УДК: 616-002-008.953-092+616.127

А.В. Аксенов, Л.Ф. Телешева, Е.Н. Серебрякова, А.Н. Шурховецкая, А.А. Минасова, К.В. Никушкина

ОСОБЕННОСТИ ИММУННОГО СТАТУСА У ПОДРОСТКОВ С ОЖИРЕНИЕМ И ГИПЕРТРОФИЕЙ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»
Челябинск, Российская Федерация

Резюме. Ожирение у детей ассоциировано с гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ), развивающейся, в том числе вследствие метаболических нарушений (артериальной гипертензии, инсулинорезистентности), ведущее значение в развитии которых на сегодняшний день придается метаболическому воспалению. ***Цель исследования*** – выявить особенности иммунного статуса у подростков с ожирением и гипертрофией левого желудочка. ***Методы***. Обследованы 78 подростков с диагнозом ожирение. Группу сравнения составили 18 подростков без ожирения. У всех подростков определяли содержание в крови активированных Т-лимфоцитов ($CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$) и уровни цитокинов: IL-1β, IL-2, IL-6, TNFα, IFNγ, MCP-1. Все пациенты с ожирением были распределены на 2 группы: группу подростков с ожирением без ГЛЖ (58 человек) и группу подростков с ожирением и ГЛЖ (20 человек). ***Результаты***. В группе подростков с ожирением и ГЛЖ выявлено снижение $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ как в сравнении с группой контроля, так и относительно группы подростков с ожирением без ГЛЖ. Кроме того, у подростков с ожирением уровень цитокинов IL-1β, IL-2, IL-6, TNFα, IFNγ, MCP-1 отмечен выше, чем в группе сравнения. Также установлено, что у подростков с ожирением и ГЛЖ имеет место снижение содержания IL-2 и TNFα при более высоких уровнях IL-6 и MCP-1 в сравнении с подростками с ожирением без ГЛЖ. Заключение. У подростков с ожирением и ГЛЖ имеют место снижение содержания $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$, а также снижение уровней IL-2 и TNFα при более выраженном повышении IL-6 и MCP-1 относительно подростков с ожирением без ГЛЖ.

Ключевые слова: иммунный статус, гипертрофия левого желудочка, подростки, ожирение

Конфликт интересов отсутствует.
Контактная информация автора, ответственного за переписку:
Аксенов Александр Владимирович
alexandr.axyonov@yandex.ru
Дата поступления: 30.05.2026
Образец цитирования: Аксенов А.В., Телешева Л.Ф., Серебрякова Е.Н., Шурховецкая А.А., Минасова А.А., Никушкина К.В. Особенности иммунного статуса у подростков с ожирением и гипертрофией левого желудочка. [Электронный ресурс] Вестник уральской медицинской академической науки. 2026, Том 23, № 3, с. 336-343, DOI: 10.22138/2500-0918-2026-23-3-336-343

Введение

Ожирение у детей ассоциировано с гипертрофией левого желудочка (ГЛЖ), с которой тесно связаны сердечно-сосудистая заболеваемость и смертность у взрослых. В основе развития ГЛЖ при ожирении находятся различные процессы: увеличение сердечного выброса вследствие повышенной активности миокарда из-за избытка жировой ткани, метаболические нарушения (артериальная гипертензия (АГ), инсулинорезистентность) и др. [1].

На сегодняшний день в развитии метаболических осложнений ожирения ведущее значение имеет метаболическое воспаление, в процессе которого провоспалительные цитокины, в частности, интерлейкин-6 (IL-6) и моноцитарный хемотаксический протеин-1 (MCP-1) принимают участие в

формировании инсулинорезистентности, а также запускают мобилизацию иммунных клеток (Т- и В-лимфоцитов) [2].

Согласно данным исследований, при ожирении у детей имеют место снижение содержания в периферической крови натуральных киллеров [3] и увеличение уровня В-лимфоцитов [4]. Кроме того, существуют публикации, посвященные определению уровней цитокинов в крови у детей с ожирением [5, 6], в том числе при наличии АГ [7]. Однако взаимосвязь метаболического воспаления с выраженностью структурно-функциональных изменений в миокарде у подростков с ожирением представляется изученной недостаточно.

Цель исследования: выявить особенности иммунного статуса у подростков с ожирением и гипертрофией левого желудочка.

Материалы и методы

В исследование включены 78 подростков с диагнозом ожирение, установленным с учетом рекомендаций ВОЗ, с использованием индекса массы тела (ИМТ) равного или более +2,0 стандартных отклонений индекса массы тела (SD ИМТ). Степень ожирения была определена согласно действующей классификации ожирения (по В.А. Петерковой, О.В. Васюковой, 2014) путем расчета SD ИМТ с использованием электронного приложения Anthro Plus (http://who.int/childgrowth/software/en/).

Критерии включения: возраст 10-17 лет; наличие конституционально-экзогенного ожирения; согласие родителей на проведение исследования.

Критерии исключения: наличие сахарного диабета и других эндокринных заболеваний, симптоматических артериальных гипертензий, онкологических заболеваний, острых и хронических воспалительных заболеваний в период обострения, беременности; прием гипотензивных и гормональных препаратов.

Группу контроля составили 18 подростков без ожирения, сопоставимые по полу и возрасту с исследуемой группой. Дети контрольной группы не имели острых и хронических воспалительных заболеваний в период обострения.

Исследование одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России (протокол №6 от 09.09.2024).

Выполнена количественная оценка активированного пула Т-лимфоцитов с фенотипом $CD3^+CD25^+$ (маркером ранней активации) и Т-лимфоцитов с фенотипом $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ (маркером поздней активации) в периферической крови методом проточной цитометрии на анализаторе «Navios 6/2» (Beckman Coulter, США).

Методом твердофазного иммуноферментного анализа определены уровни интерлейкина-1β (IL-1β), интерлейкина-2 (IL-2), IL-6, фактора некроза опухоли-α (TNFα), интерферона-γ (IFNγ), MCP-1 (Вектор-Бест, Россия) на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Personal Lab» (Adaltis, Италия).

Всем пациентам проводилось измерение артериального давления (АД). Диагноз АГ выставлялся согласно клиническим рекомендациям («Артериальная гипертензия», 2025) в том случае, если средний уровень систолического артериального давления (САД) и/или диастолического артериального давления (ДАД), рассчитанный на основании трех отдельных измерений был ≥ значения 95-го процентиля кривой распределения АД в популяции для соответствующего возраста, пола и роста, а у подростков старше 16 лет АД было ≥ 140/90 мм рт.ст.

Для определения ГЛЖ всем подросткам была проведена эхокардиография (ЭХО-КГ), выполненная на оборудовании марки Logiq S8. Измерялись конечно-диастолический размер (КДР) левого желудочка (ЛЖ), толщина межжелудочковой перегородки (МЖП) и толщина задней стенки (ЗС) ЛЖ. Масса миокарда левого желудочка (ММЛЖ) рассчитывалась по формуле Devereux's, модифицированной Американским эхокардиографическим обществом: ММЛЖ (г) = 0,80 × [1,04 (КДР + ЗС + МЖП)^3 — КДР^3] + 0,6 (в сантиметрах) [8]. Индекс массы миокарда левого желудочка (ИММЛЖ) вычислялся как отношение ММЛЖ к росту в степени 2,7 [9]. ГЛЖ констатировалась при ИММЛЖ ≥ 47,58 г/м^{2,7} для мальчиков и ≥ 44,38 г/м^{2,7} для девочек [10].

В зависимости от наличия ГЛЖ все пациенты с ожирением были распределены на 2 группы: группу подростков с ожирением без ГЛЖ (58 человек) и группу подростков с ожирением и ГЛЖ (20

человек). В зависимости от степени ожирения группа подростков без ГЛЖ была представлена следующим образом: 1 степень – 5,2%, 2 степень – 13,8%, 3 степень – 74,1%, морбидное – 6,9%. АГ была выявлена у 32,7% подростков в данной группе. Группу с ГЛЖ составили подростки с морбидным ожирением и 3 степенью ожирения (45% и 55% соответственно). АГ была выявлена у 90% подростков в данной группе.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием прикладных статистических пакетов IBM SPSS Statistics (версия 24). Данные измерений представлялись в виде медианы и интерквартильного размаха (Me [Q25-Q75]) с использованием U-критерия Манна-Уитни при сравнении двух независимых выборок. Значения $p<0,05$ считались статистически значимыми.

Результаты и обсуждение

Для достижения поставленной цели в первую очередь нами был проведен сравнительный анализ уровней $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ в периферической крови у подростков с ожирением в зависимости от наличия ГЛЖ (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ у подростков с ожирением в зависимости от наличия ГЛЖ

Table 1

Comparative characteristics of $CD3^+CD25^+$and $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ of obese adolescents depending on left ventricular hypertrophy (LVH)

Показатели / Indicators	Ожирение без ГЛЖ n=58 Me [Q25-Q75] Группа 1 / Obesity without LVH Group 1	Ожирение с ГЛЖ n=20 Me[Q25-Q75] Группа 2 / Obesity with LVH Group 2	Группа контроля n=18 Me [Q25-Q75] Группа 3 / Control group Group 3	Статистическая значимость (p) / Statistical significance (p)
$CD3^+CD25^+$, %	1,7 [1,3 – 2,5]	1,1 [0,7 – 2,0]	1,8 [1,1 – 2,15]	p_{1-2} =0,032* p_{1-3}>0,05 p_{2-3} >0,05
$CD3^+CD25^+$, кл/мкл / $CD3^+CD25^+$, cells/μl	40 [30,5– 55,5]	23 [17 – 47,5]	38 [27,8– 60,3]	p_{1-2} =0,022* p_{1-3}>0,05 p_{2-3}=0,039*
$CD3^+HLA\text{-}DR^+$, %	1,45 [1,1 – 2,1]	1,2 [0,75 – 1,55]	1,9 [1,4 – 2,18]	p_{1-2} =0,037* p_{1-3}>0,05 p_{2-3}=0,046*
$CD3^+HLA\text{-}DR^+$, кл/мкл / $CD3^+HLA\text{-}DR^+$, cells/μl	38 [26,0 –58,75]	22 [17,5 –40]	42,5 [22,75 –59,0]	p_{1-2} =0,039* p_{1-3}>0,05 p_{2-3}=0,048*

Примечание: * — статистически значимые различия.

Note: * — statistically significant differences.

Согласно полученным результатам, при сравнении содержания $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ в периферической крови между группой контроля и группой подростков с ожирением без ГЛЖ статистической значимости выявлено не было. В группе подростков с ожирением и ГЛЖ установлено снижение уровней $CD3^+CD25^+$ и $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ как в сравнении с группой контроля, так и относительно группы подростков с ожирением без ГЛЖ. Нам представляется, что данный факт можно объяснить высокой распространенностью АГ среди подростков с ожирением и ГЛЖ, поскольку известно, что в основе АГ при ожирении лежит хроническое воспаление [11], в котором в том числе участвуют активированные Т-лимфоциты. В одном из наших предыдущих исследований было установлено, что с развитием АГ у подростков с ожирением имеет место снижение в крови $CD3^+CD25^+$ [12].

Затем нами было проведено изучение цитокинового профиля у подростков с ожирением в зависимости от наличия ГЛЖ (табл. 2).

on-line ISSN 2500-0918

vestnikural.ru

Таблица 2

Сравнительная характеристика цитокинового профиля у подростков с ожирением в зависимости от наличия ГЛЖ

Table 2

Comparative characteristics of the cytokine profile in obese adolescents depending on LVH

Показатели / Indicators	Ожирение без ГЛЖ n=58 Me [Q25-Q75] Группа 1 / Obesity without LVH Group 1	Ожирение с ГЛЖ n=20 Me[Q25-Q75] Группа 2 / Obesity with LVH Group 2	Группа контроля n=18 Me [Q25-Q75] Группа 3 / Control group Group 3	Статистическая з начимость (p) / Statistical significance (p)
IL-1β, пг/мл / IL-1β, pg/ml	1,00 [0,71-1,21]	1,14 [0,68-1,39]	0,68 [0,34-1,0]	p_{1-2}>0,05 p_{1-3} =0,016* p_{2-3}=0,038*
IL-2, пг/мл / IL-2, pg/ml	1,72 [1,13-2,38]	1,15 [0,78-1,54]	1,07 [0,66-1,56]	p_{1-2} =0,004* p_{1-3} <0,001* p_{2-3} >0,05
IL-6, пг/мл / IL-6, pg/ml	1,66 [1,26-2,19]	2,3 [1,56-3,21]	1,18 [0,81-1,79]	p_{1-2} =0,043* p_{1-3} =0,013* p_{2-3}=0,002*
TNFα, пг/мл / TNFα, pg/ml	2,85 [2,21-4,35]	2,21 [1,8-2,73]	1,80 [1,44-2,47]	p_{1-2} =0,02* p_{1-3} <0,001* p_{2-3} >0,05
IFNγ, пг/мл / IFNγ, pg/ml	6,82 [5,28-8,18]	6,82 [5,0-15,71]	4,43 [2,96-6,25]	p_{1-2}>0,05 p_{1-3} <0,001* p_{2-3}=0,009*
MCP-1, пг/мл / MCP-1, pg/ml	206,73 [130,41- 258,81]	225,96 [194,11-329,25]	171,88 [142,53,41- 209,13]	p_{1-2} =0,021* p_{1-3}>0,05 p_{2-3}=0,011*

Примечание: * — статистически значимые различия.

Note: * — statistically significant differences.

Обращает на себя внимание повышение уровней провоспалительных цитокинов IL-1β, IL-2, IL-6, TNFα, IFNγ, MCP-1, выявленное нами в крови у подростков с ожирением, в сравнении с группой контроля, что согласуется с литературными данными [5-7]. При этом более выраженные повышения концентраций в крови IL-6 и MCP-1 наблюдаются в группе подростков с ожирением, имеющих ГЛЖ. По нашему мнению, данная особенность обусловлена не только высокой распространенностью АГ среди подростков с ожирением и ГЛЖ, но и высокими степенями ожирения, имеющими место у этих пациентов. Известно, что с повышением степени ожирения происходит нарастание активности воспаления [5]. Кроме того, более высокий уровень в крови IL-6 у подростков с ожирением и ГЛЖ представляется закономерным, в том числе и в связи с его способностью индуцировать гипертрофию кардиомиоцитов, что доказано в экспериментальных условиях на мышах [13].

Как следует из табл.2, с развитием ГЛЖ у подростков, имеющих ожирение, происходит снижение в крови уровней IL-2 и TNFα, что, по нашему мнению, объясняется их повышенным расходованием на реализацию метаболического воспаления. Известно, что TNFα выполняет ряд функций в миокарде: приводит к индукции апоптоза, способствует окислительному стрессу, повышая выработку оксида азота, играет роль в нарушении регуляции кальция и привлекает нейтрофилы и макрофаги [14].

Заключение

Развитие ГЛЖ у подростков с ожирением сопровождается снижением в крови Т-лимфоцитов с маркерами ранней ($CD3^+CD25^+$) и поздней активации ($CD3^+HLA\text{-}DR^+$), уровней IL-2 и TNFα, а также повышением концентраций IL-6 и MCP-1. Отмеченные особенности отражают роль метаболического воспаления в развитии структурных изменений миокарда у данной категории пациентов, в том числе опосредованно через формирование артериальной гипертензии. Вопрос, посвященный выявлению особенностей иммунного статуса у подростков с ожирением и ГЛЖ, требует дальнейшего изучения, поскольку открывает возможности для ранней диагностики и оптимизации терапии кардиоваскулярных осложнений ожирения в детском возрасте.

Вклад авторов

Идея работы и планирование эксперимента (Л.Ф.Т., Е.Н.С.), сбор данных (К.В.Н.), обработка данных (А.А.Ш.), написание и редактирование манускрипта (А.В.А., А.А.М.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кедринская А.Г., Образцова Г.И., Куприенко Н.Б., Леонова И.А. Изменения компонентного состава тела у детей с ожирением и развитие гипертрофии левого желудочка сердца. Педиатрия. Consilium Medicum. 2020;4: 52-56.
2. Юдаева А.Д., Стафеев Ю.С., Мичурина С.С., Меньшиков М.Ю., Шестакова М.В., Парфенова Е.В. Взаимодействие воспаления и инсулиновой резистентности: молекулярные механизмы в инсулинопродуцирующих и инсулинозависимых тканях. Сахарный диабет. 2023;26(1): 75-81.
3. Tobin L.M., Mavinkurve M., Carolan E., Kinlen D., O'Brien E.C., Little M.A., Finlay D.K., Cody D., Hogan A.E., O'Shea D. NK cells in childhood obesity are activated, metabolically stressed, and functionally deficient. JCI Insight. 2017;2(24): e94939. doi: 10.1172/jci.insight.94939
4. Dieme A., André S., Lapillonne H., Tounian P., Clément K., Dubern B. Characterization of lymphocyte profiles in children with syndromic obesity. Archives de Pédiatrie. 2023;30(4): 212-218. doi: 10.1016/j.arcped.2023.02.009
5. Пузикова О.З., Чурюкина Э.В., Московкина А.В., Попова В.А., Афонин А.А., Кравченко Л.В. Клинико-диагностическое значение интерлейкина 6 как маркера метаболического воспаления при ожирении у подростков. РМЖ. Медицинское обозрение. 2024;8(7): 421-426.
6. Скворцова О.В., Мигачева Н.Б., Михайлова Е.Г. Биомаркеры хронического воспаления у детей с ожирением и их связь с осложнениями болезни. Российский педиатрический журнал. 2025;28(1): 47-53.
7. Sosnicka A., Jaskulak M., Rysz I., Grzybowska M., Deptuła M., Zawrzykraj M., Pikuła M., Ben-Skowronek I., Zorena K. Leptin, Interleukin 6, and Vascular Endothelial Growth Factor as Potential Predictors of Primary Hypertension in Children and Adolescents with Obesity. International Journal of Molecular Sciences. 2026;27(2): 559. doi: 10.3390/ijms27020559
8. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. Pediatrics. 2004;114(2 suppl 4th report): 555-576.
9. Zoccali C., Benedetto F.A., Mallamaci F., Tripepi G., Giacone G., Cataliotti A., et al. Prognostic impact of the indexation of left ventricular mass in patients undergoing dialysis. Journal of the American Society of Nephrology. 2001;12(12): 2768-2774.
10. Khoury P.R., Mitsnefes M., Daniels S.R., Kimball T.R. Age-specific reference intervals for indexed left ventricular mass in children. Journal of the American Society of Echocardiography. 2009;22: 709-714.
11. Norlander A.E., Madhur M.S., Harrison D.G. The immunology of hypertension. Journal of Experimental Medicine. 2018;215(1): 21-33. doi: 10.1084/jem.20171773
12. Аксенов А.В., Телешева Л.Ф., Серебрякова Е.Н., Сумеркина В.А., Шурховецкая А.А., Пермякова О.Ю., Минасова А.А. Особенности метаболического профиля и субпопуляционного состава лимфоцитов периферической крови у подростков с ожирением и артериальной гипертензией. Южно-Уральский медицинский журнал. 2025;(4): 57-62.
13. Su J.H., Luo M.Y., Liang N., et al. Interleukin-6: a novel target for cardio-cerebrovascular diseases. Frontiers in Pharmacology. 2021;12: 745061. doi: 10.3389/fphar.2021.745061
14. Zhang H., Dhalla N.S. The Role of Pro-Inflammatory Cytokines in the Pathogenesis of Cardiovascular Disease. International Journal of Molecular Sciences. 2024;25(2): 1082. doi: 10.3390/ijms25021082

Авторы

Аксенов Александр Владимирович

Кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики детских болезней и педиатрии

alexandr.axyonov@yandex.ru

Телешева Лариса Федоровна

Доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии

teleshevalarisa@mail.ru

Серебрякова Елена Николаевна
Доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры госпитальной педиатрии
doctor-hit@yandex.ru

Шурховецкая Анна Алексеевна
Старший преподаватель кафедры пропедевтики детских болезней и педиатрии
rutanna@yandex.ru

Минасова Анна Александровна
Кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник НИИ иммунологии
pandora_anna@mail.ru

Никушкина Карина Викторовна
Кандидат медицинских наук, врач клинической лабораторной диагностики НИИ иммунологии
knikushkina81@gmail.ru

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет»
Челябинск, Российская Федерация

A.V. Aksenov, L.F. Telesheva, E.N. Serebryakova, A.N. Shurkhovetskaya, A.A. Minasova, K.V. Nikushkina

FEATURES OF IMMUNE STATUS IN ADOLESCENTS WITH OBESITY AND LEFT VENTRICULAR HYPERTROPHY

South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

Abstract. Childhood obesity is associated with left ventricular hypertrophy (LVH), which develops, among other things, as a result of metabolic disorders (arterial hypertension, insulin resistance), the leading role in the development of which is currently attributed to metabolic inflammation. ***The aim of the study*** is to identify the features of the immune status in adolescents with obesity and left ventricular hypertrophy. ***Methods***. 78 adolescents with a diagnosis of obesity were examined. The comparison group consisted of 18 adolescents without obesity. All adolescents had their blood activated T-lymphocytes ($CD3^+CD25^+$ and $CD3^+HLA\text{-}DR^+$) and cytokine levels: IL-1β, IL-2, IL-6, TNFα, IFNγ, MCP-1. All obese patients were divided into 2 groups: a group of obese adolescents without LVH (58 people) and a group of obese adolescents with LVH (20 people). ***Results***. In the group of adolescents with obesity and LVH, a decrease in $CD3^+CD25^+$ and $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ was observed, both in comparison with the control group and with the group of adolescents with obesity without LVH. In addition, the level of cytokines IL-1β, IL-2, IL-6, TNFα, IFNγ, and MCP-1 was higher in adolescents with obesity than in the comparison group. It was also found that adolescents with obesity and LVH have lower levels of IL-2 and TNFα, and higher levels of IL-6 and MCP-1, compared to adolescents with obesity without LVH. ***Conclusions***. Adolescents with obesity and LVH have a decrease in $CD3^+CD25^+$ and $CD3^+HLA\text{-}DR^+$ content, as well as a decrease in IL-2 and TNFα levels, with a more pronounced increase in IL-6 and MCP-1 compared to adolescents with obesity without LVH.

Keywords: immune status, left ventricular hypertrophy, adolescents, obesity

There is no conflict of interest.
Contact details of the corresponding author:
Alexander V. Aksenov
alexandr.axyonov@yandex.ru
Received: 30.05.2026
For citation: Aksenov A.V., Telesheva L.F., Serebryakova E.N., Shurkhovetskaya A.N., Minasova A.A.,

Nikushkina K.V. Features of the immune status in adolescents with obesity and left ventricular hypertrophy. [Online] Vestn. Ural. Med. Akad. Nauki. = Journal of Ural Medical Academic Science. 2026, Vol.23, no. 3, pp. 336-343. DOI: 10.22138/2500-0918-2026-23-2-336-343 (In Russ)

Author Contributions

Conceptualization and experimental design (L.F.T., E.N.S.), data collection (K.V.N.), data processing (A.A.Sh.), manuscript writing and editing (A.V.A., A.A.M.).

REFERENCES

1. Kedrinskaya A.G., Obraztsova G.I., Kuprienko N.B., Leonova I.A. Component changes of body composition in children with obesity and the development of the left ventricle hypertrophy. Pediatrics. Consilium Medicum. 2020;4: 52-56. (In Russ.).
2. Yudaeva A.D., Stafeev I.S., Michurina S.S., Menshikov M.Yu., Shestakova M.V., Parfyonova Y.V. The interactions between inflammation and insulin resistance: molecular mechanisms in insulin-producing and insulin-dependent tissues. Diabetes mellitus. 2023;26(1): 75-81. (In Russ.).
3. Tobin L.M., Mavinkurve M., Carolan E., Kinlen D., O'Brien E.C., Little M.A., Finlay D.K., Cody D., Hogan A.E., O'Shea D. NK cells in childhood obesity are activated, metabolically stressed, and functionally deficient. JCI Insight. 2017;2(24): e94939. doi: 10.1172/jci.insight.94939
4. Dieme A., André S., Lapillonne H., Tounian P., Clément K., Dubern B. Characterization of lymphocyte profiles in children with syndromic obesity. Archives de Pédiatrie. 2023;30(4): 212-218. doi: 10.1016/j.arcped.2023.02.009
5. Puzikova O.Z., Churyukina E.V., Moskovkina A.V., Popova V.A., Afonin A.A., Kravchenko L.V. Clinical and Diagnostic Significance of Interleukin 6 as a Marker of Metabolic Inflammation in Adolescent Obesity. RMJ. Medical Review. 2024;8(7): 421-426. (In Russ.).
6. Skvortsova O.V., Migacheva N.B., Mikhailova E.G. Biomarkers of chronic inflammation in children with obesity and their association with complications of the disease. Rossiyskiy Pediatricheskiy Zhurnal (Russian Pediatric Journal). 2025;28(1): 47-53. (In Russ.).
7. Sosnicka A., Jaskulak M., Rysz I., Grzybowska M., Deptuła M., Zawrzykraj M., Pikuła M., Ben-Skowronek I., Zorena K. Leptin, Interleukin 6, and Vascular Endothelial Growth Factor as Potential Predictors of Primary Hypertension in Children and Adolescents with Obesity. International Journal of Molecular Sciences. 2026;27(2): 559. doi: 10.3390/ijms27020559
8. National High Blood Pressure Education Program Working Group on High Blood Pressure in Children and Adolescents. The fourth report on the diagnosis, evaluation, and treatment of high blood pressure in children and adolescents. Pediatrics. 2004;114(2 suppl 4th report): 555-576.
9. Zoccali C., Benedetto F.A., Mallamaci F., Tripepi G., Giacone G., Cataliotti A., et al. Prognostic impact of the indexation of left ventricular mass in patients undergoing dialysis. Journal of the American Society of Nephrology. 2001;12(12): 2768-2774.
10. Khoury P.R., Mitsnefes M., Daniels S.R., Kimball T.R. Age-specific reference intervals for indexed left ventricular mass in children. Journal of the American Society of Echocardiography. 2009;22: 709-714.
11. Norlander A.E., Madhur M.S., Harrison D.G. The immunology of hypertension. Journal of Experimental Medicine. 2018;215(1): 21-33. doi: 10.1084/jem.20171773
12. Aksenov A.V., Telesheva L.F., Serebryakova E.N., Sumerkina V.A., Shurkhovetskaya A.A., Permyakova O.Yu., Minasova A.A. Features of the metabolic profile and subpopulation composition of peripheral blood lymphocytes in adolescents with obesity and arterial hypertension. South Ural Medical Journal. 2025;(4): 57-62. (In Russ.).
13. Zhang H., Dhalla N.S. The Role of Pro-Inflammatory Cytokines in the Pathogenesis of Cardiovascular Disease. International Journal of Molecular Sciences. 2024;25(2): 1082. doi: 10.3390/ijms25021082
14. Su J.H., Luo M.Y., Liang N., et al. Interleukin-6: a novel target for cardio-cerebrovascular diseases. Frontiers in Pharmacology. 2021;12: 745061. doi: 10.3389/fphar.2021.745061

Authors
Alexander V. Aksenov
PhD (Medicine), Associate Professor of the Department of Propaedeutics of Children's Diseases and Pediatrics
alexandr.axyonov@yandex.ru

Larisa F. Telesheva
MD (Medicine), Professor, Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology
teleshevalarisa@mail.ru

Elena N. Serebryakova
MD (Medicine), Associate Professor, Professor of the Department of Hospital Pediatrics
doctor-hit@yandex.ru

Anna A. Shurkhovetskaya
Senior Lecturer of the Department of Propaedeutics of Childhood Diseases and Pediatrics
rutanna@yandex.ru

Anna A. Minasova
PhD (Biology), Associate Professor, Senior Research Associate of Institute of Immunology
pandora_anna@mail.ru

Karina V. Nikushkina
PhD (Biology), Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics of Institute of Immunology
knikushkina81@gmail.ru

South Ural State Medical University
Chelyabinsk, Russian Federation