

Эмпиема плевры, ассоциированная с COVID-19-пневмонией

Карпицкий А.С.¹, Панько Е.С.¹, Вакулич Д.С.¹, Журбенко Г.А.¹, Панько С.В.², Шестюк А.М.¹

¹ Учреждение здравоохранения «Брестская областная клиническая больница», 224027, г. Брест, Республика Беларусь

² Учреждение образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина», 224016, г. Брест, Республика Беларусь

Резюме

Актуальность. В острую фазу COVID-19 основным органом-мишенью для вируса SARS-CoV-2 являются легкие, в которых развиваются пневмонии, осложняющиеся у каждого 1-го пациента гидротораксом, а иногда плевральной эмпиемой, единого протокола ведения которой не разработано.

Цель – оценка особенностей течения, ведения и исходов эмпиемы плевры у пациентов в острую фазу COVID-19.

Материал и методы. Описание и обобщающий анализ собственного наблюдения и ранее опубликованных случаев парапневмонических гнойных осложнений у пациентов с COVID-19 в базах данных Google Scholar.

Результаты. Аккумулировано 12 случаев с подробным описанием особенностей ведения плевральных эмпием в острую фазу COVID-19. Установлено, что факторами риска являются мужской пол, возраст старше 50 лет, сахарный диабет, хроническая сердечная недостаточность, ожирение и снижение иммунитета. При ведении пациентов, кроме традиционной компьютерной томографии (КТ) грудной клетки, проводился мониторинг показателей газообмена и вентиляции для контроля гипоксической дыхательной недостаточности (ГДН). Дренирование эмпием под контролем КТ применено у 4 пациентов с относительно компенсированной ГДН. Однако подобная тактика привела к летальному исходу у пациента с бронхоплевральным свищом. Торакотомия с декортикацией, плеврэктомией, а также резекцией легочной паренхимы была эффективна у 3 пациентов с тяжелой ГДН. В одном случае открытая резекция привела к летальному исходу у пациента с бронхоплевральным свищом и крайне тяжелой иммунной и дыхательной недостаточностью. Описана эффективность бронхоскопической окклюзии бронхов и дренирования эмпиемы при бронхоплевральных свищах. Видеоторакоскопическая санация была эффективна в описанных нами и ранее случаях ведения эмпием со средней тяжестью ГДН.

Заключение. Необходимыми условиями успешного ведения плевральной эмпиемы в острой фазе COVID-19 являются своевременная диагностика, неотложная санация плевральной полости с использованием преимуществ малоинвазивных подходов, а также контроль ассоциированной с SARS-CoV-2 гипоксической дыхательной недостаточности на всех этапах ведения пациента.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Карпицкий А.С., Панько Е.С., Вакулич Д.С., Журбенко Г.А., Панько С.В., Шестюк А.М. Эмпиема плевры, ассоциированная с COVID-19-пневмонией // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал имени академика Б.В. Петровского. 2024. Т. 12, № 3. С. 121–127. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2024-12-3-121-127>

Статья поступила в редакцию 19.01.2024. Принята в печать 24.06.2024.

ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ

Панько Сергей Владимирович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и безопасности человека УО «Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина» (Брест, Республика Беларусь)
E-mail: sppankam@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-8665-2832>

Ключевые слова:

COVID-19; пневмония; эмпиема; видеоторакоскопия

Pleural empyema associated with COVID-19 pneumonia

Karpickij A.S.¹, Pan'ko E.S.¹, Vakulich D.S.¹, Zhurbenko G.A.¹, Pan'ko S.V.², Shestiyuk A.M.¹

¹ Brest Regional Clinical Hospital, 224027, Brest, Republic of Belarus

² Brest State A.S. Pushkin University, 224016, Brest, Republic of Belarus

CORRESPONDENCE

Sergej V. Pan'ko – MD, Professor,
Head of the Department
of Anatomy, Physiology
and Human Safety, Brest State
A.S. Pushkin University
(Brest, Republic of Belarus)
E-mail: sppankam@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0001-8665-2832>

Keywords:

COVID-19; pneumonia;
pleural empyema; VATS

Abstract

Background. The lungs are the main target organ for the SARS-Cov-2 virus, which causes the development of pneumonia, often accompanied with hydrothorax and very rarely with pleural empyema, so there are no guidelines for the management of parapneumonic purulent complications.

Aim of the study was to present the variability in the clinical course, treatment and outcome of pleural empyema in the acute phase of COVID-19.

Material and method. Our case report and previously reported cases of pleural empyema in patients with COVID-19 identified through Google Scholar were presented/described and retrospectively summarized.

Results. Twelve cases were selected detailing the management of pleural empyema in the acute phase of COVID-19. Risk factors included male sex, age over fifty years, diabetes mellitus, chronic heart failure, obesity, and other factors that could cause immunodeficiency. X-ray examination was used to assess the severity of parenchymal lung lesions and parapneumonic pathology, as well as functional indicators of oxygenation and ventilation to assess the severity of hypoxemic respiratory failure in these patients. Markers of the severity of the parapneumonic process were changes in blood counts and the specificity of microflora in the pleural fluid. CT-guided drainage of empyema was used in four patients with relatively compensated hypoxia. However, this method led to respiratory failure and death of the patient with bronchopleural fistula. Thoracotomy with decortication, pleurectomy and resection of the pulmonary parenchyma were effective in three patients with severe hypoxemic respiratory failure. However, in a patient with a bronchopleural fistula and severe immunodeficiency, open resection of the lung tissue was lethal. The effectiveness of bronchoscopic broncho-occlusion and drainage of empyema with bronchopleural fistulas has also been described. Video-assisted thoracoscopic debridement was effective in our and previous case reports for the treatment of parapneumonic empyema associated with COVID-19 in the acute phase of the infectious process.

Conclusion. We believe that early diagnosis, drainage and debridement of the pyothorax cavity using minimally invasive approaches and control of hypoxic respiratory failure associated with SARS-CoV-2 at all stages of patient management are the cornerstones of successful treatment of parapneumonic empyema in the acute phase of COVID-19.

Funding. The study had no sponsor support.

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

For citation: Karpickij A.S., Pan'ko E.S., Vakulich D.S., Zhurbenko G.A., Pan'ko S.V., Shestiyuk A.M. Pleural empyema associated with COVID-19 pneumonia. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2024; 12 (3): 121–7. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2024-12-3-121-127> (in Russian)

Received 19.01.2024. **Accepted** 24.06.2024.

В острую фазу COVID-19 основным органом-мишенью для вируса SARS-CoV-2 являются легкие, в которых развиваются различные формы поражения тканей вирусом, приводящие в тяжелых случаях к вторичному тромбоваскулиту и бактериальной пневмонии [1], которые у каждого 10-го пациента осложняются гидротораксом [2], но крайне редко плевральной эмпиемой. По этой причине нет единой [3] тактики ведения пациентов с гнойными парапневмоническими осложнениями в острую фазу инфекционного процесса, обусловленного SARS-CoV-2.

Цель исследования – ретроспективная оценка особенностей течения, ведения и исходов эмпием плевры у пациентов в острую фазу COVID-19.

Материал и методы

Презентация и ретроспективный анализ собственного опыта и ранее опубликованных в базах данных поисковика Google Scholar (PubMed, Medline, Embase, ScienceDirect, Scopus, Web of knowledge) случаев лечения эмпиемы у пациентов с COVID-19.

Результаты

Клинический случай

Пациент Д., 51-летний курильщик со стажем курения более 30 лет и подтвержденным полимеразной цепной реакцией (ПЦР) SARS-CoV-2 (см. таблицу), был переведен в нашу клинику на 6-е сутки

Методы и результаты лечения COVID-19-ассоциированных эмпием плевры

Источник	Возраст, годы	SpO ₂ %, SpO ₂ /FiO ₂ (ROX)	Дни болезни до операции	Топография эмпиемы	Метод лечения	Результаты посева	Выписан после операции день (день болезни)
Данные пациента Д.	51	90–97%, 285 (12)	9	Справа	VATS-санация	Нет роста	18 (27)
Silalahi T.D.A. [5]	75	88%, 146 (5,2)	45	Справа	Дренаживание трубой	Нет роста	10 (55)
Ayad S. [6]	60	89%, 423 (11)	5	Справа абсцесс + пневмоторакс	Дренаживание 2 rigidai-катетерами + инстиляции tPA + редренаживание трубой	<i>Str. anginosus</i>	15 (20)
	73	88%, 303 (17)	104	Справа	Дренаживание трубой + торакоцентезы	Нет роста	>110
Kalenchic T.I. [8]	68	90–93%, 290	18	Справа	Дренаживание трубой + торакоцентезы	<i>Acinetobacter baumannii</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	26 (40)
Abbasi R. [9]	12	Нет данных	21	Слева	Дренаживание трубой	Нет роста	10 (31)
	60	70–80%, 133, 5,5	>10	Слева	Торакотомия, декорткация и плеврэктомиа	Нет данных	
Tessitore A. [10]	50	70–80%, 133, 5,5	10	Слева	Торакотомия, декорткация	<i>P. aeruginosa</i> , <i>Actinomyces odontolyticus</i> , <i>Finogoldia magna</i>	26
	72	Искусственная вентиляция легких	15	Слева	Торакотомия, декорткация, резекция паренхимы	<i>P. aeruginosa</i>	
Katampinis I. [11]	42	Нет данных	21	Справа	VATS-санация	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7 (28)
Yarlagadda K. [12]	31	92%	4	Слева	VATS-декорткация, дренажная торакотомия, чрескожная эндоскопическая гастростомия	<i>Streptococcus anginosus</i>	42 (46)
Nakano T. [13]	62	Нет данных	54	Справа + бронхоплевральный свищ	Окклюзия бронхов эндоблокаторами после 3 попыток плевродеза миоциклином и тальком через трубчатую торакотому	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	28 (82)
Plasik D.A. [16]	49	70%, 270	23	Справа + бронхоплевральный свищ	Торакотомия, резекция, плевродез + амфотерицин В	<i>Mucormycosis, Rhizopus species</i>	5 (28), летальный исход
Gurung A. [17]	52	85–90%, 136–129 (4,2–4)	Нет данных	Справа + бронхоплевральный свищ	Дренаживание трубой	<i>Acinetobacter spp.</i>	1 (15), летальный исход

Примечание. SpO₂ – показатель насыщения крови кислородом по данным пульсоксиметрии в процентах; FiO₂ – доля кислорода во вдыхаемой смеси; SpO₂/FiO₂ – суррогатный индекс оксигенации; ROX – респираторно-оксигенационный индекс (SpO₂/FiO₂)/частота дыханий в минуту; tPA – тканевый активатор плазминогена. VATS – видеоассистированная торакотомия; ROX – респираторно-

Рис. 1. Компьютерная томограмма грудной клетки на 9-е сутки от начала заболевания. Правосторонний большой гидроторакс с наличием осумкований и выраженной компрессией правого легкого

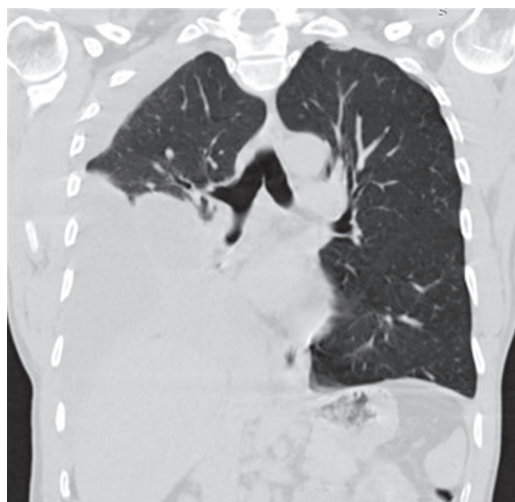


Fig. 1. Chest CT on the 9th day from the onset of the disease. Right-sided large hydrothorax with compression of the right lung

Рис. 2. Компьютерная томограмма грудной клетки на 5-е послеоперационные сутки. Правосторонняя сегментарная пневмония, эмфизема плевры, умеренный гидрперикард



Fig. 2. Chest CT on the 5th day after surgery. Right-sided segmental pneumonia, pleural emphysema, mild hydropericardium

Рис. 3. Рентгенография грудной клетки на 22-е сутки госпитализации. Остаточные признаки сегментарной пневмонии и утолщение плевры справа

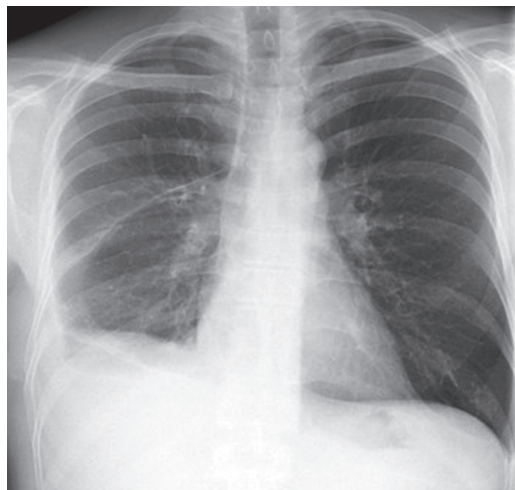


Fig. 3. Chest X-ray on the 22nd day of hospitalization. Residual signs of segmental pneumonia and hydrothorax with pleural thickening in the right hemithorax

после появления одышки, повышения температуры до 38–39 °С, с болями в правой половине грудной клетки и рентгенологически подтвержденным двусторонним гидротораксом с компрессией правого легкого, по поводу которой были проведены плев-

ральная пункция справа с эвакуацией прозрачной жидкости, антибиотикотерапия, противовоспалительное лечение. На 9-е сутки от начала болезни сохранялась температура до 38,5 °С, сатурация ~90%, сатурация на потоке кислородной смеси 5 л/мин через лицевую маску при частоте дыхания 22 в минуту – 97%, максимальное инспираторное (МИД) и экспираторное давление (МЭД) 49 и 42 см вод.ст. соответственно.

По данным анализов крови отмечалось повышение лейкоцитоза с $23 \times 10^9/\text{л}$ до $30 \times 10^9/\text{л}$, СОЭ 34 мм/ч и показателей SARS: С-реактивный белок (СРБ) 37 мг/л, D-димер 4,208 мкг/мл, альбумины 29,8 г/л, прокальцитонин 0,1 нг/мл. С учетом данных КТ (рис. 1) проведена пункция гидроторакса справа и эвакуировано около 100 мл сливкообразной вязкой жидкости без запаха, с большим количеством лейкоцитов, отсутствием микрофлоры в посевах, отрицательным тестом на микобактерии, содержанием белка 49,5 г/л, альбумина 27,5 г/л, глюкозы 0,5 ммоль/л, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) 11 100 МЕ/мл, СРБ 15,5 мг/л и характерным для SARS-CoV-2 [4] превышением ЛДГ в плевральной жидкости к сыворотке крови в 22 раза. С целью санации выполнена торакоскопическая санация с эвакуацией 600 мл гнойно-фибринозного содержимого. К 5-м суткам проведения антибиотико- и неинвазивной кислородотерапии отмечалось снижение лейкоцитов до $17,9 \times 10^9/\text{л}$, СОЭ 12 мм/ч, нормализация показателей газообмена (SpO_2 96–98%) и вентилиации (МИД 52 и МЭД 46 см вод.ст.), значительное уменьшение гидроторакса (рис. 2). Пациент выписан на 22-е сутки госпитализации после удаления дренажа и проведения рентгеноконтроля (рис. 3).

Обсуждение

Анализ аккумулярованных в таблице случаев указывает на то, что данная патология выявлялась у пациентов мужского пола, крайне редко в детском возрасте и преимущественно справа. В 2 случаях эмпиема [5, 6] развилась не в острую фазу инфекционного процесса, а в отдаленном периоде (1,5 и 3 мес) после перенесенного SARS, что не является большой редкостью [7]. В обоих случаях «культуронегативные» эмпиемы возникли на фоне сопутствующей патологии, такой как хроническая сердечная недостаточность [5] или эмболия легочной артерии и сахарный диабет [6], и были излечены с помощью дренирования и торакоцентезов. Традиционное дренирование трубкой [6] также было использовано для ведения пациента с локализованной стрептококковой эмпиемой и коллапсирующим пневмотораксом, возникшими на фоне диабета на 5-е сутки COVID-19 пневмонии, после того как установка под контролем КТ катетеров типа pigtail,

инстилляций тканевого активатора плазминогена (tPA) и альфа дорназы оказались неэффективными.

Описан также подобный случай ведения ковидного пациента с эмпиемой на фоне внебольничной пневмонии и относительно компенсированной дыхательной недостаточностью с помощью торакоцентезов и трубчатой торакостомии [8]. В педиатрической практике описан случай «стерильной» эмпиемы у 12-летнего мальчика с SARS. ожирением и коллапсом легкого, которого излечили в течение 10 сут с помощью дренирования и антибиотикотерапии [9]. По данным показателей оксигенации у пациентов, которым в острую фазу инфекционного процесса были успешно применены торакоцентезы и установлены дренажи под контролем КТ, отмечалась относительная компенсация характерной для COVID-19 пневмонии гипоксемической дыхательной недостаточности (ГДН) с помощью неинвазивной кислородотерапии. Культуронегативные эмпиемы при COVID-19 обычно наблюдаются у пациентов с ослабленным иммунитетом и/или предшествующим воздействием антибиотиков [2]. У таких больных преобладает лимфоцитарная или нейтрофильная плевральная жидкость с заметно повышенным уровнем ЛДГ и соотношением к ЛДГ в сыворотке >3 [4], что подтверждает и наш случай.

Лечение септических форм эмпием в острую фазу COVID-19 пневмонии с консолидацией, выраженной ГДН ($SpO_2/FiO_2 = 133$) и необходимостью длительной искусственной вентиляции (ИВЛ) до и после операции, описано в серии из 3 случаев [10]. Из-за неэффективности дренирования плевральной полости у этих пациентов были выполнены торакотомии с декортикацией, плеврэктомией и краевой резекцией язычка легкого в последнем случае, несмотря на высокий риск этих процедур. Средняя продолжительность пребывания в отделении интенсивной терапии и госпитализации после операции составила в этой серии 11 и 26 дней, что указывает на более тяжелое течение эмпиемы в данной серии по сравнению с нашим пациентом (5 и 18 дней соответственно), хотя авторы этой серии считают, что радикальным методом лечения является традиционная торакотомия с декортикацией и плеврэктомией, а консервативное лечение связано с более высоким риском смертности [10]. Наш случай демонстрирует, что малоинвазивный торакоскопический подход может быть не менее успешным и имеет преимущества в контексте снижения интраоперационной травмы.

■ Литература

1. Зарубин Е.А., Коган Е.А., Жарков Н.В., Авдалян А.М., Проценко Д.Н. Клинико-морфологический анализ поражения легких с определением клеточной локализации белков вируса SARS-CoV-2 в летальных случаях COVID-19 // Клиническая и экспериментальная хирургия. Журнал име-

И. Karapınis и соавт. [11] продемонстрировали эффективное применение торакоскопического дебрідмента для лечения синегнойной эмпиемы в острую фазу SARS. Описан также случай [12] применения видеоассистированной декортикации в сочетании с эндоскопической гастростомией при эмпиеме на фоне COVID-19-ассоциированной аспирационной пневмонии и ахалазии. Иной малоинвазивный подход с дренированием плевральной полости и окклюзией бронхов эндоблокаторами (Endobronchial Watanabe-Spigots) был успешно применен [13] при лечении эмпиемы с бронхоплевральной фистулой после 3 неудачных попыток плевродеза миноциклином и тальком через трубчатую торакотому. Альтернативой ведению таких пациентов также могут быть методы, основанные на комбинации бронхоскопической имплантации эндобронхиальных клапанов, видеоторакоскопической санации [14] и дренирования с вакуум-аспирацией, которые были применены при гнойно-некротических ковид-ассоциированных пневмониях [15].

Описанные случаи лечения пиопневмоторакса как с помощью торакотомии, резекции некротизированной легочной ткани и плевродеза [16], так и только при дренировании трубкой [17], имели летальный исход. У обоих умерших выявили вторичную инфекцию (*Mucormycosis* и *Acinetobacter* spp.), указывающую на иммунную недостаточность, некроз легочной ткани на фоне SARS и тяжелую дыхательную недостаточность по данным пульсоксиметрии. В целом можно отметить тенденцию снижения показателей оксигенации у пациентов с тяжелыми эмпиемами по сравнению с «локальными» и «стерильными», что закономерно, поскольку данные показатели являются маркерами тяжести течения COVID-19 ассоциированных пневмоний [18].

Заключение

Необходимыми условиями успешного ведения плевральной эмпиемы в острой фазе COVID-19 являются своевременная диагностика, неотложное дренирование и/или санация плевральной полости (дебрайдмент) с использованием преимуществ малоинвазивных подходов (торакоскопия, эндоскопическая бронхоблокация), а также мониторинг и контроль ассоциированной с SARS-CoV-2 гипоксической дыхательной недостаточности на всех этапах ведения пациента.

ни академика Б.В. Петровского. 2023. Т. 11, № 1. С. 54–63. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2023-11-1-54-63>

2. Chong W.H., Saha B.K., Conuel E., Chopra A. The incidence of pleural effusion in COVID-19 pneumonia: state-of-the-

art review // *Heart Lung*. 2021. Vol. 50, N 4. P. 481–490. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2021.02.015>

3. Салимов Д.Ш., Глушков И.В., Воробьев А.А., Крайнуков П.Е. Поражение плевры при COVID-19: опыт хирургического лечения на протяжении полутора лет пандемии // *Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал)*. 2022. Т. 6, № 2. С. 26–31. DOI: <https://doi.org/10.17116/operhirurg2022602126>

4. Chong W.H., Huggins J.T., Chopra A. Characteristics of pleural effusion in severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) pneumonia // *Am. J. Med. Sci.* 2021. Vol. 361, N 2. P. 281–284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.09.008>

5. Silalahi T.D.A., Suwita C.S. Culture-negative pleural empyema after Coronavirus disease-19 resolution – a case report // *Respir. Med. Case Rep.* 2021. Vol. 34. Article ID 101473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2021.101473>

6. Ayad S., Gergis K., Elkattawy S., Mirza N., Abdelazeem B., Patel L. et al. Loculated empyema and SARS-CoV-2 infection: a report of two cases and review of the literature // *Eur. J. Case Rep. Intern. Med.* 2021. Vol. 8, N 7. Article ID 002706. DOI: https://doi.org/10.12890/2021_002706 Epub 2021 Jul 15.

7. Okba F.A., Fahmi H.K., Bnar J.H.A., Berwn A.A., Marwan N.H., Rawezh Q.S. et al. Post COVID-19 pulmonary complications: a single center experience // *Ann. Med. Surg.* 2021. Vol. 72. Article ID 103052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103052>

8. Kalenich T.I., Kabak S.L., Primak S.V., Melnichenko Y.M., Kudelich O.A. Bilateral parapneumonic pleural effusion with pneumothorax in a patient with covid 19 pneumonia: case report // *Radiol. Case Rep.* 2022. Vol. 17, N 3. P. 869–874. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.12.039> Epub 2022 Jan 10. PMID: 35035651; PMCID: PMC8743860.

9. Abbasi R., Javanmardi F.S., Mokhtari A., Hosseinpour P., Shahriarirad R., Ebrahimi K. Management of pleural empyema in a 12-year-old obese patient with COVID-19: a pediatric case report // *BMC Pediatr.* 2021. Vol. 21, N 1. P. 531. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12887-021-03007-1> Epub 2021 Nov 30.

10. Tessitore A., Patella M., Giuliani M., Theologou T., Freguia S., Minerva E.M. et al. Surgical treatment of pleural empyema in Coronavirus disease 19 patients: the Southern Switzerland experience // *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.* 2021. Vol. 32, N 3. P. 367–370. DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa269>

■ References

1. Zarubin E.A., Kogan E.A., Zharkov N.V., Avdalyan A.M., Protsenko D.N. Clinical and morphological analysis of lung lesions with determination of cellular localization of SARS-CoV-2 virus proteins in lethal cases of COVID-19. *Klinicheskaya i eksperimental'naya khirurgiya. Zhurnal imeni akademika B.V. Petrovskogo [Clinical and Experimental Surgery. The Journal named after Academician B.V. Petrovsky]*. 2023; 11 (1): 54–63. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2023-11-1-54-63> (in Russian)

2. Chong W.H., Saha B.K., Conuel E., Chopra A. The incidence of pleural effusion in COVID-19 pneumonia: state-of-the-art review. *Heart Lung*. 2021; 50 (4): 481–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hrtlng.2021.02.015>

3. Salimov D.Sh., Glushkov I.V., Vorob'ev A.A., Kraynukov P.E. Pleura damage in COVID-19, experience of treatment during eighteen months of the pandemic. *Operativnaya khirurgiya i klinicheskaya anatomiya (Pirogovsky nauchnyy zhurnal) [Operative Surgery and Clinical Anatomy (Pirogov Scientific Journal)]*. 2022; 6 (2): 26–31. DOI: <https://doi.org/10.17116/operhirurg2022602126> (in Russian)

4. Chong W.H., Huggins J.T., Chopra A. Characteristics of pleural effusion in severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) pneumonia. *Am J Med Sci.* 2021; 361 (2): 281–4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amjms.2020.09.008>

5. Silalahi T.D.A., Suwita C.S. Culture-negative pleural empyema after Coronavirus disease-19 resolution – a case report. *Respir Med Case Rep.* 2021; 34: 101473. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmcr.2021.101473>

6. Ayad S., Gergis K., Elkattawy S., Mirza N., Abdelazeem B., Patel L., et al. Loculated empyema and SARS-CoV-2 infection: a report of two cases and review of the literature. *Eur J Case Rep Intern Med.* 2021; 8 (7): 002706. DOI: https://doi.org/10.12890/2021_002706 Epub 2021 Jul 15.

11. Karampinis I., Likos-Corbett M., Buder S. Erfolgreiche Behandlung eines drittgradigen Pleuraempyems infolge einer COVID-19-Infektion [Successful treatment of a stage III pleural empyema following a COVID-19 infection] // *Chirurg*. 2021. Vol. 92, N 2. P. 134–136. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00104-021-01362-4> Epub 2021 Jan 29. PMID: 33512559; PMCID: PMC7844776. (in German)

12. Yarlagadda K., Mi K., Sendil S., Koons C.L., Komanduri S., Cinicola J.T. A 31-year-old man with COVID-19-associated empyema and lupus anticoagulant // *Am. J. Case Rep.* 2020. Vol. 21. Article ID e926623. DOI: <https://doi.org/10.12659/AJCR.926623> Epub 2020 Aug 18.

13. Nakano T., Kawada M., Minami K., Kaneda H. Successful endobronchial occlusion in empyema with broncho-pleural fistula secondary to COVID-19 pneumonia: a case report and literature review // *Respirol. Case Rep.* 2021. Vol. 9, N 7. Article ID e00785. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcr2.785> PMID: 34094570; PMCID: PMC8150524.

14. Panko S., Vakulich D., Karpitski A., Zhurbenka H., Sheshtuk A., Boufalik R. et al. Intrathoracic negative pressure therapy and/or endobronchial valve for pleural empyema minimal invasive management: case series of thirteen patients and review of the literature // *Videosurg. Other Miniinvasive Tech.* 2020. Vol. 15, N 4. P. 588–595.

15. Малофей А.М., Аблицов А.Ю., Орлов С.С., Хрупкин В.И., Галямов Э.А., Романихин А.И., и др. Особенности лечения плевральных осложнений ковид-ассоциированных пневмоний // Национального медико-хирургического Центра имени Н.И. Пирогова. 2022. Т. 17, № 4-2. С. 75–80. DOI: https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_4_2_75

16. Placik D.A., Taylor W.L., Wnuk N.M. Bronchopleural fistula development in the setting of novel therapies for acute respiratory distress syndrome in SARS-CoV-2 pneumonia // *Radiol. Case Rep.* 2020. Vol. 15, N 11. P. 2378–2381. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.026> Epub 2020 Sep 18. PMID: 32983308; PMCID: PMC7500914.

17. Gurung A., Poudel D., Gurung B., Rawal P., Chapagain S. Fatal pyopneumothorax in a COVID-19 patient // *Cureus*. 2022. Vol. 14, N 11. Article ID e31866. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.31866> PMID: 36579191; PMCID: PMC9789894.

18. Панько Е.С., Жаворонок С.В., Соловчук А.М., Панько С.С., Панько С.В. Предикторы длительности стационарного лечения острой фазы инфекционного процесса, вызванного COVID-19 // *Журнал инфектологии*. 2023. Т. 15, № 1. С. 86–92. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-1-86-92>

7. Okba F.A., Fahmi H.K., Bnar J.H.A., Berwn A.A., Marwan N.H., Rawezh Q.S., et al. Post COVID-19 pulmonary complications: a single center experience. *Ann Med Surg.* 2021; 72: 103052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103052>

8. Kalenich T.I., Kabak S.L., Primak S.V., Melnichenko Y.M., Kudelich O.A. Bilateral parapneumonic pleural effusion with pneumothorax in a patient with covid 19 pneumonia: case report. *Radiol Case Rep.* 2022; 17 (3): 869–74. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2021.12.039> Epub 2022 Jan 10. PMID: 35035651; PMCID: PMC8743860.

9. Abbasi R., Javanmardi F.S., Mokhtari A., Hosseinpour P., Shahriarirad R., Ebrahimi K. Management of pleural empyema in a 12-year-old obese patient with COVID-19: a pediatric case report. *BMC Pediatr.* 2021; 21 (1): 531. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12887-021-03007-1> Epub 2021 Nov 30.

10. Tessitore A., Patella M., Giuliani M., Theologou T., Freguia S., Minerva E.M., et al. Surgical treatment of pleural empyema in Coronavirus disease 19 patients: the Southern Switzerland experience. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2021; 32 (3): 367–70. DOI: <https://doi.org/10.1093/icvts/ivaa269>

11. Karampinis I., Likos-Corbett M., Buder S. Erfolgreiche Behandlung eines drittgradigen Pleuraempyems infolge einer COVID-19-Infektion [Successful treatment of a stage III pleural empyema following a COVID-19 infection]. *Chirurg*. 2021; 92 (2): 134–6. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00104-021-01362-4> Epub 2021 Jan 29. PMID: 33512559; PMCID: PMC7844776. (in German)

12. Yarlagadda K., Mi K., Sendil S., Koons C.L., Komanduri S., Cinicola J.T. A 31-year-old man with COVID-19-associated empyema and lupus anticoagulant. *Am J Case Rep.* 2020; 21: e926623. DOI: <https://doi.org/10.12659/AJCR.926623> Epub 2020 Aug 18.

13. Nakano T., Kawada M., Minami K., Kaneda H. Successful endobronchial occlusion in empyema with broncho-pleural fistula secondary to COVID-19 pneumonia: a case report and literature review. *Respirol Case Rep.* 2021; 9 (7): e00785. DOI: <https://doi.org/10.1002/rcr2.785> PMID: 34094570; PMCID: PMC8150524.

14. Panko S., Vakulich D., Karpitski A., Zhurbenka H., Shes-tiuk A., Boufalik R., et al. Intrathoracic negative pressure therapy and/or endobronchial valve for pleural empyema minimal invasive management: case series of thirteen patients and review of the literature. *Videosurg Other Miniinvasive Tech.* 2020; 15 (4): 588–95.

15. Malofey A.M., Ablitsov A.Yu., Orlov S.S., Khrupkin V.I., Gallyamov E.A., Romanikhin A.I., et al. Features of the treatment of pleuropulmonary complications of covid-associated pneumonia. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra imeni N.I. Pirogova [Bulletin of the National Medical-Surgical Center named after N.I. Pirogov].* 2022; 17 (4-2): 75–80.

DOI: https://doi.org/10.25881/20728255_2022_17_4_2_75 (in Russian)

16. Placik D.A., Taylor W.L., Wnuk N.M. Bronchopleural fistula development in the setting of novel therapies for acute respiratory distress syndrome in SARS-CoV-2 pneumonia. *Radiol Case Rep.* 2020; 15 (11): 2378–81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radcr.2020.09.026> Epub 2020 Sep 18. PMID: 32983308; PMCID: PMC7500914.

17. Gurung A., Poudel D., Gurung B., Rawal P., Chapagain S. Fatal pyopneumothorax in a COVID-19 patient. *Cureus.* 2022; 14 (11): e31866. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.31866> PMID: 36579191; PMCID: PMC9789894.

18. Pan'ko E.S., Zhavoronok S.V., Solovchuk A.M., Pan'ko S.S., Pan'ko S.V. Predictors of length of hospital stay in patients with acute COVID-19. *Zhurnal infektologii [Journal of Infectology].* 2023; 15 (1): 86–92. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2023-15-1-86-92> (in Russian)