

## ИЗМЕНЕНИЕ ИММУНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА В ОТВЕТ НА ЗАКАЛИВАЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ

БУЛАШЕВА Евгения Николаевна

аспирант

Тюменский государственный университет

г. Тюмень, Россия

*Исследовано влияние закаливающих процедур на иммунные показатели у детей 4-6 лет. Дети были разделены на три исследуемые группы: дети контрольной группы (n=25) соблюдали стандартный распорядок дня детского сада без дополнительных процедур. Дети группы закаливания (n=46) участвовали в программе закаливания с чередованием температурных воздействий пять раз в неделю, а дети контрастной группы (n=12) проходили аналогичную программу, дополненную термическим воздействием в сауне (t= +60–+65°C). Установлено, что умеренное закаливание стабилизирует иммунный статус, в то время как более интенсивные воздействия в контрастной группе снижают уровень иммуноглобулинов, что отражает адаптивные изменения иммунной системы. Закаливание способствует устойчивости иммунитета и эффективной адаптации организма к внешним стрессорам.*

**Ключевые слова:** закаливание, иммуноглобулины, интерлейкины, лейкоциты, дети дошкольного возраста.

**Введение.** Процедуры закаливания приобрели популярность благодаря их потенциальной пользе для здоровья, особенно в укреплении иммунной системы. Однако неправильное применение этих процедур может вызвать стрессовую реакцию организма, что подрывает их положительный эффект. При правильно подобранной программе закаливания организм может адаптироваться к стрессовым факторам окружающей среды, что способствует укреплению иммунной защиты [10]. Экстремальные факторы, такие как холод, вызывают комплексные изменения в иммунной системе, направленные на поддержание гомеостаза. Холодовой стресс, являющийся неотъемлемой частью закаливающих процедур, существенно влияет на иммунный ответ, регулируя пролиферацию лимфоцитов и секрецию цитокинов, что способствует адаптации организма к условиям окружающей среды [1; 2].

Целью данного исследования было изучить влияние закаливающих процедур на иммунологические показатели, в частности на уровень иммуноглобулинов G и M, а также провоспалительные цитокины, такие как интерлейкин-6 и ФНО- $\alpha$ .

**Материалы и методы исследования.** С целью оценки воздействия закаливающих процедур на иммунный статус детей дошкольного возраста было проведено экспе-

риментальное исследование в период с 2021 по 2022 гг. В исследовании приняли участие 82 ребенка в возрасте 4-6 лет, посещающих дошкольное образовательное учреждение (ДОУ) «Малышок» в поселке Винзили Тюменской области. Участники были разделены на три группы: контрольную группу (n = 25), группу закаливания (n = 46) и контрастную группу (n = 11).

Для всех участников было получено письменное информированное согласие от родителей. Включение в исследование требовало наличия медицинской справки формы № 026/у, подтверждающей I или II группу здоровья, а также согласия родителей на участие ребенка и обработку персональных данных. Дети с острыми респираторными и вирусными инфекциями, а также с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы были исключены из исследования.

Дети контрольной группы придерживались стандартного распорядка дня в ДОУ. В группе закаливания использовался комплекс закаливающих процедур, включающий беговые упражнения, дыхательную гимнастику, хождение босиком и обливание прохладной водой 5 раз в неделю. В контрастной группе применялись аналогичные процедуры, дополненные посещением сауны для прогрева организма.

Забор биологического материала осу-

ществлялся через три месяца после начала закаливающих процедур, что связано с формированием устойчивого адаптивного ответа на применяемые воздействия. Концентрации иммуноглобулинов G и M, а также провоспалительных цитокинов – ФНО $\alpha$  и интерлейкина-6 – определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием тест-систем производства «Вектор-Бест» (Россия). Гематологический анализ с определением количества лейкоцитов проводили на автоматическом анализаторе UniCell DxH 800 (Beckman Coulter, США).

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel и Statistica 13.0 и включала расчет средних значений (M) и стандартных ошибок средне-

го (m). Для оценки значимости различий между группами применялись t-тесты Стьюдента, предварительно проверив данные на нормальность с помощью теста Шапиро-Уилка. В случае ненормальности распределения использовался критерий Манна-Уитни. Уровень статистической значимости был установлен на уровне  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Уровень лейкоцитов у детей всех исследуемых групп находился в пределах физиологической нормы, при этом статистически значимые различия между группами отсутствовали, что может указывать на способность организма к адаптации, которая обеспечивает поддержание устойчивости иммунной системы при регулярном воздействии закаливающих процедур (таблица 1).

Таблица 1

**ПОКАЗАТЕЛИ БЕЛОЙ КРОВИ У ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ (M $\pm$ m)**

Вид клеток (референтный интервал)	Группа контроля (n=25)	Группа закаливания (n=46)	Группа контраста (n=11)
Абсолютное содержание; *10 <sup>9</sup> /л			
Лейкоциты, (5,00-14,50)	8,08 $\pm$ 0,44	7,58 $\pm$ 0,38	7,75 $\pm$ 0,54
Нейтрофилы, (1,80-7,70)	3,90 $\pm$ 0,37	3,52 $\pm$ 0,32	3,37 $\pm$ 0,60
Лимфоциты, (1,20-7,50)	3,37 $\pm$ 0,18	3,22 $\pm$ 0,11	3,26 $\pm$ 0,18
Моноциты, (0,10-1,00)	0,54 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,04	0,49 $\pm$ 0,08
Эозинофилы, (0,00-0,45)	0,29 $\pm$ 0,04	0,28 $\pm$ 0,02	0,40 $\pm$ 0,08
Базофилы, (0,00-0,20)	0,03 $\pm$ 0,01	0,02 $\pm$ 0,00	0,02 $\pm$ 0,00
Относительное содержание, %			
Нейтрофилы, (32,0-55,0)	46,41 $\pm$ 2,13	43,23 $\pm$ 1,54	42,57 $\pm$ 4,51
Лимфоциты, (33,0-55,0)	42,73 $\pm$ 2,19	44,71 $\pm$ 1,50	45,08 $\pm$ 3,45
Моноциты, (4,0-12,0)	6,81 $\pm$ 0,38	7,33 $\pm$ 0,34	4,50 $\pm$ 0,46
Эозинофилы, (1,0-5,0)	3,72 $\pm$ 0,51	3,72 $\pm$ 0,28	4,39 $\pm$ 1,09
Базофилы, (0,0-2,5)	0,31 $\pm$ 0,02	0,33 $\pm$ 0,02	0,31 $\pm$ 0,03

Лейкоциты важны для оценки иммунного статуса, но не всегда отражают полную картину адаптации, иммуноглобулины G и M имеют более выраженное значение для долгосрочного иммунитета. Иммуноглобулин G участвует в нейтрализации антигенов и вторичных ответах. В свою очередь, иммуноглобулин M участвует в первичной активации иммунного ответа, что подчеркивает его значение на ранних стадиях реакции организма [3; 6; 8].

Как показали результаты исследования уровни иммуноглобулинов у всех исследуемых групп находились в пределах нормы. Однако, у детей группы контраста концентрации исследуемых иммуноглобулинов были ниже, по сравнению с детьми контрольной группой и группой закаливания, что может указывать на адаптацию иммунной системы к более интенсивным стрессовым воздействиям (таблица 2).

Таблица 2

**ПОКАЗАТЕЛИ ИММУНОГЛОБУЛИНОВ ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ (M±m)**

Наименование параметров (референтный интервал)	Группа контроля (n=25)	Группа закаливания (n=46)	Группа контраста (n=11)
Иммуноглобулин М общий (20,0-210,0 Ед/мл)	181,24±13,64	200,80±13,49	159,06±19,14*
Иммуноглобулин G общий (50,0-210,0 Ед/мл)	158,24±10,14	164,98±9,39	129,53±5,81▲*

Примечание: ▲ - p < 0,05 изменения достоверны относительно детей контрольной группы;

\* - p < 0,05 изменения достоверны относительно детей группы закаливания.

У детей группы контраста, подвергавшихся холодовому и термическому стрессу, наблюдается снижение уровней иммуноглобулинов М и G, что может свидетельствовать о переходе от интенсивной первичной иммунной реакции к более сбалансированному долгосрочному иммунному ответу. Это может быть следствием адаптации иммунной системы, снижая остроту ответа и улучшая его эффективность. Исследования подтверждают, что длительное воздействие холода и других стрессов способствует снижению концентрации иммуноглобулинов и стабилизации иммунного ответа [9; 12].

Напротив, у детей группы закаливания изменений в уровнях иммуноглобулинов не наблюдается, что подтверждает стабиль-

ность их иммунного статуса после адаптации к умеренным стрессам.

Некоторые исследования показывают, что холодовой стресс может увеличивать синтез провоспалительных цитокинов [5; 7; 13]. Интерлейкин-6 был впервые описан за его роль в адаптивном иммунном ответе [4], в то время как ФНО-α влияет на метаболические процессы, увеличивая расход энергии и усиливая термогенез, что помогает поддерживать температуру тела в условиях холода и способствует адаптации к низким температурам [11].

Однако в нашем исследовании не было выявлено статистически значимых различий в уровнях провоспалительных цитокинов между группами (таблица 3).

Таблица 3

**ПОКАЗАТЕЛИ ЦИТОКИНОВ ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ (M±m)**

Наименование параметров (референтный интервал)	Группа контроля (n=25)	Группа закаливания (n=46)	Группа контраста (n=11)
Интерлейкин-6, (≤ 7 пг/мл)	1,19±0,33	1,17±0,28	0,79±0,28
ФНО-α, (≤ 8,3 пг/мл)	2,15±0,20	1,79±0,14	1,96±0,62

Все показатели оставались в пределах референтных значений, что может свидетельствовать о стабильности иммунного статуса при воздействии повторяющихся стрессов. Это подтверждает адаптацию иммунной системы детей, поддерживающую их иммунный баланс в условиях многократных стрессов

**Заключение.** Результаты нашего исследова-

ния подтверждают, что регулярные закаливающие процедуры и воздействие холодового и термического стресса способствуют адаптации иммунной системы, поддерживая её стабильность и устойчивость. У детей группы закаливания не наблюдалось значительных изменений в показателях иммуноглобулинов и цитокинов, что указывает на

успешную адаптацию организма к умеренным стрессам. В то время как дети из группы контраста, подвергавшиеся более интенсивным стрессам, продемонстрировали сниже-

ние уровней иммуноглобулинов, что может свидетельствовать о переходе от первичной иммунной реакции к более сбалансированному и эффективному иммунному ответу.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Губкина Л.В., Самодова А.В. Индивидуальные особенности ответа системы иммунитета человека на кратковременное пребывание в воздушной среде, охлажденной до  $-25^{\circ}\text{C}$  // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. – 2021. – Т. 13. – № 4. – С. 159-174.
2. Шаравьева И.Л., Гейн С.В. Влияние острого холодцового стресса на секрецию IL-2, IL-4, IFN $\gamma$ , IL-12 спленocytesми мыши *in vivo* // *Медицинская иммунология*. – 2022. – № 24(4). – С. 843-848.
3. Damelang T., Brinkhaus M., Osch T.L.J., Schuurman J. Impact of structural modifications of IgG antibodies on effector functions [electronic resource] // *Frontiers in Immunology*. 2023. V. 14. – URL:<https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2023.1304365/full> (дата обращения: 18.11.2024).
4. Diehl S., Ricon M. The two faces of IL-6 on Th1/Th2 differentiation // *Molecular Immunology*. 2002. Vol. 39(9). P. 531-536.
5. Dugue B., Leppänen E. Adaptation related to cytokines in man: Effects of regular swimming in ice-cold water // *Clinical Physiology*. 2000. № 20(2). P.114-121.
6. Jones K., Savulescu A.F., Brombacher F., Hadebe S. Immunoglobulin M in Health and Diseases: How Far Have We Come and What Next? // *Frontiers in Immunology*. – 2020. – V. 11. – URL:<https://www.frontiersin.org/journals/immunology/articles/10.3389/fimmu.2020.595535/full> (дата обращения: 19.11.2024).
7. 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 Exposome*. 2023. P. 3-15.
8. Santaolalla A., Sollie S., Rislan A., Josephs D.H., Hammar N. Association between serum markers of the humoral immune system and inflammation in the Swedish AMORIS study // *BMC Immunology*. 2021. № 61. – URL: <https://bmcimmunol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12865-021-00448-2#citeas> (дата обращения: 17.11.2024).
9. 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 // *International Journal of Environment research and public health*. V. 19(1). P.424-437.
10. 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. 9 p.
11. Wang H. Regulation of Energy Balance by Inflammation: Common Theme in Physiology and Pathology / Wang H., Ye J. // *Reviews in endocrine and metabolic disorders*. 2015. Vol. 16(1). P. 47-54.
12. Wu J., Kensiski A., Li L. Cold stress-regulated immune responses: Insights, challenges, and perspectives // *Frigid Zone Medicine*. 2022. V. 2(3). P. 135-137.
13. Yildirim N.C., Yurekli M. The effect of adrenomedullin and cold stress on interleukin-6 levels in some rat tissues // *Clinical and Experimental Immunology*. – 2010. V. 161(1). P. 171-175.

## CHANGES IN IMMUNOLOGIC PARAMETERS OF PRESCHOOL CHILDREN IN RESPONSE TO HARDENING PROCEDURES

**BULASHEVA Evgeniya Nikolaevna**

Postgraduate Student

Tyumen State University

Tyumen, Russia

*The study reports the effects of hardening procedures on immune parameters in children aged 4-6 years. The study involved preschool children divided into three groups: the control group (n=25) followed a standard kindergarten routine without additional procedures, the hardening group included children (n=46) which participated in the hardening program with alternating temperature exposures five times a week, and children of the contrast group (n=12) underwent a similar program supplemented with thermal exposure in the sauna (t= +60-+65°C). Moderate hardening stabilized immune status, while intense exposure in the contrast group decreased immunoglobulin levels, reflecting adaptive changes in immune function to environmental stressors.*

**Keywords:** hardening, immunoglobulins, interleukins, leukocytes, preschool children.