



Оганесян В.В. ✉, Анджелкович С.С., Петухова М.М., Головина А.А.
Кубанский государственный медицинский университет, Краснодар, Россия

Внебольничные пневмонии у детей в постковидную эпоху: обзор литературы

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: обзор литературы – Оганесян В.В.; редактирование – Анджелкович С.С.; концепция и дизайн исследования – Петухова М.М.; анализ результатов – Головина А.А.

Для цитирования: Оганесян В.В., Анджелкович С.С., Петухова М.М., Головина А.А. Внебольничные пневмонии у детей в постковидную эпоху: обзор литературы. *Педиатрия Восточная Европа*. 2024;12(2):330–338. <https://doi.org/10.34883/PI.2024.12.2.012>

Подана: 28.03.2024

Принята: 30.04.2024

Контакты: oganezik2@gmail.com

Резюме

В данной статье представлен обзор литературы, посвященный изучению изменений, которые произошли в эпидемиологии, этиологии и клинических проявлениях внебольничных пневмоний у детей, а также подходов к их лечению. Внебольничные пневмонии у детей остаются важной и актуальной проблемой здравоохранения. Те изменения, которые произошли в состоянии здоровья всего населения, и в том числе детей, перенесших COVID-19, и в целом влияние COVID-19 на здоровье общества, эпидемиологическую ситуацию не могли не обусловить те явления, изучению которых и посвящена данная статья. Изучение публикаций, посвященных этой проблеме, позволило установить следующие основные трансформации: заболеваемость детей внебольничными пневмониями увеличилась, произошли значимые изменения в спектре возбудителей внебольничных пневмоний у детей и росте их резистентности к антимикробным препаратам. Значимых перемен в клинических проявлениях внебольничных пневмоний у детей и подходах к их лечению не отмечено.

Ключевые слова: внебольничная пневмония, дети, COVID-19, этиология, заболеваемость

Vladislava V. Oganessian ✉, Stefan S. Andzhelkovich, Maria M. Petukhova, Anna A. Golovina
Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia

Community-Acquired Childhood Pneumonia in Post-COVID Period: A Literature Review

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: literature review – Vladislava V. Oganessian; editing – Stefan S. Andzhelkovich; study concept and design – Maria M. Petukhova; results analysis – Anna A. Golovina.

For citation: Oganessian V., Andzhelkovich S., Petukhova M., Golovina A. Community-Acquired Childhood Pneumonia in Post-COVID Period: A Literature Review. *Pediatrics Eastern Europe*. 2024;12(2):330–338. <https://doi.org/10.34883/PE.2024.12.2.012>

Submitted: 28.03.2024

Accepted: 30.04.2024

Contacts: oganezik2@gmail.com

Abstract

The article presents a review of the literature focused on changes that occurred in prevalence, morbidity, etiology, and clinical manifestations of community-acquired pneumonia in children, as well as approaches to their treatment. Community-acquired pneumonia in children remains an important and urgent public health challenge. Changes that have occurred in health status of the entire population, including children who underwent COVID-19, and in general the impact of COVID-19 on public health and the epidemiological situation could not but contribute to the phenomena to which this article is devoted. The review of publications devoted to this issue allowed revealing the following main changes: children's morbidity with community-acquired pneumonia has increased, significant changes have occurred in the spectrum of pathogens of community-acquired childhood pneumonia and the growth of their resistance against antimicrobial agents. No significant changes in clinical manifestations of community-acquired pneumonia in children and in approaches to their treatment were observed.

Keywords: community-acquired pneumonia, children, COVID-19, etiology, morbidity

Многие годы пневмонии являются одной из основных причин смерти детей младше 5 лет. Ежегодная заболеваемость пневмонией во всем мире у детей в возрасте до 5 лет составляет около 120 млн случаев, из которых почти 1,3 млн приводят к летальному исходу [1]. Коэффициент летальности при тяжелой пневмонии в мире, по оценкам, равен около 8,7%. Причем 81% всех смертей от пневмонии составляют дети в возрасте до 2 лет. Эти показатели в значительной степени улучшились с 80-х гг., когда на инфекции дыхательных путей у детей приходилось несколько миллионов детских смертей в год [2].

Несмотря на существенное снижение общей детской смертности и смертности от пневмонии, это заболевание остается одной из основных причин смерти детей вне неонатального периода.

В декабре 2019 г. мир столкнулся с новой коронавирусной инфекцией, вспышка которой 11 марта 2020 г. была признана ВОЗ пандемией.

Значительный рост числа зараженных коронавирусом детей в России пришелся на 2022 г. В целом детская заболеваемость составила в среднем от 8 до 10% от общего количества заразившихся, самый большой процент заболевших COVID-19 детей пришелся на возрастную категорию от 13 до 15 лет, меньше – на 7–8-летний возраст. При этом в большей части случаев заболевание проявлялось в легкой форме [3].

Тем не менее пандемия COVID-19 не прошла бесследно и привела к тяжелым последствиям для здоровья миллионов людей на планете, в том числе и детей.

Серьезную озабоченность у многих авторов вызывает значительное изменение эпидемиологической ситуации во всем мире, связанное с ростом антимикробной резистентности среди бактериальных возбудителей после пандемии COVID-19 [4–6].

Второе, что вызывает беспокойство, – это данные о стойких симптомах и поздних повреждениях органов у пациентов, перенесших COVID-19.

Увеличивается количество публикаций, посвященных последствиям COVID-19, но в подавляющем числе среди взрослых.

Уже в 2021 г. стали появляться сведения о кратко- и долгосрочных последствиях, связанных с перенесенным COVID-19: сохранении симптомов, возникших во время острой фазы COVID-19, либо появлении новых, при этом уровни маркеров острого воспаления остаются в пределах нормы, а результат ПЦР-теста на SARS-CoV-2 отрицателен [7].

На сегодняшний день подобные изменения получили название «постковидное состояние» (ПКС) и вошли в Международную классификацию болезней 10-го пересмотра (U09) [8].

В отношении детей данных по распространенности ПКС крайне мало. Однако результаты уже проведенных научно-исследовательских работ позволяют сделать вывод, что изучение данной проблемы является чрезвычайно актуальным.

Наблюдения авторов из Чехии указывают, что респираторные последствия COVID-19 длились в среднем 4 месяца в когорте детей в возрасте 2–18 лет. Доминирующими симптомами у 39 детей (56,4% девочек) были одышка при физической нагрузке (76,9%) и хронический кашель (48,7%), в то время как одышка в покое (30,8%) и боль в груди (17,9%) были менее распространенными. Более половины (53,8%) сообщили о более чем 1 симптоме. У 38,5% были аномальные результаты одного из следующих тестов: функция легких, рентген грудной клетки или уровень D-димеров. Средний возраст детей составил 13,5 года (межквартильный интервал $\pm 4,8$ года), среднее время восстановления – 4 месяца (диапазон 1,5–8 месяцев) [9].

Симптомы со стороны дыхательной системы сохраняются примерно у 30% пациентов через 3 месяца после заражения. Постоянные респираторные симптомы указывают на то, что воспалительный процесс, вызванный COVID-19, у некоторых детей может продолжаться, даже если клинические проявления не были тяжелыми [10].

Изучение данных МРТ с низкой напряженностью поля у детей и подростков с пост-COVID-19 указывает на морфологические и функциональные изменения легочной паренхимы по сравнению со здоровыми контрольными группами, демонстрирующей стойкую легочную дисфункцию [11].

Большинство авторов отмечают, что, по сравнению со взрослыми, у детей COVID-19 характеризовался более мягкими клиническими проявлениями. Тем не менее наличие воспалительных проявлений, включая мультисистемный воспалительный синдром у детей (MIS-C), указывает на особую восприимчивость некоторых

детей к вирусу SARS-CoV-2. Факторы, предотвращающие развитие тяжелых форм, а также увеличивающие риск постинфекционных состояний, связаны с возрастными различиями в иммунной системе [12, 13].

В обзорной статье российских исследователей, посвященной проблеме деструктивных пневмоний у детей, отмечено, что их клинический портрет в период эпидемии COVID-19 и ранний постковидный период изменился. Причину этого авторы видят в 2 особенностях вируса SARS-CoV-2: во-первых, в его тропности к рецепторам ангиотензинпревращающего фермента и способности вызывать гиперактивацию цитокинового ответа, во-вторых, в его способности вызывать сосудистый эндотелиит с системным воспалением и коагулопатией. Особенности развития полостей деструкции по типу некротических позволяют рассматривать эндотелиопатию сосудов легких как одну из причин деструктивных процессов при осложненном течении пневмонии [14].

Еще одна проблема, связанная с пандемией, – это глубокое влияние COVID-19 на эпидемиологию других респираторных инфекций. Количество таких инфекций резко сократилось, когда были введены ограничительные меры, включая карантин.

Целью данного обзора было оценить следующие сведения о внебольничных пневмониях (ВП) у детей в постковидное время (после завершения пандемии COVID-19):

- 1) изменилась ли частота возникновения ВП у детей;
- 2) поменялся ли спектр возбудителей ВП;
- 3) модифицировались ли клинические проявления ВП у детей;
- 4) трансформировались ли подходы к терапии ВП у детей.

Были использованы база научных публикаций PubMed и публикации, размещенные на сайте eLibrary.ru.

В целом следует отметить, что на сегодняшний день количество публикаций, посвященных проблеме ВП у детей в постковидное время, невелико и преимущественно представлено в зарубежной литературе.

Тем не менее удалось выяснить следующее:

1. После введения ограничительных мероприятий, направленных на уменьшение распространения COVID-19 в начале 2020 г. (дистанцирование, ношение масок и перчаток, обработка кожи рук спиртосодержащими растворами), отмечено резкое снижение заболеваемости ВП у детей [15].

На снижение количества заболеваний ВП указывают китайские авторы, которые в ходе ретроспективного исследования установили, что после пандемии произошло значительное снижение числа детей, болеющих ВП. Количество госпитализированных детей после пандемии было на 84,14% ниже. Средний возраст после начала заболевания был на 1,5 года моложе, чем до начала заболевания (4,08 года) [16].

Аналогичные данные опубликовали и канадские авторы, которые, проведя ретроспективное когортное исследование по влиянию пандемии COVID-19 на ВП, не связанную с COVID-19, показали, что количество госпитализаций пациентов с ВП снизилось на 27% по сравнению с периодом до COVID-19. В годы, предшествовавшие пандемии, пик госпитализации пациентов с ВП приходился на зиму; во время COVID-19 пик госпитализации отмечался каждые 6 месяцев [17].

Таким образом, ответ на вопрос «Изменилась ли частота возникновения ВП у детей?» – положительный. Главенствующее значение здесь имеют ограничительные

мероприятия, а наблюдавшееся снижение было временным, в течение примерно 1 года. После прекращения ограничительных мероприятий количество респираторных инфекций постепенно увеличилось во всем мире. Однако существует ограниченное количество исследований о числе тяжелых респираторных инфекций, требующих госпитализации педиатрических пациентов.

2. Наиболее частыми этиологическими причинами внебольничных пневмоний у детей являются бактерии, вирусы и атипичные микроорганизмы. Вирусы составляют большинство патогенов, особенно у детей раннего возраста (>90%) [18].

Среди вирусов респираторно-синцитиальному вирусу (РСВ) уделяется самое большое внимание, и в ряде исследований сообщается о нем как о важном возбудителе пневмонии у детей.

Например, до пандемии COVID-19 наиболее распространенным возбудителем ВП у детей был РСВ, а также *Mycoplasma pneumoniae*. При этом доля РСВ была значительно выше у детей в возрасте до 5 лет по сравнению с детьми старшего возраста (37 против 8%), и наоборот, доля *M. pneumoniae* была выше у детей в возрасте ≥ 5 лет по сравнению с детьми младшего возраста (19 против 3%) [18].

Пандемия COVID-19 оказала значительное влияние на респираторные вирусные инфекции во всем мире.

Беспрецедентное введение ограничительных мероприятий в период COVID-19 в начале 2020 г. привело к исчезновению почти всех респираторных патогенов, таких как РСВ, вирусы гриппа, аденовирус и метапневмовирус, а также к снижению распространенности пневмококковых инфекций [19–22].

Исследование авторов из Гонконга показало, что частота госпитализаций по поводу пневмококковой пневмонии значительно снизилась (на 72,5%) – с 6,2 на 100 000 человеко-лет в период до пандемии (с января 2015 по декабрь 2019 г.) до 1,7 на 100 000 человеко-лет в период с марта 2020 по март 2021 г. Соотношение показателей заболеваемости между периодом до пандемии и периодом с марта 2020 по март 2021 г. составило 0,28. Показатель заболеваемости на 100 000 человеко-лет показал статистически значимое снижение (от 73,0 до 82,5%) во всех возрастных группах [23].

На это же указывают и английские исследователи, которые отмечают, что в июле – декабре 2021 г., после снятия ограничений по COVID-19 в Англии, заболеваемость пневмококковой инфекцией среди детей в возрасте до 15 лет была выше (1,96 на 100 000 детей), чем за аналогичный период 2020 г. (0,7 на 100 000 детей) и в предпандемический период 2017–2019 гг. (1,43 на 100 000 детей) [24].

Отсутствие иммунной стимуляции из-за уменьшения циркуляции микробных агентов и связанного с этим снижения потребления вакцины привело к возникновению «иммунного долга», который обнаружил негативные последствия, когда были сняты ограничительные меры [25].

Отмена ограничительных мер привела к возрождению большинства респираторных патогенов. Исследование японских авторов определило изменения в показателях динамики случаев заражения различными патогенами до введения ограничений и после их смягчения: количество случаев заражения аденовирусом увеличилось с 2,7 (95% ДИ: 1,9–3,9%) до 6,6% (4,2–10%); частота парагриппа 2 увеличилась с 0 (0–0,36%) до 1,2% (0,46–3,0%); парагриппа 4 – с 0,65 (0,32–1,3%) до 7,7% (5,3–11%) [26].

После отмены ограничительных мер был отмечен существенный рост пневмоний, вызванных РСВ. Когда весной 2021 г. в ряде стран были сняты ограничения,

последовал всплеск случаев РСВ-обусловленных пневмоний, что вызвало крупные внесезонные (летние) эпидемии с высокими показателями госпитализации и летальности.

Данные за 2021 г. по Бразилии свидетельствуют, что дети до 1 года составили 56,28% госпитализированных пациентов, инфицированных РСВ, тогда как 14,46% были лицами старше 60 лет. Из общего числа 361 случая смерти 14,68% были РСВ-положительными, в основном пациенты старше 60 лет (73,58%) [27].

В Дании число госпитализаций превысило таковое в предыдущие зимние сезоны для всех возрастных групп. Наибольший рост заболеваемости РСВ наблюдался среди детей в возрасте от 2 до 3 лет и от 4 до 5 лет, что было в 4,6 и 3,3 раза выше по сравнению с зимним сезоном 2019–2020 гг., а количество госпитализаций – в 3,3 и 3,8 раза соответственно [28].

Повторный всплеск *M. pneumoniae* как возбудителя ВП был отмечен только осенью 2023 г. [29].

Китайские исследователи установили, что после пандемии доля ВП у детей школьного возраста (микоплазменной и вызванной вирусом гриппа) значительно снизилась. В период до COVID-19 пропорции обнаруженных патогенов были следующими: микоплазмы (59,56%) > бактерии (50,42%) > вирусы (29,57%) > грибы (3,43%). В течение периода после COVID-19 в пропорции патогенов стали преобладать бактерии (56,53%) > вирусы (53,60%) > МР (23,47%) > грибы (3,73%) [13].

Эту тенденцию подтверждают и белорусские авторы, которые указывают, что у детей с сегментарной пневмонией этиологическими агентами являются *M. pneumoniae* (29%), *Chlamydomphila pneumoniae* (18%), смешанная флора (*M. pneumoniae* + *Chlamydomphila pneumoniae*) (18%), *Staph. aureus* (18%), остальные возбудители встречаются лишь в единичных случаях: *Klebsiella pneumoniae*, *Strept. pneumoniae* [30].

У детей с очаговой пневмонией основным возбудителем является *Staph. aureus* (29%), реже – другие возбудители: *Chlamydomphila pneumoniae*, *M. pneumoniae*, *Strept. pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*. Однако надо отметить, что данное исследование охватывало только госпитализированных пациентов [30].

Ответ на вопрос «Изменился ли спектр возбудителей ВП?» – положительный.

3. К сожалению, нами была обнаружена лишь одна статья белорусских исследователей, в которой описывается клиническое течение ВП у детей в постковидное время.

В данном исследовании установлено, что сегментарное поражение легких отмечалось у 51% детей (54% мальчиков и 46% девочек): в возрасте до 1 года – 2%, 2–3 лет – 26%, 4–5 лет – 37%, 6–10 лет – 28% (51 человек), 11–14 лет – 4%, 15–16 лет – 3%. С диагнозом «очаговая пневмония» госпитализировано 49% детей, из них 58% мальчиков и 42% девочек.

Среди госпитализированных с очаговой пневмонией дети первого года жизни составили 4%, 2–3 года – 23%, в возрасте 4–5 лет – 42%, 6–10 лет – 24%, 11–14 лет – 5%, 15–16 лет – 2%.

При сегментарной пневмонии среднетяжелое течение было у 56% детей, тяжелое – у 44%. С очаговой формой пневмонии в среднетяжелом состоянии госпитализировано 64%, а в тяжелом состоянии – 36% детей.

При сегментарной пневмонии клиническая картина характеризовалась следующей симптоматикой: кашель отмечался у 100% человек (из них сухой кашель был

у 66% человек, а влажный – у 34%), повышение температуры тела имели все 100% детей (субфебрильная температура зафиксирована у 33% пациентов, фебрильная – у 67%).

Признаки дыхательной недостаточности выявлены у 26% детей (I степень – у 72% человек, II степень – у 28% пациентов).

При аускультации выслушивались мелкопузырчатые хрипы у 67%, ослабление дыхания отмечалось у 22%, удлинение выдоха – у 22% детей.

Основными клиническими проявлениями очаговой пневмоний были: в 100% случаев кашель (у 63% – сухой, у 37% – влажный), в 100% случаев – повышение температуры тела (до субфебрильных значений – у 28%, до фебрильных – у 72%).

Признаки дыхательной недостаточности выявлены только у 11%: I степени – у 15 (75%), II степени – у 25%.

При аускультации выслушивались мелкопузырчатые хрипы у 51% детей, ослабление дыхания отмечено у 14%, удлинение выдоха – у 16%.

Выводы, которые сделали авторы, – это то, что в постковидный период дети одинаково часто болеют сегментарной (51%) и очаговой (49%) пневмониями. Наиболее часто внебольничной пневмонией болеют дети дошкольного возраста. Основными клиническими проявлениями очаговой и сегментарной пневмонии являются сухой кашель, фебрильная температура, локальные мелкопузырчатые хрипы в легких. И очаговая, и сегментарная пневмонии у детей протекают преимущественно в среднетяжелой форме, имеют правостороннюю локализацию [30].

Таким образом, ответа на вопрос «Изменились ли клинические проявления ВП у детей в постковидную эру?» получить не удалось.

4. Из-за роста показателей устойчивости к противомикробным препаратам и неблагоприятного воздействия антибиотиков в детском возрасте на развивающийся организм очень важно рациональное их назначение при ВП у детей.

Наблюдается быстрый рост числа микроорганизмов с множественной лекарственной устойчивостью (включая продуцирующие β -лактамазу расширенного спектра *Klebsiella pneumoniae*, устойчивые к карбапенему энтеробактерии, продуцирующие металло- β -лактамазу *Acinetobacter baumannii*, метициллинрезистентный золотистый стафилококк, панэхинокандин-устойчивую *Candida glabrata* и устойчивый к мультитриазолу *Aspergillus fumigatus*) [31].

Уровень устойчивости изолятов *M. pneumoniae* к макролидам составляет 96% [27].

Неполные знания об оптимальном лечении ВП определяются тем фактом, что этиологию пневмоний трудно установить и она часто носит смешанный характер. Материал из легких трудно получить, поэтому часто используют отделяемое из верхних дыхательных путей. Терапевтические исследования различались по условиям, дозам, исходам и диагнозу (РС в сравнении с определением ВОЗ). Более того, показатели резистентности были весьма разнообразными, если вообще учитывались [32].

Идентифицировать возможный этиологический фактор при детской пневмонии можно путем бактериологического исследования. Однако основными ограничивающими факторами являются низкий высеv культуры из крови и длительное время, затрачиваемое на ее регистрацию [33].

Все данные исследования свидетельствуют об изменении (росте) чувствительности возбудителей ВП у детей после пандемии. Однако отсутствие работ, которые

содержали бы рекомендации по лечению ВП у детей в постковидный период, не позволило нам ответить на вопрос «Изменились ли подходы к терапии ВП у детей?».

Таким образом, несмотря на существенное снижение общей детской смертности и смертности от пневмонии, это заболевание остается одной из основных причин смерти детей вне неонатального периода.

Долгосрочные эффекты COVID-19, пандемия которого продлилась 3 года 1 месяц и 24 дня, все еще до конца не изучены. В то время как большинство пациентов выздоравливали после COVID-19, у значительного числа людей вирус вызывал ряд серьезных долгосрочных последствий, независимо от пола, возраста.

Пандемия COVID-19 оказала серьезное влияние на циркуляцию, сезонность и заболеваемость несколькими респираторными вирусами, которые являются этиологическими факторами ВП у детей. Большинство детей более 1 раза инфицируются респираторными вирусами, такими как РСВ, в возрасте до 2 лет.

Главные изменения этиологии ВП связаны с продолжительным периодом ограничительных мероприятий, в ходе которых отсутствовал контакт между детьми и не проводились профилактические прививки.

Существенное значение имело нерациональное применение антимикробных препаратов для лечения COVID-19, что привело к резкому росту антимикробной резистентности, в том числе возбудителей инфекции дыхательных путей. В постковидное время дети стали чаще болеть ВП, особенно дети младшего и дошкольного возраста. Изменений в клинической картине ВП не произошло. А подходы к лечению таких пневмоний требуют уточнения. Проблема ВП у детей остается весьма актуальной и требует своего дальнейшего изучения.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Walker CLF, Rudan I, Liu L. Global burden of childhood pneumonia and diarrhea. *Lancet*. 2013;381(9875):1405–1416. doi: 10.1016/S0140-6736(13)60222-6
2. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 301 acute and chronic diseases and injuries in 188 countries, 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. Global Burden of Disease Study 2013 Collaborators. *Lancet*. 2015;386(9995):743–800. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60692-4
3. Koronavirus today. Available at: <https://koronavirustoday.ru/news/russia/epidemiologi-rasskazali-oburovneinficzirovaniy-koronavirusom-sredi-detej/>. (in Russian)
4. Serapide F, Quirino A, Scaglione V. Is the Pendulum of Antimicrobial Drug Resistance Swinging Back after COVID-19? *Microorganisms*. 2022;10(5):957. doi: 10.3390/microorganisms10050957
5. Lora AJM, Sorondo C, Billini B. Antimicrobial resistance in *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* before and after the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic in the Dominican Republic. *Antimicrob Steward Healthc Epidemiol*. 2022;2(1):e191. doi: 10.1017/ash.2022.347
6. Vecchia AL, Ippolito G, Taccani V. Epidemiology and antimicrobial susceptibility of *Staphylococcus aureus* in children in a tertiary care pediatric hospital in Milan, Italy, 2017–2021. *Ital J Pediatr*. 2022;7:48(1):67. doi: 10.1186/s13052-022-01262-1
7. Garg P, Arora U, Kumar A, Wig N. The "post-COVID" syndrome: How deep is the damage? *J. Med. Virol*. 2021;2(93):673–674. doi: 10.1002/jmv.26465
8. Asfandiyarova NS. POST-COVID-19 SYNDROME. *Clinical Medicine, Russian journal*. 2021;99(7–8). doi: 10.30629/0023-2149-2021-99-7-8-429-435. (in Russian)
9. Doležalová K, Tuková J, Pohunek P. The respiratory consequences of COVID-19 lasted for a median of 4 months in a cohort of children aged 2–18 years of age. *Acta Paediatr*. 2022;111(6):1201–1206. doi: 10.1111/apa.16297
10. Öztürk GK, Beken B, Doğan S. Pulmonary function tests in the follow-up of children with COVID-19. *Eur J Pediatr*. 2022;181(7):2839–2847. doi: 10.1007/s00431-022-04493-w
11. Heiss R, Tan L, Schmidt S. Pulmonary Dysfunction after Pediatric COVID-19. *Radiology*. 2023;306(3):e221250. doi: 10.1148/radiol.221250
12. Rotulo GA, Palma P. Understanding COVID-19 in children: immune determinants and post-infection conditions. *Pediatr Res*. 2023;94(2):434–442. doi: 10.1038/s41390-023-02549-7
13. Baimukhambetova DV, Gorina AO, Rumyantsev MA et al. Post-COVID condition in adults and children. *Pul'monologiya*. 2021;31(5):562–570. (in Russian). doi: 10.18093/0869-0189-2021-31-5-562-570
14. Tolstova EM, Zaytseva OV, MV Besedina, et al. A contemporary view of the problem of destructive pneumonia in children. *Meditsinskiy Sovet*. 2023;17(1):28–33. doi: 10.21518/ms2023-025. (in Russian)

15. Rybak A, Yang DD, Schrimpf C. Fall of Community-Acquired Pneumonia in Children following COVID-19 Non-Pharmaceutical Interventions: A Time Series Analysis. *Pathogens*. 2021;10(11):1375. doi: 10.3390/pathogens10111375
16. Zhang L, Cao L, Meng L. Pathogenic changes of community-acquired pneumonia in a children's hospital in Beijing, China before and after COVID-19 onset: a retrospective study. *World J Pediatr*. 2022;18(11):746–752. doi: 10.1007/s12519-022-00592-8
17. Lee T, Walley KR, Boyd JH. Impact of the COVID-19 pandemic on non-COVID-19 community-acquired pneumonia: a retrospective cohort study. *BMJ Open Respir Res*. 2023;10(1):e001810. doi: 10.1136/bmjresp-2023-001810
18. Meyer PM. Childhood community-acquired pneumonia. *Eur J Pediatr*. 2024;183(3):1129–1136. doi: 10.1007/s00431-023-05366-6
19. Danino D, Ben-Shimol S, Van Der Beek BA. Decline in pneumococcal disease in young children during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic in Israel associated with suppression of seasonal respiratory viruses, despite persistent pneumococcal carriage: a prospective cohort study. *Clin Infect Dis*. 2022;75:e1154–e1164. doi: 10.1093/cid/ciab1014
20. Rybak A, Levy C, Jung C. Delayed Bronchiolitis Epidemic in French Primary Care Setting Driven by Respiratory Syncytial Virus: Preliminary Data from the Oursyn Study, March 2021. *Pediatr Infect Dis J*. 2021;40(12):e511–e514. doi: 10.1097/INF.0000000000003270
21. Gan YZ, YPeng, L Rui Changes in Spectrum of Respiratory Pathogen Infections and Disease Severity Among Children in Hohhot, China: Impact of COVID-19 Prevention Measures. *Med Sci Monit*. 2024;7:30:e942845. doi: 10.12659/MSM.942845
22. Chow EJ, Uyeki TM. The effects of the COVID-19 pandemic on community respiratory virus activity. *Nat Rev Microbiol*. 2023;21(3):195–210. doi: 10.1038/s41579-022-00807-9
23. Chan KPF, Ma TF, Ip MSM Invasive pneumococcal disease, pneumococcal pneumonia and all-cause pneumonia in Hong Kong during the COVID-19 pandemic compared with the preceding 5 years: a retrospective observational study. *BMJ*. 2021;11(10):e055575. doi: 10.1136/bmjopen-2021-055575
24. Bertran M, Amin-Chowdhury Z, Sheppard CL. Increased Incidence of Invasive Pneumococcal Disease among Children after COVID-19 Pandemic, England. *Emerg Infect Dis*. 2022;28(8):1669–1672. doi: 10.3201/eid2808.220304
25. Cohen R, Ashman M, Taha MK. Pediatric Infectious Disease Group (GPIP) position paper on the immune debt of the COVID-19 pandemic in childhood, how can we fill the immunity gap? *Infect Dis Now*. 2021;51(5):418–423. doi: 10.1016/j.idnow.2021.05.004
26. Hirotsu Y, Nagakubo Y, Maejima M. Changes in Viral Dynamics Following the Legal Relaxation of COVID-19 Mitigation Measures in Japan From Children to Adults: A Single Center Study, 2020–2023. *Influenza Other Respir Viruses*. 2024;18(3):e13278. doi: 10.1111/irv.13278
27. Fröhlich GC, Gregianini TS, Pinheiro FG. Resurgence of human respiratory syncytial virus during COVID-19 pandemic in Southern Brazil. *J Med Virol*. 2024;96(3):e29551. doi: 10.1002/jmv.29551
28. Lomholt FK, Emborg HD. Resurgence of Respiratory Syncytial Virus in the Summer of 2021 in Denmark—a Large out-of-season Epidemic Affecting Older Children. *Open Forum Infect Dis*. 2024;5;11(3):ofae069. doi: 10.1093/ofid/ofae069
29. Sauter PM, Beeton ML. Mycoplasma pneumoniae Surveillance (MAPS) study group (2023) Mycoplasma pneumoniae: delayed re-emergence after COVID-19 pandemic restrictions. *Lancet Microbe*. 2024;5(2):e100–e101. doi: 10.1016/S2666-5247(23)00344-0
30. Pashkevich VS, Zaryankina AI. Features of the course of pneumonia in children in the postcovid period. *Tver Medical Journal*. 2023;6:43–45. (in Russian)
31. Lai CC, Chen SY, Ko WC. Increased antimicrobial resistance during the COVID-19 pandemic. *Int J Antimicrob Agents*. 2021;57(4):106324. doi: 10.1016/j.ijantimicag.2021.106324
32. Xu M, Li Y, Shi Y. Molecular epidemiology of Mycoplasma pneumoniae pneumonia in children, Wuhan, 2020–2022. *BMC Microbiol*. 2024;17:24(1):23. doi: 10.1186/s12866-024-03180-0
33. Yadav KK, Awasthicorresponding S. Childhood Pneumonia: What's Unchanged, and What's New? *Indian J Pediatr*. 2023;19:1–7. doi: 10.1007/s12098-023-04628-3