

ВОЗДУШНЫЙ СИНДРОМ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19

Черненко С.В.¹, Суров Д.А.², Коржук М.С.*^{1,2}, Агасиев М.В.³,
Еселевич Р.В.², Резина А.И.⁴¹ ФГБОУ ВО «Омский государственный медицинский университет»,
Омск² ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова»,
Санкт-Петербург³ ГБУЗ «Московская городская онкологическая больница №62»,
Москва⁴ ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский
университет им. И.М. Мечникова», Санкт-Петербург**Резюме.** Введение. Воздушный синдром с развитием пневмоторакса и эмфиземы средостеня и мягких тканей приобрёл выраженную актуальность в связи с частым развитием у пациентов, страдающих COVID-19

Материалы и методы. В статье приведено описание серии клинических случаев возникновения воздушного синдрома у пациентов, страдающих коронавирусной инфекцией COVID-19. Количество наблюдений — 54. Количество мужчин было несколько больше, чем женщин — 30 против 24. Указаны качественные и количественные характеристики пациентов, включая пол, возраст, степень рентгенологического изменений и площадь поражения паренхимы легких по КТ. У большинства пациентов была III–IV степень тяжести поражения. Отражены наличие и профиль сопутствующей патологии. При анализе сроков возникновения осложнения выявлено, что подавляющее большинство эпизодов воздушного синдрома развились на 2–4-й неделях от начала заболевания. Рассмотрены вопросы лечебных мероприятий при различных вариантах воздушного синдрома с участием торакальных хирургов.

Результаты. У 2/3 пациентов воздушный синдром удалось купировать без использования инвазивных процедур. У 1/3 пациентов понадобились дренирующие операции. Умерло 6 пациентов, 3 мужчины и 3 женщины. Причиной смерти была прогрессирующая вирусная пневмония с развитием дыхательной, а затем — полиорганной, недостаточности. Летальных исходов, атрибутивных воздушного синдрома, не было. Проблем с обеспечением адекватного дренирования воздушных скоплений не встретилось.

Заключение. Благоприятных результатов удалось добиться максимальным ранним привлечением к лечению пациентов с воздушным синдромом торакальных хирургов.

Ключевые слова: COVID-19, воздушный синдром, пневмоторакс, пневмомедиастинум, степень тяжести, дренирующие операции, консервативное лечение, торакальный хирург.**Введение**

Совокупность нозологических форм, обсуждаемых в настоящем сообщении, — спонтанного пневмомедиастинума, эмфиземы средостеня и мягких тканей грудной клетки, шеи, и смежных областей, а также спонтанного пневмоторакса — получила в литературе ряд названий: воздушный (газовый) синдром, синдром воздушной утечки (протечки) (air leak syndrome), синдром альвеолярной воздушной протечки [1]. Если спонтанный пневмоторакс (СПТ) является достаточно распространенным, известным медицинской общественности состоянием, то спонтанный пневмомедиастинум (СПМ), пневмоперикардиум и эмфизема мягких тканей,

AIR LEAK SYNDROME IN PATIENTS WITH COVID-19Chernenko S.V.¹, Surov D.A.², Korzhuk M.S.*^{1,2}, Agasiev M.V.³, Eseevich R.V.²,
Rezina A.I.⁴¹ Omsk state medical university, Omsk² S.M. Kirov Military medical academy, St. Petersburg³ Moscow city oncological hospital №62, Moscow⁴ North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg**Abstract.** The article describes a series of clinical cases of air leak syndrome in patients suffering from COVID-19 coronavirus infection. The number of observations was 54. The number of men was slightly more than women — 30 versus 24. Qualitative and quantitative characteristics of patients were indicated, including gender, age, degree of radiological changes and the area of lesion of the lung parenchyma by CT. Most patients had III–IV degrees of severity of the lesion. The presence and profile of concomitant pathology are reflected. When analyzing the timing of the air leak syndrome onset, it was revealed that the majority of episodes of air leak syndrome developed at 2–4 weeks from the onset of the disease. The issues of therapeutic measures for air leak syndrome with the participation of thoracic surgeons are considered. The results of treatment are presented. In 2/3 of patients, the air leak syndrome was cured and stopped without the use of invasive procedures. 1/3 of the patients needed chest tube drainage, or/and mediastinal drainage. 6 patients died, 3 men and 3 women. The cause of death was progressive SARS CoV 2-pneumonia with the development of respiratory, and then — multiple organ failure. There were no fatal outcomes attributed to the air leak syndrome. There were no difficulties with ensuring adequate drainage of air retention. Favorable results were achieved by the earliest possible involvement of thoracic surgeons in the treatment of patients with air leak syndrome.**Keywords:** COVID-19, air leak syndrome, pneumothorax, pneumomediastinum, severity score, chest tube drainage, mediastinal drainage, conservative treatment, thoracic surgeon.

напротив, редкое, малоизвестное, малоизученное поражение [1; 2]. Термин «спонтанный» указывает на отсутствие таких причин, как, предшествующая операция либо другая медицинская процедура, газообразующая инфекция, травма воздухоносных органов [3–6]. СПМ (J98.2 МКБ-10) впервые описал Л.В. Хамман (1939), поэтому данная патология известна как синдром Хаммана [6]. Термин употребляется для наименования воздушного скопления в тканях средостеня, шеи, грудной клетки и смежных областей. Синонимы — спонтанная эмфизема средостеня, интерстициальная эмфизема. Частота синдрома Хаммана крайне невелика. Однако, у пациентов, страдающих COVID-19, воздушный синдром

* e-mail: gensurg@mail.ru

встречается значительно чаще, чем в целом в популяции. Заболеваемость синдромом Хаммана составляет около 1 на 30 000 пациентов, из обратившихся по неотложной помощи [3], главным образом, у мужчин второго десятилетия жизни, некоторые из которых страдают астмой. Ряд авторов считает, что воздушный синдром связан с высоким риском летальности [1; 2]. Воздушный синдром в ряде случаев может быть объяснен баротравмой при ИВЛ. Но и у неинтубированных пациентов на спонтанном дыхании от также встречается. Возможно, имеет значение изменения дыхательной аэродинамики вследствие высокопоточной ингаляции кислорода, гиперэкскурий грудной клетки, кашля в положении лежа на животе. Но связь с поражением легочной паренхимы неоспорима. Просачивание воздуха в ткани средостения, в плевральные полости происходит через дефекты стенок дыхательных путей микроскопических размеров. В связи с отсутствием ограничивающих анатомических структур воздух через средостение быстро распространяется на шею, голову, грудную и брюшную стенки туловища, забрюшинную клетчатку и т.д. В случае формирования фистул в висцеральной плевре развивается односторонний пневмоторакс. Скопление большого объема воздуха в средостение может нарушить барические отношения в грудной полости, а также вызвать сдавление податливых структур сердечно-сосудистой системы вплоть до воздушной экстраплевральной тампонады сердца [2; 4–7].

Частыми симптомами считаются внезапная боль в груди и одышка. Боль вскоре теряет интенсивность, но появляются стрidor, дисфагия или дисфония [8; 9]. Динамику одышки у пациентов с SARS-CoV 2-пневмонией, как правило, оценить трудно. Распространяющийся в ткани шеи и грудной стенки воздух приводит к визуальному увеличению данных анатомических областей тела в объеме, что можно увидеть при осмотре больного. Пальпаторный феномен «хруста снега» отличает подкожную эмфизему от отёка. При тщательной аускультации иногда обнаруживаются крепитирующие аускультативные симптомы.

Существовало ранее мнение, что данный синдром является доброкачественным и подлежит вниманию торакального хирурга для исключения вторичной природы при более опасном заболевании. Однако при SARS-Cov2- пневмонии по данным литературы и персональных коммуникаций имеются крайне тяжелые формы вплоть до атрибутивного летального исхода [7; 10–12].

Актуальность

В условиях пандемии, вызванной вирусом SARS-CoV2, у пациентов, страдающих ковидной пневмонией, частота случаев развития СПМ [5–7; 10–12] значительно превосходит таковую в популяции в целом [8; 9]. При этом, как отмечено выше, стали регистрироваться распространенные формы, усугубляющие вызванные SARS-Cov2 инфекционной пневмонией дыхательные и гемодинамические

нарушения [7]. В публикациях, посвященных данной теме, сообщается о десятках наблюдений [10–12].

Материалы и методы

В настоящем сообщении представлены данные, полученные при анализе карт 54 пациентов с подтвержденной новой коронавирусной инфекцией, двусторонней полисегментарной пневмонией, осложненной в течении заболевания воздушным синдромом в вариантах СПМ, эмфиземы мягких тканей, а также СПТ. Согласие пациентов на использование их данных получено.

Пациенты находились в период с июля 2020 по март 2021 года на стационарном лечении в ГБУЗ ТО Областная клиническая больница №1 г. Тюмени. В составе ОКБ №1 развернуты торакальные хирургические отделения. С мая 2020 года по настоящее время стационар ГБУЗ ТО ОКБ №1 перепрофилирован в моноинфекционный госпиталь для лечения пациентов с подозрением или подтвержденным диагнозом коронавирусной инфекции.

В исследование включены пациенты с подтвержденной коронавирусной инфекцией, осложненной пневмомедиастинумом, в возрасте старше 18 лет. При проведении сравнительного анализа оценивали пол, возраст, распространенность процесса в легких, наличие ХОБЛ, бронхиальной астмы, сепсиса, исход заболевания.

Пациенты направлялись в стационар после осмотра врача первичного звена и формирования предварительного диагноза Ковид-инфекции и показаний к стационарному лечению. Диагностика поражения легких осуществлялась с использованием КТ легких. При поступлении в стационар проводилось установленное обследование.

Подтверждение коронавирусной инфекции проводилось следующими методами: ПЦР-тест на коронавирус SARS-CoV 2 мазка, анализ крови методом ИФА на наличие антител к белку SARS-CoV 2. Лечение пациентов с Ковид-инфекцией проводилось согласно рекомендациям, включая методики респираторной поддержки. При возникновении подозрения на СПМ или СПТ к пациенту приглашался дежурный врач, имеющий специальность торакального хирурга. В экстренном порядке проводилось профильное клиническое, рентгенологическое обследование и при необходимости — коррекция консервативного лечения или осуществление оперативного вмешательства. Оценка выраженности пневмомедиастинума проводилась по следующим критериям: I степень — воздух в пределах средостения, без подкожной эмфиземы; II степень — воздух в средостении и подкожная эмфизема шеи и/или верхней половины грудной клетки; III степень — распространенная подкожная эмфизема, выходящая за пределы грудной клетки. В составе инвазивных процедур при установлении показаний по поводу СПТ торакальными хирургами предпринимались дренирование плевральной полости, по поводу СПМ — супраюгулярная медиастинотомия и дренирование средостеня. После стойкого купирования СПТ и СПМ

дренажи удалялись. Показанием для дренирования средостения был напряженный пневмомедиастинум, который проявлялся гемодинамическими нарушениями (снижением сердечного выброса, уменьшением венозного возврата), значительным расширением средостения в динамике. При наличии сопутствующего клинически значимого пневмоторакса выполнялось дренирование плевральной полости.

Количественные и качественные характеристики пациентов сведены в электронные таблицы, рассчитаны данные в виде средней с отклонением либо медианы с 1-м и 3-м квартилями включения и исключения. В последнем случае запись имеет вид: (1-й квартиль исключения; 1-й квартиль включения; медиана; 3-й квартиль включения; 3-й квартиль исключения).

Результаты

Среди пациентов, у которых развился СПМ и/или СПТ, оказалось 30 мужчин и 24 женщины. Возраст пациентов составил от 19 до 90 лет, с медианой 63,5 года (55; 55,5; 63,5; 71,75; 72,25). Средний возраст составил $63,1 \pm 14,16$ года. В гендерных группах: в группе женщин возраст составил от 19 до 90 лет, медиана — 66,5 лет, средний возраст составил $65,8 \pm 10,98$ лет, медиана — 66,5 (62; 62; 66,5; 76; 76). В группе мужчин — от 33 до 87 лет, медиана — 60,5 лет (54,5; 55; 60,5; 70,75; 71), средний возраст составил $60,9 \pm 10,00$ лет.

Сроки госпитализации в ГБУЗ ТО ОКБ №1 от начала заболевания распределились следующим образом. Самый короткий составил 2 суток, самый длительный — 47. Распределение в гендерных группах оказалось следующим: у мужчин — 2–47 суток, у женщин — 2–40 суток. Однако, надо иметь ввиду, что из 11 пациентов, поступивших в ГБУЗ ТО ОКБ №1 позже 10-х суток от начала заболевания, семеро были переведены из других стационаров, куда они были своевременно госпитализированы. Среди 4-х пациентов, госпитализированных позже 10-х суток, были только мужчины: 1 поступил на 12-е сутки, 1 — на 14-е, 1 — на 15-е госпитализирован в другую клинику, а на 18-й переведен в ГБУЗ ТО ОКБ №1, и 1 — на 19-й. Анализ факторов, приведших к поздней госпитализации, лежит за рамками настоящего исследования.

При анализе случаев возникновения СПМ так же нами учитывались критерии тяжести воспалительного ответа как организма пациента в целом, так и тяжесть поражения легких: объем поражения легочной паренхимы, установленный при КТ, уровень С реактивного белка, а также уровень общего белка в сыворотке крови.

Объем поражения паренхимы легких по данным МСКТ в динамике у пациентов с синдромом воздушной протечки варьировал от 5 до 100%, при среднем значении во всей группе $71,5 \pm 16,14\%$. Гендерные различия оказались следующими: у мужчин — от 5 до 100%, при среднем значении $70,3 \pm 15,37\%$; у женщин — от 32 до 97%, при среднем значении $72,9 \pm 17,27\%$.

Степень тяжести поражения легких по данным МСКТ у пациентов с синдромом воздушной протечки присваивалась от 1-й до 4-й, при среднем значении во всей группе $3,3 \pm 0,68$ и медиане 4 (3; 3; 4; 4; 4); у мужчин — от 1 до 4, при среднем значении $3,3 \pm 0,7$ и медиане 3,5 (3; 3; 3,5; 4; 4); у женщин — от 2 до 4, при среднем значении $3,4 \pm 0,64$ и медиане 4 (3; 3; 4; 4; 4).

Уровень С-реактивного белка, определенного в пределах суток от диагностики эпизода синдрома воздушной протечки, варьировал от 0,00 до 27,46 мг/дл, при среднем значении во всей группе 5,2 мг/дл; у мужчин — от 0,0 до 16,2 мг/дл, при среднем значении 3,7 мг/дл; у женщин — от 0,19 до 27,46 мг/дл, при среднем значении 70,1 мг/дл.

Таким образом, подгруппа женщин характеризуется большей по сравнению с подгруппой мужчин тяжестью заболевания COVID-19, и наиболее тяжелые пациенты были именно женщинами. Кроме того, женщин менее однородна, чем подгруппа мужчин в аспекте тяжести заболевания COVID-19.

В части сопутствующей патологии у пациентов изучены данные о наличии некоторых заболеваний: ожирении, ишемической болезни сердца, артериальной гипертензии, сахарном диабете, злокачественных новообразованиях любой локализации, а также — о хронической обструктивной болезни легких и бронхиальной астме.

У 17 пациентов из группы имелось ожирение, у 11 из мужчин и у 6 из женщин. Частота представления составила 0,31, 0,37, 0,25, соответственно.

У 21 пациента из группы имелась ишемическая болезнь сердца, у 11 из мужчин и у 10 из женщин. Частота заболевания составила: в группе — 0,39; у пациентов мужского пола — 0,37; у женщин — 0,42.

Артериальная гипертензия была диагностирована у 34 пациентов из группы, в подгруппах — у 19 из мужчин и у 15 из женщин. Частота в группе составила 0,63; в подгруппах: у пациентов мужского пола — 0,63; у женщин — 0,63.

Довольно большое количество пациентов из группы имели дисциркуляторную энцефалопатию — 11, среди них 6 мужчин и 5 женщин. Частота составила 0,20; 0,20; 0,21.

У 15 пациентов из группы присутствовал сахарный диабет, у 8 из этих пациентов были мужчины, 7 — женщины. Частота заболевания в группе и подгруппах составила: 0,28, у пациентов мужского пола — 0,27; у женщин — 0,29.

Злокачественные новообразования той или иной локализации отмечены у 8 пациентов из группы, 5 были в подгруппе мужчин, 3 — женщин. Частота составила: в группе в целом — 0,15; у пациентов мужского пола — 0,17; у женщин — 0,13.

Следует отметить, что у ряда пациентов, вошедших в исследование, присутствовали ХОБЛ (у 4, все — мужчины), и бронхиальная астма (у двух, все женщины). У этих пациентов, полностью не исключается причинно-

следственная связь между возникновением СПМ/СПТ и наличием у пациента в анамнезе ХОБЛ, или бронхиальной астмы. Но все-таки причиной развития синдрома воздушной протечки у большинства пациентов анализируемой группы следует считать пневмонию, вызванную вирусом SARS-CoV2.

Срок возникновения СПМ/СПТ является очень важным критерием, так как позволяет обоснованно предположить риск развития синдрома воздушной протечки применительно к длительности течения заболевания. СПМ/СПТ у пациентов возникал на разных стадиях развития заболевания COVID-19, как в ближайшие дни после начала, так и по прошествии определенного периода времени. Самым ранним днем развития синдрома воздушной протечки в наших наблюдениях бы 8-й, самым поздним — 89-й. У мужчин самым ранним днем развития синдрома воздушной протечки в наших наблюдениях был 8-й, самым поздним — 89-й. У женщин — 12-й и 72-й, соответственно.

Кроме того, мы сгруппировали пациентов по длительности заболевания до развития синдрома воздушной протечки в неделях от начала заболевания (табл. 1).

Отмечается тенденция к максимуму частоты возникновения СПМ/СПТ на 2-4-й неделе от начала заболевания COVID-19.

Степень тяжести воздушного синдрома и вызванного им усугубления дыхательных и сердечно-сосудистых нарушений имели определенные особенности. В таблице 2 приведены данные о степени тяжести проявления воздушного синдрома. Оценка стратификация по степени выраженности синдрома воздушной утечки проводилась по критериям, приведенным выше.

У 9 пациентов с пневмомедиастинумом произошло развитие 15 эпизодов СПТ. Четверо из этих пациентов были мужчины, у них зафиксировано 7 эпизодов СПТ, а в зависимости от степени выраженности эмфиземы мягких тканей и наличия пневмоторакса пациенты распределились так: 2 пациента со II степенью и двусторонним пневмотораксом, один пациент со II степенью и правосторонним пневмотораксом, и один пациент с I степенью и двусторонним пневмотораксом. (II(л+п), I(л+п), II(л+п), II(п)). Женщин было 5. Эпизодов пневмоторакса у них было 8, а распределение в зависимости от степени выраженности эмфиземы мягких тканей и наличия пневмоторакса было следующими: 3 пациентки со II степенью выраженности и двусторонним пневмотораксом, и 2 пациентки со II степенью выраженности и односторонним пневмотораксом (II(п+л), II(л), II(п), II(л+п), II(л+п)). В 4-х случаях (у одного пациента с двух сторон, и у 2 — при одностороннем пневмотораксе (У I(л+п)+I(II) I(л)) пневмоторакс был диагностирован при проведении КТ, имел крайне малый объем, и не потребовал ни дренирования плевральной полости, ни иных инвазивных вмешательств. В остальных случаях при пневмотораксе были выставлены показания к дренированию плевральной полости и выполнено дренирование

Табл. 1. Распределение сроков возникновения воздушного синдрома

Неделя от начала заболевания	М+Ж	М	Ж
1	0	0	0
2	12	6	6
3	16	6	10
4	17	12	5
5	2	0	2
6	2	2	0
7	1	1	0
8	1	1	0
9	0	0	0
10	1	1	0
11	1	0	1
12	0	0	0
13	1	1	0

Табл. 2. Выявленность воздушного синдрома

Степень выраженности синдрома воздушной протечки	М+Ж		М		Ж	
	Человек	%	Человек	%	Человек	%
I	25	46,3	18	33,3	7	12,9
II	25	46,3	10	18,5	15	27,8
III	4	7,4	2	3,7	2	3,7

плевральной полости. После расправления легкого дренажи извлечены. В 25 случаях пневмомедиастинум представлял собой эмфизему одного или нескольких отделов средостеня. Эти пациенты проведены консервативно с положительным эффектом. Консервативные мероприятия включали назначение ингаляционных бронхолитиков путем небулизации, дыхательную гимнастику. У двух пациентов мы встретили резко выраженную эмфизему всех лож средостеня, сопровождавшуюся выраженной эмфиземой мягких тканей грудной стенки, шеи, плечевого пояса. Этим пациентам потребовалось выполнение оперативного вмешательства — супраугулярной медиастинотомии и дренирования средостеня. Самыми тяжелыми в плане обсуждаемой патологии оказались трое пациентов, у которых воздушный синдром включал развитие выраженной эмфиземы средостеня, мягких тканей и выраженного одно- (у одного пациента) или двустороннего (у двух) пневмоторакса. У этих пациентов пришлось выполнить комплекс дренирующих оперативных вмешательств — супраугулярную медиастинотомию и дренирование одной или обеих плевральных полостей.

В 4 случаях пациентам проводилось неинвазивная ИВЛ и ИВЛ.

Из пациентов анализируемой группы умерло 6, 3 мужчин и 3 женщины. Летальные исходы наступили вследствие тяжести течения вирусной пневмонии. Летальных исходов, связанных с развитием синдрома Хаммана и других форм воздушного синдрома, не отмечено. Каких-либо сложностей в обеспечении адекватного

дренирования патологических воздушных скоплений в послеоперационном периоде в исследуемой группе отмечено не было. Эти результаты достигнуты клиникой ГБУЗ ТО Областная клиническая больница №1 г. Тюмени в результате максимально раннего привлечения к пациентам с синдромом Хаммана и другими формами синдрома воздушной протечки торакального хирурга, в том числе авторов статьи, своевременной диагностики, рациональной хирургической тактики, своевременного выполнения дренирующих вмешательств, тогда, когда они были показаны. С другой стороны, взвешенная оценка возможностей консервативного лечения позволила избежать инвазивных процедур там, где к ним не было отчетливых показаний.

Заключение

Таким образом, группой риска по развитию синдрома Хаммана и других форм воздушного синдрома при вирусной SARS-Cov2 пневмонии являются пациенты в возрасте 55–65 лет, с избыточной массой тела или страдающие ожирением, имеющего в качестве сопутствующей патологии ишемическую болезнь сердца и/или артериальную гипертензию, с объемом поражения легочной паренхимы соответствующего КТ 2–3, и тяжелым течением вирусной SARS-Cov2 пневмонии, на 2–4-ю неделю от начала заболевания. Подобные пациенты являются также группой риска по тяжелому течению вирусной SARS-Cov2 пневмонии. Несмотря на то, что оперативное лечение становится показанным лишь у 1/3 пациентов, необходимо максимально быстрое привлечение к курации такого пациента с развившимся или подозреваемым воздушным синдромом торакального хирурга. Это необходимо для определения хирургической тактики и выполнения экстренного оперативного вмешательства, если оно показано. В то же время, отказ от дренирующих вмешательств в пользу консервативного лечения при незначительно выраженном синдроме Хаммана и других формах воздушного синдрома, таких как эмфизема мягких тканей и минимальный СПТ, является как оправданным с точки зрения бережливого использования ресурсов медицинской организации и снижения травматичности лечения для пациента, так и безопасным при условии включения в курирующую пациента врачебную бригаду торакального хирурга.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Sabharwal P, Chakraborty S, Tyagi N, Kumar R, Taneja A. Spontaneous Air-leak Syndrome and COVID-19: A Multifaceted Challenge. *Indian J Crit Care Med.* 2021; 25(5): 584-587. doi:10.5005/jp-journals-10071-23819.
2. Rashedi S, Mardani M, Fooladgar M, Aliannejad R. Spontaneous pneumomediastinum, pneumopericardium, pneumothorax, and subcutaneous emphysema in a patient with COVID 19. *Radiol Case Rep.* 2021; 16(5): 1158-1161. doi:10.1016/j.radcr.2021.02.069.
3. Patrícia Dionísio, Luís Martins, Susana Moreira, Alda Manique, Rita Macedo, Fátima Caeiro, Luísa Boal, and Cristina Bárbara Spontaneous pneumomediastinum: experience in 18 patients during the last 12 years. *J Bras Pneumol.* 2017; 43(2): 101-105.
4. Абакумов М.М., Шамба Х.Л., Даниелян Ш.Н. Клиника, диагностика и лечение спонтанной эмфиземы средостения // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. — 2010. — №10. — С. 17-21. [Abakumov MM, Shamba KhL, Danielian ShN. Spontaneous emphysema of the mediastinum. *Khirurgiya.* 2010; 10: 17-21. (In Russ).]
5. Абакумов М.М., Шамба Х.Л., Даниелян Ш.Н. Спонтанная эмфизема средостения // Хирургия. Журнал им. Н. И. Пирогова. — 2010. — №2. — С. 47-50. [Abakumov MM, Shamba KhL, Danielian ShN. Spontaneous mediastinal emphysema. *Khirurgiya.* 2010; 2: 47-50. (In Russ).]
6. Fishman AP, Elias JA, Fishman JA, Grippi MA, M R, Senior, Pack AI. *Fishman's Pulmonary Disease and Disorders.* Philadelphia: McGraw-Hill Medical; 2008.
7. Wang XH, Duan J, Han X, et al. High incidence and mortality of pneumothorax in critically ill patients with COVID-19. *Heart Lung.* 2021; 50(1): 37-43. doi:10.1016/j.hrtlng.2020.10.002.
8. Song IH, Lee SY, Lee SJ, Choy WS. Diagnosis and treatment of spontaneous pneumomediastinum experience at a single institution for 10 years. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2017; 65(5): 280-284.
9. Dajer-Fadel WL, Argüero-Sánchez R, Ibarra-Pérez C, Navarro-Reynoso FP. Systematic review of spontaneous pneumomediastinum a survey of 22 years' data. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2014; 22(8): 997-1002.
10. Wang W, Gao R, Zheng Y, Jiang L. COVID-19 with spontaneous pneumothorax, pneumomediastinum and subcutaneous emphysema. *J Travel Med.* 2020; Aug 20: 27-32. doi: 10.1093/jtm/taaa062. PMID: 32330274; PMCID: PMC7188125. 5.
11. Xiang C, Wu G. SARS-CoV-2 pneumonia with subcutaneous emphysema, mediastinal emphysema, and pneumothorax: A case report. *Medicine (Baltimore).* 2020; 99(20): 20208. doi: 10.1097/MD.00000000000020208.
12. Sethi SM, Ahmed AS, Hanif S, Aqeel M, Zubairi ABS. Subcutaneous emphysema and pneumomediastinum in patients with COVID-19 disease; case series from a tertiary care hospital in Pakistan. *Epidemiol Infect.* 2021; 149: e37. Published online 2021 Jan 20.