



## Особенности показателей спирографического исследования у невакцинированных школьников с наличием специфического иммунитета к SARS-CoV-2

И.Е. Штина<sup>1,2</sup>, А.Н. Болтачева<sup>1</sup>, С.Л. Валина<sup>1</sup>, О.Ю. Устинова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» Роспотребнадзора, ул. Монастырская, д. 82, г. Пермь, 614045, Российская Федерация

<sup>2</sup> ГБОУ ВПО «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, ул. Петропавловская, д. 26, г. Пермь, 614990, Российская Федерация

### Резюме

**Введение.** Влияние новой коронавирусной инфекции на здоровье человека и отсроченных постинфекционных последствий, в том числе у детского населения, остается актуальным вопросом. Изучаемое заболевание у детей протекает легче, чем у взрослых, но уровень заболеваемости не имеет тенденции к снижению с 2020 года. Респираторные симптомы в виде кашля и одышки сохраняются у детей длительное время независимо от тяжести заболевания.

**Цель исследования:** установить особенности показателей спирографического исследования у невакцинированных школьников с наличием специфического иммунитета к SARS-CoV-2.

**Материалы и методы.** В настоящее исследование было включено 169 школьников в возрасте 7–14 лет. Группу наблюдения составили 90 детей с наличием в сыворотке крови специфических иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2, группу сравнения – 79 детей аналогичного возраста с отсутствием в сыворотке специфических иммуноглобулинов к SARS-CoV-2. Всем детям выполнено исследование функции внешнего дыхания по стандартной методике. Проведен сравнительный анализ результатов спирографии с применением классических методов описательной статистики.

**Результаты.** Оценка результатов спирометрического исследования показала, что медианы показателей форсированной жизненной емкости легких и объема форсированного выдоха за первую секунду в обеих группах были в пределах нормы. В группе наблюдения установлены статистически значимо более низкие значения медианы модифицированного индекса Тиффно (%) и медианы пиковой скорости форсированного выдоха (%) ( $p = 0,001$ ), а также в 2,8 раза чаще зарегистрированы сниженные значения пиковой скорости форсированного выдоха ( $p = 0,021$ ).

**Заключение.** Выявленные изменения показателей спирографии у невакцинированных против COVID-19 школьников с наличием иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 могут свидетельствовать о формировании легких постковидных obstructивных нарушений функции внешнего дыхания.

**Ключевые слова:** дети, спирография, легочная функция, антитела IgG к SARS-CoV-2, COVID-19.

**Для цитирования:** Штина И.Е., Болтачева А.Н., Валина С.Л., Устинова О.Ю. Особенности показателей спирографического исследования у невакцинированных школьников с наличием специфического иммунитета к SARS-CoV-2 // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 2. С. 52–57. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-2-52-57

## Characteristics of Spirography Indicators in Unvaccinated Schoolchildren with Specific Immunity to SARS-CoV-2

Irina E. Shtina,<sup>1,2</sup> Anna N. Boltacheva,<sup>1</sup> Svetlana L. Valina,<sup>1</sup> Olga Yu. Ustinova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Street, 614045, Perm, Russian Federation

<sup>2</sup> Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, 26 Petropavlovskaya Street, 614990, Perm, Russian Federation

### Summary

**Introduction:** The impact of the novel coronavirus disease on human health and its long-term outcomes, including that in the child population, remains a pressing issue. The course of the disease in children is milder than in adults, but the incidence rate has not shown a downward trend since 2020. Respiratory symptoms such as cough and shortness of breath persist in children for a long time, regardless of the disease severity.

**Objective:** To establish characteristics of spirometry indicators in unvaccinated schoolchildren with specific immunity to SARS-CoV-2.

**Materials and methods:** The present study included 169 schoolchildren aged 7–14 years. The observation group consisted of 90 children with specific Class G immunoglobulins to SARS-CoV-2 in their blood serum and the reference group consisted of 79 children matched by age having no IgG antibodies to the virus. All subjects underwent a pulmonary function test and the spirometry results were then compared using classical methods of descriptive statistics.

**Results:** The median indicators of forced vital capacity and forced expiratory volume in the first second measured by spirometry were within the normal range in both groups. In the observation group, statistically lower values of the median of the modified Tiffeneau-Pinelli index (%) and that of the peak expiratory flow rate (%) ( $p = 0.001$ ) were established, with the latter being 2.8 times more frequent ( $p = 0.021$ ).

**Conclusion:** The revealed changes in spirometry parameters in the schoolchildren who were not vaccinated against COVID-19 but had IgG antibodies to SARS-CoV-2 may indicate mild post-COVID obstructive respiratory dysfunction.

**Keywords:** children, spirometry, lung function, IgG antibodies to SARS-CoV-2, COVID-19.

**Cite as:** Shtina IE, Boltacheva AN, Valina SL, Ustinova OYu. Characteristics of spirometry indicators in unvaccinated schoolchildren with specific immunity to SARS-CoV-2. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(2):52–57. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-2-52-57

**Введение.** В настоящее время сохраняет актуальность вопрос изучения влияния новой коронавирусной инфекции (COVID-19) на здоровье человека и наличия отсроченных неоднозначных постинфекционных последствий, в том числе у детского населения. По данным федеральной статистической отчетности Минздрава России и расчетов Росстата первичная заболеваемость COVID-19 у детей в возрасте 0–14 лет характеризуется стабильным ростом (1209,7 на 100 тысяч детей – в 2020 году и 6241,9 на 100 тысяч детей – в 2022 году)<sup>1</sup>. Новый коронавирус SARS-CoV-2 принадлежит к респираторным вирусам, преимущественно поражающим легкие, основными симптомами вызванного им заболевания являются лихорадка, сухой кашель и острая пневмония [1–4]. По результатам ранее проведенных исследований COVID-19 у детей характеризуется более легким течением, чем у взрослых, с менее выраженной клинической симптоматикой, реже требует госпитализации [5, 6]. Несмотря на это, неопределенность исходов и последствий болезни диктуют необходимость длительного динамического наблюдения за детьми [3]. Было доказано, что дети могут сообщать о респираторных симптомах через месяц после COVID-19 независимо от тяжести инфекции и состояния внешнего дыхания [7, 8]. Анализ научной литературы показал, что в настоящее время недостаточно данных о легочных осложнениях у детей, выздоровевших от нетяжелых форм инфекции SARS-CoV-2. Авторы работ, изучающих функциональное состояние органов дыхания после перенесенной новой коронавирусной инфекции, призывают к проведению дальнейших исследований с целью изучения отдаленных последствий и выявления факторов, влияющих на формирование нарушений функции внешнего дыхания [9, 10].

**Цель исследования** – установить особенности показателей спирографического исследования у невакцинированных школьников с наличием специфического иммунитета к SARS-CoV-2.

**Материалы и методы.** Выполнено одноцентровое одномоментное сравнительное ретроспективное исследование.

Период исследования: 01.03.2021–01.05.2022. Согласно официальным источникам для данного временного периода была характерна циркуляция геновариантов коронавируса В.1.617.1/В.1.617.2 (дельта/каппа, индийский) и В.1.1.529 (омикрон)<sup>2,3</sup>.

Критерии включения в проводимое исследование: наличие информированного добровольного согласия на медицинское вмешательство и участие в исследовании от законных представителей обследованных детей. Критерии включения в группу наблюдения: учащиеся средних общеобразовательных школ с наличием иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 в возрасте 7–14 лет без признаков респираторного заболевания на момент обследования (кашель, одышка). Критерии включения в группу сравнения: учащиеся общеобразовательных школ без признаков респираторного заболевания с отсутствием иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 в сыворотке крови. Критериями исключения из исследования считали наличие признаков острого инфекционного заболевания; жалоб, указывающих на обострение хронического соматического заболевания; морбидного ожирения; установленных ранее хронических болезней органов дыхания; некорректное выполнение маневра спирометрии; применение лекарственных средств, способных повлиять на результаты спирометрии; отсутствие согласия на медицинское вмешательство и участие в исследовании. Всего обследовано 169 детей в возрасте 7–14 лет, группу наблюдения составили 90 детей с наличием специфических иммуноглобулинов класса G (IgG) к SARS-CoV-2 в сыворотке крови, группу сравнения – 79 детей, серонегативных к вирусу SARS-CoV-2. Доли детей с однократным эпизодом ОРВИ, характеризующимся легким течением (острый назофарингит (J00), острый фарингит (J02), острый фарингит неуточненный (J02.9)), в обеих группах в течение 6 месяцев до проведения исследования были сопоставимы по количеству (36,7 и 29,1 % соответственно,  $p = 0,242$ ). Анализируемые группы были сопоставимы по половому составу, возрастному признаку и антропометрическим данным ( $p = 0,343–0,626$ ) (табл. 1).

Размер выборки предварительно не рассчитывали. Выборка настоящего исследования по точности соответствует формату ориентировочного знакомства [11]. Данное количество наблюдений было достаточным для достижения целевого значения статистической мощности.

Наличие антител класса IgG к белкам коронавируса SARS-CoV-2 было определено твердофазным иммуноферментным методом набором реагентов для иммуноферментного анализа «SARS-CoV-2-IgG-

**Таблица 1. Характеристика групп исследования, %**  
**Table 1. Characteristics of the subjects by groups, %**

Показатель / Parameter	Группа наблюдения / Observation group (n = 90)	Группа сравнения / Reference group (n = 79)	p
Возраст, лет (Me (25;75)) / Age, years (Me (25; 75))	11 (9; 13)	10 (10; 13)	0,343
Мальчики, n (%) / Boys, n (%)	48,9 (44)	54,4 (43)	0,573
Девочки, n (%) / Girls, n (%)	51,1 (46)	45,6 (36)	0,573
Рост, см (Me (25;75)) / Height, cm (Me (25; 75))	152 (142; 161)	152 (143; 162)	0,626

<sup>1</sup> Федеральная служба государственной статистики. Здравоохранение. Заболеваемость детей в возрасте 0–14 лет по основным классам болезней в 2000–2022 гг. <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата доступа: 22.10.2023 г.).

<sup>2</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023.

<sup>3</sup> О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2021 году: Государственный доклад. Пермь: Управление Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае», 2022.

Вектор» («SARS-CoV-2-IgG-Вектор», ФБУН «ГНЦ ВБ «Вектор») Роспотребнадзора).

Исследование вентиляционной функции внешнего дыхания (ФВД) было осуществлено на спирометре Schiller PS spirometry с применением датчика SP-1 (Schiller AG, Швейцария). Оценка результатов выполнена на основании соотношения относительных значений форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ, FVC), объема форсированного выдоха за 1 сек (ОФВ1, FEV1), модифицированного индекса Тиффно (FEV1/FVC, %), пиковой объемной скорости форсированного выдоха (ПОС, PEF, %) с физиологическими нормативами с последующей интерпретацией согласно методическому руководству<sup>4</sup>. Всем детям по стандартной методике предварительно проведено антропометрическое исследование с измерением роста (см) и массы тела (кг).

Настоящее исследование реализовано в рамках НИР «Научное обоснование способов диагностики и профилактики у детей заболеваний, связанных с особенностями комплексного воздействия современного образовательного процесса, факторов окружающей среды, питания и образа жизни» ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения».

Исследование проведено в соответствии с Национальным стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика» (ICHЕ6 GСР)<sup>5</sup> и одобрено Локальным этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (выписка из протокола № 4 от 01.12.2020).

Статистический и математический анализ осуществлен с применением приложения Japov1 1.6.23.0. Возраст и относительные значения ФЖЕЛ, ОФВ1, модифицированного индекса Тиффно, ПОС представлены в виде медиан и границ интерквартильного размаха (Ме (25; 75)), методом четырех-

польных таблиц сопряженности выполнено сравнение полового состава групп и частоты выявленных нарушений. Выполнен корреляционный анализ для определения связи между уровнем специфических антител к SARS-CoV-2 и параметрами спирометрического исследования (коэффициент Спирмена). Статистически значимыми считали межгрупповые различия при заданном уровне  $p$ -value  $\leq 0,05$ .

**Результаты.** Сравнительный анализ функции внешнего дыхания по результатам спирометрии не выявил межгрупповых различий медиан относительных значений ФЖЕЛ и ОФВ1 ( $p = 0,122$ – $0,184$ ) (табл. 2).

При этом в группе наблюдения относительно группы сравнения установлены статистически значимо более низкие значения медиан модифицированного индекса Тиффно (ОФВ1/ФЖЕЛ, %) и пиковой скорости форсированного выдоха (ПОС, %) (98,5 (91,0; 104,0) против 103 (98,8; 109,0) % и 75,5 (68,0; 81,8) против 89,0 (80,0; 96,0) % соответственно;  $p = 0,001$ ) (табл. 2).

Нарушения вентиляционной функции внешнего дыхания по значению ФЖЕЛ, ОФВ1 и модифицированного индекса Тиффно регистрировали в единичных случаях у 2,2–9,9 % детей 7–14 лет в обеих обследуемых группах ( $p = 0,183$ – $0,506$ ) (табл. 2).

Сопоставление частот выявленных отклонений показало в 2,8 раза чаще регистрируемые сниженные значения ПОС (17,8 против 6,3 %,  $p = 0,021$ ) (табл. 2), что может указывать на легкие obstructive нарушения.

По результатам корреляционного анализа статистически значимых связей между уровнем специфических антител к SARS-CoV-2 и параметрами спирометрического исследования не установлено ( $p = 0,152$ – $0,624$ ).

**Обсуждение.** Несмотря на более легкое течение новой коронавирусной инфекции у детей, актуальным остается вопрос влияния SARS-CoV-2 на детский

**Таблица 2. Результаты спирометрии у детей группы наблюдения и группы сравнения**  
**Table 2. Spirometry results in children of the observation and reference groups**

Параметр / Parameter	Группа наблюдения / Observation group (n = 90)	Группа сравнения / Reference group (n = 79)	p
Медиана и граница интерквартильного размаха, Ме (25; 75) / Median and interquartile range, Me (25; 75)			
ФЖЕЛ, % / FVC, %	91,0 (85; 99,8)	89,0 (80,0; 97,0)	0,122
ОФВ1, % / FEV1, %	90,0 (85,0; 97,0)	94,0 (86,5; 100)	0,184
Модифицированный индекс Тиффно, (FEV1/FVC), % / Modified Tiffeneau index, (FEV1/FVC), %	98,5 (91,0; 104,0)	103 (98,8; 109,0)	0,001
ПОС, % / PEF, %	75,5 (68,0; 81,8)	89,0 (80,0; 96,0)	0,001
Частота отклонений от нормы, n (%) / Number of abnormal results, n (%)			
ФЖЕЛ, % / FVC, %	2 (2,5)	6 (6,7)	0,369
ОФВ1, % / FEV1, %	4 (5,1)	8 (9,9)	0,506
Модифицированный индекс Тиффно, (FEV1/FVC), % / Modified Tiffeneau index, (FEV1/FVC), %	0 (0)	2 (2,2)	0,183
ПОС, % / PEF, %	16 (17,8)	5 (6,3)	0,021

**Аббревиатура:** ФВД – функции внешнего дыхания; ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких; ПОС – пиковая объемная скорость форсированного выдоха.

**Abbreviations:** FVC, forced vital capacity; FEV1, forced expiratory volume in the first second; PEF, peak expiratory flow.

<sup>4</sup> Спирометрия. Методическое руководство, 2021.

<sup>5</sup> ГОСТ Р ИСО 14155–2014 Национальный стандарт Российской Федерации. Клинические исследования. Надлежащая клиническая практика, 2015.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-2-52-57>  
Original Research Article

организм с целью прогнозирования осложнений, формирование которых не всегда коррелирует с тяжестью заболевания [9, 12–15].

Полученные результаты настоящего исследования совпадают с исследованиями, проведенными ранее, не выявившими признаков респираторных синдромов после бессимптомной или легкой инфекции SARS-CoV-2 [8, 11, 16]. Отсутствие статистически значимых различий по значению ФЖЕЛ и ОФВ1 у невакцинированных детей с IgG к SARS-CoV-2 указывает на отсутствие значительного нарушения функции внешнего дыхания по результатам спирометрии, что, вероятно, обусловлено более легким у них течением новой коронавирусной инфекцией как за счет «тренированности» иммунной системы детского организма другими респираторными вирусами, так и за счет ее незрелости, и, как следствие, отсутствие выраженных иммунных реакций [8, 17].

Отсутствие статистически значимых связей между уровнем специфических антител к SARS-CoV-2 и параметрами спирометрического исследования указывает на то, что уровень антител не может быть индикатором тяжести вентиляционных нарушений функции внешнего дыхания после перенесенной новой коронавирусной инфекции у детей, что в целом не противоречит ранее опубликованным исследованиям. Следует отметить, что работы, направленные на изучение связи уровня антител с тяжестью заболевания, преимущественно выполнены на популяции взрослого населения [18, 19].

Полученные более низкие значения ПОС и индекса Тиффно при нормальных значениях ОФВ1 не исключают легких обструктивных нарушений функции внешнего дыхания. Согласно методическому руководству, сниженные значения ПОС свидетельствуют о большей жесткости стенок измененных участков дыхательных путей, препятствующей их быстрому экспираторному сужению, что может объяснять наличие одышки при постковидном респираторном синдроме у детей не только за счет дисфункционального дыхания, обусловленного слабостью дыхательной мускулатуры и гипервентиляцией [8, 20–22]. Полученные результаты указывают на необходимость проведения реабилитационных мероприятий у детей, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 [10, 23].

Ограничения настоящего исследования – малый объем выборки, отсутствие подтверждения в анамнезе SARS-CoV-2 методом ПЦР, а также отсутствие бронходилатационного теста обследуемым школьникам.

**Заключение.** Таким образом, у детей с наличием специфических иммуноглобулинов класса G к SARS-CoV-2 статистически значимо более низкие значения медиан модифицированного индекса Тиффно и пиковой скорости форсированного выдоха и большая частота выявления снижения ПОС, что свидетельствует о склонности к обструктивным нарушениям вентиляционной функции внешнего дыхания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Щелканов М.Ю., Колобухина Л.В., Бургасова О.А., Кружкова И.С., Малеев В.В. COVID-19: этиология,

клиника, лечение // Инфекция и иммунитет. 2020. Т. 10. № 3. С. 421–445. doi: 10.15789/2220-7619-CEC-1473

- Singal CMS, Jaiswal P, Seth P. SARS-CoV-2, more than a respiratory virus: Its potential role in neuropathogenesis. *ACS Chem Neurosci*. 2020;11(13):1887-1899. doi: 10.1021/acscchemneuro.0c00251
- Мелехина Е.В., Горелов А.В., Музыка А.Д. Клинические особенности течения COVID-19 у детей различных возрастных групп // Обзор литературы к началу апреля 2020 года. Вопросы практической педиатрии. 2020. Т. 15. № 2. С. 7–20. doi: 10.20953/1817-7646-2020-2-7-20
- Баздырев Е.Д. Коронавирусная инфекция – актуальная проблема XXI века // Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2020. Т. 9. № 2. С. 6–16. doi: 10.17802/2306-1278-2020-9-2-6-16
- Yasuhara J, Kuno T, Takagi H, Sumitomo N. Clinical characteristics of COVID-19 in children: A systematic review. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(10):2565-2575. doi: 10.1002/ppul.24991
- Mantovani A, Rinaldi E, Zusi C, Beatrice G, Saccomani MD, Dalbeni A. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children and/or adolescents: A meta-analysis. *Pediatr Res*. 2021;89(4):733-737. doi: 10.1038/s41390-020-1015-2
- Buonsenso D, Munblit D, De Rose C, et al. Preliminary evidence on long COVID in children. *Acta Paediatr*. 2021;110(7):2208-2211. doi: 10.1111/apa.15870
- Knoke L, Schlegtendal A, Maier C, Eitner L, Lücke T, Brinkmann F. Pulmonary function and long-term respiratory symptoms in children and adolescents after COVID-19. *Front Pediatr*. 2022;10:851008. doi: 10.3389/fped.2022.851008
- Di Chiara C, Carraro S, Zanconato S, et al. Preliminary evidence on pulmonary function after asymptomatic and mild COVID-19 in children. *Children (Basel)*. 2022;9(7):952. doi: 10.3390/children9070952
- Евсеева Г.П., Телепнёва Р.С., Книжникова Е.В. и др. COVID-19 в педиатрической популяции // Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2021. № 80. С. 100–114. doi: 10.36604/1998-5029-2021-80-100-114
- Наркевич А.Н., Виноградов К.А. Методы определения минимально необходимого объема выборки в медицинских исследованиях // Социальные аспекты здоровья населения. 2019. Т. 65. № 6. С. 10. doi: 10.21045/2071-5021-2019-65-6-10
- Лобзин Ю.В., Черкашина И.В., Самойлова И.Г. Медицинская реабилитация детей, перенесших COVID-19 // Журнал инфектологии. 2020; 12(S3): 64–74. doi: 10.22625/2072-6732-2020-12-3-64-74
- Waghmare A, Hijano DR. SARS-CoV-2 infection and COVID-19 in children. *Clin Chest Med*. 2023;44(2):359-371. doi: 10.1016/j.ccm.2022.11.014
- Намазова-Баранова Л.С., Баранов А.А. COVID-19 и дети // Пульмонология. 2020. Т. 30. № 5. С. 609–628. doi: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-609-628
- Садыкова Д.И., Халиуллина С.В., Анохин В.А. и др. Клинические проявления новой коронавирусной инфекции (COVID-19) у детей, госпитализированных в стационар // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2021. Т. 66. № 5. С. 88–96. doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-5-88-96
- Старшинова А.А., Кушнарева Е.А., Малкова А.М., Довгалоюк И.Ф., Кудлай Д.А. Новая коронавирусная инфекция: особенности клинического течения, возможности диагностики, лечения и профилактики инфекции у взрослых и детей // Вопросы современной педиатрии. 2020. Т. 19. № 2. С. 123–131. doi: 10.15690/vsp.v19i2.2105
- Никитина И.В., Донников А.Е., Крог-Йенсен О.А., Ленюшкина А.А., Дегтярева Н.Д., Дегтярева А.В. Роль

- ренин-ангиотензиновой системы, иммунологических и генетических факторов в реализации COVID-19 у детей // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020. Т. 65. № 4. С. 16-26. doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-4-16-26
18. Крюков Е.В., Салухов В.В., Котив Б.Н., Овчинников Д.В., Андрейчук Ю.В., Денисов Д.Г., Богомолов А.Б., Харитонов М.А., Рудаков Ю.В., Садовников П.С., Чугунов А.А. Факторы, влияющие на содержание IgG-антител к S-белку SARS-CoV-2 в крови у реконвалесцентов после новой коронавирусной инфекции (COVID-19) // Медицинский совет. 2022. Т. 16. № 4. С. 51-65. doi:10.21518/2079-701X-2022-16-4-51-65
  19. Андреев И.В., Нечай К.О., Андреев А.И. и др. Поствакцинальный и постинфекционный гуморальный иммунный ответ на инфекцию SARS-CoV-2 // Иммунология. 2022. Т. 43. № 1. С. 18-32. doi: 10.33029/0206-4952-2022-43-1-18-32
  20. Соколовская Т.А. Постковидный синдром у детей: аналитический обзор // Социальные аспекты здоровья населения. 2022. Т. 68. № 6. С. 2. doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-6-2
  21. Campos C, Prokopich S, Loewen H, Sanchez-Ramirez DC. Long-term effect of COVID-19 on lung imaging and function, cardiorespiratory symptoms, fatigue, exercise capacity, and functional capacity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(12):2492. doi: 10.3390/healthcare10122492
  22. Ashkenazi-Hoffnung L, Shmueli E, Ehrlich S, et al. Long COVID in children: Observations from a designated pediatric clinic. *Pediatr Infect Dis J*. 2021;40(12):e509-e511. doi: 10.1097/INF.0000000000003285
  23. Петрова М.С., Хан М.А. Медицинская реабилитация детей, перенесших новую коронавирусную инфекцию COVID-19 // Вестник восстановительной медицины. 2021. Т. 20. № 4. С. 4-12. doi: 10.38025/2078-1962-2021-20-4-4-12
- ### REFERENCES
1. Shchelkanov MYu, Kolobukhina LV, Burgasova OA, Kruzhkova IS, Maleev VV. COVID-19: Etiology, clinical picture, treatment. *Infektsiya i Immunitet*, 2020;10(3):421-445. (In Russ.) doi: 10.15789/2220-7619-CEC-1473
  2. Singal CMS, Jaiswal P, Seth P. SARS-CoV-2, more than a respiratory virus: Its potential role in neuropathogenesis. *ACS Chem Neurosci*. 2020;11(13):1887-1899. doi: 10.1021/acscchemneuro.0c00251
  3. Melekhina EV, Gorelov AV, Muzyka AD. Clinical characteristics of COVID-19 in children of different ages. Literature review as of April 2020. *Voprosy Prakticheskoy Pediatrii*. 2020;15(2):7-20. (In Russ.) doi: 10.20953/1817-7646-2020-2-7-20
  4. Bazdyrev ED. Coronavirus disease: A global problem of the 21st century. *Kompleksnye Problemy Serdechno-Sosudistykh Zabolevaniy*. 2020;9(2):6-16. (In Russ.) doi: 10.17802/2306-1278-2020-9-2-6-16
  5. Yasuhara J, Kuno T, Takagi H, Sumitomo N. Clinical characteristics of COVID-19 in children: A systematic review. *Pediatr Pulmonol*. 2020;55(10):2565-2575. doi: 10.1002/ppul.24991
  6. Mantovani A, Rinaldi E, Zusi C, Beatrice G, Saccomani MD, Dalbeni A. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children and/or adolescents: A meta-analysis. *Pediatr Res*. 2021;89(4):733-737. doi: 10.1038/s41390-020-1015-2
  7. Buonsenso D, Munblit D, De Rose C, et al. Preliminary evidence on long COVID in children. *Acta Paediatr*. 2021;110(7):2208-2211. doi: 10.1111/apa.15870
  8. Knoke L, Schlegtendal A, Maier C, Eitner L, Lücke T, Brinkmann F. Pulmonary function and long-term respiratory symptoms in children and adolescents after COVID-19. *Front Pediatr*. 2022;10:851008. doi: 10.3389/fped.2022.851008
  9. Di Chiara C, Carraro S, Zanconato S, et al. Preliminary evidence on pulmonary function after asymptomatic and mild COVID-19 in children. *Children (Basel)*. 2022;9(7):952. doi: 10.3390/children9070952
  10. Evseeva GP, Telepneva RS, Knizhnikova EV, et al. COVID-19 in pediatric population. *Byulleten' Fiziologii i Patologii Dykhaniya*. 2021;(80):100-114. (In Russ.) doi: 10.36604/1998-5029-2021-80-100-114
  11. Narkevich AN, Vinogradov KA. Methods for determining the minimum required sample size in medical research. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2019;65(6):10. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2019-65-6-10
  12. Lobzin YuV, Cherkashina IV, Samoilova IG. Medical rehabilitation of children undergoing COVID-19. *Zhurnal Infektologii*. 2020;12(3):64-74. (In Russ.) doi: 10.22625/2072-6732-2020-12-3-64-74
  13. Waghmare A, Hijano DR. SARS-CoV-2 infection and COVID-19 in children. *Clin Chest Med*. 2023;44(2):359-371. doi: 10.1016/j.ccm.2022.11.014
  14. Namazova-Baranova LS, Baranov AA. COVID-19 and children. *Pulmonologiya*. 2020;30(S5):609-628. doi: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-609-628
  15. Sadykova DI, Khaliullina SV, Anokhin VA, et al. Clinical manifestations of new coronavirus infection (COVID-19) in children admitted to hospital. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2021;66(5):88-96. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2021-66-5-88-96
  16. Starshinova AA, Kushnareva EA, Malkova AM, Dovgalyuk IF, Kudlay DA. New coronaviral infection: Features of clinical course, capabilities of diagnostics, treatment and prevention in adults and children. *Voprosy Sovremennoy Pediatrii*. 2020;19(2):123-131. (In Russ.) doi: 10.15690/vsp.v19i2.2105
  17. Nikitina IV, Donnikov AE, Krogh-Jensen OA, Lenyushkina AA, Degtyareva ND, Degtyareva AV. The role of the renin-angiotensin system, immunological and genetic factors in children with COVID-19. *Rossiyskiy Vestnik Perinatologii i Pediatrii*. 2020;65(4):16-26. (In Russ.) doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-4-16-26
  18. Kryukov EV, Salukhov VV, Kotiv BN, et al. Factors affecting the content of Ig G-antibodies to S-protein SARS-CoV-2 in the blood of convalescents after new coronaviral infection (COVID-19). *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(4):51-65. (In Russ.) doi: 10.21518/2079-701X-2022-16-4-51-65
  19. Andreev IV, Nechay KO, Andreev AI, et al. Post-vaccination and post-infection humoral immune response to the SARS-CoV-2 infection. *Immunologiya*. 2022;43(1):18-32. (In Russ.) doi: 10.33029/0206-4952-2022-43-1-18-32
  20. Sokolovskaja TA. Post-COVID syndrome in children: An analytical review. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2022;68(6):2. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2022-68-6-2
  21. Campos C, Prokopich S, Loewen H, Sanchez-Ramirez DC. Long-term effect of COVID-19 on lung imaging and function, cardiorespiratory symptoms, fatigue, exercise capacity, and functional capacity in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare (Basel)*. 2022;10(12):2492. doi: 10.3390/healthcare10122492
  22. Ashkenazi-Hoffnung L, Shmueli E, Ehrlich S, et al. Long COVID in children: Observations from a designated pediatric clinic. *Pediatr Infect Dis J*. 2021;40(12):e509-e511. doi: 10.1097/INF.0000000000003285
  23. Petrova MS, Khan MA. Medical rehabilitation of children after a new coronavirus infection COVID-19. *Vestnik Vosstanovitel'noy Meditsiny*. 2021;20(4):4-12. (In Russ.) doi: 10.38025/2078-1962-2021-20-4-4-12

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-2-52-57>

Original Research Article

#### Сведения об авторах:

✉ **Штина** Ирина Евгеньевна – к.м.н.; заведующая лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»; преподаватель кафедры гигиены медико-профилактического факультета ФГБОУ ВО «ПГМУ им. академика Е.А. Вагнера»; e-mail: [shtina\\_irina@fcrisk.ru](mailto:shtina_irina@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>.

**Болтачева** Анна Николаевна – врач функциональной диагностики кабинета функциональной диагностики ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2197-8713>.

**Валина** Светлана Леонидовна – к.м.н., заведующая отделом гигиены детей и подростков ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»; e-mail: [doc.valina@yandex.ru](mailto:doc.valina@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>.

**Устинова** Ольга Юрьевна – д.м.н., заместитель директора по лечебной работе ФБУН «ФНЦ МПТ УРЗН»; e-mail: [ustinova@fcrisk.ru](mailto:ustinova@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>.

**Информация о вкладе авторов:** концепция и дизайн исследования: *Штина И.Е., Болтачева А.Н.*; сбор данных: *Штина И.Е., Болтачева А.Н., Валина С.Л.*; анализ и интерпретация результатов: *Штина И.Е., Болтачева А.Н., Устинова О.Ю.*; литературный обзор: *Штина И.Е.*; подготовка рукописи: *Штина И.Е., Болтачева А.Н., Валина С.Л.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Соблюдение этических стандартов:** исследования одобрены Локальным этическим комитетом при ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (выписка из протокола № 4 от 01.12.2020). От законных представителей участников было получено информированное согласие на медицинское вмешательство и участие в исследовании.

**Финансирование:** исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов:** авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 11.01.24 / Принята к публикации: 10.02.24 / Опубликовано: 29.02.24

#### Author information:

✉ Irina E. **Shtina**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Complex Health Problems of Children with a Clinical Group, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; Lecturer, Department of Hygiene, Faculty of Preventive Medicine, Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner; e-mail: [shtina\\_irina@fcrisk.ru](mailto:shtina_irina@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5017-8232>.

Anna N. **Boltacheva**, functional diagnostics physician, Functional Diagnostics Office, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2197-8713>.

Svetlana L. **Valina**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Pediatric Hygiene, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: [doc.valina@yandex.ru](mailto:doc.valina@yandex.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>.

Olga Yu. **Ustinova**, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director of Health Services, Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies; e-mail: [ustinova@fcrisk.ru](mailto:ustinova@fcrisk.ru); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9916-5491>.

**Author contributions:** study conception and design: *Shtina I.E., Boltacheva A.N.*; data collection: *Shtina I.E., Boltacheva A.N., Valina S.L.*; analysis and interpretation of results: *Shtina I.E., Boltacheva A.N., Ustinova O.Yu.*; bibliography compilation and referencing: *Shtina I.E.*; draft manuscript preparation: *Shtina I.E., Boltacheva A.N., Valina S.L.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

**Compliance with ethical standards:** The studies were approved by the Ethics Committee of the Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (protocol No. 4 of December 1, 2020). Written informed consent was obtained from legal representatives of all study participants.

**Funding:** The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

**Conflict of interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: January 11, 2024 / Accepted: February 10, 2024 / Published: February 29, 2024