

Журнал медико-биологических исследований. 2025. Т. 13, № 3. С. 287–296.
Journal of Medical and Biological Research, 2025, vol. 13, no. 3, pp. 287–296.



Научная статья
УДК 613.954+616.15-053.4
DOI: 10.37482/2687-1491-Z251

Влияние закаливающих процедур на адаптацию иммунной и эндокринной систем к холоду у детей дошкольного возраста

Евгения Николаевна Булашева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0761-1803>
Александр Дмитриевич Шалабодов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5844-0859>
Ирина Викторовна Ральченко* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4375-078X>

*Тюменский государственный университет
(Тюмень, Россия)

Аннотация. Закаливающие процедуры могут вызывать изменения в лейкоцитарном составе крови, гормональном статусе и иммунологических показателях, тем самым играя ключевую роль в адаптации организма к низким температурам. Взаимодействие иммунной и эндокринной систем обеспечивает развитие адаптационных механизмов, что делает эти системы важными объектами для исследования. **Цель работы** – изучить влияние закаливания на показатели белой крови, уровни провоспалительных цитокинов и концентрации гормонов у детей дошкольного возраста, а также выявить корреляционные связи между этими параметрами. **Материалы и методы.** Исследование проводилось в 2020–2021 годах на базе дошкольного образовательного учреждения «Малышок» в пос. Винзили Тюменской области. В нем приняли участие практически здоровые дети в возрасте от 4 до 6 лет ($n = 81$). Все испытуемые были разделены на три группы: «Контроль» ($n = 16$), «Обливание» ($n = 53$) и «Контрастное закаливание» ($n = 12$). Уровни провоспалительных цитокинов и гормонов определялись методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «Вектор-Бест» (Россия), содержание лейкоцитов – с помощью гематологического анализатора SysmexXN-550 (DIFF) (Sysmex Corporation, Япония). **Результаты.** Закаливающие процедуры приводили к повышению уровня интерлейкина-6 в группах «Обливание» и «Контрастное закаливание», а рост уровня фактора некроза опухоли- α (ФНО- α) наблюдался только в группе «Контрастное закаливание», при этом все значения оставались в пределах нормы. Отсутствие значимых изменений в уровне лейкоцитов и гормональном профиле во всех исследуемых группах свидетельствует об адаптации организма без стрессовых реакций. Корреляционный анализ выявил положительную связь между цитокинами и гормонами в группе «Контроль», тогда как в группах «Обливание» и «Контрастное закаливание» наблюдалось формирование устойчивых адаптационных механизмов. В частности, в группе «Контрастное закаливание» обнаружена положительная

© Булашева Е.Н., Шалабодов А.Д., Ральченко И.В., 2025

Ответственный за переписку: Евгения Николаевна Булашева, адрес: 625013, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 62а, корп. 1; e-mail: janestyles97@gmail.com

корреляция между кортизолом и ФНО- α , что подчеркивает роль последнего в энергетическом обмене при перепадах температур. Таким образом, закаливающие процедуры способствуют эффективной адаптации иммунной и эндокринной систем у детей дошкольного возраста.

Ключевые слова: закаливание дошкольников, иммунологические показатели, провоспалительные цитокины, гормональный статус, лейкоциты, адаптация иммунной системы, адаптация эндокринной системы

Для цитирования: Булашева, Е. Н. Влияние закаливающих процедур на адаптацию иммунной и эндокринной систем к холоду у детей дошкольного возраста / Е. Н. Булашева, А. Д. Шалабодов, И. В. Ральченко // Журнал медико-биологических исследований. – 2025. – Т. 13, № 3. – С. 287-296. – DOI 10.37482/2687-1491-Z251.

Original article

Effect of Cold Conditioning on the Adaptation of the Immune and Endocrine Systems to Cold in Preschool Children

Evgeniya N. Bulasheva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0761-1803>
Aleksandr D. Shalabodov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5844-0859>
Irina V. Ralchenko* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4375-078X>

*University of Tyumen
(Tyumen, Russia)

Abstract. Cold conditioning can induce changes in the differential leukocyte count, hormonal status, and immunological parameters, thus playing a key role in the body's adaptation to low temperatures. Interaction between the immune and endocrine systems stimulates the development of adaptive mechanisms, which makes these systems important subjects for research. The **purpose** of this article was to investigate the effect of cold conditioning on leukocyte counts, levels of pro-inflammatory cytokines and hormone concentrations in preschool children, as well as to identify correlations between these parameters. **Materials and methods.** The study was performed in 2020–2021 at Malyshev kindergarten in Vinzili Village, Tyumen Region. It involved 81 apparently healthy children aged between 4 and 6 years ($n = 81$). The subjects were divided into three groups: control ($n = 16$), cold dousing ($n = 53$) and contrast dousing ($n = 12$). Levels of pro-inflammatory cytokines and hormones were determined by enzyme-linked immunosorbent assay using Vector Best kits (Russia), while leukocyte counts were measured using SysmexXN-550 differential haematology analyser (Sysmex Corporation, Japan). **Results.** Cold conditioning led to an increase in interleukin-6 levels in both the cold dousing and contrast dousing groups, while TNF- α levels increased only in the contrast dousing group, with all values staying within the normal range. The absence of significant changes in leukocyte counts and hormonal profile in all the groups under study suggests adaptation without stress response. Correlation analysis revealed a positive relationship between cytokines and hormones in the control group, whereas the cold dousing and contrast dousing groups showed the formation of

Corresponding author: Evgeniya Bulasheva, address: ul. 50 let Oktyabrya 62a, korp. 1, Tyumen, 625013, Russia; e-mail: janestyles97@gmail.com

stable adaptive mechanisms. Specifically, a positive correlation between cortisol and TNF- α was observed in the contrast dousing group, highlighting the role of TNF- α in energy metabolism during temperature alternation. Thus, cold conditioning promotes effective adaptation of the immune and endocrine systems in preschool children.

Keywords: cold conditioning of preschool children, immunologic parameters, pro-inflammatory cytokines, hormonal status, leukocytes, adaptation of the immune system, adaptation of the endocrine system

For citation: Bulasheva E.N., Shalabodov A.D., Ralchenko I.V. Effect of Cold Conditioning on the Adaptation of the Immune and Endocrine Systems to Cold in Preschool Children. *Journal of Medical and Biological Research*, 2025, vol. 13, no. 3, pp. 287–296. DOI: 10.37482/2687-1491-Z251

Ранее было отмечено, что закаливающие процедуры могут вызывать изменения в лейкоцитарном составе крови, гормональном статусе и иммунологических показателях [1, 2]. Эти изменения тесно связаны между собой и играют ключевую роль в адаптации организма к стрессу. Иммунная и эндокринная системы активно взаимодействуют друг с другом в процессе адаптации, что делает их особенно уязвимыми к внешним факторам, таким как колебания температуры окружающей среды [3].

Систематическое воздействие холодового стресса способствует повышению устойчивости организма к низким температурам, запуская комплекс адаптационных перестроек [3]. Ключевое звено в этом процессе – гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГН-ось), являющаяся центральным механизмом терморегуляции. Активация ГГН-оси сопровождается изменениями гормонального баланса, что оказывает влияние на множество эндокринных путей, включая те, которые участвуют в регуляции иммунного ответа [1]. Лейкоциты как основные клетки иммунной системы интенсивно реагируют на гормональные сигналы, возникающие в ответ на холодовой стресс, что сопровождается повышением синтеза провоспалительных цитокинов. Эти медиаторы не только запускают воспалительные процессы, но и регулируют иммунные реакции, обеспечивая адаптацию организма к неблагоприятным условиям [1, 4, 5].

Под действием низких температур возрастает уровень интерлейкина-6 (ИЛ-6), что при-

водит к активации макрофагов и усилению воспалительных реакций [6]. С другой стороны, кортизол, главный гормон стресса, ингибирует секрецию фактора некроза опухоли- α (ФНО- α) макрофагами, что может влиять на уровень воспалительной активности и способствовать адаптации иммунного ответа [7]. Тиреотропный гормон (ТТГ) также реагирует на воздействие холода, активируя щитовидную железу, тем самым ускоряя метаболизм для обеспечения организма необходимой энергией в условиях низких температур [8].

Взаимодействие ТТГ и кортизола с цитокинами показывает сложную взаимосвязь между эндокринной и иммунной системами, направленную на формирование адекватного ответа организма на холодовой стресс.

Цель исследования – изучение влияния закаливающих процедур на показатели белой крови, уровни провоспалительных цитокинов и концентрации гормонов в крови детей дошкольного возраста, а также выявление корреляционных взаимосвязей между этими параметрами.

Материалы и методы. Исследование проводилось в 2020–2021 годах на базе дошкольного образовательного учреждения «Малышок» в пос. Винзили Тюменской области. В нем приняли участие практически здоровые дети 4–6 лет ($n = 81$). Ввиду ограниченного числа испытуемых каждого из возрастов (4, 5 и 6 лет) все они были объединены в одну выборку. Исследование соответствовало принципам Хельсинкской декларации (редакция

2013 года), было одобрено локальным комитетом по этике Тюменского государственного университета (протокол № 13 от 09.08.2020) и проводилось с соблюдением конфиденциальности сведений об участниках. Критерии включения в выборку: наличие письменного информационного согласия родителей или законных представителей и медицинской справки по форме № 026/у (I или II группа здоровья). Критерии исключения: сердечно-сосудистые заболевания, острые респираторные инфекции за три месяца до начала исследования.

Все испытуемые были разделены на три группы: «Контроль» ($n = 16$), «Обливание» ($n = 53$) и «Контрастное закаливание» ($n = 12$). Распределение детей по группам носило случайный характер, при этом учитывалось согласие родителей на участие в определенном виде процедур, что обусловило различия в численности групп. Группа «Контроль» придерживалась стандартного распорядка дня. В группе «Обливание» применялось обливание холодной водой ($t = +15...+17^{\circ}\text{C}$) без посещения сауны, тогда как в группе «Контрастное закаливание» процедуры включали чередование обливания прохладной водой и последующего прогревания в сауне ($t = +50...+55^{\circ}\text{C}$). Все процедуры проводились 5 раз в неделю до начала основного распорядка дня.

Для оценки устойчивого адаптивного ответа организма забор крови осуществлялся через 3 мес. после начала закаливающих процедур. Уровни провоспалительных цитокинов, кортизола и ТТГ в сыворотке крови определялись методом иммуноферментного анализа с использованием тест-систем «Вектор-Бест» (Россия). Содержание лейкоцитов в крови измерялось на автоматическом гематологическом анализаторе Sysmex XN-550 (DIFF) (Sysmex Corporation, Япония).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы SPSS Statistics 27.0.1. Расчет включал определение средних значений (M) и стандартных ошибок среднего (m). Использовались t -критерий Стьюдента

(для нормального распределения) и критерий Манна-Уитни (для ненормального распределения). Корреляционный анализ выполнялся с применением коэффициента ранговой корреляции Спирмена при уровне статистической значимости $p < 0,05$.

Результаты. В ходе исследования было обнаружено статистически значимое повышение уровня ИЛ-6 в сыворотке крови детей групп «Обливание» и «Контрастное закаливание» по сравнению с контролем. При этом уровень ФНО- α значительно вырос только у детей группы «Контрастное закаливание» (рис. 1). Однако важно отметить, что, несмотря на эти изменения, уровни исследуемых цитокинов оставались в пределах референтных значений ($\text{ИЛ-6} \leq 7 \text{ пг/мл}$, $\text{ФНО-}\alpha \leq 8,3 \text{ пг/мл}$), что может свидетельствовать об отсутствии воспалительных процессов в организме.

На фоне изменений в цитокиновом профиле не было выявлено статистически значимых различий в содержании лейкоцитов в крови детей всех исследуемых групп. Средние значения этого показателя у всех участников эксперимента также оставались в пределах нормы (табл. 1).

Кортизол как один из ключевых глюкокортикоидов выделяется в ответ на стрессовые ситуации, а умеренная активация ГГН-оси может приводить к повышению уровня ТТГ [9]. Однако в нашем исследовании не было обнаружено статистически значимых различий в уровнях кортизола и ТТГ в крови детей всех групп, при этом данные показатели также находились в пределах нормы (референтный интервал уровня кортизола – $171,00\text{--}536,00 \text{ нмоль/л}$, ТТГ – $0,80\text{--}8,20 \text{ мЕд/л}$) (рис. 2, см. с. 292).

Для изучения взаимодействия иммунной и эндокринной систем в условиях закаливания был проведен корреляционный анализ уровней провоспалительных цитокинов (ИЛ-6 и ФНО- α), кортизола и ТТГ (табл. 2, см. с. 292). В группе «Контроль» выявлена положительная корреляция между ИЛ-6 и исследуемыми гормонами. В группе «Обливание» значимых

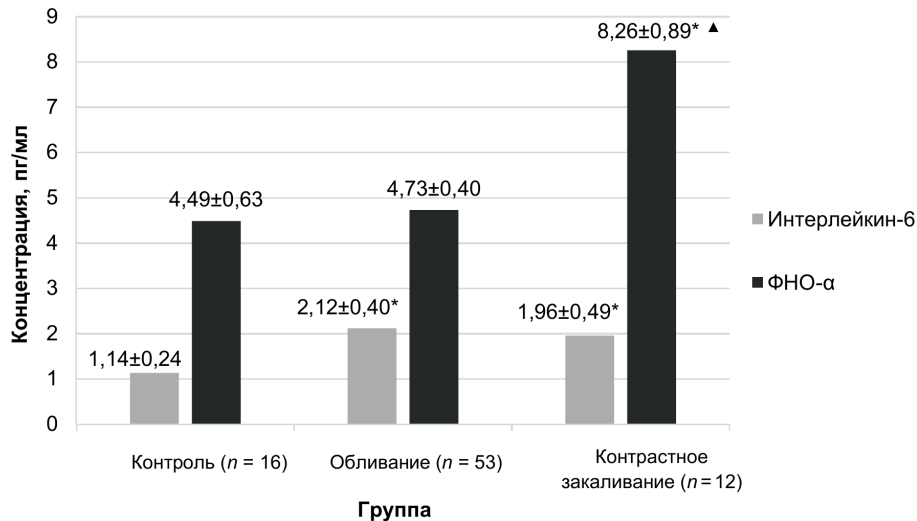


Рис. 1. Изменение концентраций провоспалительных цитокинов в крови 4–6-летних детей при использовании разных методик закаливания, $M \pm m$: *, ▲ – установлены статистически значимые ($p < 0,05$) отличия от групп «Контроль» и «Обливание» соответственно

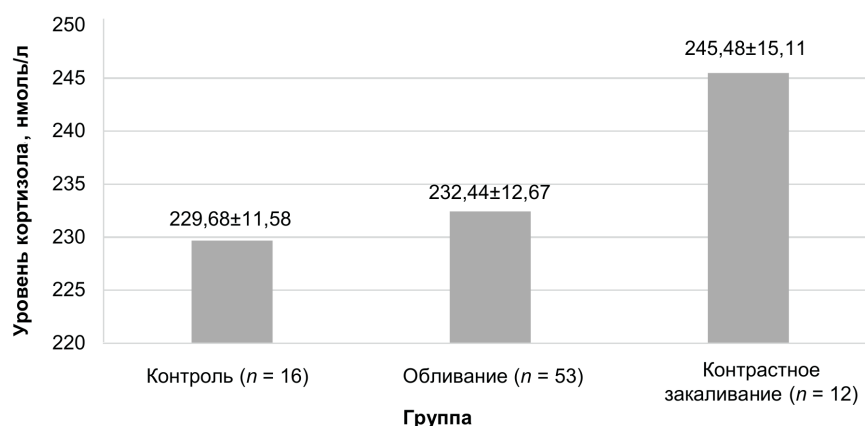
Fig. 1. Changes in the levels of pro-inflammatory cytokines in the blood of 4–6-year-old children when using different cold conditioning methods, $M \pm m$: *, ▲ – statistically significant ($p < 0.05$) differences were established from the control and the cold dousing group, respectively

Таблица 1

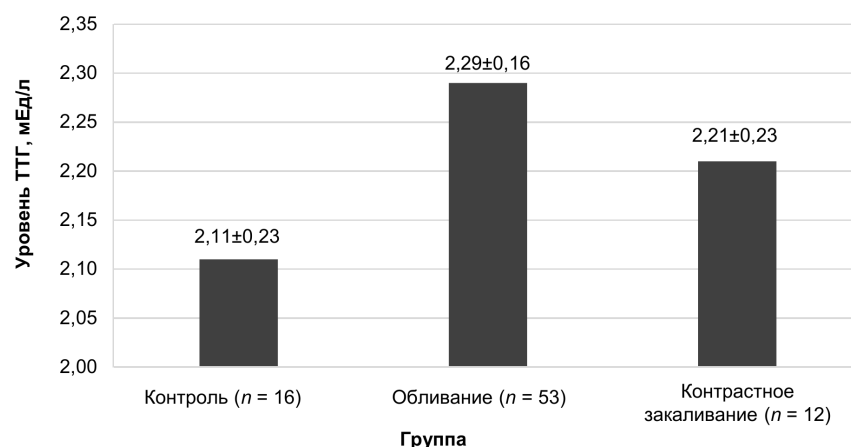
Изменение показателей белой крови у 4–6-летних детей при использовании разных методик закаливания, $M \pm m$

Leukocyte counts in the blood of 4–6-year-old children when using different cold conditioning methods, $M \pm m$

Популяция клеток	Референтный интервал	Контроль (n = 16)	Обливание (n = 53)	Контрастное закаливание (n = 12)
<i>Абсолютное содержание, $\cdot 10^9/\text{л}$</i>				
Лейкоциты	5,00–14,50	8,08±0,44	7,58±0,38	7,75±0,54
Нейтрофилы	1,80–7,70	3,90±0,37	3,52±0,32	3,37±0,60
Лимфоциты	1,20–7,50	3,37±0,18	3,22±0,11	3,26±0,18
Моноциты	0,10–1,00	0,54±0,04	0,55±0,04	0,49±0,08
Эозинофилы	0,00–0,45	0,29±0,04	0,28±0,02	0,40±0,08
Базофилы	0,00–0,20	0,03±0,01	0,02±0,00	0,02±0,00
<i>Относительное содержание, %</i>				
Нейтрофилы	32,00–55,00	46,41±2,13	43,23±1,54	42,57±4,51
Лимфоциты	33,00–55,00	42,73±2,19	44,71±1,50	45,08±3,45
Моноциты	4,00–12,00	6,81±0,38	7,33±0,34	4,50±0,46
Эозинофилы	1,00–5,00	3,72±0,51	3,72±0,28	4,39±1,09
Базофилы	0,00–2,50	0,31±0,02	0,33±0,02	0,31±0,03



а



б

Рис. 2. Изменение средних значений концентраций кортизола (а) и ТТГ (б) у 4–6-летних детей при использовании разных методик закаливания, $M \pm m$

Fig. 2. Changes in mean cortisol (а) and TSH (б) levels in 4–6-year-old children when using different cold conditioning methods, $M \pm m$

Таблица 2

Коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (r) между провоспалительными цитокинами и гормонами у 4–6-летних детей при использовании разных методик закаливания

Spearman's rank correlation coefficients (r) between pro-inflammatory cytokines and hormones in 4–6-year-old children when using different cold conditioning methods

Гормон	Контроль (n = 16)		Обливание (n = 53)		Контрастное закаливание (n = 12)	
	ИЛ-6	ФНО-α	ИЛ-6	ФНО-α	ИЛ-6	ФНО-α
ТТГ	0,449	–0,128	–0,164	–0,167	–0,326	–0,343
Кортизол	0,472	0,141	–0,022	0,171	0,244	0,529

Примечание: $r < 0$ – отрицательная корреляция; $|r| = 0,3–0,5$ – слабая корреляция; $|r| = 0,5–0,7$ – средняя корреляция. Полужирным начертанием выделены статистически значимые корреляции ($p < 0,05$).

корреляций между гормонами и цитокинами обнаружено не было, в то время как в группе «Контрастное закаливание» наблюдалась положительная корреляция между кортизолом и ФНО- α , а также отсутствовала значимая связь между ТТГ и цитокинами.

Обсуждение. Исследование показало, что примененные методики закаливания влияют на уровни провоспалительных цитокинов у детей 4–6 лет. Повышение уровня ИЛ-6, выявленное в группах «Обливание» и «Контрастное закаливание», а также уровня ФНО- α во второй группе, хотя и в пределах нормы, может отражать вовлеченность данных цитокинов в процессы терморегуляции после закалывающих процедур. Известно, что ИЛ-6 активирует термогенез в ответ на холодовое воздействие, а ФНО- α усиливает расход энергии, помогая поддерживать температуру тела и активировать метаболические и защитные механизмы при низких температурах [10–12]. Примечательно, что уровень ФНО- α достоверно вырос только во второй группе, что подтверждает его роль в мобилизации энергетических ресурсов при чередовании температур. При этом уровни цитокинов оставались в пределах референтных значений, что указывает на адаптивный характер наблюдаемых изменений.

Отсутствие значимых различий в содержании лейкоцитов у детей всех групп свидетельствует о том, что регулярные закалывающие процедуры не приводят к существенным сдвигам в клеточном составе периферической крови. Это может рассматриваться как показатель эффективной адаптации иммунной системы к холодовым воздействиям.

Одним из ключевых аспектов исследования была оценка уровней кортизола и ТТГ, которые отражают функциональное состояние ГГН-оси. Содержание кортизола как гормона стресса может повышаться в ответ на холодовое воздействие [13, 14], однако в нашем исследовании значительных изменений его уровня выявлено не было. Это может указывать на адаптацию гормональной системы к регулярным закали-

вающим процедурам. Отсутствие изменений в уровне ТТГ свидетельствует об успешной адаптации эндокринной системы к холодовым воздействиям без значительных сдвигов в работе гипоталамо-гипофизарной оси [15].

Результаты корреляционного анализа также представляют интерес. В группе «Контроль» положительная корреляция между ТТГ и ИЛ-6 отражает естественные взаимодействия между иммунной и эндокринной системами в рамках базового иммунного ответа, где ТТГ как регулятор функции щитовидной железы может влиять на метаболические процессы, связанные с иммунной системой. Положительная корреляция между кортизолом и ИЛ-6 подтверждает вовлеченность стрессовых механизмов в регуляцию иммунных процессов.

В группе «Обливание» отсутствие значимых корреляций между гормонами и цитокинами может свидетельствовать о том, что организм адаптировался к регулярным холодовым воздействиям и уровни кортизола, ТТГ и цитокинов изменяются независимо друг от друга. Это может быть связано с формированием устойчивых механизмов терморегуляции и иммунного ответа, что позволяет организму эффективно справляться с холодовым стрессом без значительных изменений в гормональном и цитокиновом профиле.

В группе «Контрастное закаливание» положительная корреляция между кортизолом и ФНО- α может указывать на то, что ФНО- α усиливает расход энергии, а данный процесс, в свою очередь, способствует поддержанию температуры тела и активации метаболических и защитных механизмов при низких температурах. В условиях чередования температур такая связь может отражать адаптацию организма к резким перепадам, где ФНО- α играет важную роль в мобилизации энергетических ресурсов. Отсутствие значимой связи между ТТГ и цитокинами в этой группе может указывать на активацию альтернативных механизмов адаптации, не связанных с гипоталамо-гипофизарной осью.

Отсутствие значимых различий в уровне лейкоцитов и гормональном профиле (кортизол и ТТГ) у детей всех исследуемых групп свидетельствует о том, что закаливающие процедуры не вызывают существенных изменений в клеточном составе крови и гормональном статусе, а также не провоцируют стрессовых реакций. Это позволяет предположить, что данные процедуры способствуют формированию устойчивых адаптационных механизмов иммунной и эндокринной систем у детей дошкольного возраста.

Корреляционный анализ выявил положительную связь между ИЛ-6 и гормонами (кортизол и ТТГ) в группе «Контроль», что отражает естественные взаимодействия между

иммунной и эндокринной системами. В группе «Обливание» отсутствие значимых корреляций свидетельствует о формировании устойчивых механизмов адаптации, а в группе «Контрастное закаливание» положительная корреляция между кортизолом и ФНО- α подчеркивает роль данного цитокина в энергетическом обмене при чередовании температур.

Таким образом, можно сделать вывод, что закаливающие процедуры способствуют формированию устойчивых адаптационных механизмов у детей дошкольного возраста, что проявляется в изменении уровней провоспалительных цитокинов и их взаимодействии с гормональной системой.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Список литературы

1. Messa R.M., Benfica M.A., Ribeiro L.F.P., Williams C.M., Davidson S.R.E., Alves E.S. The Effect of Total Sleep Deprivation on Autonomic Nervous System and Cortisol Responses to Acute Stressors in Healthy Individuals: A Systematic Review // Psychoneuroendocrinology. 2024. Vol. 168. Art. № 107114. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2024.107114>
2. Wu J., Kensiski A., Li L. Cold Stress-Regulated Immune Responses: Insights, Challenges, and Perspectives // Frigid Zone Med. 2022. Vol. 2, № 3. P. 135–137. <https://doi.org/10.2478/fzm-2022-0019>
3. Teległów A., Romanowski V., Skowron B., Mucha D., Tota Ł., Rosińczuk J., Mucha D. The Effect of Extreme Cold on Complete Blood Count and Biochemical Indicators: A Case Study // Int. J. Environ. Res. Public Health. 2022. Vol. 19, № 1. Art. № 424. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010424>
4. Aliyu M., Zohora F.T., Anka A.U., Ali K., Maleknia S., Saffarioun M., Azizi G. Interleukin-6 Cytokine: An Overview of the Immune Regulation, Immune Dysregulation, and Therapeutic Approach // Int. Immunopharmacol. 2022. Vol. 111. Art. № 109130. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2022.109130>
5. 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 // Eur. J. Appl. Physiol. 2014. Vol. 114. P. 2353–2367. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2954-2>
6. Salman R.S., Abdul Azeez B.A.M., Munshid M.C., Al-Fahham A.A. Inflammatory Response and Pathophysiology of IL-6 Overproduction: A Review Article // IJHMR. 2024. Vol. 3, № 8. P. 568–572. <https://doi.org/10.58806/ijhmr.2024.v3i08n05>
7. Цой Н.О., Цой О.Г. Глюкокортикоидные гормоны и иммунная система // Мед. журн. Астана. 2021. № 3(109). С. 4–12.
8. Tsibulnikov S., Maslov L., Voronkov N., Oeltgen P. Thyroid Hormones and the Mechanisms of Adaptation to Cold // Hormones (Athens). 2020. Vol. 19, № 3. P. 329–339. <https://doi.org/10.1007/s42000-020-00200-2>
9. Патракеева В.П., Контиевская Е.В. Взаимосвязь вариантов иммунного реагирования с уровнем кортизола и адреналина при охлаждении // Медицина экстрем. ситуаций. 2023. Т. 25, № 2. С. 58–62. <https://doi.org/10.47183/mes.2023.020>

10. Egecioglu E., Anesten F., Schéle E., Palsdottir V. Interleukin-6 Is Important for Regulation of Core Body Temperature During Long-Term Cold Exposure in Mice // *Biomed. Rep.* 2018. Vol. 9, № 3. P. 206–212. <https://doi.org/10.3892/br.2018.1118>
11. Sundgren-Andersson A.K., Östlund P., Bartfai T. IL-6 Is Essential in TNF- α -Induced Fever // *Am. J. Physiol.* 1998. Vol. 275, № 6. P. R2028–R2034. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.6.R2028>
12. Wang H., Ye J. Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology // *Rev. Endocr. Metab. Disord.* 2015. Vol. 16, № 1. P. 47–54. <https://doi.org/10.1007/s11154-014-9306-8>
13. Wittert G.A., Or H.K., Livesey J.H., Richards A.M., Donald R.A., Espiner E.A. Vasopressin, Corticotrophin-Releasing Factor, and Pituitary Adrenal Responses to Acute Cold Stress in Normal Humans // *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1992. Vol. 75, № 3. P. 750–755. <https://doi.org/10.1210/jcem.75.3.1517364>
14. Castillo-Campos A., Gutiérrez-Mata A., Charli J.-L., Joseph-Bravo P. Chronic Stress Inhibits Hypothalamus-Pituitary-Thyroid Axis and Brown Adipose Tissue Responses to Acute Cold Exposure in Male Rats // *J. Endocrinol. Invest.* 2020. Vol. 44, № 4. P. 713–723. <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01328-z>
15. Pääkkönen T., Leppäluoto J. Cold Exposure and Hormonal Secretion: A Review // *Int. J. Circumpolar Health.* 2002. Vol. 61, № 3. P. 265–276. <https://doi.org/10.3402/ijch.v61i3.17474>

References

1. Messa R.M., Benfica M.A., Ribeiro L.F.P., Williams C.M., Davidson S.R.E., Alves E.S. The Effect of Total Sleep Deprivation on Autonomic Nervous System and Cortisol Responses to Acute Stressors in Healthy Individuals: A Systematic Review. *Psychoneuroendocrinology*, 2024, vol. 168. Art. no. 107114. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2024.107114>
2. Wu J., Kensiski A., Li L. Cold Stress-Regulated Immune Responses: Insights, Challenges, and Perspectives. *Frigid Zone Med.*, 2022, vol. 2, no. 3, pp. 135–137. <https://doi.org/10.2478/fzm-2022-0019>
3. Teległów A., Romanowski V., Skowron B., Mucha D., Tota Ł., Rosińczuk J., Mucha D. The Effect of Extreme Cold on Complete Blood Count and Biochemical Indicators: A Case Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2022, vol. 19, no. 1. Art. no. 424. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010424>
4. Aliyu M., Zohora F.T., Anka A.U., Ali K., Maleknia S., Saffarioun M., Azizi G. Interleukin-6 Cytokine: An Overview of the Immune Regulation, Immune Dysregulation, and Therapeutic Approach. *Int. Immunopharmacol.*, 2022, vol. 111. Art. no. 109130. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2022.109130>
5. 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. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 2014, vol. 114, pp. 2353–2367. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2954-2>
6. Salman R.S., Abdul Azeez B.A.M., Munshid M.C., Al-Fahham A.A. Inflammatory Response and Pathophysiology of IL-6 Overproduction: A Review Article. *IJHMR*, 2024, vol. 3, no. 8, pp. 568–572. <https://doi.org/10.58806/ijhmr.2024.v3i08n05>
7. Tsoy N.O., Tsoy O.G. Glucocorticoid Hormones and the Immune System. *Astana Med. J.*, 2021, no. 3, pp. 4–12 (in Russ.).
8. Tsibulnikov S., Maslov L., Voronkov N., Oeltgen P. Thyroid Hormones and the Mechanisms of Adaptation to Cold. *Hormones (Athens)*, 2020, vol. 19, no. 3, pp. 329–339. <https://doi.org/10.1007/s42000-020-00200-2>
9. Patrakeeva V.P., Kontievskaya E.V. The Relationship Between the Variants of Immune Response and the Cortisol and Adrenaline Levels Associated with Cooling. *Extreme Med.*, 2023, vol. 25, no. 2, pp. 54–58. <https://doi.org/10.47183/mes.2023.020>
10. Egecioglu E., Anesten F., Schéle E., Palsdottir V. Interleukin-6 Is Important for Regulation of Core Body Temperature During Long-Term Cold Exposure in Mice. *Biomed. Rep.*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 206–212. <https://doi.org/10.3892/br.2018.1118>
11. Sundgren-Andersson A.K., Östlund P., Bartfai T. IL-6 Is Essential in TNF- α -Induced Fever. *Am. J. Physiol.*, 1998, vol. 275, no. 6, pp. R2028–R2034. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1998.275.6.R2028>

12. Wang H., Ye J. Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology. *Rev. Endocr. Metab. Disord.*, 2015, vol. 16, no. 1, pp. 47–54. <https://doi.org/10.1007/s11154-014-9306-8>

13. Wittert G.A., Or H.K., Livesey J.H., Richards A.M., Donald R.A., Espiner E.A. Vasopressin, Corticotrophin-Releasing Factor, and Pituitary Adrenal Responses to Acute Cold Stress in Normal Humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 1992, vol. 75, no. 3, pp. 750–755. <https://doi.org/10.1210/jcem.75.3.1517364>

14. Castillo-Campos A., Gutiérrez-Mata A., Charli J.-L., Joseph-Bravo P. Chronic Stress Inhibits Hypothalamus-Pituitary-Thyroid Axis and Brown Adipose Tissue Responses to Acute Cold Exposure in Male Rats. *J. Endocrinol. Invest.*, 2020, vol. 44, no. 4, pp. 713–723. <https://doi.org/10.1007/s40618-020-01328-z>

15. Pääkkönen T., Leppäluoto J. Cold Exposure and Hormonal Secretion: A Review. *Int. J. Circumpolar Health*, 2002, vol. 61, no. 3, pp. 265–276. <https://doi.org/10.3402/ijch.v61i3.17474>

Поступила в редакцию 12.02.2025 / Одобрена после рецензирования 19.05.2025 / Принята к публикации 22.05.2025.
Submitted 12 February 2025 / Approved after reviewing 19 May 2025 / Accepted for publication 22 May 2025.