

## ГЕЛИЕВЫЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ «РЕКРУТМЕНТ» ЛЕГОЧНЫХ АЛЬВЕОЛ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ АЛЬВЕОЛЯРНОГО КОЛЛАПСА И ПРОФИЛАКТИКЕ ОСТРОГО РЕСПИРАТОРНОГО ДИСТРЕСС-СИНДРОМА У БОЛЬНЫХ С COVID-19 ПНЕВМОНИЕЙ ТЯЖЕЛОГО ТЕЧЕНИЯ

<sup>1</sup>А. С. Свистов\*, <sup>2</sup>И. Г. Мосягин, <sup>3</sup>О.Е. Симакина

<sup>1</sup>Военно-медицинская академия имени С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>Главное командование Военно-Морского Флота, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Институт экспериментальной медицины, Санкт-Петербург, Россия

*Цель.* Показать значение подогретого до 95° С гелия (в составе термогелиокса) в снижении поверхностного натяжения воды, включая жидкую и клеточную фракцию крови, что нормализует движение эритроцитов в капиллярах и сохраняет физиологическую функцию альвеолярно-капиллярного пространства, улучшая газообмен в альвеолах. *Материалы и методы.* Проанализированы данные динамики жалоб, анамнеза, клинические симптомы, результаты лабораторных и инструментальных исследований, результаты патологоанатомических, патоморфологических и гистологических проявлений коронавирусной пневмонии (КВП) тяжелого течения, осложненной острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС).

*Результаты и их обсуждение.* В комплексном лечении коронавирусной инфекции (КВИ) тяжелого течения предложено использовать современную инновационную медицинскую технологию «СИМТ», включающую современный аппарат «Ингалит В2–01», ингалирующий регулируемо подогреваемую до 90–100° С дыхательную газовую смесь — термогелиокс, состоящую из кислорода 20–30% и гелия 70–80%, чередуя с ингаляциями легочного сурфактанта небулайзером. Антикоагулянт целесообразно вводить под кожу. Показано, что развитие ОРДС при КВП связано с острым коронавирусным альвеолитом. Быстрый положительный системный лечебный эффект — профилактика ОРДС у больных с КВП тяжелого течения при использовании предлагаемой нами «СИМТ» обусловлен рядом физико-химических и физиологических эффектов термического гелия.

**Ключевые слова:** морская медицина, COVID-19, коронавирусная инфекция, коронавирусный альвеолит, альвеолярный коллапс, современные инновационные медицинские технологии, гелиевый «рекрутмент» легочных альвеол

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Свистов А.С., Мосягин И.Г., Симакина О.Е. Гелиевый физико-химический «рекрутмент» легочных альвеол в предотвращении альвеолярного коллапса и профилактике острого респираторного дистресс-синдрома у больных с COVID-19 пневмонией тяжелого течения // *Морская медицина*. 2020. Т. 6, № 4. С. 73–81. <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-73-81>.

\*Контакт: Свистов Александр Сергеевич, [pr.svistov@gmail.com](mailto:pr.svistov@gmail.com)

© Svistov A.S., Mosyagin I.G. Simakina O.E., 2020

## HELIUM PHYSICO-CHEMICAL «RECRUITMENT» OF PULMONARY ALVEOLS IN PREVENTION OF ALVEOLAR COLLAPSE AND PREVENTION OF ACUTE RESPIRATORY DISTRESS SYNDROME IN PATIENTS WITH SEVERE COVID-19 PNEUMONIA

<sup>1</sup>Aleksandr S. Svistov\*, <sup>2</sup>Igor G. Mosyagin, <sup>3</sup>Olga E. Simakina

<sup>1</sup>Military Medical Academy named after S.M. Kirov, Saint-Petersburg, Russia

<sup>2</sup>High Command of the Navy, Saint-Petersburg, Russia

<sup>3</sup>Institute of experimental medicine, Saint-Petersburg, Russia

*Purpose.* Show the significance of helium heated to 95° C (as part of Thermogeliox) in reducing the surface tension of water, including the liquid and cellular fraction of blood, which normalizes the movement of red blood cells in the

capillaries and preserves the physiological function of the alveolar — capillary space, improving gas exchange in the alveoli.

**Materials and methods.** The data on the dynamics of complaints and anamnesis, clinical symptoms, results of laboratory and instrumental studies, the results of pathological, pathomorphological and histological manifestations of severe coronavirus pneumonia (CVP) complicated by acute respiratory distress syndrome (ARDS) were analyzed.

**Results and its discussion.** In the complex treatment of severe coronavirus infection (CVI), it is proposed to use the modern innovative medical technology «SIMT», which includes a modern device «Ingalit B2–01», inhaling a respiratory gas mixture heated to 90–100° C — thermogeliox, consisting of oxygen 20–30% and helium 70–80%, alternating with inhalation of pulmonary surfactant by a nebulizer. It is advisable to inject the anticoagulant under the skin. It has been shown that the development of ARDS in CEP is associated with acute coronavirus alveolitis. A quick positive systemic therapeutic effect — the prevention of ARDS in patients with severe CVP when using our proposed «SIMT» is due to a number of physicochemical and physiological effects of thermal helium.

**Key words:** marine medicine, COVID-19, coronavirus infection, coronavirus alveolitis, alveolar collapse, modern innovative medical technologies, helium «recruitment» of pulmonary alveols

**Conflict of interest:** authors declared no conflict of interest.

**For citation:** Svistov A.S., Mosyagin I.G., Simakina O.E. Helium physico-chemical «recruitment» of pulmonary alveols in prevention of alveolar collapse and prevention of acute respiratory distress syndrome in patients with severe COVID-19 pneumonia // *Marine medicine*. 2020. Vol. 6, No. 4. P. 73–81, <http://dx.doi.org/10.22328/2413-5747-2020-6-4-73-81>.

\*Contact: *Svistov Aleksandr Sergeevich*, [pr.svistov@gmail.com](mailto:pr.svistov@gmail.com)

**Введение.** Человечество столкнулось с пандемией коронавирусной инфекции COVID-19 — тяжелым острым респираторным заболеванием, вызываемым коронавирусом SARS-2019-nCoV2, часто протекающим в форме вирусной пневмонии тяжелого течения, течение которой осложняется острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС) и дыхательной недостаточностью с высоким риском смерти. Заболевание вызывается новым, постоянно мутирующим вирусом, против которого у людей нет приобретенного иммунитета. К инфекции восприимчивы люди всех возрастных категорий. Примерно в 15% случаев заболевание протекает в тяжелой форме с применением кислородной терапии, еще в 5% состояние больных критическое [1, с. 21–29].

Согласно последней информации официальных онлайн-источников, по состоянию на 12 октября 2020 г. новый коронавирус COVID-19 продолжает распространяться по всему миру<sup>1</sup>. Во многих государствах разных континентов мира количество зараженных продолжает расти<sup>2</sup>. В ряде стран, таких как США, Бразилия, Индия, Великобритания, Испания, Италия и др., говорят о второй волне КВИ мутирующим коронавирусом. Повторно вводятся карантинные меры.

Текущая статистика по коронавирусу на 12.10.2020 (во всем мире) по данным Worldometers<sup>3</sup> представлена в таблице.

Опасная коронавирусная болезнь COVID-19 поразила 212 стран и территорий по всему миру. Также случаи заболевания были зафиксированы на двух международных круизных судах. В связи с возникновением такой тяжелой ситуации в марте 2020 г. Всемирная организация здравоохранения объявила вспышку коронавируса мировой эпидемией.

**Цель:** показать значение подогретого до 95° C гелия (в составе термогелиокса) в снижении поверхностного натяжения воды, включая жидкую и клеточную фракцию крови, что нормализует движение эритроцитов в капиллярах и сохраняет физиологическую функцию альвеолярно-капиллярного пространства, улучшая газообмен в альвеолах.

**Материалы и методы.** Проанализированы данные динамики жалоб, анамнеза, клинические симптомы, результаты лабораторных и инструментальных исследований, результаты патологоанатомических, патоморфологических и гистологических проявлений коронавирусной пневмонии (КВП) тяжелого течения, осложненной острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС).

<sup>1</sup> <https://xn-80aesfpebagmfb1c0a.xn-p1ai/> (дата обращения: 12.10.2020 г.).

<sup>2</sup> <https://www.bbc.com/russian/news-53365908> (дата обращения: 12.10.2020 г.).

<sup>3</sup> <https://www.worldometers.info/coronavirus/> (дата обращения: 12.10.2020 г.).

## Статистические показатели по коронавирусу на 12.10.2020

Table

## Coronavirus statistics (10/12/2020)

Показатель	Количество человек, абс.
Всего заражений	37 806 667
Смертельные случаи	1 082 239
Выздоровевшие	28 384 322
Сейчас болеют	8 340 106
Серьезные и критические случаи и болеющих в настоящее время	68 834

Вирус недостаточно изучен, отсутствуют какие-либо специфические противовирусные средства лечения или профилактики КВИ и нет доказательств эффективного иммуномодулирующего лечения [2, с. 1499–1500]. Антибиотики против вирусов неэффективны и не применяются в лечении. Однако они могут быть назначены для профилактики и в случае обнаружения бактериальной вторичной инфекции [3, с. 8–18]. Наиболее частым и опасным осложнением острой коронавирусной пневмонии является ОРДС. Он осложняет течение от 15 до 33% КВИ [4, с. 1334–1349].

Прогрессирующая дыхательная недостаточность является основной причиной смерти при пандемии SARS-CoV-2. Несмотря на высокий интерес к патофизиологии заболевания, относительно мало информации о морфологических и молекулярных изменениях в легких пациентов, которые умирают от КВИ.

Отсутствие новых эффективных противовирусных и других, разрешенных к применению, лекарственных препаратов для борьбы с коронавирусом ведет к применению (off-label) нелицензированных средств лечения, т.е. применение не по инструкции, а по новому назначению. В мире ведутся активные научные и клинические поиски новых эффективных, лекарственных молекул, вакцин против коронавируса, новых эффективных методов и методик лечения.

Наш первый клинический опыт терапии КВП тяжелого течения с использованием «СИМТ» у 18 больных Республиканской клинической больницы г. Сыктывкар, в апреле 2020 г. показал, что подогретый до 95° С гелиокс действует довольно быстро. Больные через 15–20 минут ингаляции отмечали улучшение физического состояния, выражающегося в уменьшении одышки, общей слабости, болей в горле и за грудиной, кашля. Клиническое улучшение наступало в течение первой ингаляции (системный эффект) и сохранялось,

постепенно уменьшаясь до следующей процедуры (эффект последствия). Улучшался газовый состав крови.

Лечебный эффект современной «СИМТ» при КВИ связан с системным воздействием термгелиокса на организм больного. Полученный опыт в лечении КВИ как в стационаре, так и амбулаторно и на дому позволил нам усовершенствовать технологию лечения КВП, заключающуюся в чередовании ингаляций подогретого до 95° С гелиокса аппаратом «Ингалит В2–01» и легочного сурфактанта через небулайзер, так как одновременная ингаляция подогретого до 95° С гелиокса и сурфактанта вызовет значительное снижение температуры подогрева гелиокса, а также нарушение структуры и функции белково-липидно-полисахаридного комплекса легочного сурфактанта. Антикоагулянт (фраксипарин) эффективнее вводить в виде инъекции под кожу.

Патогенез COVID-19 еще недостаточно изучен. Мнения ученых противоречивы, подчеркивается универсальность поражения легких не зависимо от первичного повреждающего фактора, приводящего к ОРДС [5, с. 720–727]. Это говорит об отсутствии достоверных, проверенных, неоднократно подтвержденных международным научно-клиническим медицинским сообществом механизмов системного вирусного повреждения организма больного, как на уровне клеточных биохимических процессов, так на органном и системном уровнях. Ряд ученых подчеркивает важность универсальности поражения легких независимо от первичного повреждающего фактора, приводящего к ОРДС [6, с. 435]. Начальным этапом процесса является активация альвеолярных макрофагов с выбросом провоспалительных компонентов, куда входит группа интерлейкинов, в том числе IL-6, -8, TNF- $\alpha$  (фактор некроза опухоли-альфа), группа хемоаттрактантов, стимулирующих перемещение нейтрофилов [7, с. 377–394]

из крови через эндотелий и альвеолярный эпителий. Этому перемещению способствует системная воспалительная реакция и повышение сосудистой проницаемости [8, с. 1137].

Другая группа исследователей считает, что уровень IL-6, ключевого медиатора для синдрома высвобождения цитокинов, на порядки ниже, чем в тяжелых случаях COVID-19. При этом синдром «цитокинового шторма» в случае COVID-19 является достаточно уникальным, поскольку уровни ферритинов и IL-6 хоть и повышены, но меньше по сравнению с другими синдромами «цитокинового шторма», а легкие поражаются в первую очередь в рамках ОРДС. Синдром системного воспаления явно отличается от других синдромов и рассмотрение воспалительного процесса как результата «цитокинового шторма» может оказаться неверным [9, с. 1152].

Некоторые ученые считают, что легкие поражаются не в результате «цитокинового шторма», а в результате непосредственного вирусного цитопатического эффекта с поражением пневмоцитов, что подразумевает прямое цитопатическое действие вируса, а не избыточную воспалительную реакцию. Кортикостероиды могли бы снимать воспаление, уменьшая последующие повреждения легких. Они применялись при лечении инфекций, вызванных SARS-CoV и MERS-CoV, однако результаты исследований показали, что они не уменьшали смертность. Ключевыми механизмами полиорганного повреждения, вызванного инфекцией SARS-CoV-2, считается непосредственно вирусная цитотоксичность. Вирусные частицы могут напрямую поражать ткани и органы за пределами легких, однако, механизм распространения SARS-CoV-2 по организму остается неясен [10, с. 681–687].

Патологоанатомическая картина, как и большинство исследований КВИ (COVID-19), интерпретируется научно-клиническим сообществом неоднозначно.

Первыми провели вскрытие умерших от КВИ китайские врачи, описавшие патологический процесс в легких при COVID-2019. Оказалось, что изменения, выявленные в легких при КВИ, соответствовали таковым при пневмониях, вызванных вирусами SARS и MERS.

Патоморфологические особенности поражения легких вирусами A H1N1, SARS-CoV1, SARS-CoV2 имеют сходную картину. В основном в экссудативную (раннюю) стадию отмечают внутриаальвеолярный отек, скопления

фибрина, в значительной части полостей альвеол скопления эритроцитов, признаки интерстициального воспаления. В клетках эпителия трахеи и бронхов можно обнаружить вирусные частицы [10, с. 681–687].

В исследовании, проведенном немецкими учеными при поддержке American National Institutes of Health, European Research Council Consolidator, сравнили морфологические и молекулярные изменения паренхимы легких у умерших больных от COVID-19 и гриппа A H1N1 в 2009 г. Установлено, что у больных, умерших от ОДН, связанной с COVID-19 или гриппом A (H1N1), гистологически паренхима легкого выглядела как диффузное повреждение альвеол с периваскулярной инфильтрацией Т-клетками. Легкие умерших от КВИ COVID-19 отличались выраженными эндотелиальными повреждениями. Гистологический анализ легочных сосудов у пациентов с COVID-19 показал широко распространенный тромбоз с микроангиопатией. Повреждение эндотелия в результате инфекции сопровождается местным повышением уровня фактора Виллебранда и эндотелиитом, что, в свою очередь, приводит к чрезмерной выработке тромбина, подавлению фибринолиза и активации каскада комплемента и в конечном счете приводит к возникновению микротромбов и нарушению микроциркуляции [11, с. 906–918].

Подводя итоги патологоанатомическим исследованиям в Китае, России, Германии и других странах, следует сказать, что описывается сходная морфологическая картина, поражения легких вирусами A H1N1, SARS-Cov1, SARS-CoV2. Иначе говоря, у вызываемых вирусами A H1N1, SARS-Cov1, COVID-19 инфекций сходный, если не единый, патогенез.

Считается, что для ОРДС характерно диффузное альвеолярное повреждение [12, с. 13–16]. Согласно современной концепции под термином «диффузное альвеолярное повреждение» (ДАП) понимают схожую реакцию легких при остром повреждении дыхательных путей различной этиологии. В основе лежит некроз эндотелиальных, эпителиальных клеток и интерстиция альвеол, приводящих к коллапсу (спадению) альвеол. Кроме того, это состояние характеризуется снижением легочной податливости (обычное требование искусственной вентиляции легких) и гипоксемией, требует проведения интенсивной терапии и различных методик искусственной вентиляции легких [13, с. 61–78].

Причинами ДАП как травмы (повреждения) могут быть аэрозоли аммиака, двуокиси азота, гербициды, кислород, хлористый цинк, сероводород, боевые отравляющие вещества, фосген и ряд лекарств — амиодарон, нитрофураны, пенициламыды, препараты золота, героин и аэрозоли — керосин, гербициды денатурированное рапсовое масло и др.; радиация; хирургические состояния — шоки: травматический, геморрагический, нейрогенный, кардиогенный, сепсис, острая массивная аспирация, острый панкреатит; ожоги легких с отравлением продуктами горения; трансфузионная терапия, воздушная эмболия; утопление; неизвестные причины и многие другие [13, с. 61–78; 14, с. 1334–1349]. С точки зрения неполного списка этиологических причин развития, диагноз ДАП соответствует травматическому повреждению.

С точки зрения вирусной пневмонии тяжелого течения причиной быстрого прогрессирования, развития ОРДС является острый вирусный альвеолит. Вирусная пневмония представляет инфекцию альвеол, из-за которой альвеолярное пространство закупоривается жидкостью, состоящей из экссудата, слущенных клеток и активированных макрофагов, что приводит к нарушению газообмена, в альвеолярно-капиллярном аппарате. Процесс потребления кислорода из гемоглобина эритроцитов нарушается, а углекислый газ накапливается в организме [14, с. 957].

Как считают большинство патологоанатомов, патоморфологов, гистологов, патоморфологически ОРДС соответствует диффузному альвеолярному повреждению. Однако, во-первых, термин «диффузное альвеолярное повреждение» — это неудачно выбранная аббревиатура, поскольку термин «повреждение» — синоним термина «травма». Нарушение анатомической целостности тканей или органов повлекшие за собой расстройство их функций.

Во-вторых, воспаление — это комплексный, местный и общий патологический процесс, возникающий в ответ на повреждение или действие патогенного раздражителя и проявляющийся в реакциях, направленных на устранение продуктов, а если возможно, то и агентов повреждения и приводящий к максимальному восстановлению в зоне воспаления. Воспаление — защитно-приспособительный процесс.

Альвеола — пузырек, открывающийся в просвет респираторных бронхиол. Альвеолы осуществляют газообмен с легочными капиллярами. Альвеолоциты 2-го типа вырабаты-

вают сурфактант. Внутреннюю поверхность альвеол покрывает сурфактант (С) — поверхностно-активный комплекс фосфолипидов, белков и полисахаридов, играющий главную роль в поддержании архитектоники альвеолярно-капиллярного русла и нормального газообмена. Он способен снижать поверхностное натяжение на границе воздух/жидкость с 72 мН до 20 мН, более чем в 3 раза. Площадь альвеолярно-капиллярной поверхности составляет от 100 до 150 квадратных метров.

У больных с ОРДС легкие состоят из поверхности аэрации и поверхности альвеолярного коллапса, которые приводят к внутрилегочному шунтированию и гипоксемии. ИВЛ может увеличить площадь спавшихся альвеол и потенциально приводить к ателектазам и повреждению легких. Стандартные объемы ИВЛ составляют 10–15 мл/кг. При ОРДС функционирует только непораженная область легких, то есть емкость легких снижена, поэтому большие объемы ИВЛ могут вызывать повреждения легких объединенные в понятие вентилятор-ассоциированное повреждение легких [15, с. 294–323].

В мире ведутся активные научные и клинические поиски новых эффективных, методов, методик и технологий как для непосредственного лечения коронавирусной инфекции тяжелого течения, так и для профилактики. К ним относятся неинвазивная вентиляция легких, высокопоточная оксигенация (скорость потока газа до 60 л/мин), prone-позиция, рекрутмент спавшихся альвеол, гипербарическая оксигенация и др.

Среди существующих немедикаментозных противовирусных методов, методик и технологий хорошо себя зарекомендовала предлагаемая нами инновационная медицинская технология, суть которой описана в начале этой статьи. Применение этой технологии, основанной на физико-химических свойствах горячего гелия, позволяет реализовать физиологическим путем «рекрутмент» легочных альвеол. Эта технология, в отличие от рекрутмента альвеол с использованием аппарата ИВЛ, физиологична, нетравматична, не вызывает осложнений (вентилятор-ассоциированное повреждение легких) и решает две главных задачи в борьбе с КВИ. Эти задачи — блокада репликации вируса COVID-19 и его уничтожение.

Быстрый лечебный эффект гелия в составе термогелиокса (при первых ингаляциях) с большой достоверностью связан с уменьшением

альвеолярного отека, уменьшением остроты и площади альвеолярного воспаления уменьшением объема и вязкости жидкости в альвеолах, что сохраняло нормальный газообмен. Эти физиологические особенности гелия осуществляются за счет его уникальных физико-химических свойств. Гелий — хороший пенетрант, он обладает чрезвычайно высокой проникающей способностью и низкой плотностью, умеренной вязкостью и высокой теплоемкостью, низкой растворимостью в жирах и воде. Благодаря низкой плотности гелия движение потока гелиокаса будет ламинарным или менее турбулентным, а в силу этого альвеолы получают больше воздуха (кислорода). В гелиевой смеси быстрее диффундирует углекислый газ, а значит, он будет более активно удаляться из альвеол. Гелий в составе подогреваемой кислородно-гелиевой смеси увеличивает объемную скорость движения газовой смеси, увеличивая тем самым скорость диффузии кислорода и углекислого газа в альвеолярно-капиллярном пространстве<sup>1</sup>.

Несмотря на применение подогретого гелиокаса в комплексном лечении заболеваний бронхолегочной системы более 10 лет, активное использование в лечебных учреждениях Минздрава России и Министерства обороны России, широкого распространения в лечебно-профилактических учреждениях эта современная медицинская технология не получила. Применялся термогелиокс, подогреваемый до 40° С, в лечении внебольничной пневмонии, хронической обструктивной болезни легких и других заболеваний легких [16, с. 38–41]. Мы используем для блокады репликации и прямого уничтожения вируса SARS-CoV-2 гелиокс, подогретый до 90–95° С.

Поверхностное натяжение (ПН) — термодинамическая характеристика поверхности раздела двух находящихся в равновесии фаз. Силовое (механическое) определение: поверхностное натяжение — это сила, действующая на единицу длины линии, которая ограничивает поверхность жидкости. Поверхностное натяжение на границе жидкость/газ возрастает с увеличением взаимодействия между молекулами жидкости [17, с. 3–8].

Кроме того, надо учитывать физиологические эффекты, которые оказывают на организм изменения ПН жидкостей вообще и вне- и внутриклеточной воды в частности. К ним относятся диспергирование (измельчение, распыление) твердых тел и жидкостей на малые частицы или капли, коалесценция (слияние капель или пузырьков), коагуляция (агрегирование частиц дисперсной фазы). Все эти явления важны для клинической медицины. Капиллярные явления также объясняются поверхностным натяжением. Изменение сил поверхностного натяжения влияет на фагоцитоз (захват клетками соседних частиц), пиноцитоз (захват клеточной поверхностью жидкости с содержащимися в ней веществами), а значит и на динамику их выведения из организма. Огромное значение имеет явление адгезии (смачивания).

Величина поверхностного натяжения имеет диагностическое значение в клинической практике. Обычно поверхностное натяжение биологических жидкостей сравнивают с водой. Вода обладает высоким поверхностным натяжением (72,5 мН/м) и высокой вязкостью (0,7 мПа). Вода является хорошим растворителем. В живой клетке и в межклеточном пространстве растворы различных веществ в воде вступают во взаимодействие [17, с. 3–8].

Поверхностное натяжение всех жидкостей (вне- и внутриклеточной воды) уменьшается с повышением температуры [18, с. 2528–2530; 19, с. 24–28]. Кроме того, термогелиокс уменьшает ПН и вязкость жидкой и клеточной фракций крови, а соответственно нормализует локальный и системный кровоток во всех органах и тканях больного SARS-CoV-2. Поверхностное натяжение мембран эритроцитов и их взвесей является одной из важнейших компонент, определяющих реологические свойства крови. Изменение структуры клеточных мембран влияет на эти взаимодействия и отражается на поверхностном натяжении взвеси эритроцитов. Если повышается температура и рН крови, то это еще больше влияет на величину поверхностного натяжения, вязкость и текучесть крови [20, с. 28–30].

При повышении температуры воды понижается ее поверхностное натяжение, уменьша-

<sup>1</sup> Хадарцев А.А., Киреев С.С., Иванов Д.В. Возможности гелий-кислородной терапии пневмоний при коронавирусной инфекции (обзор литературы) // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. № 3 [Khadartsev A.A., Kireev S.S., Ivanov D.V. Possibilities of helium-oxygen therapy for pneumonia in coronavirus infection (literature review). Journal of new medical technologies, eEdition, 2020, No. 3. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16644 (In Russ.)].

ется вязкость. При повышении температуры воды с 0 до 70° С поверхностное натяжение воды уменьшается в 1,2 раза. При повышении температуры воды до 100° С поверхностное натяжение воды уменьшается в 1,3 раза.

Нами в 2014 г. проведено исследование микроциркуляции у здоровых добровольцев в условиях гипоксического и гиперкапнического воздействия. Оценивали гемодинамические характеристики кровотока в микроциркуляторном русле и тканевой кровотока. У здоровых лиц, находящихся в гипоксической камере, заполненной дыхательной газовой смесью с пониженной концентрацией кислорода и азота, добавление инертного газа аргона в дыхательную смесь ускоряло тканевую микроциркуляцию в условиях гипоксии [21, с. 13–16]. Поскольку аргон и гелий являются инертными газами, полученные результаты можно экстраполировать и на кислородно-гелиевую дыхательную смесь.

**Заключение.** Мы предлагаем дифференцировать диагноз «диффузное альвеолярное повреждение» по этиологическому принципу на хирургический, токсикологический, радиационный и т.д., а поражение альвеол при тяжелых вирусных заболеваниях, таких как острые вирусные инфекции, формулировать «острый диффузный вирусный альвеолит». Поскольку причина поражения альвеолярного аппарата при COVID-19 и других тяжелых вирусных заболеваниях — диффузное воспаление всех отделов легких включая бронхи, паренхиму, альвеолярно-капиллярную структуру.

В комплексном лечении коронавирусной инфекции (КВИ) тяжелого течения предлагаем использовать современную инновационную медицинскую технологию включающую современный аппарат «Ингалит В2-01», ингалирующий регулируемую подогреваемую до 90–100° С дыхательную газовую смесь — термогелиокс (состоящую из 20–30% кислорода и 70–80% гелия), чередуя с ингаляциями легочного сурфактанта. Антикоагулянт целесообразно вводить под кожу. Высока вероятность того, что одновременная ингаляция подогретого до 95° С гелиокса и сурфактанта неизбежно вызовет значительное снижение температуры подо-

грева гелиокса и нарушение структуры и функции белково-липидно-полисахаридного комплекса легочного сурфактанта.

Применение этой технологии, основанной на физико-химических свойствах горячего гелия, позволяющих реализовать физиологическим путем «рекрутмент» легочных альвеол. Эта технология в отличие от рекрутмента альвеол с использованием аппарата ИВЛ, физиологична, не травматична, не вызывает осложнений.

Одним из основных механизмов блокады репликации и прямого уничтожения вируса SARS-CoV-2 подогретым до 95° С гелиоксом является снижение поверхностного натяжения вне- и внутриклеточной воды приводит к нарушению структуры и прямой денатурации вирусных белков оболочки, S-белка короны, капсида и рибосом.

Кроме того, термический гелиокс улучшает капиллярный кровоток и тканевую микроциркуляцию, что предотвращает гемическую и гипостоксическую гипоксию и развитие острой дыхательной недостаточности, уменьшает воспалительный процесс в альвеолах, сохраняет и ускоряет кровоток в альвеолярно-капиллярном пространстве, сохраняя функцию нормального газообмена.

Предлагаемая нами технология профилактики и лечения КВИ технически проста в работе, достаточно эффективна. Необходимо учитывать быстроту развертывания аппаратов в госпитальных и полевых условиях, широту охвата больных одним аппаратом. Кроме того, можно рекомендовать использовать эту технологию для профилактики и лечения массовых вспышек коронавирусной инфекции и сезонного гриппа в крупных коллективах.

Предлагаемая современная инновационная медицинская технология многофункциональна, создана на стыке физики, химии, физиологии и медицины. Многофункциональность технологии в том, что она может использоваться в лечении бронхолегочных заболеваний, острых вирусных инфекций, а также при первичном переохлаждении, термических ожогах легких и профилактике ОРДС разной этиологии.

### Литература/References

1. Глыбочко П.В. Клиническая характеристика 1007 больных тяжелой SARS-CoV-2 пневмонией, нуждавшихся в респираторной поддержке // *Клиническая фармакология и терапия*. 2020. Т. 29, № 2. С. 21–29. [Glybochko P.V.

- Clinical characteristics of 1007 patients with severe SARS-CoV-2 pneumonia who needed respiratory support. *Clinical pharmacology and therapy*, 2020, Vol. 29, No. 2, pp. 21–29 (In Russ.).
2. Murthy S., Charles D.G., Robert A.F. Care for Critically Ill Patients With COVID-19 // *JAMA*. 2020. Vol. 323 (15). P. 1499–1500. doi: 10.1001/jama.2020.3633.
  3. Омеляновский В.В., Антонов А.А., Безденежных Т.П., Хачатрян Г.Р. Систематический обзор актуальных научных сведений о применении лекарственных препаратов в терапии новой коронавирусной инфекции COVID-19 // *Медицинские технологии. Оценка и выбор*. 2020. № 1. С. 8–18. doi: 10.31556/2219-0678.2020.39.1.008-018. [Omelyanovsky V.V., Antonov A.A., Bezdenzhnykh T.P., Khachatryan G.R. Systematic review of current scientific data on the use of medicines in the treatment of new coronavirus infection COVID-19. *Medical technology. Evaluation and selection*, 2020, No. 1, pp. 8–18. doi: 10.31556/2219-0678.2020.39.1.008-018 (In Russ.).]
  4. Ware L.B., Matthay M.A. The acute respiratory distress syndrome (англ.) // *The New England Journal of Medicine*. 2000. May. Vol. 342, No. 18. P. 1334–1349. doi: 10.1056/NEJM200005043421806. PMID 10793167.
  5. Moloney E.D., Evans T.W. Pathophysiology and pharmacological treatment of pulmonary hypertension in acute respiratory distress syndrome (англ.) // *Eur. Respir. J.* 2003. April, Vol. 21, No. 4. P. 720–727. PMID 12762363.
  6. Crowe S.M. *Pathogenesis*. 2006. 435 p.
  7. Галкин А.А., Демидова В.С. Центральная роль нейтрофилов в патогенезе синдрома острого повреждения легких (острый респираторный дистресс-синдром) // *Успехи современной биологии*. 2014. Т. 134, № 4. С. 377–394. [Galkin A.A., Demidova V.S. The central role of neutrophils in the pathogenesis of acute lung injury syndrome (acute respiratory distress syndrome). *Advances in modern biology*, 2014, Vol. 134, No. 4, pp. 377–394 (In Russ.).]
  8. Behrens E.M., Koretzky G.A. *Treatment of cytokine storm syndromes*. 2017. 1137 p.
  9. Sinha P., Matthay M.A., Calfee C.S. Is a «Cytokine Storm» Relevant to COVID-19? (англ.) // *JAMA Internal Medicine*. 2020. 1 September. Vol. 180, iss. 9. P. 1152. doi: 10.1001/jamainternmed. 2020.3313. PMID 32602883.
  10. Sungnak W. SARS-CoV-2 entry factors are highly expressed in nasal epithelial cells together with innate immune genes // *Nat. Med.* 2020. Vol. 26. P. 681–687.
  11. Jackson S.P., Darbousset R., Schoenwaelder S.M. Thromboinflammation: challenges of therapeutically targeting coagulation and other host defense mechanisms // *Blood*. 2019. Vol. 133. P. 906–918.
  12. Черняев А.Л., Самсонова М. Этиология, патогенез и патологическая анатомия диффузного альвеолярного повреждения // *Общая реаниматология*. 2000. № 5. С. 13–16. [Chernyaev A.L., Samsonova M. Etiology, pathogenesis and pathological anatomy of diffuse alveolar injury. *General intensive care*, 2000, No. 5, pp. 13–16 (In Russ.).]
  13. Власенко А.В., Евдокимов Е.А., Родионов Е.П. Современные принципы коррекции гипоксии при ОРДС различного генеза. Часть 1 // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020. № 17 (3). С. 61–78. [Vlasenko A.V., Evdokimov E.A., Rodionov E.P. Modern principles of correction of hypoxia in ARDS of various Genesis. Part 1. *Bulletin of anesthesiology and resuscitation*, 2020, No. 17 (3), pp. 61–78 (In Russ.). <https://doi.org/10.21292/2078-5658-2020-17-3-61-78>.
  14. Dandachi D., Rodriguez-Barradas M.C. Viral pneumonia: etiologies and treatment. Abstract // *J. Investig. Med.* 2018 Aug. Vol. 66 (6). P. 957–965. doi: 10.1136/jim-2018–000712.
  15. Dreyfuss D., Saumon G. Ventilator-induced lung injury: lessons from experimental studies (англ.) // *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* (англ.) рус. 1998. January (Vol. 157, No. 1). P. 294–323. PMID 9445314.
  16. Красновский В.Л., Григорьев С.П., Алехин А.И., Потапов В.И. Применение подогретой кислородно-гелиевой смеси в комплексном лечении пациентов с внебольничной пневмонией // *Клиническая медицина*. 2013. № 5. С. 38–41. [Krasnovsky V.L., Grigoriev S.P., Alyokhin A.I., Potapov V.I. Application of a heated oxygen-helium mixture in the complex treatment of patients with community-acquired pneumonia. *Clinical medicine*, 2013, No. 5, pp. 38–41 (In Russ.).]
  17. Хайдаров Г.Г., Хайдаров А.Г., Машек А.Ч. Физическая природа поверхностного натяжения жидкости // *Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Серия 4 (Физика, химия)*. 2011. Вып. 1. С. 3–8. [Khaydarov G.G., Khaydarov A.G., Mashek A.Ch. Physical nature of surface tension of a liquid. *Bulletin of the Saint Petersburg University. Series 4 (Physics, chemistry)*, 2011, Release. 1, pp. 3–8 (In Russ.).]
  18. Хайдаров Г.Г. О связи поверхностного натяжения с теплотой парообразования // *Журнал физической химии*. 1983. № 10. С. 2528–2530. [Khaydarov G.G. On the relationship of surface tension with the heat of vaporization. *Journal of physical chemistry*, 1983, No. 10, pp. 2528–2530 (In Russ.).]
  19. Хайдаров Г.Г., Хайдаров А.Г., Машек А.Ч. Влияние температуры на поверхностное натяжение // *Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Серия 4 (Физика, химия)*. 2012. Вып. 1. С. 24–28. [Khaidarov G.G., Khaidarov A.G., Mašek A.C. The effect of temperature on surface tension. *Bulletin of the Saint Petersburg University. Series 4 (Physics, chemistry)*, 2012, Release 1, pp. 24–28 (In Russ.).]



20. Куницын В.Г., Мокрушников П.В., Панин Л.Е. Механизм микроциркуляции эритроцита в капиллярном русле при физиологическом сдвиге рН // *Бюл. СО РАМН*. 2007. № 5. С. 28–30. [Kunitsyn V.G., Mokrushnikov P.V., Panin L.E. Mechanism of erythrocyte microcirculation in the capillary bed with a physiological pH shift. *Byul. SO RAMS*, 2007, No. 5, pp. 28–30 (In Russ.)].
21. Шахнович П.Г. Периферическое кровообращение в условиях гипоксической и циркуляторной гипоксии // *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2016. № 1 (53). С. 13–16. [Shakhnovich P.G. Peripheral blood circulation in conditions of hypoxic and circulatory hypoxia. *Bulletin of the Russian military medical Academy*, 2016, No. 1 (53), pp. 13–16 (In Russ.)].

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 03.09.2020 г.

**Авторство:**

Вклад в концепцию и план исследования — А.С.Свистов, И.Г.Мосягин. Вклад в сбор данных — А.С.Свистов, И.Г.Мосягин. Вклад в анализ данных и выводы — А.С.Свистов, И.Г.Мосягин. Вклад в подготовку рукописи — А.С.Свистов, И.Г.Мосягин, О.Е.Симакина

**Сведения об авторах:**

*Свистов Александр Сергеевич* — доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач Российской Федерации, старший преподаватель I кафедры усовершенствования врачей Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации; 194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 6; e-mail: pr.svistov@gmail.com;

*Мосягин Игорь Геннадьевич* — доктор медицинских наук, профессор, начальник медицинской службы Главного командования Военно-Морского Флота; 190195, Санкт-Петербург, Адмиралтейский проезд, д. 1; e-mail: mosyagin-igor@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2414-1644;

*Симакина Ольга Евгеньевна* — кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории хронических вирусных инфекций отдела экологической физиологии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Институт экспериментальной медицины», 197376, Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, 12; e-mail: r154ao@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6384-2772.