)	1,14 ± 0,24	2,12 ± 0,40*	1,96 ± 0,49*
ФНО-α / TNF-α (≤ 8.3 pg/mL)	4,49 ± 0,63*	4,73 ± 0,40▲	8,26 ± 0,89*▲

Примечание: \* – p < 0,05 изменения достоверны относительно детей контрольной группы; ▲ – p < 0,05 изменения достоверны относительно детей группы закаливания.

Note: \* – p < 0.05 compared to the Control group; ▲ – p < 0.05 compared to the Hardening group.

на-6 был статистически выше в крови у детей групп закаливания и контраста по сравнению с группой контроля, в то время как уровень ФНО-α значительно повышался в крови детей группы контраста. Однако важно отметить, что данные показатели во всех исследуемых группах находились в пределах референтных значений (табл. 3).

Для того чтобы понять, является ли повышение уровня цитокинов частью нормального адаптивного ответа на закаливание, а также установить, какие виды лейкоцитов могут быть наиболее тесно связаны с изменениями в уровнях иммунологических показателей, мы провели корреляционный анализ между исследуемыми показателями.

Нами установлена положительная корреляционная связь между показателями ФНО-α и абсолютным содержанием нейтрофилов в группах контроля и закаливания ( $r = 0,616 \pm \pm 0,04$  и  $r = 0,343 \pm 0,017$  соответственно), которая не наблюдалась в группе контраста.

При этом в группе контраста отмечалась статистически значимая корреляционная связь

между ФНО-α и абсолютным и относительным содержанием моноцитов ( $r = 0,626 \pm 0,06$  и  $0,685 \pm 0,06$  соответственно).

Проведя корреляционный анализ между содержанием лейкоцитов и иммуноглобулинами в крови детей, установили статистически значимую положительную корреляционную связь между показателями абсолютного и относительного содержания лимфоцитов с иммуноглобулином М у детей в группе контраста, что не наблюдалось в группах контроля и закаливания ( $r = 0,448 \pm 0,07$  и  $0,703 \pm 0,05$  соответственно).

**Заключение.** Результаты проведенного исследования демонстрируют отсутствие статистически значимых изменений в концентрациях иммуноглобулинов и параметрах лейкоцитарного профиля у детей, подвергавшихся систематическим закаливающим процедурам.

Данный феномен может быть обусловлен временным интервалом между окончанием курса закаливания и забором биологического материала, составившим три месяца. Это по-

зволяет выдвинуть гипотезу о потенциальной адаптации иммунной системы детей к регулярным температурным воздействиям, что проявляется в нормализации исследуемых иммунологических показателей.

Однако у детей группы закаливания и контраста значительно изменился уровень цитокинов по сравнению с контрольной группой. Известно, что интерлейкин-6 и ФНО- $\alpha$  являются ключевыми провоспалительными цитокинами и играют важную роль в активации иммунного ответа [12]. При этом ФНО- $\alpha$  производится в основном активированными макрофагами [2], играющими важную роль в поддержании температурного гомеостаза через секрецию цитокинов. Однако было показано, что и другие клетки, такие как нейтрофилы, способны продуцировать ФНО- $\alpha$  [7].

Действительно, обнаруженная нами положительная корреляция между уровнем ФНО- $\alpha$  и количеством нейтрофилов у детей контрольной группы и группы закаливания и положительная корреляция между ФНО- $\alpha$  и моноцитами у детей группы контраста может свидетельствовать о готовности организма к быстрому иммунному ответу и адаптации иммунной системы под влиянием теплового воздействия.

Таким образом, нами показано, что закаливающие процедуры не оказывают существенного влияния на уровень иммуноглобулинов и количество лейкоцитов в крови. Более высокие уровни интерлейкина-6 и ФНО- $\alpha$  в крови детей групп закаливания и контраста могут свидетельствовать о нормальном адаптационном ответе иммунной системы на закаливающие процедуры.

### Список литературы

1. Гейн, С.В. Влияние холодового стресса на функциональную активность перитонеальных макрофагов в условиях блокады опиатных рецепторов / С.В. Гейн, И.Л. Шаравьева // *Мед. иммунология*. – 2017. – Т. 19. – С. 21–22.
2. Терещенко, И.В. Фактор некроза опухоли  $\alpha$  и его роль в патологии / И.В. Терещенко, П.Е. Каюшев // *Рус. мед. журнал. Мед. обозрение*. – 2022. – № 6 (9). – С. 523–527. DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-9-523-527
3. Фишер, Т.А. Методология закаливания в дошкольном образовательном учреждении / Т.А. Фишер, Е.Л. Дремина, С.С. Бобрешова. – Новосибирск: СО РАН, 2022. – 100 с.
4. Чернова, Е.Д. Значение закаливания для здоровья человека / Е.Д. Чернова // *E-SCIO*. – 2021. – С. 6–13.
5. A Review on Physiological Changes Associated with Cold Water Exposure / S.Selvasekar, M.Priya, S. Lakshmi, S.Muralidharan // *International Journal of Creative Research Thoughts*. – 2021. – Vol. 9 (8). – P. 45–53.
6. Banfi, G. Whole-body cryotherapy in athletes / G. Banfi, G. Lombardi, A. Colombini // *Sports Medicine*. – 2012. – Vol. 40. – P. 509–517. DOI: 10.2165/11531940-0000000000-00000
7. Cytokine-induced Neutrophil-derived Interleukin-8 / R.M. Strieter, K. Kasahara, R.M. Allen et al. // *American Journal of Pathology*. – 1992. – Vol. 141 (2). – P. 397–407.
8. Diehl, S. The two faces of IL-6 on Th1/Th2 differentiation / S. Diehl, M. Ricon // *Molecular Immunology*. – 2002. – Vol. 39 (9). – P. 531–536. DOI: 10.1016/S0161-5890(02)00210-9
9. Dugue, B. Adaptation related to cytokines in man: Effects of regular swimming in ice-cold water / B. Dugue, E. Leppänen // *Clinical Physiology*. – 2000. – No. 20 (2). – P. 114–121. DOI: 10.1046/j.1365-2281.2000.00235.x
10. Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans / L. Jansky, D. Pospilova, S. Honzova et al. // *European journal of applied physiology and occupational physiology*. – 1996. – No. 72 (5-6). – P. 445–450. DOI: 10.1007/BF00242274
11. Interleukin-6 cytokine: An overview of the immune regulation, immune dysregulation, and therapeutic approach / M. Aliyu, F. Zohora, A.U. Anka et al. // *International Immunopharmacology*. – 2022. – Vol. 111. – P. 109–130. DOI: 10.1016/j.intimp.2022.109130.
12. Liu, C. Cytokines: From Clinical Significance to Quantification / C. Liu, D. Chu, K. Kalandar-Zadeh // *Advanced Science*. – 2021. – No. 8 (15). – P. 4–32. DOI: 10.1002/adv.202004433
13. Podstawski, R. The influence of extreme thermal stress on the physiological and psychological characteristics of young women who sporadically use the sauna: practical implications for the safe use of the sauna / R. Podstawski, K. Boryslawski, N.M. Jokefacka // *Public Health. Environmental health and Exposome*. – 2023. – P. 3–15. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1303804

14. Residual effects of short-term whole-body cold-water immersion on the cytokine profile, white blood cell count, and blood markers of stress / M. Eimonte, H. Paulauskas, L. Daniuseviciute et al. // *International Journal of Hyperthermia*. – 2021. – Vol. 38 (1). – P. 696–707. DOI: 10.1080/02656736.2021.1915504

15. The effects of cold water immersion and active recovery on inflammation and cell stress responses in human skeletal muscle after resistance exercise / J.M. Peake, L.A. Roberts, V.C. Figueiredo et al. // *The journal of physiology*. – 2017. – Vol. 595 (3). – P. 695–711. DOI: 10.1113/JP272881

16. Versteeg, N. Effects of 3-week repeated cold water immersion on leukocyte counts and cardiovascular factors: an exploratory study / N. Versteeg, R. Clijsen, E. Hohenauer // *Frontiers in Physiology*. – 2023. – Vol. 14. – P. 9. DOI: 10.3389/fphys.2023.1197585

17. Wang, H. Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology / H. Wang, J. Ye // *Reviews in endocrine and metabolic disorders*. – 2015. – Vol. 16 (1). – P. 47–54. DOI: 10.1007/s11154-014-9306-8

18. White, G. E. The effect of various cold-water immersion protocols on exercise-induced inflammatory response and functional recovery from high-intensity sprint exercise / G.E. White, S.G. Rhind, G.D. Wells // *European Journal of Applied Physiology*. – 2014. – Vol. 114. – P. 2353–2367. DOI: 10.1007/s00421-014-2954-2

### References

1. Gain S.V., Sharavieva I.L. [Effect of Cold Stress on the Functional Activity of Peritoneal Macrophages Under Conditions of Opiate Receptor Blockade]. *Medicinskaya immunologiya zhurnal* [Medical Immunology], 2017, vol. 19, pp. 21–22. (in Russ.)

2. Tereshchenko I.V., Kayushev P.E. [Tumor Necrosis Factor  $\alpha$  and its Role in Pathology]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal: Meditsinskoye obozreniye* [Russian Medical Journal. Medical Review], 2022, no. 6 (9), pp. 523–527. (in Russ.) DOI: 10.32364/2587-6821-2022-6-9-523-527

3. Fisher T.A., Dremina E.L., Bobreshova S.S. *Metodologiya zakalivaniya v doshkolnom obrazovatelnom uchrezhdenii* [The Methodology of Hardening in Preschool Educational Institution]. Novosibirsk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2022. 100 p.

4. Chernova E.D. *Znachenije zakalivaniya dlya zdorov'ya cheloveka* [The Importance of Hardening for Human Health]. E-SCIO Publ., 2021, pp. 6–13.

5. Selvasekar S., Priya M., Lakshmi S., Muralidharan S. A Review on Physiological Changes Associated with Cold Water Exposure. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 2021, vol. 9 (8), pp. 45–53.

6. Banfi G., Lombardi G., Colombini A. Whole-body Cryotherapy in Athletes. *Sports Medicine*, 2012, vol. 40, pp. 509–517. DOI: 10.2165/11531940-0000000000-00000

7. Strieter R.M., Kasahara K., Allen R.M., Standiford T.J. et al. Cytokine-induced Neutrophil-derived Interleukin-8. *American Journal of Pathology*, 1992, vol. 141 (2), pp. 397–407.

8. Diehl S., Ricon M. The Two Faces of IL-6 on Th1/Th2 Differentiation. *Molecular Immunology*, 2002, vol. 39 (9), pp. 531–536. DOI: 10.1016/S0161-5890(02)00210-9

9. Dugue B., Leppänen E. Adaptation Related to Cytokines in Man: Effects of Regular Swimming in Ice-cold Water. *Clinical Physiology*, 2000, no. 20 (2), pp. 114–121. DOI: 10.1046/j.1365-2281.2000.00235.x

10. Jansky L., Pospilova D., Honzova S., Ulicny B. et al. Immune System of Cold-exposed and Cold-adapted Humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1996, no. 72 (5–6), pp. 445–450. DOI: 10.1007/BF00242274

11. Aliyu M., Zohora F., Anka A.U. et al. Interleukin-6 Cytokine: An Overview of the Immune Regulation, Immune Dysregulation, and Therapeutic Approach. *International Immunopharmacology*, 2022, vol. 111, pp. 109–130. DOI: 10.1016/j.intimp.2022.109130

12. Liu C., Chu D., Kalantar-Zadeh K. Cytokines: From Clinical Significance to Quantification. *Advanced Science*, 2021, no. 8 (15), pp. 4–32. DOI: 10.1002/advs.202004433

13. Podstawski R., Boryslawski K., Jokefacka N.M. The Influence of Extreme Thermal Stress on the Physiological and Psychological Characteristics of Young Women who Sporadically Use the Sauna: Practical Implications for the Safe Use of the Sauna. *Public Health. Environmental health and Exposure*, 2023, pp. 3–15. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1303804

14. Eimonte M., Paulauskas H., Daniuseviciute L. et al. Residual Effects of Short-term Whole-body Cold-water Immersion on the Cytokine Profile, White Blood Cell Count, and Blood Markers of Stress. *International Journal of Hyperthermia*, 2021, vol. 38 (1), pp. 696–707. DOI: 10.1080/02656736.2021.1915504

15. Peake J.M., Roberts L.A., Figueiredo V.C. et al. The Effects of Cold Water Immersion and Active Recovery on Inflammation and Cell Stress Responses in Human Skeletal Muscle After Resistance Exercise. *The Journal of Physiology*, 2017, vol. 595 (3), pp. 695–711. DOI: 10.1113/JP272881

16. Versteeg N., Clijsen R., Hohenauer E. Effects of 3-week Repeated Cold Water Immersion on Leukocyte Counts and Cardiovascular Factors: an Exploratory Study. *Frontiers in Physiology*, 2023, vol. 14, pp. 8–16. DOI: 10.3389/fphys.2023.1197585

17. Wang H., Ye J. Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 2015, vol. 16 (1), pp. 47–54. DOI: 10.1007/s11154-014-9306-8

18. White G.E., Rhind S.G., Wells G.D. The Effect of Various Cold-water Immersion Protocols on Exercise-induced Inflammatory Response and Functional Recovery from High-intensity Sprint Exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 2014, vol. 114, pp. 2353–2367. DOI: 10.1007/s00421-014-2954-2

#### ***Информация об авторах***

**Булашева Евгения Николаевна**, аспирант кафедры анатомии и физиологии человека и животных, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

**Шалабодов Александр Дмитриевич**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

**Ральченко Ирина Викторовна**, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры анатомии и физиологии человека и животных, Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия.

#### ***Information about the authors***

**Evgeniya N. Bulasheva**, Postgraduate Student, Department of Anatomy and Physiology, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

**Alexander D. Shalabodov**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy and Physiology, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

**Irina V. Ralchenko**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Anatomy and Physiology, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

#### ***Вклад авторов:***

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### ***Contribution of the authors:***

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflict of interests.

***Статья поступила в редакцию 10.06.2025***

***The article was submitted 10.06.2025***