



DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2021.4.06

УДК 532.135

## COVID-19: ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИЛЕГОЧНОЙ ИНЪЕКЦИИ РАСТВОРА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ГИПОКСИИ И НОРМАЛИЗАЦИИ БИОМЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ ПРИ РЕСПИРАТОРНОЙ ОБСТРУКЦИИ

А.Л. Ураков<sup>1,2</sup>, Н.А. Уракова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ижевская государственная медицинская академия, Российская Федерация, 426034, Ижевск, ул. Коммунаров, 281, e-mail: urakovanatal@male.ru

<sup>2</sup> Институт механики Удмуртского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, Российская Федерация, 426001, Ижевск, ул. Татьяны Барамзиной, 34, e-mail: urakoval@live.ru

**Аннотация.** Тяжелая степень атипичной пневмонии осложняется респираторной обструкцией, причиной которой является отек слизистых оболочек дыхательных путей и закупорка их слизью, гноем и густой мокротой с прожилками крови. Особенно существенное снижение воздушности происходит в периферических участках легких. Вот почему воздух, вводимый через верхние дыхательные пути, не достигает альвеол в первую очередь в периферических участках легких. В этих условиях традиционная вентиляция легких обеспечивает обратно-поступательное движение воздуха только в трахее, крупных и мелких бронхах, поскольку только эти участки дыхательных путей остаются не закупоренными слизью и гноем. Но эти участки дыхательных путей не обеспечивают эффективную оксигенацию крови пациента. В связи с этим общепринятая искусственная вентиляция легких (ИВЛ) не может нормализовать биомеханику дыхания вплоть до устранения респираторной обструкции. Поэтому при угнетении биомеханики дыхания, вызванном респираторной обструкцией, в настоящее время принято оксигенировать кровь внелегочным путем – с помощью экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО). Однако ЭКМО – это очень опасный и малодоступный метод лечения. Поэтому для сохранения жизни пациентов при тяжелой степени гипоксии предлагается срочно восстановить легочную оксигенацию крови за счет оксигенирования легких путем инъекций раствора растворителя гноя в периферические участки легких. При этом внутрилегочная инъекция щелочного пероксидного растворителя гноя обеспечивает немедленное появление газа кислорода в периферических отделах дыхательных путей, поскольку гной и прожилки крови содержат фермент каталазу, которая тут же разлагает перекись водорода на газ кислород и воду. При этом слизь, гной и мокрота с прожилками крови тут же превращаются в кислородную пену, которая легко удаляется через верхние дыхательные пути наружу.

**Ключевые слова:** респираторная обструкция, биомеханика дыхания, внутрилегочная инъекция, растворитель гноя, перекись водорода.

## ВВЕДЕНИЕ

Новая коронавирусная инфекция характеризуется развитием атипичной пневмонии, которая в критической стадии болезни существенно ухудшает биомеханику дыхания и становится причиной гипоксии, так как уменьшает оксигенацию крови. Дело в том, что при атипичной пневмонии периферические участки дыхательных путей закупориваются слизью, гноем и мокротой с прожилками крови [11]. В этих условиях значительная часть воздуха, вводимого в легкие со стороны верхних дыхательных путей, не достигает альвеол. Поэтому кислород, содержащийся в воздухе, не участвует в газообмене в легких, не всасывается в кровь, а удаляется наружу. Содержание кислорода в артериальной крови снижается. Недостаток кислорода в крови первыми начинают ощущать клетки головного мозга. Более того, при гипоксии именно клетки головного мозга первыми могут получить необратимые повреждения и погибнуть, поскольку клетки головного мозга имеют самый интенсивный кислородный обмен в организме. Несмотря на гипоксию, клетки головного мозга сохраняют высокую интенсивность аэробного метаболизма, который в условиях дефицита кислорода грубо нарушается и поэтому становится причиной их гибели.

По существу, смерть пациентов при новой коронавирусной инфекции наступает из-за чрезмерного ухудшения биомеханики дыхания, которое вызывает легочное удушье [4].

## ФАКТОРЫ, УХУДШАЮЩИЕ БИОМЕХАНИКУ ДЫХАНИЯ ПРИ COVID-19

В естественных условиях воздух поступает в легкие через верхние дыхательные пути, достигает альвеол, в которых принимает участие в газовом обмене, после чего воздушная масса движется в обратном направлении и удаляется наружу вновь через верхние дыхательные пути. Движение воздуха в сторону альвеол легких и обратно и поочередное изменение воздушности легких достигается за счет циклических изменений объема легких и давления в них. Эти изменения обеспечиваются последовательными сокращениями и расслаблениями мышц грудной стенки и диафрагмы, которые последовательно меняют в легких положительное и отрицательное давление [11]. В норме при положительном давлении в легочной ткани воздух выталкивается из легких наружу и уменьшает воздушность легочной ткани, а при отрицательном давлении в легочной ткани наружный воздух проникает в легкие и повышает их воздушность. Главным условием последовательной смены направленности потока воздуха в дыхательных путях и воздушности легочной ткани при смене в легочной ткани отрицательного давления на положительное является проходимость дыхательных путей для воздуха.

Неспецифическая пневмония, вызванной COVID-19, нередко осложняется обтурационным бронхитом, который становится причиной респираторной обструкции. В связи с этим в критической стадии болезни легочная ткань теряет воздушность. При этом воздух постепенно исчезает из дыхательных путей и вместо него дыхательные пути заполняются слизью, гноем и мокротой с прожилками крови. Указанные биологические массы в первую очередь закупоривают просвет самых узких участков дыхательных путей, а именно мелких бронхов, бронхиол и альвеол, расположенных в периферических отделах легких [14]. Густая слизь, гной и мокрота с прожилками крови обладают большой вязкостью и липкостью, поэтому перемещение потока воздуха при естественном дыхании, кашле, а также при общепринятой технологии искусственной вентиляции легких (ИВЛ) не обеспечивает эффективное их удаление с потоком воздуха наружу. Мерцание ворсинок эпителия, выстилающего внутреннюю поверхность дыхательных путей, также не обеспечивает эффективное перемещение густых вязких и

липких масс слизи, гноя и мокроты наружу. В связи с этим альвеолы и подлежащие участки дыхательных путей остаются заполненными этими густыми массами и из-за них не могут проветриваться воздухом. Даже чистый газообразный кислород, вводимый в легкие через верхние дыхательные пути, не достигает альвеол, поэтому не всасывается в кровь через легкие, несмотря на максимальные сокращения и расслабление диафрагмы и грудных мышц и/или интенсивную принудительную вентиляцию легких [5, 9, 10, 13]. Так возникают легочное удушье и гипоксия.

Считается, что при таком ухудшении биомеханики дыхания насыщение крови кислородом возможно только за счет внелегочного дыхания, в частности с помощью экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) [8]. Но метод ЭКМО не является способом неотложной медицинской помощи, не устраняет внезапное легочное удушье, не повышает воздушность легочной ткани и не нормализует биомеханику дыхания при атипичной пневмонии, осложненной респираторной обструкцией слизью и гноем. Сегодня нет способа экстренного устранения легочного удушья и способа экстренной легочной оксигенации крови.

### **ВЛИЯНИЕ ОТХАРКИВАЮЩИХ СРЕДСТВ И МУКОЛИТИКОВ НА БИОМЕХАНИКУ ДЫХАНИЯ ПРИ РЕСПИРАТОРНОЙ ОБСТРУКЦИИ**

Простудные заболевания верхних дыхательных путей и воспаление легких известны человечеству давно. Также с давних времен человечеству известно наличие таких симптомов этих заболеваний, как одышка, появление гноя и густой вязкой мокроты в верхних дыхательных путях, кашель. Для облегчения отхаркивания густого гноя, густой слизи и мокроты из верхних дыхательных путей применяются средства, облегчающие их удаление наружу. Сегодня для этого используются отхаркивающие средства и муколитики [6].

Отхаркивающие средства – это лекарства, которые увеличивают секрецию воды в дыхательных путях. Считается, что механизм их действия сводится к водному разжижению мокроты, уменьшению адгезии и поверхностного натяжения этих жидкостей, что облегчает перемещение слизи и гноя по дыхательным путям наружу. Самым древним средством этой группы является горячий водяной пар, который применяется до сих пор в виде ингаляций. В настоящее время отхаркивающие средства выпускаются в основном в таблетках и предназначены для приема внутрь (т.е. для введения в желудок). Современным представителем этой группы лекарств является гуаифенезин (муцинекс). Известные отхаркивающие средства применяются в основном для облегчения отхождения густой и вязкой мокроты при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), которая часто связана с курением сигарет и осложняется обструкцией воздушного потока на выдохе. Отхаркивающие средства не предназначены для экстренного восстановления биомеханики дыхания, поскольку не обеспечивают немедленного увеличения оксигенации крови при легочном удушье [2].

Муколитики – это лекарства, обладающие способностью уменьшать вязкость слизи за счет биохимического расщепления дисульфидных связей мукопротеинов. В настоящее время представителями этой фармакологической группы средств являются ацетилцистеин (*mucomyst*) и дорназа альфа (*pulmozyme*). Муколитики вводятся в основном внутрь, реже – в легкие в виде ингаляций с помощью небулайзеров. Применяются эти лекарства в основном для облегчения естественного отхаркивания густой и вязкой мокроты при ХОБЛ. Муколитики не предназначены для экстренного восстановления биомеханики дыхания, поскольку они не обеспечивают немедленную нормализацию содержания кислорода в крови при легочном удушье [7].

Таким образом, современные отхаркивающие средства и муколитики не относятся к средствам неотложной медицинской помощи. Эти лекарства не

применяются для сохранения жизни реанимационных пациентов при тяжелой степени гипоксии, вызванной респираторной обструкцией, включая атипичную пневмонию, вызванную новой коронавирусной инфекцией. Дело в том, что после орального введения этих лекарств в организм пациента лекарства появляются в крови только через 30 минут после попадания их в желудок. При этом возможно развитие таких побочных эффектов, как тошнота и рвота. Иными словами, известные отхаркивающие средства и муколитики не обеспечивают немедленную нормализацию содержания кислорода в крови при тяжелой степени гипоксии. Эти лекарства применяются в основном для облегчения отхождения густой и вязкой мокроты при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), которая часто связана с курением сигарет и осложняется обструкцией воздушного потока на выдохе [3].

### **ВЛИЯНИЕ АЭРОЗОЛЯ ЩЕЛОЧНОГО РАСТВОРА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА ДЛЯ ИНГАЛЯЦИЙ НА БИОМЕХАНИКУ ДЫХАНИЯ ПРИ РЕСПИРАТОРНОЙ ОБСТРУКЦИИ**

Нет сомнений в том, что респираторная обструкция, возникающая в критической стадии атипичной пневмонии, вызванной *COVID-19*, нарушает биомеханику дыхания, угнетает внутрилегочную оксигенацию крови и ведет к гипоксии. Механической причиной обструкции дыхания и угнетения всасывания кислорода в кровь является закупорка дыхательных путей густой слизью и гноем. Причем в критической стадии двухсторонней атипичной пневмонии в некоторых случаях указанная респираторная обструкция может приобретать тотальный характер. Такая закупорка дыхательных путей слизью и гноем способна прекратить доставку кислорода практически ко всем альвеолам, снизить уровень кислорода в крови до чрезмерно низких значений и вызвать гипоксию тяжелой степени. В подобной ситуации для сохранения жизни пациента требуется экстренная медицинская помощь, направленная на немедленное увеличение содержания кислорода в крови. С этой целью во всем мире используют газ кислород, который вводят в систему дыхания с помощью дыхательных масок, интубационных трубок и дыхательных аппаратов. Однако кислород, вводимый в легкие со стороны верхних дыхательных путей, не в состоянии пройти по ним до конца – вплоть до альвеол, поскольку путь им перекрывают гнойные массы, закупорившие бронхи. Поэтому традиционная технология введения кислорода и общепринятая технология вентиляции легких при респираторной обструкции, вызванной закупоркой бронхов слизью и гноем, не всегда восстанавливает биомеханику дыхания, внутрилегочную оксигенацию крови и имеет низкую эффективность реанимации при тяжелой степени гипоксии при *COVID-19* [12].

В последние годы для реканализации закупоренных гноем и слизью дыхательных путей при тяжелой степени гипоксии был разработан аэрозоль растворителя гноя, который был рекомендован для ингаляций через верхние дыхательные пути [11]. Растворители гноя – это новая группа антисептических средств, обладающая способностью разрыхлять густые гнойные массы и сгустки крови. Эти лекарственные средства были открыты в России. Разработанные растворители гноя – это теплые щелочные растворы перекиси водорода, которые при локальном взаимодействии с гнойными массами разрушают и разжижают их в процессе холодного кипения, вызванного, с одной стороны, каталазным расщеплением перекиси водорода до воды и газа кислорода, а с другой стороны, щелочным омылением белково-липидных комплексов. Эти препараты представляют собой растворы 0,5–3 % перекиси водорода и 2–4 % бикарбоната натрия при температуре + 42 °С [1].

Обнаружено, что ингаляционное введение разработанного аэрозоля растворителя гноя почти полностью разжижает и разрыхляет густую слизь, гной и мокроту с прожилками крови в бронхах за счет каталазного расщепления перекиси

водорода. При этом густые биологические массы разжижаются водой и разрушаются холодными «взрывами» пузырьков газа кислорода, образующихся из перекиси водорода при ее расщеплении ферментом каталазой. Дело в том, что гнойные массы, кровь, мокрота с прожилками крови и отдельные эритроциты содержат большое количество фермента каталазы [1].

В связи с этим предполагалось, что при неспецифической пневмонии, осложненной обструктивным гнойным бронхитом, биомеханика дыхания может быть срочно нормализована в амбулаторных условиях с помощью однократной ингаляции теплого аэрозоля растворителя гноя. Было показано, что приступ удушья, вызванный обструктивным бронхитом, может быть устранен ингаляционным введением указанного аэрозоля практически немедленно, а положительное терапевтическое действие может быть сохранено повторными введениями лекарства. Для этого был рекомендован аэрозоль, приготовленный из раствора 0,5 % перекиси водорода и 1,2 % бикарбоната натрия при рН 8,5, осмотической активности 290 мосмоль/л воды и местной температуре +55 °С. Ингаляции такого аэрозоля рекомендовано применять как однократно для устранения приступа удушья, так и многократно (ежедневно по 3 раза в день) для профилактики приступов удушья. Продолжительность таких ингаляций должна быть не более 5 минут каждая. Отмечено, что разработанный аэрозоль растворителя гноя облегчает отхаркивание, дыхание, расширяет просвет бронхов и увеличивает содержание кислорода в дыхательных путях без приступов бронхоспазма. Эффективность лекарственного средства была подтверждена положительной бронхолитической пробой бронхов с ингаляцией вентолина [11].

Несмотря на указанные преимущества, аэрозоль растворителя гноя имеет недостаток, который снижает его скорость и эффективность при тяжелой степени гипоксии, особенно при субтотальной и тотальной закупорке дыхательных путей гноем и слизью. Дело в том, что аэрозоль – это газообразная лекарственная форма, которая не обеспечивает моментальное введение в легкие раствора растворителя гноя в объеме около 1 миллилитра и более. В то же время, при двухсторонней субтотальной и тотальной обтурации дыхательных путей гноем и слизью срочная эффективная реканализация дыхательных путей может быть достигнута введением такого раствора в объеме около 1 мл. Кроме этого, ингаляционное введение раствора растворителя гноя в легкие со стороны верхних дыхательных путей не обеспечивает немедленное взаимодействие лекарственного средства с периферическими участками дыхательных путей и альвеолами, их оксигенирование и реканализацию всей длины дыхательных путей при однократном введении. Дело в том, что при «верхнем» введении аэрозоля он вспенивает гной, слизь и мокроту с прожилками крови не в периферических участках бронхиол и альвеол, а в самом начале дыхательных путей. Причем аэрозоль проникает только в вентилируемые, т.е. незакупоренные участки дыхательных путей, и не проникает с вдыхаемым воздухом в полностью закупоренные их участки, поэтому не обеспечивает их немедленную реканализацию.

Помимо этого, при верхнем введении аэрозоля он вспенивает слизь, мокроту и гной, расположенные в трахее, крупных и средних бронхах, из которых пена выталкивает саму себя в сторону полости рта и носа, но не в сторону альвеол, так как периферические участки дыхательных путей труднопроходимы и первыми закупориваются слизью и гноем. Последнее явление характерно для атипичной пневмонии и проявляется на рентгеновских снимках потерей воздушности легких в области периферических участков.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИЛЕГочНОЙ ИНЪЕКЦИИ РАСТВОРА ПЕРЕКИСИ ВОДОРОДА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ГИПОКСИИ И НОРМАЛИЗАЦИИ БИОМЕХАНИКИ ДЫХАНИЯ ПРИ ТОТАЛЬНОЙ РЕСПИРАТОРНОЙ ОБСТРУКЦИИ

Перед началом исследований мы предположили, что срочное растворение в периферических участках дыхательных путях слизи и гноя с превращением их в кислородную пену может быть достигнуто с помощью внутрилегочной инъекции щелочного раствора перекиси водорода (растворителя густого гноя). При этом мы исходили из того, что внутрилегочная инъекция 0,5–1 мл раствора перекиси водорода способна обеспечить немедленную внутрилегочную оксигенацию крови независимо от возможности пассивных и активных дыхательных движений грудной клетки и диафрагмы за счет немедленного вспенивания гноя и слизи в периферических отделах дыхательных путей и увеличения до максимальных значений содержания газа кислорода в них. Кроме этого, предполагалось, что внутрилегочная инъекция обеспечит выталкивание пены через верхние дыхательные пути наружу, осуществляя их реканализацию по всей длине, что будет способствовать нормализации биомеханики дыхания. При этом в научной и патентной литературе отсутствовали сведения о предложении внутрилегочной инъекции щелочного раствора перекиси водорода пациентам, страдающим респираторной обструкцией и гипоксией при тяжелой степени атипичной пневмонии, вызванной COVID-19.

Первоначально нами были проведены исследования в лабораторных условиях *in vitro* с изолированными легкими 2 здоровых беспородных кроликов. В трахею изолированных легких вводилось по 30 мл искусственной мокроты при температуре +37 °С, содержащей гемолизованную кровь кролика (гемолизованная кровь использовалась с целью обогащения каталазой и придания окраски мокроте). Для этого была разработана «Искусственная мокрота для моделирования респираторной обструкции при COVID-19» (Заявка № 2021102033 от 28.01.2021).

Затем под визуальным контролем состояния трахеи осуществлялась внутрилегочная инъекция 1 мл раствора растворителя гноя при температуре +42 °С. В качестве растворителя гноя был применен раствор 3 % перекиси водорода и 1,8 % гидрокарбоната натрия. При этом были получены следующие результаты. Через 1 секунду после внутрилегочной инъекции 1 мл растворителя гноя регистрировалось появление пены белого цвета в трахее. Через 1,5 секунды пена заполняла собой всю трахею и начинала извергаться из нее наружу. При этом слышалось шипение и наблюдалось разбрызгивание пены. Одновременно с этим отмечалось изменение цвета ткани легкого с алого на светло-алый цвет и изменение цвета видимой на глаз поверхностной крови с вишневого цвета на ярко красный цвет.

Следовательно, при тотальной обструкции изолированных легких искусственной мокротой внутрилегочная инъекция 1 мл щелочного раствора перекиси водорода обеспечивает немедленную оксигенацию легких за счет моментального (на конце иглы) вспенивания мокроты с выталкиванием пены через трахею наружу.

Затем было проведено экспериментальное исследование динамики внутрилегочной оксигенации крови у живого беспородного кролика массой 1,7 кг после введения в его трахею 20 мл искусственной мокроты, а затем – после внутрилегочной инъекции 1 мл раствора растворителя гноя. Для исследования динамики оксигенации крови был использован пульсоксиметр марки *Pulse oximeter MD3002C23 “Little Doctor”*, который был установлен на правое ухо кролика за 10 минут до начала введения в трахею искусственной мокроты. Искусственная мокрота была введена эндотрахеально посредством предварительной трахеостомии. Трахеостомия была осуществлена в условиях локальной инфльтрационной анестезии раствором 0,25 % новокаина. Перед введением искусственной мокроты в трахею через

интубационную трубку был введен ингаляционно аэрозоль, полученный из раствора 1% лидокаина гидрохлорида с помощью бытового пульверизатора. При этом были получены следующие показатели оксигенации крови. Сразу после введения в трахею кролика 20 мл искусственной мокроты с гемолизированной кровью значения оксигенация крови прогрессивно уменьшались и через 3 мин достигли 40 %. В этот момент была произведена внутрилегочная инъекция 1 мл раствора растворителя гноя в правую половину грудной клетки кролика. Для этого сделали инъекцию в ткань легкого между 7 и 8 ребрами справа в области проекции линии, расположенной посередине расстояния между позвоночником и задней подмышечной линией. С помощью внутрилегочной инъекции ввели в ткань легкого 1 мл раствора 3 % перекиси водорода и 1,8 % гидрокарбоната натрия при температуре +37 °С под контролем состояния трахеи и интубационной трубки, установленной в трахею. Через 1, 3 и 8 секунд показатель оксигенации крови составил (соответственно) 46, 50 и 79 %. В этот момент у кролика появилось самостоятельное дыхание. Через 30 мин кролика умертвили путем внутрисердечного введения 2 мл раствора 2 % лидокаина гидрохлорида. Кролик умер мгновенно. Тут же после этого вскрыли его грудную клетку и исследовали легкое и содержимое полостей сердца и крупных магистральных кровеносных сосудов. Ткань правого легкого имела светло-розовый цвет, была воздушной и осталась на поверхности раствора 0,9 % натрия хлорида, ткань левого легкого имела частично розовый цвет (в области нижних сегментов), частично – вишневого цвета (в области верхних сегментов), была полувоздушной и наполовину тонула в растворе 0,9 % натрия хлорида. Полости сердца и магистральных сосудов были заполнены кровью и кровяными сгустками темно- вишневого цвета. В них отсутствовал газ. Не было газа и газовых пузырей в них, а также не было следов газа в плевральных полостях.

Таким образом, внутрилегочная инъекция 1 мл щелочного раствора перекиси водорода при тотальной закупорке легких искусственной мокротой с гемолизированной кровью обеспечивает немедленное (на конце иглы) кислородное вспенивание мокроты в легких, устранение тяжелой степени гипоксии за счет внутрилегочной оксигенации крови и восстановления биомеханики дыхания. Разработанный способ получил название «Способ оксигенации легких при COVID-19» (Заявка № 2021102618 от 04.02.2021). Сущность способа заключается в однократной внутрилегочной инъекции 1 мл раствора 3 % перекиси водорода и 1,8 % натрия гидрокарбоната при температуре +37...+44 °С.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ураков А.Л. Растворители гноя как новые лекарственные средства с уникальными физико-химическими свойствами // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2019. – Т. 17, № 4. – С. 89–95.
2. Adams M.P., Urban C. Pharmacology: connection to nursing. – London: Pearson Education, 2015. – 1532 p.
3. Balsamo R., Lanata L., Egan C.G. Mucoactive drugs // European Respiratory Review. – 2010. – Vol. 19. – P. 127–133. DOI: 10.1183/09059180.00003510
4. Channappanavar R., Perlman S. Pathogenic human coronavirus infections: causes and consequences of cytokine storm and immunopathology // Semin. Immunopathol. – 2017. – Vol. 39, no. 5. – P. 529–539. DOI: 10.1007/s00281-017-0629-x
5. Crotti S., Lissoni A., Tubiolo D., Azzari S., Tarsia P., Caspani L., Gattinoni L. Artificial lung as an alternative to mechanical ventilation in COPD exacerbation // European Respiratory Journal. – 2012. – Vol. 39. – P. 212–215. DOI: 10.1183/09031936.00021111
6. Karch A.M. Focus on nursing pharmacology. – Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2011. – 1072 p.
7. Katzung B.G. Basic and clinical pharmacology. – Columbus: McGraw-Hill Education, 2017. – 1264 p.

8. Nitzan M., Taitelbaum H. The measurement of oxygen saturation in arterial and venous blood // IEEE Instrumentation and Measurement Magazine. – 2008. – Vol. 11, no. 3. – P. 9–15. DOI: 10.1109/MIM.2008.4534373
9. Parrilla F.J., Morán I., Roche-Campo F. et al. Ventilatory strategies in obstructive lung disease. Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine. 2014, vol. 35, no. 4, pp. 431–440. DOI:10.1055/s-0034-1382155.
10. Sputum, available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Sputum> (accessed: 25 May 2021).
11. Urakov A.L., Urakova N.A. COVID-19: optimization of respiratory biomechanics by aerosol pus solvent // Russian Journal of Biomechanics. – 2021. – Vol. 25, no. 1. – P. 86–90. DOI: 10.15593/RJBiomech/2021.1.07
12. Wunsch H. Mechanical ventilation in COVID-19: interpreting the current epidemiology // American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. – 2020. – Vol. 202, no. 1. – P. 1–4.
13. Young J.D., Sykes M.K. Artificial ventilation: history, equipment and techniques // Thorax. – 1990. – Vol. 45. – P. 753–758.
14. Zhou Yu., Guo S., He Y., Zuo Q. Liu D., Xiao M., Fan J., Li X. COVID-19 Is distinct from SARS-CoV-2-Negative community-acquired pneumonia // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. – 2020. – Vol. 10. – Article 322. – P. 1–9. DOI:10.3389/fcimb.2020.00322

## COVID-19: APPLICATION OF INTRA-PULMONARY INJECTION OF HYDROGEN PEROXIDE SOLUTION ELIMINATES HYPOXIA AND NORMALIZES RESPIRATORY BIOMECHANICS IN RESPIRATORY OBSTRUCTION

A.L. Urakov, N.A. Urakova (Izhevsk, Russian Federation)

Severe non-specific pneumonia is complicated by airway obstruction, which is caused by swelling of the mucous membranes of the airways and blockage of their mucus, pus and thick sputum with streaks of blood. A particularly significant decrease in airiness occurs in the peripheral regions of the lungs. This is why the air introduced through the upper respiratory tract does not reach the alveoli, primarily in the peripheral areas of the lungs. Under these conditions, traditional ventilation of the lungs provides a back-and-forth movement of air only in the trachea, large and small bronchi, since only these areas of the respiratory tract remain unclogged by mucus and pus. But these areas of the respiratory tract do not provide effective oxygenation of the patient's blood. Therefore, conventional artificial lung ventilation (ventilator) cannot normalize the biomechanics of respiration until the elimination of respiratory obstruction. Therefore, in the case of respiratory biomechanics depression caused by respiratory obstruction, it is currently customary to oxygenate blood by extrapulmonary route - using extracorporeal membrane oxygenation (ECMO). However, ECMO is a very dangerous and poorly available method of treatment. Therefore, to save the lives of patients with severe hypoxia, it is proposed to urgently restore pulmonary blood oxygenation by oxygenating the lungs by injecting a solution of pus solvent into the peripheral areas of the lungs. At the same time, intra-pulmonary injection of an alkaline peroxide solvent of pus provides an immediate appearance of oxygen gas in the peripheral respiratory tract, since pus and blood veins contain the enzyme catalase, which immediately decomposes hydrogen peroxide into oxygen gas and water. In this case, mucus, pus and sputum with streaks of blood immediately turn into oxygen foam, which is easily removed through the upper respiratory tract to the outside.

**Key words:** respiratory obstruction, respiratory biomechanics, intra-pulmonary injection, pus solvent, hydrogen peroxide.

*Получено 10 сентября 2021*