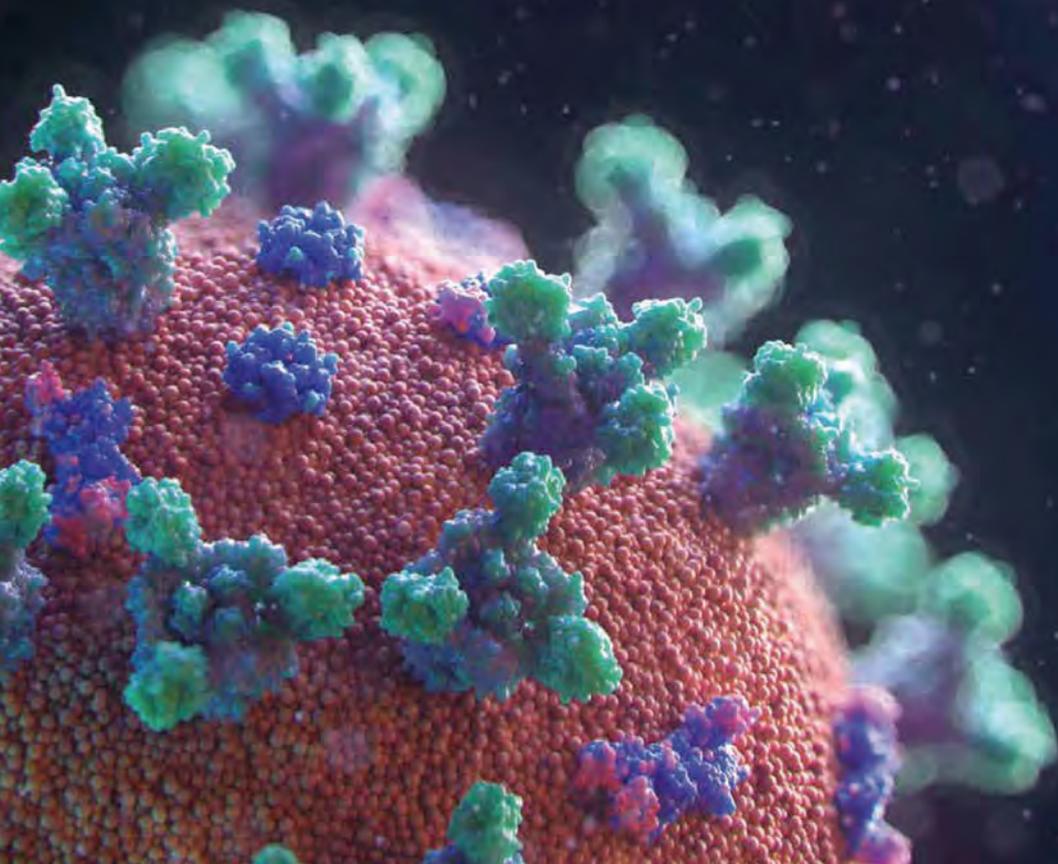


ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕ КОВИД

Физическая реабилитация больных пневмонией,
ассоциированной с коронавирусной инфекцией
(COVID-19)

2020





МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
(МИНО МГУПП)
www.mgupp.ru



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ФИЗИЧЕСКОЙ
КУЛЬТУРЫ, СПОРТА, МОЛОДЕЖИ
И ТУРИЗМА
www.sportedu.ru



ЧУЗ «КЛИНИЧЕСКАЯ БОЛЬНИЦА
«РЖД-МЕДИЦИНА» ИМ. Н.А. СЕМАШКО»
www.semashko.com



ГБУЗ МО «МОСКОВСКИЙ ОБЛАСТНОЙ
ГОСПИТАЛЬ ДЛЯ ВЕТЕРАНОВ ВОЙН»
www.mogvv.ru



3-й ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ВОЕННЫЙ
КЛИНИЧЕСКИЙ ГОСПИТАЛЬ
ИМ. А.А. ВИШНЕВСКОГО МО РФ
ФИЛИАЛ № 2
www.2filial.ru



ОТКРЫТАЯ КЛИНИКА
КУРКИНО
www.ok-kurkino.ru



СОЮЗ
РЕАБИЛИТОЛОГОВ
РОССИИ
www.rehabrus.ru



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет пищевых производств»

МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ
БОЛЬНЫХ ПНЕВМОНИЕЙ, АССОЦИИРОВАННОЙ
С КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИЕЙ (COVID-19)**

Учебное пособие

УДК 615.825: 578.834.1

ББК 52.63: 55.142: 53.54я73

Ф50

Стариков С.М., Юдин В.Е., Калашников С.В., Мохов П.А., Ткаченко С.А., Косухин Е.С.

Ф50 Физическая реабилитация больных пневмонией, ассоциированной с коронавирусной инфекцией (COVID-19) : учебное пособие / С.М. Стариков, В.Е. Юдин, С.В. Калашников, П.А. Мохов, С.А. Ткаченко, Е.С. Косухин. – М. : МГУПП, 2020. – М. : Издательство «Перо», 2020. – 75 с.

ISBN 978-5-00171-195-7

Авторы:

Стариков Сергей Михайлович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации и физических методов лечения с курсами остеопатии и паллиативной медицины Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «МГУПП», научный руководитель ЛРЦ «Открытая клиника Куркино»;

Юдин Владимир Егорович – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации и физических методов лечения с курсами остеопатии и паллиативной медицины Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «МГУПП»;

Калашников Сергей Владимирович – заведующий отделением восстановительного лечения (больных пневмонией COVID-19) Клинической больницы «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко;

Мохов Павел Александрович – врач-специалист инфекционного отделения COVID-центра ГБУЗ МО «Московский областной госпиталь для ветеранов войн»;

Ткаченко Светлана Анатольевна – кандидат педагогических наук, заведующий кафедрой физической реабилитации, массажа и оздоровительной физической культуры им. С.М. Саркизова-Серазини ФГБОУ ВО «Российский государственный университет физической культуры, спорта, молодежи и туризма»;

Косухин Евгений Серафимович – кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации и физических методов лечения с курсами остеопатии и паллиативной медицины Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «МГУПП».

Рецензенты:

Лядов Константин Викторович – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Первого московского государственного медицинского университета им. И.М. Сеченова, главный врач «Клиники Лядова»;

Овчинников Юрий Викторович – полковник медицинской службы, начальник кафедры терапии неотложных состояний Филиала ВМедА им. С.М. Кирова МО РФ, доктор медицинских наук.

В учебном пособии представлены теоретические и практические основы использования методов физической реабилитации у больных с пневмониями, ассоциированными с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19) для руководства в повседневной деятельности врачей.

Утверждено на заседании Ученого совета Медицинского института непрерывного образования ФГБОУ ВО «МГУПП», протокол № 5 от 18 февраля 2020 г.

Рекомендовано Учебно-методическим советом ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств» в качестве учебного пособия для обучающихся по направлениям: 31.08.49 «Терапия», профиль «Терапия» уровня ординатуры, и для обучающихся по программам ДПО по профилю специальности «Терапия»; 31.08.50 «Физиотерапия», профиль «Физиотерапия» уровня ординатуры, и для обучающихся по программам ДПО по профилю специальности «Физиотерапия»; 31.08.39 «Лечебная физкультура и спортивная медицина», профиль «Лечебная физкультура и спортивная медицина» уровня ординатуры, и для обучающихся по программам ДПО по профилю специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина».

УДК 615.825: 578.834.1

ББК 52.63: 55.142: 53.54я73

ISBN 978-5-00171-195-7

© ООО "Витал Райз", 2020

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ФИЗИОЛОГИИ ДЫХАНИЯ	6
1.1. Биомеханика дыхания	9
1.1.1. Объемные характеристики дыхания	10
1.1.2. Нейрорегуляция дыхания	12
1.1.3. Динамические характеристики дыхания	13
1.2. Оценка функций внешнего дыхания	17
1.3. Патопфизиология нарушений дыхания	19
2. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПНЕВМОНИЙ COVID-19	21
2.1. Клинические проявления коронавирусной инфекции	22
2.2. Объем основных клинических исследований	23
2.2.1. Физикальные исследования	23
2.2.2. Лабораторная диагностика	23
2.2.3. Функциональная диагностика	24
2.2.4. Лучевая диагностика	24
2.2.5. Пульсоксиметрия и кислородная емкость крови	25
2.2.6. КТ-признаки пневмонии и прогнозирование физической реабилитации	28
2.3. Организация лечебно-профилактических мероприятий	30
2.3.1. Основные лечебные мероприятия	30
2.3.2. Использование кислородной поддержки	30
2.3.3. Профилактика коронавирусной инфекции	32
2.3.4. Оценка эффективности лечебно-профилактических мероприятий	33
2.3.5. Опасность смерти во сне	33
3. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ПНЕВМОНИЯМИ	35
3.1. Физическая реабилитация	36
3.1.1. Дыхательные упражнения	37
3.1.2. Использование дыхательных тренажеров	44
3.1.3. Постуральный дренаж	45
3.1.4. Кардиореспираторные тренировки	47
3.2. Физиотерапия	48
3.2.1. Электротерапия	52
3.2.2. Ингаляционная терапия	53
3.2.3. УВЧ-терапия	56
3.2.4. Фотонотерапия	56
3.2.5. Магнитотерапия	57
3.2.6. Воздействие других лечебных физических факторов	58
3.3. Возможности использования СИПАП-терапии	59
3.4. Санаторно-курортное лечение	60
3.4.1. Климатотерапия	60
3.4.2. Водолечение	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
Список литературы	64
Приложения	66

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения
ДА – дыхательный аппарат
ДГ – дыхательная гимнастика
ДН – дыхательная недостаточность
ДО – дыхательный объем
ЖЕЛ – жизненная емкость легких
ИВЛ – искусственная вентиляция легких
ИК – инфракрасный
ИМТ – индекс массы тела
КО – кислородное оборудование
КТ – компьютерная томография
ЛФК – лечебная физическая культура
МКБ-10 – Международная классификация болезней 10-го пересмотра
МОД – минутный объем дыхания
МП – мертвое пространство
ОГК – органы грудной клетки
ОЕЛ – общая емкость легких
ООЛ – остаточный объем легких
ОРДС – острый респираторный дистресс-синдром
ПО₂ – потребление кислорода
ПЦР – полимеразная цепная реакция
РГ – рентгенография
Ровд – резервный объем вдоха
Ровыд – резервный объем выдоха
СИЗ – средства индивидуальной защиты
СИПАП – транслит от английского CPAP (Continuous Positive Airway Pressure, постоянное положительное давление в дыхательных путях)
УЗИ – ультразвуковое исследование
ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких
ФОЕ – функциональная остаточная емкость
ФРМ – физическая реабилитационная медицина
ЧД – частота дыхания
ЭКГ – электрокардиограмма
ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация
ЭМС – электромиостимуляция
COVID-19 – от англ. Corona Virus Disease 2019, коронавирусная инфекция 2019 года
FiO₂ – концентрация кислорода во вдыхаемой смеси
FVC – форсированная жизненная емкость легких
HbO₂, SO₂ – оксигемоглобин, насыщение гемоглобина кислородом
MERS – от англ. Middle East respiratory syndrome, ближневосточный респираторный синдром
P – давление газа, парциальное давление газа
pH – активная реакция крови
RV – остаточный объем легких
SARS – от англ. Severe acute respiratory syndrome, тяжелый острый респираторный синдром
SB – стандартные бикарбонаты
SpO₂ – сатурация кислорода
ТС – общая емкость легких
TV (Vt) – дыхательный объем
V – объем газа
VC – жизненная емкость легких

ВВЕДЕНИЕ

Пневмонии, ассоциированные с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), стали одним из крупнейших вызовов мировой системе здравоохранения начала XXI века. Новый коронавирус 2019-nCoV представляет собой одноцепочечный РНК-содержащий вирус, относится к семейству Coronaviridae линии Beta-CoV B. Массовое распространение инфекции привело к пандемии, охватившей все страны мира, и существенному увеличению нагрузки на медицинский персонал и лечебные учреждения. Атипичное течение таких пневмоний и отсутствие эффективной этиотропной терапии новой коронавирусной инфекции, особенно в тяжелых случаях заболевания, вызвало потребность в широком использовании кислородного оборудования (КО) и дыхательных аппаратов (ДА), вплоть до применения искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и методов экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО).

Однако характер эпидемического распространения и неоднородная клиническая картина заболевания, включающая: в большинстве случаев (50–80 %) – легкие и даже бессимптомные формы течения; часто (20–35 %) – проявления средней тяжести в виде пневмоний без дыхательной недостаточности (ДН); реже (10–15 %) – с различной степенью выраженности ДН; иногда (0,5–5 %) – усугубляющиеся развитием острого респираторного дистресс-синдрома (ОРДС), свидетельствуют о существенной роли в развитии данной патологии уровня функционального состояния респираторной системы. Поэтому своевременное использование неспецифических методов активации дыхательных функций с помощью методов физического воздействия позволяет предупредить развитие таких осложнений и существенно снизить вероятность применения реанимационных мероприятий, в том числе ИВЛ.

Недооценка же возможностей использования проверенных клиническим опытом методов физической реабилитационной медицины (ФРМ) приводит к неполной оценке функционального состояния дыхательной системы у данной категории пациентов и, как следствие, неоправданно отсроченному использованию эффективных методик ЛФК и физиотерапии в лечении многочисленных пациентов.

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ФИЗИОЛОГИИ ДЫХАНИЯ

Дыхание – одна из важнейших функций регулирования жизнедеятельности человеческого организма, которая представляет собой совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода (O_2), выделение углекислого газа (CO_2) и паров воды (H_2O), образующихся в результате метаболизма. Условно эти процессы принято разделять на:

- внешнее дыхание;
- газообмен в легких;
- транспорт газов кровью;
- тканевое дыхание.

Функция **внешнего дыхания** обеспечивается согласованной работой дыхательной (респираторной) системы, которая включает легкие и малый круг кровообращения, грудную клетку с дыхательной мускулатурой и систему регуляции дыхания. Для осуществления эффективного внешнего дыхания необходимо сочетание трех процессов: 1) легочной вентиляции; 2) диффузии кислорода и углекислого газа через альвеолярно-капиллярную мембрану; 3) легочной перфузии – кровотока по легочным капиллярам и оптимального соотношения вентиляции и перфузии в каждой зоне легкого (рис. 1).

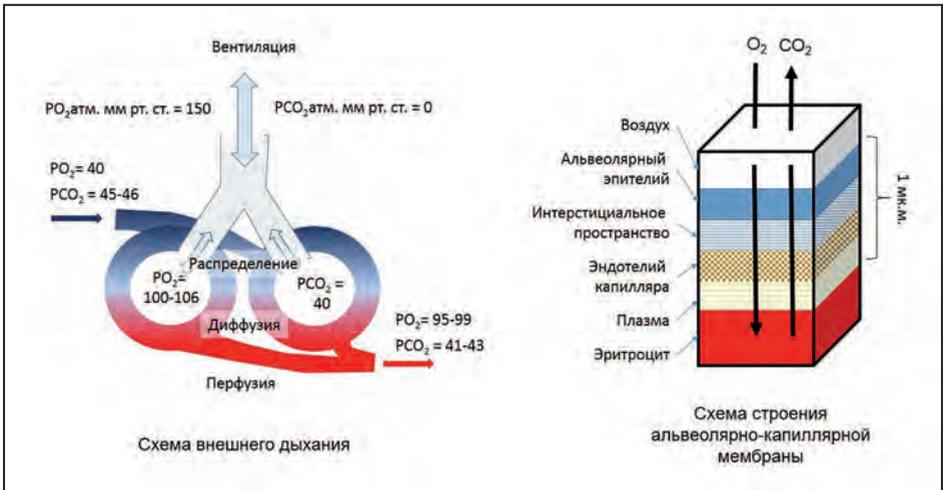


Рисунок 1 – Схема организации внешнего дыхания

Дыхательная недостаточность, развивающаяся при пневмонии, может быть связана с вентиляционной недостаточностью, изменениями диффузии и нарушением вентиляционно-перфузионных соотношений. На практике под термином дыхательная недостаточность (ДН) подразумевается недостаточность функции внешнего (легочного) дыхания. Однако нельзя исключать, что при пневмониях, вызванных новой коронавирусной инфекцией (COVID-19), особенно сопровождающихся острым респираторным дистресс-синдромом (ОРДС), ДН может быть связана с изменением перфузии в альвеолярных капиллярах, нарушением газообмена или снижением насыщения гемоглобина кислородом (HbO_2).

Переход кислорода из альвеолярного воздуха в кровь легочных капилляров, а двуокиси углерода в обратном направлении происходит путем диффузии. Вопрос об активном

участии в этом процессе клеток альвеолярного эпителия остается открытым. Диффузия – физический процесс транспорта газа из области с большей его концентрацией в область с меньшей концентрацией. Парциальное давление кислорода в альвеолах (100–102 мм рт. ст.) значительно выше, чем его напряжение в венозной крови, поступающей в капилляры легких (40 мм рт. ст.). Градиент парциального давления для углекислого газа направлен в обратную сторону (46 мм рт. ст. в начале легочных капилляров и 40 мм рт. ст. в альвеолах). Эти градиенты давлений являются движущей силой диффузии газов в легких.

Количественная сторона процесса описывается первым законом диффузии Фика*, согласно которому скорость диффузионного потока через слой ткани прямо пропорциональна площади этого слоя, разности парциального давления (P) по обе его стороны и обратно пропорциональна толщине слоя. Скорость диффузии зависит также от специфических свойств газов и тканей, через которые он проникает (плотность и вязкость среды, температура, молекулярная масса диффундирующих веществ, их растворимость и т. п.). Строение альвеолярно-капиллярной мембраны изображено на рис. 1.

Время пребывания крови в легочных капиллярах составляет около 0,75–1 с., и, если за это время парциальное давление O_2 в капиллярах и альвеолах не достигает равновесия, кровь покидает капилляры с низким содержанием кислорода. У здоровых людей в покое диффузия кислорода осуществляется всего за 0,3 с., поэтому диффузионная способность легких должна снизиться не менее чем в два раза по сравнению с нормой, чтобы возникла гипоксемия. В связи с более высокой растворимостью углекислого газа в биологических жидкостях, он диффундирует через ткани примерно в 20 раз быстрее, чем кислород, и затруднений для его диффузии через альвеолярно-капиллярную мембрану, как правило, не возникает.

С учетом изученности газового состава альвеолярного воздуха принято выделять следующие нормальные и патологические типы вентиляции легких:

Нормовентиляция – нормальная вентиляция, при которой парциальное давление CO_2 в альвеолах ($PaCO_2$) поддерживается на уровне около 40 мм рт. ст.

Гипервентиляция – усиленная вентиляция, превышающая метаболические потребности организма ($PaCO_2 < 40$ мм рт. ст.).

Гиповентиляция – сниженная вентиляция по сравнению с метаболическими потребностями организма ($PaCO_2 > 40$ мм рт. ст.).

Повышенная вентиляция – любое увеличение альвеолярной вентиляции по сравнению с уровнем покоя независимо от парциального давления газов в альвеолах (например, при физической работе).

Эупноэ – нормальная вентиляция в покое, сопровождающаяся субъективным чувством комфорта.

Гиперпноэ – увеличение глубины дыхания независимо от того, увеличена ли при этом частота дыхания.

Тахипноэ – увеличение частоты дыхания.

Брадипноэ – уменьшение частоты дыхания.

Апноэ – остановка дыхания, обусловленная, главным образом, отсутствием физиологической стимуляции дыхательного центра.

Диспноэ (одышка) – неприятное субъективное ощущение недостаточности дыхания или затрудненного дыхания.

Ортопноэ – выраженная одышка, связанная с застоем крови в легочных капиллярах в результате недостаточности левого сердца; больному трудно находиться в горизонтальном положении.

* В 1855 г. закон сформулирован А. Фиком, он лежит в основе уравнения диффузии (см. приложение № 2).

Асфиксия – остро протекающее удушье, обусловленное нарушением газообмена между организмом и внешней средой с повышением парциального давления углекислого газа и снижением парциального давления кислорода в альвеолярном воздухе; возникает при закрытии просвета дыхательных путей или первичном угнетении дыхательного центра.

В условиях выраженной патологии расстройства вентиляции могут объясняться нарушением ритма и частоты дыхания:

- редкое, глубокое, шумное («большое» дыхание *Куссмауля**) при диабетической, азотемической и печеночной комах;
- дыхание *Чейна – Стокса, Биота*** – при мозговых поражениях, повышении внутричерепного давления, отравлениях, интоксикациях, при общем тяжелом соматическом состоянии больного.

При заболеваниях легких, сопровождающихся нарушениями проницаемости альвеолярного барьера, диффузионная способность не увеличивается в должной степени или снижается, и возникает **гипоксемия**. Поэтому больным с диффузионными нарушениями свойственно значительное нарастание гипоксемии как при физической нагрузке, так и в покое.

Поверхность альвеолярно-капиллярной мембраны у человека составляет примерно 70–100 м², то есть в 50 раз больше всей поверхности тела, но при заболеваниях, сопровождающихся уменьшением количества и изменениями легочной паренхимы (пневмосклероз, фиброз легких, эмфизема и др.), поверхность газообмена значительно уменьшается. А поскольку диффузионная способность легких в значительной степени зависит от площади газообмена, толщины и свойств альвеолярно-капиллярной мембраны, все заболевания, патологические состояния, изменяющие ее морфологические и функциональные свойства, приводят к нарушениям диффузии кислорода в легких. Такие нарушения наблюдаются при пневмониях, в том числе у больных с коронавирусной инфекцией (COVID-19). При этом большое значение имеют не только длительно существующие, но и преходящие изменения легочной мембраны, свойственные активно текущему воспалительному процессу в легких (пневмония), альвеолярных капиллярах (пневмонит) или застойным явлениям в малом круге кровообращения (отек легких, сердечная недостаточность и др.).

Значительная выраженность нарушений диффузии при пневмонии (в том числе вирусной) часто не соответствует степени вовлеченности легкого в патологический процесс. Естественно, что во всех указанных случаях уменьшение поверхности газообмена сочетается с удлинением пути диффузии, затруднением прохождения газов через барьер вследствие утолщения, уплотнения и других изменений свойств мембраны (фиброз легких, склероз легочных сосудов, альвеолярный или интерстициальный отек легких и др.). Снижение диффузионной способности встречается при самой различной легочной патологии, но при ряде заболеваний (идиопатический фиброзирующий альвеолит, саркоидоз Бека, муковисцидоз, канцероматоз, гранулематозы, пневмокозиозы, MERS, SARS и др.) нарушения диффузии выступают на первый план, являясь ведущим механизмом нарушения функции легких.

В основе альвеолярной гиповентиляции лежат нарушения механики дыхания, увеличение энергетической стоимости вентиляции, истощение дыхательной мускулатуры,

* В 1857 г. А. Куссмауль доказал, что избыток углекислоты в крови лежит в основе возбуждения дыхательного центра.

** В 1818 г. Д. Чейн впервые описал тип дыхания у больных с нарушением мозгового кровообращения, в 1854 г. У. Стокс более подробно описал этот тип дыхания у больных с заболеванием сердца, в 1876 г. К. Био описал такой тип дыхания у больных с менингитом.

поэтому в таком состоянии (в том числе обусловленном коронавирусной инфекцией (COVID-19)) целесообразным является проведение электростимуляции дыхательной мускулатуры (диафрагма, межреберные мышцы).

Поскольку диффузионная способность легких зависит не только от свойств альвеолярно-капиллярной мембраны, но и от ряда других факторов (прежде всего кровотока в легких), в литературе часто используют термины «трансфер-фактор», «фактор переноса», «коэффициент переноса». Исследование этих показателей, а также непосредственно газового состава воздуха проводится с помощью специального оборудования и газоанализаторов – измерительных устройств, посредством которых определяется количественный или качественный состав газа на основе его химических и физических свойств, однако в доступных источниках по коронавирусной пневмонии (COVID-19) таких данных пока нет.

1.1. БИОМЕХАНИКА ДЫХАНИЯ

Дыхательный акт представляет собой биомеханический процесс, в котором происходит перемещение отдельных элементов аппарата вентиляции (грудная клетка, легкие) и воздуха под действием внешних (атмосферное давление воздуха) и внутренних (мышечное напряжение, эластичность легких и грудной клетки) сил. **Внешнее дыхание**, или поступление воздуха в легкие и выведение его после газообмена, обеспечивается мышцами вдоха (инспираторными) и мышцами выдоха (экспираторными). В то же время биомеханика дыхания связана с тем, что легкие и грудная клетка являются эластическими образованиями, которые под влиянием растягивающей силы – мышечного усилия – изменяют свою длину или объем, а после прекращения действия этой силы возвращаются в исходное состояние. Эластичность рассматривается как сочетание растяжимости и упругости. Эластические силы грудной клетки действуют в периферическом направлении и стремятся расширить грудную клетку до объема, равного примерно 70 % жизненной емкости легких. Эластические силы легкого способствуют его спадению, они направлены противоположно действию эластических сил грудной клетки. За счет совместного действия указанных сил в герметичной плевральной полости создается разрежение.

Вдох происходит активно. Уровень спокойного выдоха соответствует равновесию противоположно направленных эластических сил легких и грудной клетки. Это равновесие является устойчивым, так как для его поддержания не требуется мышечного усилия. Главной мышцей вдоха является диафрагма. Эта мышца, расположенная между грудной и брюшной полостью, развивается из зародышевых миотомов шеи и имеет «жаберное» происхождение. Она иннервируется диафрагмальным нервом, идущим из верхне-шейного отдела, рядом с которым (в продолговатом мозге) расположены ядра дыхательного центра^{1*}.

При вдохе также могут активироваться мышцы, поднимающие ребра (наружные межреберные мышцы), глубокие мышцы позвоночника, некоторые мышцы шеи и плечевого пояса, но, как правило, использование этих мышц происходит при физической нагрузке или повышенной потребности в O_2 . Для вдоха большое значение имеет отрицательное давление в плевральной полости, которое обеспечивает втягивание воздуха при увеличении объема грудной клетки за счет сокращения диафрагмы и других инспираторных мышц. Во время вдоха, совершаемого при активном участии дыхательных мышц, главным образом диафрагмы, объем грудной клетки увеличивается. Легкие пассивно следуют за объемным увеличением грудной клетки, в результате чего давление в альвеолах стано-

* Электростимуляция диафрагмального нерва при некоторых заболеваниях, связанных с нарушениями нейрорегуляции дыхания, используется как альтернатива искусственной вентиляции легких.

вится ниже атмосферного, и в легкие устремляется воздух.

В конце вдоха дыхательная мускулатура расслабляется, дальнейшее увеличение объема грудной клетки прекращается. Увеличение объема легких также прекращается, поскольку давление в альвеолах становится равным атмосферному. Механическая энергия, развиваемая дыхательными мышцами во время вдоха, не расходуется полностью, а накапливается в виде потенциальной энергии растянутых эластических структур легких.

Выдох в покое происходит пассивно, в основном за счет накопленной при вдохе энергии растяжения, а также эластических свойств грудной клетки и легких. Эластическая ретракция (сжатия) легких создает давление в альвеолах, оно становится выше атмосферного, и происходит изгнание воздуха из легких. Для форсированного (усиленного) выдоха используются мышцы, опускающие ребра (внутренние межреберные мышцы), и брюшной пресс.

В соответствии с образным выражением одного из физиологов XIX века, «Каждый вдох, поскольку он растягивает легкие, сам подготавливает свой конец и приводит к выдоху. Начавшийся вдох тем скорее прерывается, чем быстрее он достигает своей цели, т. е. растяжения легких».*

Глубокий вдох и глубокий выдох совершаются только при активном участии дыхательных мышц, поэтому глубокое дыхание менее выгодно с точки зрения энергетических затрат. Уровень спокойного дыхания – это тот уровень, где усилия дыхательной мускулатуры минимальны: вдох не превышает положения полного расслабления грудной клетки, а выдох соответствует равновесию эластических сил легких и грудной клетки.

1.1.1. Объемные характеристики дыхания

Определенные взаимоотношения между эластическими свойствами системы «грудная клетка – легкие» легли в основу выделения четырех уровней, которые занимают легкие при выполнении дыхательных экскурсий: уровень максимального вдоха, спокойного вдоха, спокойного выдоха и максимального выдоха. Эти уровни, называемые статическими, разделяют весь объем газа, находящийся в легких в положении максимального вдоха, – общую емкость легких (ОЕЛ) – на ряд статических объемов и емкостей, показанных на рисунке 2.

С целью функциональной оценки внешнего дыхания выделяют следующие легочные объемы: дыхательный объем (ДО), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объем выдоха (РОВыд), остаточный объем легких (ООЛ) и четыре емкости легких: общая емкость легких (ОЕЛ), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), функциональная остаточная емкость (ФОЕ) и емкость вдоха (Евд).

ДО (Vt, или TV в зарубежной литературе) – дыхательный объем – объем газа, вдыхаемого или выдыхаемого при спокойном дыхании в течение одного дыхательного цикла.

РОВд (IRV) – резервный объем вдоха – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть после спокойного вдоха при максимальном инспираторном усилии.

РОВыд (ERV) – резервный объем выдоха – максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после спокойного выдоха при максимальном экспираторном усилии.

ООЛ (RV) – остаточный объем легких – объем воздуха, остающийся в легких после максимального выдоха.

ЖЕЛ (VC) – жизненная емкость легких – максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха. **ЖЕЛ = ДО + РОВд + РОВыд.**

ОЕЛ (ТС) – общая емкость легких – максимальное количество воздуха, которое могут

* В 1868 г. Й. Брейер впервые сформулировал механический принцип саморегуляции дыхания.

вместить легкие на высоте глубокого вдоха. $ОЕЛ = ЖЕЛ + ООЛ$.

ФОЕ (FRC) – функциональная остаточная емкость – объем воздуха, остающийся в легких после спокойного выдоха. $ФОЕ = ООЛ + РОВыд$.

Евд (IC) – емкость вдоха – максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха. $Евд = ДО + РОВд$.

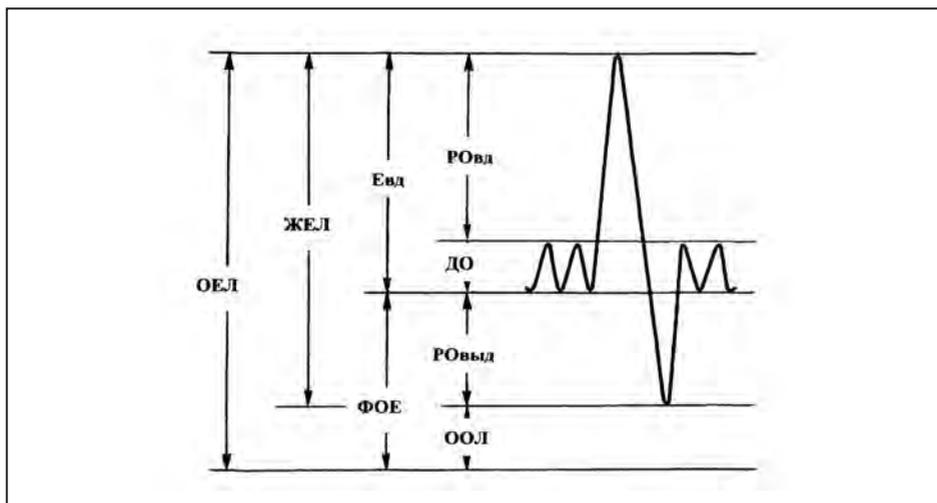


Рисунок 2 – Легочные объемы и емкости

ЖЕЛ – один из важнейших, наиболее часто измеряемых и информативных показателей функции внешнего дыхания. Величина ЖЕЛ, как и других легочных объемов, зависит от пола, роста, возраста, массы тела, физического состояния организма. При одинаковых массе, росте и возрасте ЖЕЛ у женщин меньше, чем у мужчин. С момента рождения и до 30–35 лет ЖЕЛ увеличивается, затем постепенно снижается. ЖЕЛ увеличивается также с возрастанием степени физической тренированности. Величина ЖЕЛ у здорового человека среднего возраста колеблется в пределах 3500–5500 мл, но может быть менее 2000 и более 7000 мл.

Согласно международным стандартам, за истинную ЖЕЛ следует принимать ЖЕЛ вдоха (IVC). При отсутствии возможности ее определения в качестве приемлемой альтернативы может быть использована ЖЕЛ спокойного выдоха (EVC).

Дыхательный объем в норме составляет около 500 мл. Считается возможным уменьшение ДО при ограничительных процессах. Тенденция к увеличению ДО наблюдается при обструкции бронхов. Дополнительный резервный объем вдоха в норме составляет примерно 2,5 л, а РО выдоха около 1,5 л.

Остаточный объем легких – объем воздуха, остающийся в легких после максимально глубокого выдоха, является наиболее ценным в диагностическом отношении показателем состояния легочных объемов. Величина ООЛ и особенно величина отношения ООЛ/ОЕЛ считаются важнейшими критериями оценки как эластичности легких, так и состояния бронхиальной проходимости.

Увеличение ООЛ происходит при потере легкими эластических свойств. Чем беднее эластический каркас легких, тем раньше (при меньшем объеме выдоха) спадаются бронхи и тем больший объем воздуха остается в легких не без изменения газового состава. Этим

объясняется увеличение ООЛ у лиц пожилого возраста и при эмфиземе легких. Возможно, что данные особенности изменений легких вносят свой вклад в тяжесть течения пневмонии, вызванной коронавирусной инфекцией (COVID-19) у пожилых пациентов. Похожая картина имеет место и при нарушениях бронхиальной проходимости, когда измененные («гиперреактивные») бронхи спадаются до окончания полного выдоха. При рестриктивных процессах в легких остаточный объем уменьшается.

Во время вдоха и выдоха не весь воздух используется для газообмена, поскольку его часть находится в так называемом мертвом пространстве (МП). К **анатомическому мертвому пространству** относится кондуктивная зона дыхательных путей: ротовая и носовая полости, пазухи, глотка, гортань, трахея, бронхи и бронхиолы. Величина его относительно стабильна и составляет около 150 мл. У женщин величина анатомического мертвого пространства меньше, чем у мужчин.

Функциональное мертвое пространство включает в себя анатомическое и так называемое альвеолярное пространство. Последнее не имеет четких анатомических границ – это часть дыхательной зоны, неэффективная в отношении обмена газов. Основная причина его возникновения – несоответствие вентиляции кровотоку. Например, при коронавирусной инфекции (COVID-19) это состояние может быть обусловлено изменениями со стороны как альвеоцитов, так и эпителия альвеолярных капилляров. Если группа альвеол вентилируется, но не перфузируется, то воздух, вентилирующий эти альвеолы, не принимает участия в газообмене. Вентиляция этих альвеол подобна вентиляции мертвого пространства.

Ориентировочно рассчитать объем мертвого пространства (МП) можно по массе тела (МТ): $МП (мл) = МТ (кг) / 0,454$. Возможно, что относительное увеличение МП влияет на тяжесть течения пневмоний у людей с избыточной МТ. Объем функционального мертвого пространства можно также рассчитать, зная содержание или парциальное давление углекислого газа в выдыхаемом и альвеолярном воздухе, однако таких исследований при коронавирусной инфекции (COVID-19) в доступной литературе пока не опубликовано.

1.1.2. Нейрорегуляция дыхания

Постоянство газового состава альвеолярного воздуха поддерживается адекватным уровнем легочной вентиляции. Большую роль в регуляции этого процесса играет уровень концентрации углекислого газа в крови. Снижение концентрации CO_2 в крови тормозит дыхательный центр и снижает частоту дыхания, а повышение концентрации CO_2 в крови стимулирует дыхательный центр и увеличивает частоту дыхания. Что было наглядно показано в классических опытах Л. Фредерика* на двух собаках с перекрестным кровообращением (рис. 3).

А в опытах К. Хейманса** было показано, что углекислота также возбуждает дыхательный центр через хеморецепторы каротидной рефлексогенной зоны. Повышение напряжения CO_2 в крови, перфузирующей изолированный каротидный синус, связанный с организмом только нервными волокнами, приводит к усилению дыхательных движений. Напротив, при понижении напряжения CO_2 в крови, перфузирующей каротидный синус, дыхательные движения тормозятся.

* В 1890 г. Л. Фредерик в опытах с перекрестным кровообращением показал, что деятельность дыхательного центра зависит от состава крови, поступающей в мозг по сонным артериям.

** В 1938 г. Корней Жан Франсуа Хейманс стал лауреатом Нобелевской премии по физиологии и медицине за открытие роли синусового и артериального механизмов в регуляции дыхания.

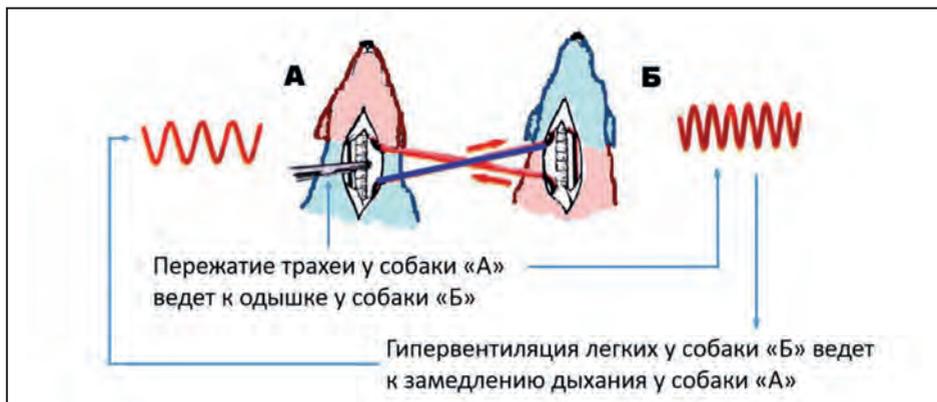


Рисунок 3 – Схема опыта Фредерика

Внешнее дыхание человека может регулироваться сознательно и бессознательно. Человек способен осознанно задержать дыхание, но при превышении определенной концентрации CO_2 вне зависимости от произвольных желаний он сделает вдох. Это обусловлено взаимосвязью моторного центра диафрагмы (С1-С3) и продолговатого мозга, где расположен дыхательный центр, реагирующий на изменение газового состава крови, о чем наглядно свидетельствуют опыты Фредерика и Хейманса. В то же время при глубоком вдохе происходит раздражение механорецепторов альвеол, что ведет к стимуляции блуждающего нерва, торможению активности инспираторных мышц и выдоху, а также замедлению ЧСС при задержке на вдохе (рефлекс Геринга*), что в свою очередь обеспечивает снижение скорости кровотока в легких и замедление газообмена.

Наиболее физиологичным для человека является носовое дыхание, поскольку, проходя через нос, воздух согревается (частично смешиваясь с воздухом из околоносовых пазух), увлажняется и дезинфицируется. Дыхание через рот подключается компенсаторно, при необходимости интенсивного потребления O_2 или заложности носа. Некоторые исследователи отмечают, что более чем у 50 % пациентов с коронавирусной инфекцией SARS-CoV-2 часто отмечалось изменение обоняния и часто это являлось первым явным симптомом. Было показано, что предыдущие штаммы коронавируса способны проникать в центральную нервную систему через обонятельный нейроэпителий и распространяться из обонятельной луковицы. Кроме того, эпителиальные клетки носа демонстрируют самую высокую экспрессию рецептора SARS-CoV-2, ангиотензин-превращающего фермента 2, во всей респираторной системе (Spinato G., 2020). Результаты этих исследований следует интерпретировать с осторожностью, но нельзя исключать влияние коронавирусной инфекции на ЦНС и систему нейрорегуляции дыхания.

1.1.3. Динамические характеристики дыхания

Объем вентиляции во времени определяется глубиной дыхания – дыхательным объемом и частотой дыхания (ЧД). Объем воздуха, вентилируемого легкими в течение 1 мин., называется **минутным объемом дыхания (МОД)**, или **общей вентиляцией**: $\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД}$.

* Рефлекс Геринга – рефлекторное снижение частоты сердечных сокращений при задержке дыхания на высоте глубокого вдоха. Как правило, используется в клинической практике для определения возбудимости блуждающих нервов.

Эти показатели широко варьируют в зависимости от потребностей организма. В покое у человека ДО составляет примерно 0,4–0,6 л, ЧД – 12–16 в минуту, а МОД – 5–6 л/мин., обеспечивая потребление кислорода в количестве около 0,2 л/мин. МОД увеличивается при повышении потребности организма в кислороде, например, во время физической нагрузки или при увеличении уровня тканевого дыхания (воспалительный процесс, тиреотоксикоз и пр.), при затруднении нормальной вентиляции легкого (как результат обструкции отдельных бронхов и других формах бронхолегочной патологии), при ухудшении диффузии кислорода через аэрогематический барьер (фиброзирующий альвеолит, отек легких). В ряде случаев трудно выявить факторы, увеличивающие МОД. Большую роль играет состояние центральной нервной системы, в частности дыхательного центра. Следует также помнить об увеличении МОД вследствие стрессовых ситуаций и неврогенных причин (волнение, страх, истерические состояния и др.).

При определенных патологических состояниях ЧД может снижаться, приводя к уменьшению МОД (гипопноэ, синдром «проклятия Ундины»*, апноэ сна). Апноэ и гипопноэ могут быть обструктивными и центральными. При обструктивном апноэ сна отмечается коллапс дыхательных путей при продолжающихся дыхательных усилиях (функция дыхательного центра сохранена). При центральном апноэ сна (дыхание Чейна-Стокса и другие формы) отмечается снижение функции или остановка дыхательного центра и прекращение дыхательных усилий. При этом дыхательные пути остаются открытыми. Некоторые исследования отмечают высокий процент смертности во сне у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Помимо объемных и временных характеристик, для оценки функции легочной ткани могут быть использованы следующие показатели:

- **Показатели давления**, основными из них являются: давление в плевральной полости (внутригрудное), давление эластической тяги легкого, альвеолярное давление, трансбронхиальное давление, транспульмональное давление.

- **Показатели общего сопротивления**, преодолеваемого дыхательной мускулатурой в процессе вентиляции легких, которые складываются из эластической, аэродинамической, неэластической (вязкой) и инерционной составляющих.

- **Растяжимость** (C – compliance) и эластические свойства легких зависят от самих эластических структур легочной ткани, сил поверхностного натяжения, активности сурфактантной системы, эластических свойств бронхиального дерева, тонуса его мускулатуры, кровенаполнения легких. Учитывая, что при коронавирусной инфекции (COVID-19) по результатам гистологических исследований выявляется внутриальвеолярный отек гиалиновых мембран, выстилающих контуры альвеолярных ходов и альвеол, следует предполагать наличие выраженных изменений растяжимости и эластических свойств легочной ткани. Однако данных, свидетельствующих о проведении функциональной эластографии легких у таких пациентов, пока не получено.

Статическая растяжимость позволяет судить только об эластическом сопротивлении легочной ткани. Она увеличивается при эмфиземе, уменьшается при ригидности легких. **Динамическая растяжимость** зависит также и от однородности механических свойств легких, по ней можно судить о распространенности и плотности и патологических изменений, например, о степени фиброза, характерного для пневмоний, ассоциированных с коронавирусной инфекцией (COVID-19). Растяжимость легких определяется путем синхронной регистрации давления и объема (петли «давление – объем»). Согласно определению, растяжимость легких представляет собой отношение изменения легочно-

* *Редкое аутосомно-доминантное заболевание, характеризующееся нарушением автономного контроля дыхания.*

го объема к изменению давления эластической тяги легкого*. Все эти показатели хорошо изучены в норме и при различных патологических состояниях легких, однако данных об их изменениях при пневмониях, связанных с коронавирусной инфекцией (COVID-19), в доступной литературе не обнаружено. Это свидетельствует об актуальности проведения таких исследований в дальнейшем.

Бронхиальное сопротивление. Усилия дыхательной мускулатуры направлены на преодоление не только эластического сопротивления легких, но и сопротивления, возникающего при движении воздуха по трахеобронхиальному дереву. Сопротивление дыхательных путей при прочих равных условиях зависит от типа воздушного потока. Движение воздуха бывает ламинарным (линейным) или турбулентным (вихревым). Неровности, перегибы, сужения бронхов, особенно при больших скоростях движения воздуха, переводят ламинарный режим в турбулентный (рис. 4).

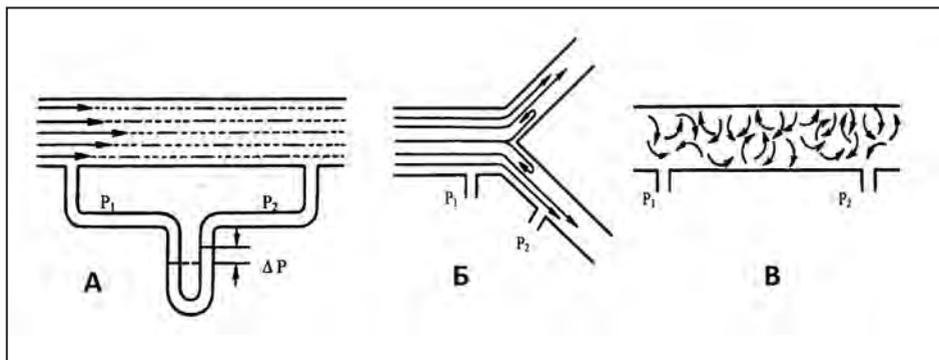


Рисунок 4 – Типы воздушного потока (схема):

А – ламинарный поток; Б – переходный тип (с завихрениями в области ветвлений); В – турбулентный поток

Согласно закону Пуазейля**, поток (объемная скорость движения воздуха) при ламинарном движении зависит от давления, вязкости газа и геометрических параметров трубки. Таким образом, на величину аэродинамического сопротивления огромное влияние оказывает радиус трубки – ширина просвета бронха: когда она уменьшается вдвое, сопротивление потоку увеличивается в несколько раз.

В пульмонологии для оценки функции внешнего дыхания часто используется индекс Тифно (R. Tiffeneau), характеризующий отношение объема форсированного выдоха (ОФВ) за одну секунду к ЖЕЛ. В норме этот показатель должен быть более 75–80 %, его снижение говорит о сужении бронхов и бронхообструктивном синдроме (развиваются при аллергических реакциях и бронхиальной астме), а повышение индекса Тифно свидетельствует о хороших функциональных резервах легких.

Просвет бронха определяется как тонусом мышц бронхиальной стенки, так и эластической тягой легких, радиально растягивающей бронхи. Поэтому нарушения бронхиальной проходимости возникают как при спазме или гипотонии бронхов, так и при уменьше-

* См. приложение №2.

** Закон установлен эмпирически для течения жидкостей в 1839 г. Г. Хайгенем, а в 1840–1841 гг. – независимо от него Ж.Л. Пуазейлем, теоретически объяснен в 1845 г. Д.Г. Стоксом. В последующем были предложены вариации и обобщения для движения газов в трубе.

нии эластических свойств легочной ткани, обеспечивающих стабильность их просвета. Определенную роль играют также органические сужения, отечно-воспалительные изменения бронхов, скопление в них мокроты, вязкой слизи и т. д. Турбулентность увеличивает сопротивление трения, и, следовательно, для поддержания одной и той же скорости потока требуется гораздо большее давление, чем при ламинарном движении.

Аэродинамическое (бронхиальное) сопротивление является одной из важнейших характеристик вентиляционной функции легких. Эта величина может быть определена несколькими способами, в частности методом перекрытия воздушного потока, с помощью бодиплетизмографии и методом форсированных осцилляций. Однако сведений о подобных исследованиях у больных пневмонией, ассоциированной с коронавирусной инфекцией (COVID-19), в доступной литературе пока найти не удалось.

Работа дыхания – это интегральная характеристика биомеханических свойств легких. Работа по преодолению упругих и вязких сопротивлений равна произведению давления на объем (в физике – произведению силы на перемещение). Этот показатель, меняющийся при большинстве легочных заболеваний, может быть интегрально связан с различными нарушениями биомеханики дыхания, ее регуляции и газообмена. Изменения анатомо-физиологических свойств аппарата дыхания приводят к значительному увеличению энергетической стоимости дыхания. Если в норме работа дыхательной мускулатуры по преодолению упругого и вязкого (эластического и аэродинамического) сопротивлений составляет при общей вентиляции (МОД) 10 л/мин. всего 0,25 кгм/мин., то у больных с выраженной патологией она может возрасти в 2–4 раза. А если учесть, что больным из-за нарушений вентиляции необходима большая величина МОД, то работа дыхания в покое может увеличиться в 5–6 раз. У здорового человека подобные энерготраты на вентиляцию возникают при беге и быстрой ходьбе.

Соответственно энергетической затратам возрастает и кислородная стоимость дыхания. Если при спокойном дыхании у здорового человека на работу дыхательных мышц затрачивается примерно 2–5 % поглощенного кислорода, а при тяжелой физической работе – до 20 %, то при выраженной патологии легких дыхательные мышцы потребляют 20–30 % общего объема кислорода уже в покое. Поэтому использование внешней электростимуляции дыхательной мускулатуры у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), может способствовать восстановлению их функции и частичному сокращению таких интенсивных энерготрат.

Возрастание энергетической стоимости вентиляции и истощение дыхательной мускулатуры составляют основу возникновения дыхательного дискомфорта, чувства затрудненного дыхания, нехватки воздуха, то есть комплекса ощущений, входящих в понятие одышки.

Различные нарушения биомеханики дыхания играют большую роль в возникновении одышки. Это становится особенно понятным с позиций теории механически неоднородного легкого. Согласно этой теории, время заполнения и опорожнения как легких в целом, так и отдельных легочных структурных единиц, определяется растяжимостью (С) и величиной бронхиального сопротивления (R). Чем больше растяжимость (а следовательно, меньше эластическая ретракция легких) и чем больше бронхиальное сопротивление, тем медленнее происходит опорожнение легких. Произведение $R \times C$ (постоянная времени τ) является временной характеристикой этого процесса и в норме составляет 0,5 с.

В условиях патологии отдельные зоны легких могут вентилироваться медленнее других. Если замедление достигает такой степени, что к моменту смены дыхательных фаз эти зоны не успевают заполниться или опорожниться, то вентиляция их ухудшается вплоть до полного прекращения. Вентилируемый объем легких уменьшается вследствие функциональной ампутации части легкого. С целью профилактики этих изменений при забо-

леваниях легких могут быть использованы различные дренажные положения (например, по Кендигу), позволяющие влиять на эластические характеристики легочной ткани, ее кровоснабжение и гидродинамику, условия движения воздушных потоков в зависимости от положения легких, их отдельных долей и сегментов, а также органов грудной клетки, средостения и всего тела в пространстве по отношению к вектору сил земного тяготения.

1.2. ОЦЕНКА ФУНКЦИЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ

В настоящее время нет достаточных, достоверных данных, характеризующих изменения основных параметров ФВД при коронавирусной инфекции. Однако со временем эти показатели могут стать важным дополнением, характеризующим не только клиническое состояние, но и позволяющим сделать правильный выбор наиболее эффективных методов лечебного воздействия, а также предположить краткосрочные и долгосрочные прогнозы лечения этих пациентов.

Обычно в медицине и клинической физиологии дыхания границей нормы принято считать величины, отстоящие от среднего значения не более чем на $1,96$ среднего квадратичного отклонения ($X \pm 1,96 \delta$). Поскольку при заболеваниях легких значения показателей функции дыхания изменяются только в сторону снижения, принято считать «нормальными» значения в диапазоне $X - 1,65 \delta$. В диапазоне нормы выделяется также «пограничная зона» или «условная норма» в пределах $1,0 - 1,65 \delta$, где есть повышенная вероятность встретить патологические значения (табл. 1 Приложения). Отклонения от должной величины в пределах $1,65 - 3,0 \delta$ расцениваются как умеренные изменения, в пределах $3,0 - 5,0 \delta$ – как значительные, а превышающие $5,0 \delta$ – как резкие.

Снижение ЖЕЛ при заболеваниях респираторной системы является результатом абсолютного уменьшения количества функционирующей легочной ткани вследствие:

- пневмофиброза;
- пневмосклероза, особенно диффузного характера;
- пневмоний, абсцессов, кист, опухолей с поражением легких;
- ателектаза;
- хирургического удаления легочной ткани;
- утраты легкими эластических свойств (эмфизема);
- отека легких, застоя в малом круге кровообращения.

В других случаях снижение ЖЕЛ при отсутствии первичного легочного заболевания обусловлено недостаточным расправлением легких вследствие:

- изменений грудной клетки и позвоночника (кифоз, сколиоз позвоночника, деформация грудной клетки, последствия хирургических вмешательств на грудной клетке);
- обширных плевральных сращений, экссудативного плеврита, гидроторакса;
- ограничения движений диафрагмы и брюшной стенки при дыхании (парез диафрагмального нерва, острые заболевания органов брюшной полости, состояние после лапаротомии, ожирение, беременность и т.д.);
- болевых ощущений при дыхании (пневмония, плеврит, межреберная невралгия, миалгии, переломы ребер, ушибы грудной клетки и т. д.);
- общей мышечной слабости (алиментарная дистрофия, авитаминозы, инфекционные заболевания, миастения, переутомление).

Перечисленные выше факторы ограничивают максимальный вдох, и уменьшение ЖЕЛ происходит за счет резервного объема вдоха. Умеренное снижение величины ЖЕЛ, в основном за счет уменьшения резервного объема выдоха, наблюдается при бронхиальной обструкции. Для увеличения ЖЕЛ в данном случае могут быть использованы дыхательные упражнения, способствующие не только восстановлению резервного объема

вдоха у таких пациентов, но и улучшению функции внешнего дыхания у больных, имеющих первичные легочные заболевания.

Потребление кислорода (PO_2), являющееся одним из интегральных показателей, характеризующих не только функцию внешнего дыхания, но и энергообмен человека, может оцениваться прямым (измерительным) и косвенным (расчетным) способом. В пульмонологии более информативной является прямая спирография, при ней PO_2 определяется по уменьшению объема газа в замкнутой системе спирографа при условии полного поглощения углекислого газа химическим поглотителем. Спирограф заполняется воздухом с добавлением кислорода, и больной спокойно дышит в течение нескольких минут, затем определяется количество потребления кислорода за 1 мин.

По результатам спирографии также определяются изменения биомеханических свойств респираторной системы и выделяются следующие типы вентиляционных нарушений:

- **обструктивные****, связанные с нарушением прохождения воздуха по бронхам;
- **рестриктивные***** (ограничительные), связанные с уменьшением функционирующей паренхимы легких или снижением их способности к расправлению;
- **смешанные**, сочетающие обструктивные и рестриктивные нарушения.

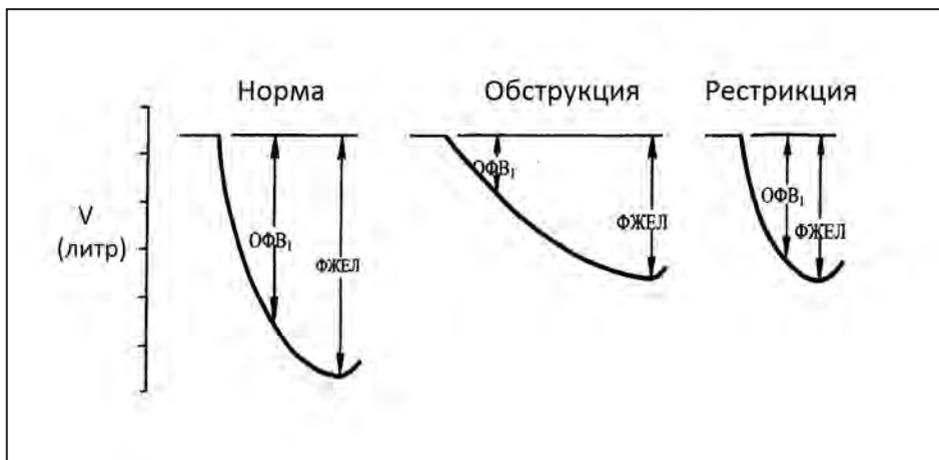


Рисунок 5 – Зависимость объема форсированного выдоха за 1 сек. (ОФВ₁) и форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ)

Для выявления нарушений распределения вентиляции и кровотока могут быть использованы методы радионуклидной диагностики, капнография, масс-спектрометрия, определение отношения вентиляции мертвого пространства к альвеолярной вентиляции, выявление легочного шунтирования и др. Однако работ с использованием этих методов при пневмониях, ассоциированных с коронавирусной инфекцией COVID-19, пока не проводилось.

* Расчетные способы определения уровня потребления кислорода основаны на оценке энергозатрат организма и чаще используются в кардиологии, эндокринологии и спортивной медицине.

** От лат. *obstructio* – преграда, помеха.

*** От лат. *restrictio* – ограничение.

1.3. ПАТОФИЗИОЛОГИЯ НАРУШЕНИЙ ДЫХАНИЯ

Основной причиной развития *обструктивной* формы ДН является нарушение проходимости воздухоносных путей. Различают обструкцию верхних дыхательных путей и обструкцию нижних дыхательных путей (трахеи и бронхов). Среди обструктивных нарушений наиболее значимыми являются: бронхоспазм (спазм гладкой мускулатуры бронхов), морфологические (склероз мышечно-эластических структур) и отечно-воспалительные изменения бронхиального дерева, скопление в просвете бронхов патологического содержимого, коллапс мелких бронхов при утрате легкими эластических свойств, коллапс трахеи и крупных бронхов (гипотоническая трахеобронхиальная дискинезия).

Трахеобронхиальная дискинезия – функционально-морфологическое нарушение, характеризующееся пролабированием на выдохе мембранозной части трахеи и крупных бронхов с экспираторным сужением их просвета. Гипотоническая дискинезия редко выступает как самостоятельное заболевание, чаще она дополняет комплекс нарушений, свойственных основному легочному страданию. Клинически дискинезия проявляется непродуктивным лающим кашлем и удушьем, иногда сопровождающимся потерей сознания, что является весьма характерным признаком пневмоний, ассоциированных с коронавирусной инфекцией (COVID-19).

ДН, возникающая вследствие ограничения расправления (подвижности) легких, – это гиповентиляционное расстройство рестриктивного характера. Выделяют две группы факторов, приводящих к рестрикции: внутрилегочные и внелегочные:

а) внутрилегочные факторы вызывают изменение эластичности легочной ткани. Основной рестриктивных нарушений является повреждение белков интерстиция под действием эластазы, коллагеназы и других протеаз. Как известно, основными компонентами интерстиция легких являются коллаген (60–70 %), эластин (25–30 %). Гликозаминогликаны составляют около 1 %, а фибронектин – 0,5 %. Фибриллярные белки обеспечивают стабильность каркаса легких, его растяжимость, эластичность, создают оптимальные условия для газообмена. При ряде патологических процессов в легких (воспалительного характера, нарушениях кровотока, при тромбозе, эмболии сосудов, застойных явлениях в легких, эмфиземе, опухолевом и кистозном поражении) возможна активация лизосомальных гидролаз, в частности эластазы, коллагеназы. Последняя приводит к интенсивному распаду фибриллярных белков, что проявляется снижением эластичности легочной паренхимы и повышением эластического сопротивления легочной ткани вдыхаемому воздуху. Фиброзный характер пневмоний весьма характерен для коронавирусной инфекции (COVID-19). Снижение эластичности легочной ткани и развитие рестриктивной формы ДН возникают при диффузном межальвеолярном разрастании соединительной ткани в случаях пневмосклероза, пневмофиброза, а также при отеке легких различного генеза. Рестриктивные изменения легочной ткани обуславливают уменьшение глубины вдоха и вызывают тахипноэ, т. е. развивается «короткое» или поверхностное дыхание;

б) внелегочные факторы приводят к ограничению дыхательных движений вследствие сдавления легочной ткани (например, при гемо- и пневмотораксе, образовании плеврального выпота).

Часто в клинической практике наблюдается ДН смешанного обструктивно-рестриктивного характера, когда сочетаются нарушение проходимости воздухоносных путей и ограничение подвижности легких. Последнее наблюдается при эмфиземе легких, крупной пневмонии, бронхиальной астме, бронхоэктатической болезни, хронической пневмонии и т. д.

Все описанные патофизиологические механизмы в той или иной степени присутствуют при заболеваниях легких. И если при бронхиальной астме ведущим, но не единствен-

ным механизмом является бронхоспазм, а несколько меньшую роль играет отек слизистой оболочки бронхов, закупорка их вязким содержимым, то при пневмониях (включая вирусные) эта последовательность может несколько изменяться, но значение сужения просвета бронхов все равно остается значимым. Этим и объясняется положительный эффект от рекомендуемых бронхолитиков (сальбутамол, фенотерол и др.), назначаемых больным с коронавирусной (COVID-19) пневмонией.

При любой патологии легких возникает большое число факторов, действующих как на вентиляцию, так и на кровоток в отдельных участках легких и увеличивающих неравномерность распределения вентиляционно-перфузионных отношений: нарушения микроциркуляции в сосудах малого круга кровообращения, микротромбообразование, эмболизация, облитерация части сосудистого русла, регионарные нарушения вентиляции, связанные с механической неоднородностью легких, нарушениями бронхиальной проходимости, эластической растяжимости и др. Принято выделять два типа нарушений вентиляционно-перфузионных отношений: преобладание вентиляции над кровотоком и преобладание кровотока над вентиляцией.

Первый тип – регионарная гипервентиляция – приводит к увеличению физиологического мертвого пространства и снижению эффективности вентиляции. При этом обычно сохраняется нормальный газовый состав крови, так как потребление O_2 и выделение CO_2 в такой ситуации при достаточно высоком МОД не страдают. Однако газообменная эффективность такой вентиляции снижена, работа дыхания относительно газообмена повышена, и больные не всегда способны поддерживать такой режим вентиляции длительное время.

Второй тип – преобладание кровотока над вентиляцией, то есть регионарная гиповентиляция, – является причиной гипоксемии. Если плохо вентилируемые альвеолы хорошо кровоснабжаются, оттекающая от этого участка кровь недостаточно артериализована. Примесь такой крови к полностью артериализированной крови других регионов носит название функционального шунта («сброшенная кровь») и сопровождается артериальной гипоксемией и умеренной гиперкапнией. Гипервентиляция в такой ситуации легко ликвидирует гиперкапнию, но гипоксемия исчезает лишь при дыхании чистым кислородом. В отличие от этого при анатомическом шунте (истинная венозная примесь, сброс крови справа налево в обход малого круга) гипервентиляция и вдыхание кислорода не устраняют гипоксемию, так как протекающая через такой шунт кровь вообще минует альвеолы. Недостаточность аппарата внешнего дыхания проявляется нарушениями газового состава крови, которые в свою очередь могут быть вызваны:

- 1) альвеолярной гиповентиляцией;
- 2) снижением диффузионной способности легких;
- 3) неравномерностью вентиляционно-перфузионных отношений;
- 4) наличием анатомического и функционального внутрилегочного шунтирования.

Следствием **альвеолярной гиповентиляции** является так называемая полная (тотальная, глобальная) недостаточность аппарата внешнего дыхания, когда нарушается газообмен как кислорода, так и углекислоты. В альвеолярном воздухе снижается парциальное давление кислорода и нарастает парциальное давление углекислого газа, развиваются артериальная гипоксемия и гиперкапния. При физической нагрузке, как правило, гипоксемия, обусловленная гиповентиляцией, нарастает, но при выполнении дыхательных упражнений низкой интенсивности увеличение минутного объема дыхания улучшает вентиляцию плохо вентилировавшихся альвеол, и артериальная гипоксемия может уменьшиться или даже исчезнуть.

Нарушения диффузии вызывают артериальную гипоксемию и повышение альвеоло-артериального градиента для кислорода. Углекислота свободно проникает через аэ-

рогематический барьер и при гипервентиляции может наступить даже гипокания. Физическая нагрузка увеличивает такую гипоксемию.

Нарушение вентиляционно-перфузионных соотношений – наиболее частая причина артериальной гипоксемии. Содержание углекислоты в крови обычно нормальное или сниженное, то есть имеет место артериальная гипоксемия без гиперкапнии. Гипоксемия ликвидируется вдыханием кислорода вследствие повышения его напряжения в гиповентилируемых альвеолах. Физическая нагрузка, улучшая равномерность вентиляции альвеол, уменьшает или ликвидирует артериальную гипоксемию. В ряде случаев, как показывают клинические наблюдения, резкие патоморфологические изменения не сопровождаются значительной гипоксемией, и, наоборот, скудные морфологические изменения в легких могут приводить к выраженным нарушениям артериализации крови. Морфологической основой этого являются факторы, определяющие неравномерность вентиляции, так, при совершенной регуляции кровотока и своевременной его редукции в плохо вентилируемых участках легких (рефлекс Эйлера-Лильестранда*) гипоксемия может не возникать.

Анатомическое шунтирование предполагает сброс венозной (неартериализированной) крови через внутрилегочные анастомозы. Так называемое «сосудистое короткое замыкание», или функциональное шунтирование, представляет собой крайнюю степень нарушения вентиляционно-перфузионных отношений, когда кровоснабжаемый участок легкого полностью лишен вентиляции (крупозная пневмония, ателектаз, пневмоторакс). Степень гипоксемии зависит от величины венозного сброса. Гиперкапнии, как правило, нет. Ингаляция кислорода не устраняет гипоксемию. Физическая нагрузка существенно не меняет газовый состав крови.

Контрольные вопросы к главе №1: *Какие объемные характеристики оценки функции внешнего дыхания используются в клинической практике? Какие динамические характеристики оценки функции внешнего дыхания используются в клинической практике? Как осуществляется нейрорегуляция дыхания? Какие мышцы являются дыхательными? Как осуществляется вдох? Как происходит выдох? Какие существуют нарушения вентиляционно-перфузионных соотношений?*

2. ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПНЕВМОНИЙ COVID-19

По определению Всероссийского общества пульмонологов (2006), пневмонии – это группа различных по этиологии, патогенезу, морфологическим особенностям острых инфекционных (бактериальных или вирусных) заболеваний, характеризующихся очаговым поражением респираторных отделов легких с обязательным наличием внутриальвеолярной экссудации.

Коронавирусы (Coronaviridae) – это большое семейство РНК-содержащих вирусов, способных инфицировать человека и некоторых животных. У людей коронавирусы могут вызвать целый ряд заболеваний (от легких форм острой респираторной инфекции до тяжелого острого респираторного синдрома). В настоящее время известно о циркуляции среди населения нескольких коронавирусов (HCoV-229E, -OC43, -NL63, -HKU1), которые круглогодично присутствуют в структуре острых респираторных вирусных инфекций и, как правило, вызывают поражение верхних дыхательных путей легкой и средней тяжести. В последние годы отмечались случаи передачи возбудителя из резервуаров животных,

* Альвеолярно-сосудистый (артериолярный) рефлекс, лежащий в основе повышения давления в легочной артерии при обструктивных формах бронхолегочной патологии.

протекавшие с тяжелым респираторным синдромом, высокой заболеваемостью и летальностью. В 2002 г. были описаны случаи тяжелой атипичной пневмонии, вызванной коронавирусом, названным SARS-CoV. В 2012 г. другой высокопатогенный бета-коронавирус, MERS-CoV, был идентифицирован при дыхательной недостаточности, получившей в научной литературе наименование «ближневосточный респираторный синдром». Новый коронавирус 2019-nCoV – временное название, присвоенное Всемирной организацией здравоохранения 12 января 2020 г., – представляет собой одноцепочечный РНК-содержащий вирус, относится к семейству 4 Coronaviridae и к линии Beta-CoV B. Вирус отнесен ко II группе патогенности, как и некоторые другие представители этого семейства (вирус SARS-CoV, MERS-CoV).

В соответствии с Международной классификацией болезней (МКБ-10), заболевания, вызванные этой коронавирусной инфекцией (COVID-19), могут быть отнесены к следующим группам:

- U04 Тяжелый острый респираторный синдром (SARS), Атипичная пневмония;
- B34.2 Коронавирусная инфекция неуточненной локализации;
- B99 Другие и неуточненные инфекционные болезни.

Ведущий путь передачи новой 2019-nCoV коронавирусной инфекции – воздушно-капельный. Меньшее значение имеет контактный путь. Входные ворота возбудителя – эпителий верхних дыхательных путей. Начальным этапом заражения является проникновение SARS-CoV-2 в клетки-мишени, имеющие рецепторы ангиотензинпревращающего фермента II типа (ACE2). Рецепторы ACE2 представлены на клетках дыхательного тракта, обонятельном нейроэпителии, эпителии почек, пищевода, мочевого пузыря, подвздошной кишки, сердца и ЦНС. Основной и быстродостижимой мишенью являются альвеолярные клетки II типа (AT2) легких, что определяет развитие пневмонии. Также обсуждается роль CD147 в инвазии клеток SARS-CoV-2. Установлено, что диссеминация SARS-CoV-2 из системного кровотока или через пластинку решетчатой кости (Lamina cribrosa) может привести к изменению обоняния (гипосмия) у больного на ранней стадии заболевания.

SARS-CoV-2 включен в перечень заболеваний, представляющих опасность для окружающих*. Возможна его передача медицинским работникам при оказании помощи пациентам (если противоэпидемические мероприятия выполняются недостаточно). Основными группами риска среди населения являются люди старшего и пожилого возраста и/или имеющие сопутствующие заболевания (гипертония, сахарный диабет, ХОБЛ, иммунодефицитные состояния).

2.1. КЛИНИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ КОРОНАВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ

Инкубационный период составляет от 2 до 14 дней (средний 3–7 дней). Для COVID-19 характерно наличие клинических симптомов острой респираторной вирусной инфекции: повышение температуры тела (> 90 %); кашель (сухой или с небольшим количеством мокроты) в 80 % случаев; одышка (55 %); аносмия или заложенность носа (50 %); утомляемость (44 %); ощущение заложенности в грудной клетке (> 20 %). Наиболее тяжелая одышка развивается к 6–8-му дню от момента инфицирования. Также установлено, что среди первых симптомов могут быть миалгия (11 %), спутанность сознания (9 %), головные боли (8 %), рвота (5 %), диарея (3 %). Вирус обладает высокой тропностью к нижним отделам респираторного тракта с развитием тяжелых поражений легочной ткани. В тяжелых случаях характерно развитие вирусной пневмонии, острого респиратор-

* *Постановление Правительства РФ от 31 января 2020 г. № 66.*

ного дистресс-синдрома (ОРДС), септического шока. У некоторых пациентов могут быть тошнота, рвота, сердцебиение, заложенность носа. Данные симптомы в дебюте инфекции могут наблюдаться в отсутствие повышения температуры тела.

Клинические варианты и проявления 2019-nCoV инфекции:

1. Бессимптомная форма.
2. Острая респираторная вирусная инфекция легкого течения.
3. Пневмония без дыхательной недостаточности.
4. Пневмония с дыхательной недостаточностью.
5. Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС).
6. Сепсис.
7. Септический шок.

Также возможны дополнительные клинические формы в виде внутренних тромбозов и тромбозмболий. При этом по степени тяжести течения коронавирусной инфекции COVID-19 можно выделить следующие:

- легкая – с поражением только верхних дыхательных путей,
- среднетяжелая (пневмония без дыхательной недостаточности),
- тяжелая (пневмония с развитием ДН, ЧДД ≥ 30 в минуту, сатурации $\leq 93\%$, PaO_2/FiO_2 , ОРДС),
- крайне тяжелая (сепсис, септический шок).

2.2. ОБЪЕМ ОСНОВНЫХ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Клиническое обследование больных с подозрением на новую 2019-nCoV коронавирусную инфекцию включает:

- сбор анамнеза заболевания (в том числе эпидемиологического);
- физикальное обследование больного;
- лабораторное обследование;
- функциональную диагностику;
- лучевую диагностику;
- проведение пульсоксиметрии с измерением SpO_2 ;
- определение плана лабораторного и инструментального обследования.

Объективное исследование больного с подозрением на новую 2019-nCoV коронавирусную инфекцию.

2.2.1. Физикальные исследования

Проводятся по общепринятой в терапевтической практике схеме с оценкой: общего состояния больного; проведения термометрии; оценкой выраженности интоксикации; оценкой состояния органов дыхания (ЧД, перкуссия, аускультация, наличие одышки); оценкой состояния сердечно-сосудистой системы (ЧСС, АД); оценкой состояния кожных покровов, слизистых оболочек, лимфатических узлов, опорно-двигательного аппарата, органов пищеварения, печени, селезенки, мочеполовой системы, нервной системы, желез внутренней секреции.

2.2.2. Лабораторная диагностика

Используются общие и специфические методы лабораторной диагностики включая:

а) общую лабораторную диагностику, к которой относятся следующие виды исследований: клинический анализ крови с определением уровня эритроцитов, гематокрита,

лейкоцитов, тромбоцитов, лейкоцитарной формулы; биохимический анализ крови (мочевина, креатинин, электролиты, печеночные ферменты, билирубин, глюкоза, альбумин); исследование уровня С-реактивного белка (СРБ) в сыворотке крови; по показаниям исследование газов артериальной крови с определением PaO_2 , PaCO_2 и показателей кислотно-основного состояния крови*; при ДН выполнением коагулограммы с определением протромбинового времени, международного нормализованного отношения и активированного частичного тромбопластинового времени.

Хотя биохимический анализ крови может не давать какой-либо специфической информации, но отклонения, указывающие на наличие органной дисфункции, декомпенсацию сопутствующих заболеваний и развитие осложнений, имеют большое прогностическое значение, оказывают влияние на выбор лекарственных средств и/или режим их дозирования. А уровень СРБ коррелирует с тяжестью течения, распространенностью воспалительной инфильтрации и прогнозом при пневмонии;

б) специфическую лабораторную диагностику: выявление РНК SARS-CoV-2 методом ПЦР; исключение других респираторных вирусных инфекций (другие коронавирусы, риновирус, вирус гриппа, респираторно-синциальный вирус, метапневмовирус, вирусы парагриппа, аденовирусы и др.), пневмококковой инфекции, инфекций, вызванных *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydomphila pneumoniae*, *Pneumocystis jirovecii* (carinii), *Haemophilus influenzae* type B, *Legionella pneumophila*.

2.2.3. Функциональная диагностика

К основным методам функциональной диагностики, используемым при коронавирусной инфекции COVID-19 относятся следующие:

Пульсоксиметрия с измерением SpO_2 для выявления ДН и оценки выраженности гипоксемии. Пульсоксиметрия является простым и надежным скрининговым методом, позволяющим выявлять пациентов с гипоксемией, в том числе нуждающихся в респираторной поддержке и оценивать ее эффективность; пациентам с признаками острой ДН.

Электрокардиография (ЭКГ) в стандартных отведениях рекомендуется всем пациентам. Хотя данное исследование не несет в себе какой-либо специфической информации по COVID-19, однако в настоящее время известно, что вирусная инфекция и пневмония помимо декомпенсации хронических сопутствующих заболеваний увеличивают риск развития нарушений ритма и острого коронарного синдрома, своевременное выявление которых значимо влияет на прогноз. Кроме того, определенные изменения на ЭКГ (например, удлинение интервала QT) требуют внимания при оценке кардиотоксичности ряда медикаментозных препаратов.

Оценка функции внешнего дыхания на этапе лечения острой коронавирусной инфекции (COVID-19), как правило, заключается в регистрации ЧД, с учетом данных перкуссии и аускультации легких, а также и результатов пульсоксиметрии. Возможен также учет показателей ФВД, получаемых расчетным (бесконтактным) путем, с использованием специальных формул, однако данных, подтверждающих достоверность таких исследований у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), в доступной литературе не обнаружено.

2.2.4. Лучевая диагностика

Рентгенография легких у больных с подозрением на пневмонию, вызванную коронавирусной инфекцией (COVID-19), проводится в объеме обзорной рентгенографии ор-

* См. приложение № 4.

ганов грудной клетки в передней прямой и боковой проекциях; при неизвестной локализации воспалительного процесса целесообразно выполнять снимок в правой боковой проекции. При рентгенологическом исследовании отмечается множественное двухстороннее поражение легочной ткани и интерстициальные изменения. Однако это исследование иногда может быть малоинформативно, поскольку рентгенологические изменения при данной патологии не всегда выявляются (особенно на ранних стадиях) и зачастую носят неспецифический характер.

Компьютерная томография (КТ) легких рекомендуется всем пациентам с характерными симптомами и подозрением на пневмонию; классификация специфических изменений картины КТ* может учитываться при маршрутизации пациентов с COVID-19. КТ легких является более чувствительным методом для диагностики вирусной пневмонии. При КТ органов грудной клетки основными проявлениями пневмонии являются двусторонние поражения в виде «матового стекла» или зоны консолидации, двусторонние сливные инфильтративные затемнения, имеющие преимущественное распространение в нижних и средних зонах легких.

Ультразвуковое исследование легких. Метод УЗИ может быть использован для экспресс-диагностики, а также как альтернатива КТ при наличии соответствующих противопоказаний или невозможности ее проведения. Характерной особенностью УЗИ-признаков является наличие и количество так называемых «В-линий» («белых линий»), характеризующих степень интерстициального отека легочной ткани, локализуемого при пневмониях, ассоциированных с коронавирусной инфекцией (COVID-19), преимущественно в базальных отделах легких.

2.2.5. Пульсоксиметрия и кислородная емкость крови

Пульсоксиметрия, или оксигеметрия, – это самый используемый в условиях пандемии (COVID-19) функциональный метод определения насыщенности крови кислородом. Поэтому в настоящей работе этот вопрос рассмотрен подробно.

Как известно, соединение кислорода с гемоглобином является основной формой существования O_2 в крови и способом его переноса к тканям. Гемоглобин (Hb), присоединивший кислород, становится оксигемоглобином (HbO_2). Реакцию связывания кислорода гемоглобином называют не окислением, а оксигенацией, обратный процесс носит название дезоксигенации. Не связанный с кислородом гемоглобин называют дезоксигемоглобином**. В основе пульсоксиметрии лежит локальная спектрофотометрия капиллярного русла, через которое циркулируют молекулы Hb, поглощающие разные спектры света в оксигенированном и дезоксигенированном состоянии.

При известном содержании Hb можно рассчитать кислородную емкость крови. Она равна максимальному количеству кислорода, которое может связать гемоглобин при его полном насыщении O_2 . Например, при содержании гемоглобина 150 г/л количество кислорода в 1 л крови составит $1,34 \text{ мл} \times 150 = 201 \text{ мл}$; в 100 мл крови – 20,1 мл, или 20,1 об. %. Кислородная емкость крови определяется количеством кислорода, который может быть связан гемоглобином в порции крови объемом 100 мл при парциальном давлении O_2 около 100 мм рт. ст. и парциальном давлении CO_2 около 40 мм рт. ст.

Процентное отношение количества O_2 , реально связанного с Hb, к кислородной емкости крови называется насыщением (saturation) гемоглобина кислородом (SO_2 или HbO_2).

* Более подробно изложено в разделе 2.2.6.

** Использование терминов «окисленный» и «восстановленный» гемоглобин в научной литературе следует избегать.

Можно сказать, что при пульсоксиметрии определяется соотношение оксигемоглобина к общему количеству гемоглобина. В норме насыщение артериальной крови кислородом (SO_2 , HbO_2) составляет 96–98 %. Небольшое «недонасыщение» (2–4 %) объясняется некоторой неравномерностью вентиляции и незначительным внутрилегочным шунтированием даже у здоровых людей.

Несколько другой физиологический смысл имеет показатель напряжения кислорода в артериальной крови (PaO_2), определяемый лабораторным способом. В норме он колеблется в пределах 95–100 мм рт. ст. С возрастом газовый состав крови претерпевает некоторые изменения. Напряжение O_2 в артериальной крови здоровых молодых людей, в среднем составляющее 95–100 мм рт. ст., к 40 годам снижается примерно до 80 мм рт. ст., а к 70 годам – до 70 мм рт. ст. Эти изменения связаны с тем, что с возрастом увеличивается неравномерность функционирования различных участков легких. Возможно, что эта закономерность влияет на течение пневмоний, вызванных коронавирусной инфекцией (COVID-19), у пожилых пациентов. Зависимость между напряжением кислорода в артериальной крови и возрастом может быть выражена уравнением регрессии:

$$PaO_2 = 102,6 - 0,32 \times \text{Возраст (годы)}.$$

Снижение SO_2 (HbO_2), или PaO_2 , в артериальной крови называется артериальной гипоксемией. В соответствии с законом действующих масс, насыщение гемоглобина кислородом (SO_2) зависит от его напряжения (PaO_2) в крови. Графически эту зависимость отражает кривая диссоциации оксигемоглобина, имеющая S-образную форму. Впервые кривая диссоциации оксигемоглобина получена Баркрофтом*. Она называется также сатурационной кривой O_2 (рис. 6).

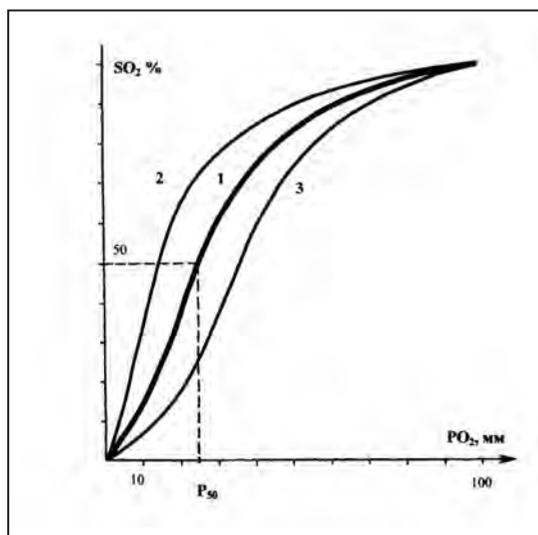


Рисунок 6 – Кривая диссоциации оксигемоглобина в норме (1), сдвиг влево (2) и вправо (3)

Конфигурация кривой имеет большой физиологический смысл и объясняет процессы оксигенации крови в легких и дезоксигенации ее в тканях. Форма кривой не зависит от направления процесса. В области высоких значений PO_2 кислород прочно связан с гемоглобином, в то время как при низких значениях PO_2 гемоглобин легко отдает кислород или, напротив, обильно его поглощает. Значениям высоких напряжений кислорода соответствует горизонтальный участок кривой. Это свидетельствует о том, что насыщение артериальной крови кис-

лородом сохраняется на высоком уровне даже при существенных сдвигах PO_2 . Снижение прочности связи гемоглобина с кислородом в области среднего и нижнего участка кривой обеспечивает поступление кислорода в ткани.

* В 1913 г. Дж. Баркрофт и А. Хилл выдвинули гипотезу о диссоциированной взаимосвязи гемоглобина с кислородом.

Так, падение PaO_2 в области пологой верхней части кривой на 20 мм рт. ст. (до 80 мм рт. ст.) существенно не отразится на насыщении крови кислородом (SO_2 94,5 %). С другой стороны, при низком напряжении кислорода в тканевых капиллярах (крутой нижний участок кривой) падение PO_2 даже на 5 мм рт. ст. снижает SO_2 на 7 %. Освобождающийся при этом кислород активно включается в процессы тканевого метаболизма.

Конфигурация кривой диссоциации оксигемоглобина обусловлена главным образом химическими свойствами гемоглобина, однако существует и ряд других факторов, которые смещают кривую диссоциации, увеличивая или уменьшая ее наклон, не изменяя при этом S-образную форму. К таким факторам относятся температура, напряжение углекислого газа и активная реакция (pH) крови. Все эти важные параметры гомеостаза могут существенно меняться в условиях патологии (рис. 7).

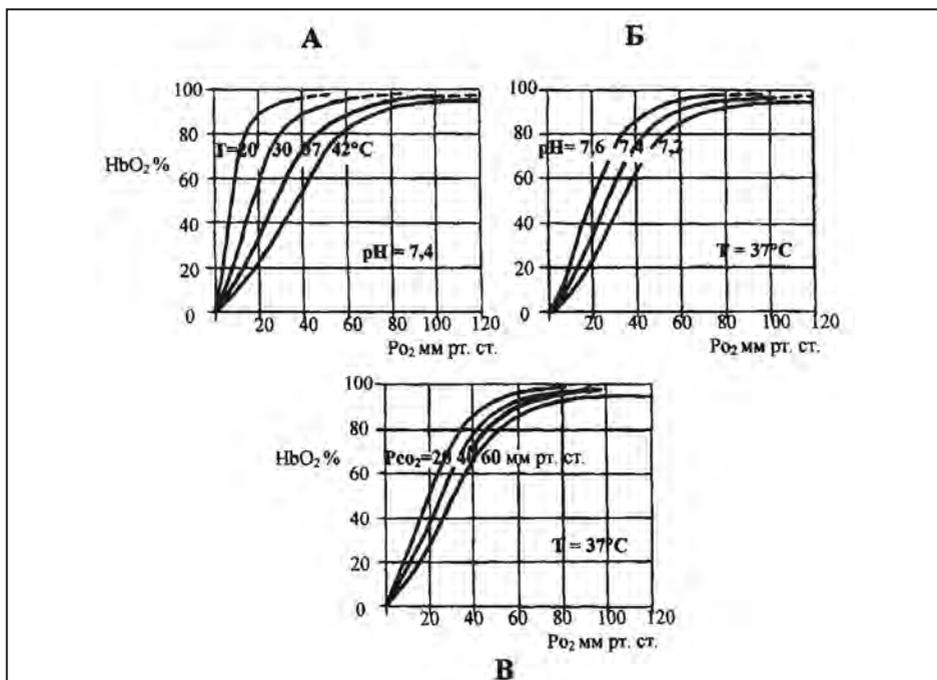


Рисунок 7 – Влияние различных параметров крови на кривую диссоциации оксигемоглобина. А – температуры; Б – pH; В – напряжения CO_2

Так, при повышении температуры увеличивается значение растворенного в крови кислорода (PO_2) и увеличивается кислородная емкость гемоглобина, характеризуемая увеличением свободного дезоксигемоглобина, способного связать кислород в легких (показатель, обратный проценту насыщения гемоглобина кислородом (HbO_2)), что может свидетельствовать об эффективности дозированной гипертермии на область легких с целью повышения уровня насыщения артериальной крови кислородом.

Снижение pH и увеличение PCO_2 смещают кривую диссоциации оксигемоглобина вправо, а противоположные изменения этих параметров – влево. Изменения кислородсвязывающих свойств гемоглобина имеют место при многих патологических состояниях. Эти изменения могут компенсировать или, наоборот, усугублять имеющиеся нарушения

оксигенации крови в легких и ее дезоксигенации в тканях. Что подтверждает необходимость динамического контроля у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), показателей пульсоксиметрии, а также параметров кислотно-щелочного равновесия, состояния буферной системы и газового состава крови*.

В клинической практике реаниматологов для оценки эффективности уровня оксигенации крови используется индекс оксигенации (респираторный индекс), являющийся качественным признаком для определения степени острой ДН. В норме индекс оксигенации, показывающий соотношение PaO_2 к концентрации кислорода во вдыхаемом воздухе (FiO_2) чуть меньше 500 ($PaO_2/FiO_2 = 100 \text{ мм рт. ст./}0,21 = 476$). Снижение индекса оксигенации (PaO_2/FiO_2) менее 300 считается одним из главных критериев риска развития ОРДС.

Как уже было показано, нарушения вентиляционно-перфузионных отношений можно считать главной причиной гипоксемии при большинстве заболеваний легких в том числе при пневмониях, ассоциированных с коронавирусной инфекцией (COVID-19). Известно, что при вентиляционно-перфузионном отношении, равном 0,2, насыщение артериальной крови кислородом снижается до 84 %, а при 0,1 – до 77 %. Однако, несмотря на относительную доступность метода капнографии, основанного на регистрации содержания CO_2 в выдыхаемой смеси газов с помощью ИК-газоанализаторов, такие исследования у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), пока не проводились. По данным литературы, гипоксемия (снижение SpO_2 менее 88 %) развивается более чем у 30 % пациентов с пневмонией, вызванной коронавирусной инфекцией (COVID-19), в то время как снижение сатурации крови, по данным пульсоксиметрии, до 90 % или индекса оксигенации менее 300 требует решения вопроса о проведении таким больным мероприятий кислородной поддержки.

2.2.6. КТ-признаки пневмонии и прогнозирование физической реабилитации

Лучевые методы не являются основными в диагностике коронавирусной инфекции, однако КТ отличается высокой чувствительностью к этой патологии, а при верифицированной постановке диагноза с использованием лабораторных и клинических данных КТ позволяет с высокой степенью достоверности характеризовать этапы развития болезни, что является принципиально важным для планирования и проведения реабилитационных мероприятий. С учетом этого положения, в настоящем разделе будут рассмотрены некоторые особенности КТ органов грудной клетки, влияющие на прогноз развития заболевания и реабилитационный потенциал таких пациентов.

Известно, что при КТ органов грудной клетки основными типичными проявлениями вирусной пневмонии (в том числе COVID-19) являются:

- многочисленные уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», преимущественно округлой формы, различной протяженности с или без консолидации;
- уплотнения периферической, мультилобарной локализации.

Также при данной патологии на КТ может определяться небольшой плевральный выпот.

В зависимости от периодов и тяжести морфологических изменений результаты КТ могут быть описаны следующим образом: «На ранних стадиях обнаруживаются многоочаговые тени или субплевральные фокусы уплотнения по типу «матового стекла», расположенные на периферии легких, в субплевральной зоне и обеих нижних долях. Длинная ось пораженного участка по большей части параллельна плевре. В некоторых случаях субплевральных фокусов уплотнения по типу «матового стекла» наблюдаются междольковые

* См. приложение № 4.

септальные утолщения и внутридольковые интерстициальные утолщения, которые выглядят как субплевральный сетчатый узор (рисунок «булыжной мостовой»). В небольшом числе случаев наблюдаются одиночные локальные поражения или узелковое (очаговое) поражение, распределенное в соответствии с бронхом, с периферийными изменениями в виде субплевральных фокусов уплотнения по типу «матового стекла».

Прогрессирование 7–10 дней. Нарастает и увеличивается плотность пораженных участков по сравнению с предыдущими снимками, наблюдаются уплотненные пораженные участки с признаком воздушной бронхограммы. В критических ситуациях может наблюдаться дальнейшее разрастание уплотнения, когда плотность всего легкого в целом демонстрирует повышенную замутненность (так называемое «белое легкое»). После того, как состояние пациента улучшится, субплевральные фокусы уплотнения по типу «матового стекла» могут полностью рассосаться, а некоторые уплотненные пораженные участки оставляют после себя фиброзные полоски или субплевральный сетчатый узор. Пациенты с несколькими дольковыми поражениями, особенно с обширными пораженными участками, должны оставаться под наблюдением на предмет обострения заболевания» (Ai T., 2020).

Оценка тяжести заболевания по данным КТ ОГК осуществляется по четырем основным степеням (легкая, среднетяжелая, тяжелая и критическая), исходя из совокупности клинических и рентгенологических проявлений.

При тяжести течения 1–3-й степени таким больным, наряду с комплексной терапией коронавирусной инфекции (COVID-19), могут быть назначены дыхательные упражнения, использование дренажных положений и электромиостимуляция дыхательной мускулатуры, в том числе диафрагмы, при 4-й степени, когда решается вопрос об использовании кислородной поддержки, важной составляющей реабилитационной помощи должно оставаться использование дренажных положений (включая про- и латеропозицию).

Тяжесть поражения легких на КТ коррелирует с тяжестью заболевания, поэтому представляется рациональным проводить оценку вовлеченности легочной ткани*.

Практический опыт ведения таких пациентов в COVID центрах «Клинической больницы «РЖД-Медицина» им. Н.А. Семашко» и ГБУЗ МО «Московский областной госпиталь для ветеранов войн» показывает, что при общем расчетном показателе поражения легких в 25 % и более они, как правило, нуждаются в стационарном лечении, а при снижении этого показателя, происходящем в процессе лечения до 10–15 % (при условии нормализации клинической картины и необходимых лабораторных исследований), эти пациенты могут быть направлены на амбулаторный и последующие этапы реабилитации.

В настоящее время как в России, так и за рубежом ведутся крупномасштабные исследования по изучению наиболее достоверных признаков структурных изменений легочной ткани, характеризующих не только острые стадии воспаления, но и их отдаленные последствия. С этой целью широко используются современные цифровые технологии, позволяющие проводить оперативный анализ больших объемов информации (в том числе с использованием искусственного интеллекта). Также программное обеспечение на основе искусственного интеллекта позволяет проводить сортировку пациентов в амбулаторных условиях, повышая производительность и качество труда врачей-рентгенологов и обеспечивая быстрое принятие решений о маршрутизации**.

Выявление таких признаков, наряду с оценкой функциональных изменений респираторной системы, будет способствовать более эффективному назначению восстановительных мероприятий на всех этапах реабилитации больных пневмониями, ассоциированными с коронавирусной инфекцией COVID-19.

* Морозов С.П. и др., 2020; приложение № 5.

** Belfiore et al., 2020; Cohen et al., 2020; Li et al., 2020; Morozov et al., 2020; Ucar et al., 2020.

2.3. ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

2.3.1. Основные лечебные мероприятия

Лечение больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией, осуществляется в соответствии с временными методическими рекомендациями «Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (2019-nCoV)».

Комплексная медикаментозная терапия больных проводится в соответствии со стандартами, протоколами и клиническими рекомендациями по лечению ОРВИ тяжелого, крайне тяжелого течения и тяжелого острого респираторного синдрома. Основой терапии могут быть препараты широкого противовирусного спектра действия.

В плане комплексного лечения предусматривается: лечебное питание; особенности ухода и режим больного; патогенетическая терапия; симптоматическая терапия; респираторная поддержка и другие мероприятия интенсивной терапии при наличии показаний. Больным тяжелой или критической формой новой коронавирусной инфекцией (2019-nCoV) необходимо проводить терапию в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии с соблюдением противоэпидемического режима.

При организации оказания медицинской помощи пациентам с положительными результатами лабораторных тестов на 2019-nCoV-инфекцию должны быть соблюдены требования к работе в очагах заболеваний, вызванных микроорганизмами I–II групп патогенности*. При работе медицинский персонал должен использовать средства индивидуальной защиты, которые меняются после каждого больного, производить обработку рук с использованием спиртосодержащих кожных антисептиков.

2.3.2. Использование кислородной поддержки

Необходимым компонентом комплексной терапии является адекватная респираторная поддержка. Показаниями для перевода больных с пневмонией в ОРИТ при коронавирусной инфекции являются быстро прогрессирующая острая ДН ($\text{ЧД} > 2\text{--}30$ в 1 мин., $\text{SpO}_2 < 90\text{--}92\%$), а также другая органная недостаточность, требующая проведения мероприятий интенсивной терапии.

При развитии первых признаков острой ДН следует начать оксигенотерапию через маску или носовые катетеры. Оптимальным уровнем эффективности кислородотерапии является повышение сатурации кислорода выше 90 % или наличие эффекта заметного и стойкого роста этого показателя. При этом нижний порог PaO_2 не должен быть ниже 55–60 мм рт. ст. При отсутствии эффекта от первичной респираторной терапии – оксигенотерапии – целесообразно решить вопрос о применении ИВЛ. При выборе ИВЛ начальной тактикой допустимо использовать неинвазивную вентиляцию легких по общепринятым правилам и методикам. Возможно начало респираторной поддержки у пациентов с ОРДС при помощи неинвазивной вентиляции при сохранении сознания, контакта с пациентом**. При низкой эффективности и/или плохой переносимости неинвазивной ИВЛ альтернативой может служить высокоскоростной назальный поток. Показания к неинвазивной вентиляции: тахипноэ (более 25 движений в минуту для взрослых), которое не исчезает после

* СП.1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».

** В соответствии с клиническими рекомендациями ФАР «Применение неинвазивной вентиляции легких».

снижения температуры тела; $\text{PaO}_2 < 60$ мм рт. ст. либо $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 300$; $\text{PaCO}_2 > 45$ мм рт. ст.; $\text{pH} < 7,35$; $\text{Vt} < 4\text{--}6$ мл/кг (дыхательный объем (мл)/масса тела (кг) пациента); $\text{SpO}_2 < 90$ %. Абсолютные противопоказания к проведению неинвазивной ИВЛ: выраженная энцефалопатия, отсутствие сознания; аномалии и деформации лицевого скелета, препятствующие наложению маски. При неэффективности проводимой вентиляции – гипоксемии, метаболическом ацидозе или отсутствии увеличения индекса $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ в течение 2 часов, высокой работе дыхания (десинхронизация с респиратором, участие вспомогательных мышц, «провалы» во время триггирования вдоха на кривой «давление – время») – показана интубация трахеи.

При применении управляемых режимов респираторной поддержки следует как можно быстрее перейти к режимам вспомогательной вентиляции. Капнографию или капнометрию целесообразно использовать для предупреждения гипокапнии.



Рисунок 8 – Применение дренажных положений во время кислородной поддержки: А – прон-позиция при ИВЛ, Б – использование протектора (прон-подушки), Б – латеропозиция (на приме СИПАП-терапии)

Для стимуляции естественных дренажных функций респираторной системы во время мероприятий кислородной поддержки (в том числе ИВЛ) часто применяется изменение обычного положения тела (лежа на спине) в прон-позицию (лежа на животе) или латеро-позицию (лежа на боку). Важным и необходимым условием для осуществления такого маневра является наличие специальных протекторов (прон-подушек) для головы, особенно обращенной лицом вниз. Это связано с необходимостью длительного нахождения в таком положении и высоким риском развития пролежней на лице.

Показано также, что дыхательные мышцы во время ИВЛ ослабевают, а чем дольше длится вентиляция, тем слабее дыхательные мышцы. Использование дыхательных упражнений может сократить продолжительность ИВЛ. При этом тренировка дыхательных мышц уменьшает легочные осложнения после операций на легких (следовательно, возможно и после COVID-19) и сокращает продолжительность пребывания в стационаре. Положительные эффекты присутствуют для всех возрастных групп и групп риска, и они особенно велики для пожилых пациентов или пациентов с высоким риском (Laurent H., 2020).

На амбулаторном и санаторно-курортном этапах реабилитации у пациентов, перенесших пневмонию, вызванную коронавирусной инфекцией (COVID-19), с целью кисло-

родной поддержки могут быть использованы концентраторы кислорода и оборудование для проведения СИПАП-терапии*.

2.3.3. Профилактика коронавирусной инфекции

А. Неспецифическая профилактика представляет собой мероприятия, направленные на прекращение распространения инфекции, и проводится в отношении источника инфекции (больной 2019-нCoV-инфекцией), механизма передачи возбудителя инфекции, а также потенциально восприимчивого контингента (защита лиц, находящихся и/или находившихся в контакте с больным).

Мероприятия в отношении источника инфекции включают в себя: изоляцию больных в боксированные помещения/палаты инфекционного стационара; использование масок у больных, которые должны сменяться каждые 2 часа; транспортировку больных специальным транспортом; соблюдение больными кашлевой гигиены; использование одноразового медицинского инструментария.

Мероприятия, направленные на механизм передачи возбудителя инфекции, включают в себя: мытье рук, использование медицинских масок, использование спецодежды для медработников, проведение дезинфекционных мероприятий, обеспечение обеззараживания воздуха, утилизацию отходов класса «В».

Мероприятия, направленные на восприимчивый контингент, включают в себя: элиминационную терапию, представляющую собой орошение слизистой оболочки полости носа изотоническим раствором хлорида натрия, которая обеспечивает снижение числа как вирусных, так и бактериальных возбудителей инфекционных заболеваний и может быть рекомендована для неспецифической профилактики: возможно использование лекарственных средств для местного применения, обладающих барьерными функциями; своевременное обращение в лечебные учреждения за медицинской помощью в случае появления симптомов острой респираторной инфекции.

Также известно, что при респираторных заболеваниях верхних дыхательных путей с лечебно-профилактической целью могут быть использованы орошение слизистой оболочки носа, промывание носоглотки и полоскание горла минеральной или морской водой. Для этого применяют слабощелочные минеральные *хлоридные и гидрокарбонатные воды* среднего уровня минерализации. Во время орошения и промывания повышенное осмотическое давление солей, растворенных в минеральной воде, увеличивает диффузию и экссудацию межклеточной тканевой жидкости, что способствует снижению воспалительного отека слизистой оболочки и восстановлению носового дыхания. При этих процедурах благодаря механическому (гидродинамическому) очищению слизистой оболочки с ее поверхности смываются слизь, микробные клетки, вирусы и слущенный эпителий. Вместе с экссудатом выводятся микробные токсины и продукты воспаления.

Б. Профилактика осложнений коронавирусной инфекции включает мероприятия, направленные на: восстановление функций внешнего дыхания; активацию дыхательной мускулатуры; нормализацию эластических свойств легких и легочного кровообращения; улучшение эвакуации бронхо-легочного экссудата и снижение его продуктивности; поддержание и увеличение резервных объемов легких (в первую очередь РО вдоха); восстановление и поддержание общего иммунитета; предупреждение вторичных осложнений, связанных с развитием бактериальных инфекций, застойных проявлений, нарушений микроциркуляции и вегетативной нейрорегуляции со стороны кожных покровов и сли-

* От английского CPAP (*Continuous Positive Airway Pressure* – постоянное положительное давление в дыхательных путях).

зистых оболочек (пролежни и мацерации), дисфункции органов пищеварения, мочеполовой и эндокринной системы, органов пищеварения, опорно-двигательного аппарата, органов чувств и ЦНС; предупреждение смерти, связанной с синдромом обструктивного апноэ сна.

В. Специфическая профилактика коронавирусной инфекции в настоящее время находится в стадии разработки.

2.3.4. Оценка эффективности лечебно-профилактических мероприятий

Критериями для выписки из лечебного учреждения и направления на амбулаторный этап реабилитации являются: клиническое выздоровление (нормализация температуры в течение минимум 3 дней, отсутствие/уменьшение респираторных симптомов); положительная динамика по результатам КТ; двукратный, с интервалом в 1 сутки, отрицательный результат ПЦР-исследования проб, отобранных из верхних отделов дыхательных путей.

Необходимость дальнейшей реабилитации может быть обусловлена наличием и тяжестью функциональных нарушений со стороны органов дыхания. В качестве критериев, наряду с классической оценкой функций внешнего дыхания, включающей исследования объемных и динамических показателей у таких пациентов, могут быть использованы индекс апноэ/гипопноэ (ИАГ), величина десатурации на фоне возможных эпизодов апноэ/гипопноэ, степень нарушения структуры ночного сна, сердечно-сосудистые осложнения, связанные с нарушениями дыхания (ишемия миокарда, нарушения ритма и проводимости, артериальная гипертензия), выраженность когнитивного дефицита и другие параметры.

2.3.5. Опасность смерти во сне

В связи с имеющимся недостатком достоверных экспериментальных данных по рассматриваемой теме определенной моделью, характеризующей состояние легочной вентиляции и сатурации крови при гипоксемии, могут быть результаты исследований, проводимых при изучении такого патологического состояния, как «синдром обструктивного апноэ сна». Тем более что именно «смерть во сне», характерная для этой патологии, является относительно частым неблагоприятным исходом и у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) – это состояние, характеризующееся наличием храпа, периодическим спадением верхних дыхательных путей на уровне глотки и прекращением легочной вентиляции при сохраняющихся дыхательных усилиях, снижением уровня кислорода крови, грубой фрагментацией сна и избыточной дневной сонливостью*.

Дыхательные пути могут смыкаться полностью, и тогда развивается апноэ – прекращение воздушного потока (легочной вентиляции) длительностью 10 секунд и более. При неполном спадении дыхательных путей отмечается гипопноэ – существенное снижение воздушного потока (более 50 % от исходных значений), сопровождающееся снижением насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (сатурации) на 3 % и более.

Апноэ и гипопноэ могут быть обструктивными и центральными. При обструктивном апноэ сна отмечается коллапс дыхательных путей при продолжающихся дыхательных усилиях (функция дыхательного центра сохранена). При центральном апноэ сна (дыхание Чейна – Стокса и другие формы) отмечается снижение функции или остановка дыхательного центра и прекращение дыхательных усилий. При этом дыхательные пути остаются открытыми.

* *Схема патогенеза СОАС представлена в приложении № 6.*

Распространенность СОАС среди взрослого населения составляет от 5 до 7 % (Коньков А.В., 2019). Вероятность возникновения нарушений дыхания во сне возрастает пропорционально возрасту и массе тела обследуемых, а у мужчин среднего возраста наблюдается примерно в 2–3 раза чаще, чем у женщин. У лиц старше 60 лет частота заболевания значительно возрастает и составляет около 30 % у мужчин и около 20 % у женщин. Эти статистические данные по половому и возрастному распределению также сопоставимы с распространенностью осложнений у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19). Клинически значимые нарушения дыхания во сне выявляются у 15 % пациентов терапевтического профиля в стационаре. Распространенность СОАС у кардиологических больных еще выше. При системной артериальной гипертензии этот показатель составляет 30 %. Наиболее частой причиной сужения просвета дыхательных путей на уровне глотки у взрослых является ожирение. У пациентов с индексом массы тела (ИМТ), превышающим 29 кг/м², вероятность наличия СОАС в 8–12 раз выше, чем у пациентов без ожирения. Аналогичная картина наблюдается и у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19). Вероятно, что ведущая роль принадлежит отложениям жира в области глотки. Показано, что округлость шеи является более значимым предиктором СОАС, чем индекс массы тела и объем талии.

СОАС нередко возникает на фоне различных заболеваний, приводящих к нарушению носового дыхания (аллергический ринит, полипозный риносинусит, искривление носовой перегородки). Направленное на преодоление возникшего препятствия дополнительное дыхательное усилие углубляет отрицательное давление вдоха и способствует возникновению глоточного коллапса.

Предрасположенность к развитию СОАС высока у пациентов с гипотиреозом, обусловлена набором массы тела, глобальным снижением мышечного тонуса и отеком висцеральных тканей при снижении функции щитовидной железы.

Во сне снижается общий мышечный тонус, в частности расслабляются подвижные структуры на уровне глотки. Если имеются предрасполагающие факторы, приводящие к сужению глотки, то может возникнуть храп, обусловленный биением мягкого неба о стенки дыхательных путей (рис. 9). Дальнейшее сужение просвета дыхательных путей может приводить к полному их спадению и развитию эпизода обструктивного апноэ. При этом дыхательные усилия сохраняются и даже усиливаются.

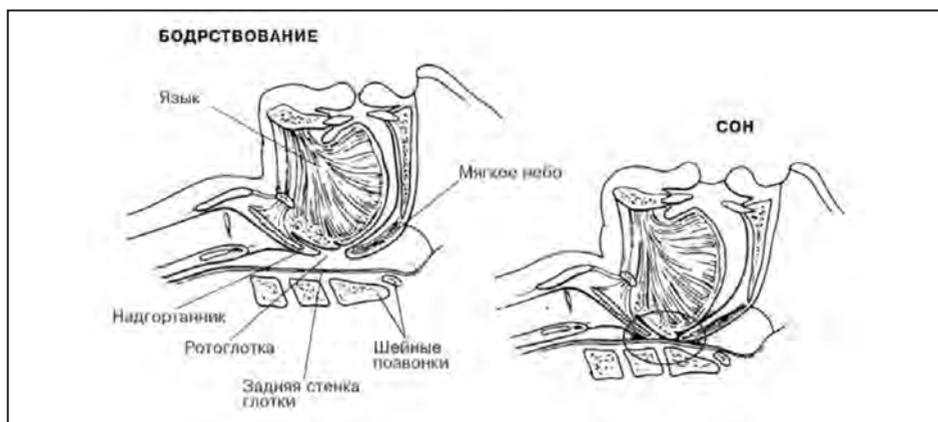


Рисунок 9 – Локализация обструкции верхних дыхательных путей во время сна

Острый недостаток кислорода в артериальной крови приводит к стрессовой реакции, сопровождающейся активацией симпатоадреналовой системы и подъемом артериального давления, микроактивацией мозга, который в свою очередь восстанавливает контроль над глоточной мускулатурой и быстро открывает дыхательные пути. Человек громко всхрапывает, делает несколько глубоких вдохов. В организме восстанавливается нормальное содержание кислорода, мозг успокаивается и засыпает вновь. Цикл может повторяться много раз за ночь.

Вероятно, что развитие такого грозного осложнения, как смерть во сне, у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), имеет много общего с патогенезом развития СОАС, поэтому опыт использования специального кислородного оборудования и выполнения лечебных мероприятий при данной патологии может быть успешно применен как на стационарном этапе, так и в последующем, при необходимости проведения более поздних этапов реабилитации у пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию.

Контрольные вопросы к главе №2: *Что входит в физикальное обследование больных с коронавирусной инфекцией? Какие стадии пневмонии, вызванной коронавирусной инфекцией, различают при КТ? Каковы нормальные показатели пульсоксиметрии? Что является основанием для перевода больных с пневмонией на ИВЛ? Какие постуральные положения могут использоваться при проведении ИВЛ больным с коронавирусной пневмонией? Что может являться причинами смерти во сне?*

3. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИОННАЯ МЕДИЦИНА В ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ С ПНЕВМОНИЯМИ

Реабилитационные мероприятия, проводимые у больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), условно могут быть разделены на несколько этапов:

I. Начальный этап ФР. Как правило, проходит в стационарных условиях и связан с началом острой фазы заболевания. При необходимости мероприятия начального этапа осуществляются в условиях ОРИТ. Направлен на предупреждение развития ДН, восстановление и поддержание естественного дыхания, улучшение дренажной функции легких, активацию дыхательной мускулатуры, нормализацию газообмена и других функций легочной ткани, а также предупреждение ранних осложнений.

II. Развивающийся этап ФР. Начинается после окончания острого периода пневмонии и может проходить как в стационарных, так и в амбулаторных условиях, направлен на восстановление нормальной легочной вентиляции, предупреждение снижения функций внешнего дыхания, развитие дыхательной мускулатуры, предупреждение развития застойных явлений, пневмофиброза и других признаков развития хронических легочных заболеваний.

III. Тренирующий этап ФР. Направлен на восстановление функций внешнего дыхания, укрепление дыхательной мускулатуры, повышение функционального состояния респираторной системы, профилактику заболеваний органов дыхания, а также повышение общей резистентности к инфекционным и другим неблагоприятным факторам.

Перед началом каждого из этапов физической реабилитации и по его завершении должна проводиться оценка функций органов дыхания и кровообращения. Объем оцениваемых параметров может быть различным в зависимости от этапа и функциональных возможностей пациента. Для его формирования в каждом конкретном случае могут быть

использованы параметры, содержащиеся в МКФ*, в частности: 1.1. Умственные функции: Глобальные умственные функции (b110 – b139): b139 Функции сна; 1.4. Функции сердечно-сосудистой системы, системы крови, иммунной и дыхательной систем: Функции дыхательной системы (b440 – b449), Дополнительные функции и ощущения со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем (b450 – b469): b450 Дополнительные дыхательные функции, b455 Функции толерантности к физической нагрузке, b460 Ощущения, связанные с функционированием сердечно-сосудистой и дыхательной систем, b469 Дополнительные функции и ощущения со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем, другие уточненные и неуточненные; 3.4. Мобильность: Изменение и поддержание положения тела (d410 – d429) (для оценки СОАС).

Клинический опыт показывает, что функциональная нормализация легочной ткани, биологическое восстановление организма больного, перенесшего пневмонию, может продолжаться до 6–12 месяцев. Именно такой срок определен для диспансерного динамического наблюдения лиц после перенесенной пневмонии. Однако оценить продолжительность этого периода у больных, перенесших пневмонии, ассоциированные с коронавирусной инфекцией (COVID-19), пока не представляется возможным ввиду отсутствия длительного опыта ведения таких пациентов в мировой практике. На основании представлений о патогенезе развития этого заболевания, клинического опыта ведения пациентов со схожей патологией, включая атипичные вирусные пневмонии, а также особенностей течения хронических заболеваний легких, сопровождающихся пневмофиброзом и другими аналогичными изменениями кардиореспираторной системы, например СОАС, составлены настоящие рекомендации по реабилитации таких пациентов.

Основные методы ФРМ, используемые для больных с пневмониями, можно разделить на: собственно физическую реабилитацию (специальные физические упражнения, дыхательная гимнастика, ЛФК) и воздействие различных физических факторов (физיותרпия). Также можно выделить лечебное воздействие некоторых природных и климатических факторов (водолечение, талассотерапия, использование «горного воздуха», климатолечение и пр.), их комплексное (в том числе санаторно-курортное) лечение, использование методов традиционной медицины (массаж, рефлексотерапия и др.). Наряду с перечисленными методами во время реабилитации больных с заболеваниями легких используют лечение положением (постуральный дренаж), лечебный режим, рациональное питание, медикаментозную терапию (помимо указанной выше, поливитамины, адаптогены, вегетотропные средства). Для профилактики повторного развития пневмонии также рекомендован отказ от курения, санация хронических очагов инфекции, циклические кардиореспираторные тренировки, закаливание и соблюдение принципов здорового образа жизни.

3.1. ФИЗИЧЕСКАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ

Дыхание является единственным движением человека, непрерывно обеспечивающим процесс его жизнедеятельности, с возможностью произвольной и рефлекторной регуляции. Рефлекторная регуляция, как показано выше, необходима для поддержания базовых условий гомеостаза (в основном таких, как газообмен и кислотно-щелочное равновесие). А произвольная регуляция позволяет влиять на объемные, скоростные и частотные характеристики дыхательных движений, изменяя (в определенных пределах) параметры легочной вентиляции. Кроме этого, физическая активность и пространственное

* *Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья, рекомендована ВОЗ в качестве международного стандарта для описания и измерения степени нарушений здоровья.*

положение человека непосредственно влияют на возможности рефлекторной регуляции. Поэтому использование физических упражнений, а в первую очередь дыхательных движений, может оказывать непосредственное влияние на дыхательную функцию. Свидетельством этого является эффективность различных дыхательных практик, кардиореспираторных тренировок и дренажных положений при широком спектре заболеваний, в том числе обусловленных респираторными нарушениями.

3.1.1. Дыхательные упражнения

Дыхательные упражнения (ДУ), используемые самостоятельно или в комплексах дыхательной гимнастики (ДГ), являются широкодоступным методом нормализации, восстановления или активации основных функций внешнего дыхания, поскольку время заполнения и опорожнения как легких в целом, так и отдельных участков зависит от описанной выше растяжимости и бронхиального сопротивления. Чем больше каждая из этих величин, тем больше время заполнения и опорожнения отдельных зон легких. Те сегменты, которые первыми начинают заполняться на вдохе, получают газ из мертвого пространства, и происходит перекачивание газа из одной зоны в другую. При пневмониях, особенно повреждающих базовые легочные сегменты, асинхронизм заполнения отдельных участков легких усиливается, особенно если этому сопутствует дискоординация в деятельности дыхательной мускулатуры. Как уже отмечалось, основной дыхательной мышцей является диафрагма, представляющая собой плоскую куполообразную мышцу, разделяющую грудную и брюшную полости. При сокращении диафрагмы она уплощается, увеличивая объем грудной полости и создавая незначительное давление на нижележащие органы брюшной полости. Края диафрагмы крепятся к внутренней поверхности реберной дуги и передней поверхности позвоночника. При сокращении диафрагмы активные движения опорно-двигательного аппарата не происходит, поэтому работа, выполняемая этой мышцей, существенно меньше, чем работа остальных дыхательных мышц (поднимающих или опускающих ребра).

Диафрагмальное дыхание (ДД) лежит в основе большинства ДУ, направленных на улучшение функций легочной ткани, поскольку оно в первую очередь способствует скоординированной работе всей дыхательной мускулатуры.

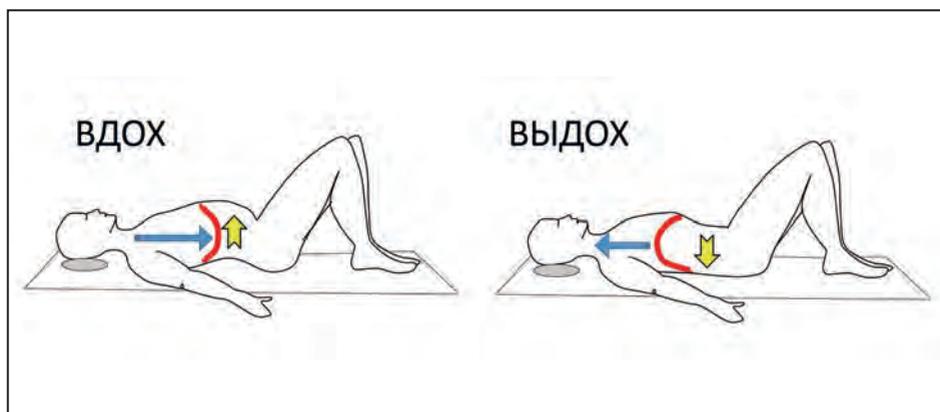


Рисунок 10 – Диафрагмальное дыхание (схема)

Диафрагмальный, или брюшной*, тип дыхания примечателен тем, что считается наиболее естественным и продуктивным. С точки зрения энергоэффективности, диафрагмальное дыхание более выгодно, чем так называемое грудное или ключичное (верхнегрудное). При диафрагмальном дыхании в большей степени совершается экскурсия нижних участков легких, имеющих лучшее кровоснабжение и большую вентиляционно-перфузионную способность к обогащению крови кислородом. Это значит, что дыхание требует меньших усилий, обеспечивая при этом наилучшее снабжение кислородом. Диафрагмальное дыхание наблюдается у всех новорожденных, проявляется во сне у большинства людей.

Техника диафрагмального дыхания

Во многом положительный эффект от использования ДД при пневмониях может быть достигнут за счет правильной техники выполнения. Мышцы живота должны быть расслаблены, а сам живот ни в коем случае нельзя втягивать, так как это не позволяет совершать свободное движение диафрагмы и возвращает дыхание в верхние отделы грудной клетки. Еще одним важным элементом правильного выполнения ДД является расслабление диафрагмы. В таком состоянии мышца естественным образом занимает правильное куполообразное положение, способствующее ее эффективной активации.

Начинать освоение техники лучше всего в исходном положении (ИП) лежа на спине (рис. 10). Для больных с пневмонией необходимо принять положение лежа в удобной позе, глаза закрыты, тело максимально расслаблено, ноги могут быть слегка согнуты (это способствует расслаблению мышц передней брюшной стенки).

Сначала одну руку следует положить на грудь, а другую – на живот чуть выше пупка. Лежащая на животе рука выполняет контрольную функцию – на вдохе она движется вверх. Рука, лежащая на грудной клетке, должна быть неподвижной: это свидетельствует о неиспользовании вспомогательных межреберных мышц. Сначала осуществляется вдох средней глубины и удлинненный выдох, без напряжения мышц живота – с целью обучения (восстановления способностей) у больных с пневмонией использовать на выдохе эластические свойства грудной клетки, без необходимости создания избыточного давления на выдохе.

При освоении техники ДД руки рекомендуется менять местами, для формирования автоматизма дыхательных движений. В последующем можно использовать усложненный вариант – руки расположены вдоль туловища, а на живот можно положить, например, книгу или другой нетяжелый предмет и контролировать во время выполнения ДД правильность движений (вверх на вдохе, вниз – на выдохе). Полностью овладев техникой диафрагмального дыхания, для усиления эффекта при выдохе можно делать несколько «довыдохов» – полностью выдохнув, «провалив» живот, сделать дополнительно 3–5 неглубоких резких выдохов, напрягая и втягивая мышцы брюшного пресса. Это позволяет форсированно освободить резервный объем выдоха (воздух из которого недостаточно вентилируется) и увеличить резервный объем вдоха (активно используемый при возможной гипоксемии).

Дыхательные упражнения в ОРИТ

Пациентам с пневмониями (в том числе обусловленными коронавирусной инфекци-

* *Диафрагмальное дыхание некоторые авторы называют «брюшным», поскольку на вдохе (при сокращении диафрагмы) мышцы передней брюшной стенки растягиваются и объем живота визуально увеличивается. Иногда авторы противопоставляют «брюшному» так называемый «грудной» тип дыхания, характеризующийся визуальным расширением объема грудной клетки. Однако такое дыхание является компенсаторным, поскольку диафрагма (как основная дыхательная мышца) при этом сокращается в меньшей степени, а движение происходит за счет вспомогательной межреберной мускулатуры.*

ей (COVID-19)) после освоения ДД в положении лежа на спине даже в условиях реанимационного отделения следует выполнять дыхательные упражнения, способствующие восстановлению функций внешнего дыхания и профилактике ДН, например такие, которые представлены на портале Департамента здравоохранения Москвы:

1. ИП лежа на спине, руки вдоль туловища (рис. 11). Вдох осуществляется через нос, выполняется одновременно со сгибанием одной ноги, без напряжения брюшного пресса за счет скольжения пятки по поверхности (это предупреждает повышение внутрибрюшного давления, ограничивающего движение диафрагмы). Выдох (через рот) осуществляется медленно с повторным скольжением пятки по поверхности постели (обеспечивающей гравитационную разгрузку). После возвращения в ИП упражнение повторяется с противоположной стороны*.



Рисунок 11 – Дыхание с поочередным сгибанием нижних конечностей

2. ИП лежа на спине, кисти под головой, согнутые в локтях руки перед собой (рис. 12). Развести локти в стороны – вдох (через нос). На выдохе (через рот) локти поднимаются вверх, позвоночник слегка сгибается, и руки прижимаются к груди, увеличивая тем самым эластическое сжатие грудной клетки.



Рисунок 12 – Дыхание с разведением и сведением верхних конечностей

3. ИП лежа на спине, руки согнуты в локтях, опора на заднюю поверхность плеча (рис. 13 →). Выполняя вдох через нос, нужно одновременно приподнять грудную клетку (опи-

* Ссылка на видео ДУ: <https://lyadov-clinic.ru/courses/>.

раясь на локти). На выдохе (через рот) выпрямить руку, потянувшись в противоположную сторону по диагонали. Вернуться в ИП. Повторить ФУ с противоположной стороны.



Рисунок 13 – Дыхание с поочередным вытяжением верхних конечностей и ротацией корпуса

4. ИП лежа на спине, руки согнуты в локтях, опора на заднюю поверхность плеча (рис. 14). Сделать вдох через нос с одновременным сведением лопаток, подъемом грудной клетки и экстензией позвоночника. На выдохе (через рот) расслабиться, опустившись вниз с небольшой флексией шеи. Вернуться в ИП и повторить упражнение.



Рисунок 14 – Дыхание с подъемом корпуса и сведением лопаток

5. ИП лежа на спине, рука согнута в локте, кисть под головой (рис. 15 →). Сделать вдох через нос. На выдохе (через рот) приподнять согнутую в локте руку и, скручивая корпус, повернуть его в противоположную сторону. При этом ладонью другой руки похлопать по нижнему краю ребер. Вернуться в ИП и повторить упражнение с противоположной стороны.

Все эти упражнения выполняются от 2 до 10 повторений под контролем их переносимости. Так, при исходной сатурации, определяемой с помощью пульсоксиметрии, во время выполнения ФУ более 92 % допустимо ее снижение до 88 % (при условии восстановления в течение 30 секунд). При исходной сатурации от 88 % до 92 % допустимо ее временное снижение до 80 % (при условии восстановления в течение 30 секунд). Если



Рисунок 15 – Дыхание с ротацией корпуса и перкуссией грудной клетки

восстановление своевременно не происходит, нагрузка должна снижаться за счет уменьшения количества повторов и амплитуды движений. При сатурации менее 80 % необходимо исследование кислотно-щелочного равновесия и решение вопроса о проведении кислородной поддержки. ДД может осуществляться целенаправленно даже в условиях самостоятельного дыхания воздушной смесью, обогащенной кислородом, при этом оно должно чередоваться с обычными дыхательными движениями.

Дыхательные упражнения в палате

При положительной динамике по мере овладения ДД двигательный режим расширяется, и для выполнения упражнений следует переходить сначала в положение сидя (можно полусидя, с использованием функциональной кровати), затем стоя и при условии возможности выполнения – в коленно-кистевом положении (на четвереньках).

ИП сидя на стуле так, чтобы можно было расслабиться, желательно с закрытыми глазами. Обязательно обратите внимание на осанку. Спина прямая, плечи «развернуты». Дыхание выполняется так же, как и в положении лежа. Руки можно опустить вдоль туловища или положить на бедра. Обратите внимание, что выдох производится без мышечного напряжения, строга за счет расслабления диафрагмы.

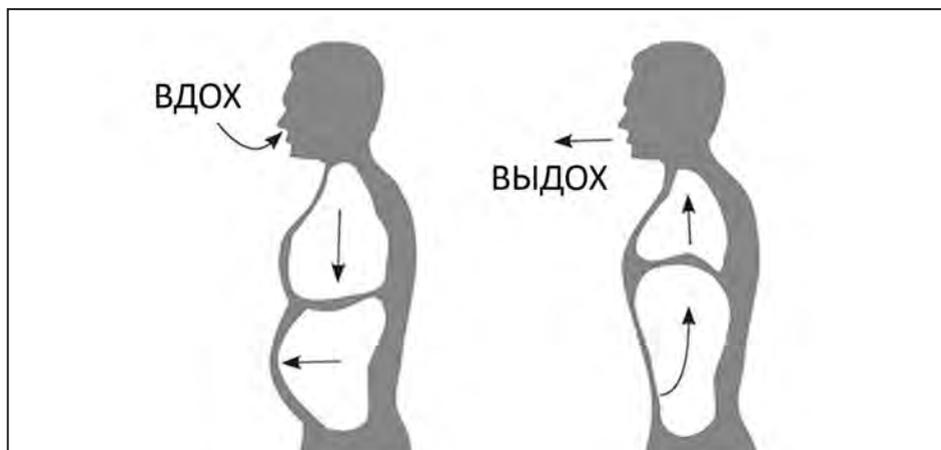


Рисунок 16 – Схема диафрагмального дыхания в положении стоя

ИП стоя (рис. 16←), возможно, с небольшой поддержкой или опорой (на стул, стену, спинку кровати и др.). Глаза открыты. ДД осуществляется с удобной частотой и амплитудой. На вдохе, осуществляемом преимущественно через нос, происходит уплощение диафрагмы, расширение грудной клетки, нижний край легких при этом опускается, а мышцы передней брюшной стенки расслабляются, и происходит выпячивание живота вперед. На выдохе, осуществляемом преимущественно через рот, купол расслабленной диафрагмы поднимается вверх, грудная клетка за счет эластических свойств сжимается, передняя брюшная стенка уплощается за счет умеренного сокращения мышц брюшного пресса.

ИП в коленно-кистевом положении. Это упражнение дает самую интенсивную нагрузку на органы дыхания, выполнять его следует после достаточной отработки предыдущих упражнений. Основная цель занятия – научиться чувствовать диафрагму и контролировать процесс дыхания. Спина должна быть прямая, шея продолжает линию позвоночника. Необходимо расслабить брюшные мышцы и ритмично дышать, при вдохе расслабляя, а при выдохе втягивая мышцы живота. Независимо от исходного положения дышать нужно от 5 до 15 минут 2–3 раза в день, начиная с обычного выполнения, во второй трети добавив «довыдохи».

Выполнять дыхательные упражнения можно не только в статических положениях, но и в движении. Во время ходьбы или выполнения физических упражнений следует не только сохранять ритмичность дыхания, но и правильно сочетать его с ритмом движения (4 шага – вдох, 4 шага – выдох). Важно помнить, что потеря ритмичности дыхания приводит к нарушению газообмена в легких, утомлению и развитию других клинических признаков недостатка кислорода.

Эффект от ДУ у больных с пневмониями заключается в следующем:

- задействуется максимально необходимый объем легких, за счет чего улучшается естественная вентиляция, она способствует очищению легких и увеличению их объема (приблизительно на 10–30 %);

- ДУ способствуют максимальному насыщению крови кислородом (за счет эффективного вентиляционно-перфузионного взаимоотношения в нижних отделах легких) при минимальных энерготратах;

- диафрагма при движении производит массаж печени и других внутренних органов, улучшая периферическое кровообращение и тонус сосудов (в том числе в бассейне портальной вены), способствует активации пищеварения и улучшению функций ЖКТ и надпочечников;

- ДУ способствуют снятию мышечного напряжения и восстановлению подвижности в нижней части спины, в области таза и живота, особенно у пациентов, длительное время находящихся в положении лежа и сидя;

- ДУ положительно влияют на психоэмоциональное состояние.

Для активации вспомогательной дыхательной мускулатуры и поддержания высокой функциональной готовности максимального количества легочных сегментов используются дыхательные упражнения с локализованным воздействием на различные доли легких (верхнюю левую, нижнюю левую, верхнюю правую, среднюю правую, нижнюю правую).

Учитывая характер течения пневмоний, обусловленных коронавирусной инфекцией (COVID-19), и их полисегментарную распространенность, помимо ДД целесообразно использовать следующие варианты дыхательных упражнений: нижнегрудное дыхание; среднегрудное дыхание; верхнегрудное дыхание.

При их выполнении основные ИП, как и при выполнении ДД, могут последовательно изменяться: ИП лежа, ИП сидя, ИП стоя, ИП стоя на четвереньках (в коленно-локтевом положении).

Нижнегрудное дыхание. Положить руки крест-накрест на нижний край грудной клет-

ки, на уровне 11–12-го ребер. На вдохе сконцентрироваться на движении нижнего отдела грудной клетки и растяжении грудного отдела позвоночника. На выдохе расслабиться. Повторить 5–6 дыхательных упражнений. Основные мышцы при нижнегрудном дыхании – диафрагма и межреберные мышцы.

Среднегрудное дыхание. Положить руки на груди крест-накрест на уровне 4–6-го ребер (уровень сосков). На вдохе сконцентрироваться на движении среднего отдела грудной клетки и растяжении грудного отдела позвоночника. На выдохе расслабиться. Повторить 5–6 дыхательных упражнений. Основными мышцами при среднегрудном дыхании являются межреберные мышцы и диафрагма.

Верхнегрудное дыхание. Положить руки на верхний край грудной клетки так, чтобы кисти были на уровне надключичной области. На вдохе сконцентрироваться на движении верхнего отдела грудной клетки и растяжении грудного отдела позвоночника. В дыхательном движении можно использовать плечи, они при вдохе должны подниматься. На выдохе расслабиться. Повторить 5–6 дыхательных упражнений. Основными мышцами при верхнегрудном дыхании помимо межреберных мышц и диафрагмы являются лестничные мышцы (поднимают 1-е ребро), грудинно-ключично-сосцевидные мышцы, а также трапециевидные мышцы и некоторые другие мышцы плечевого пояса.

Для вовлечения скелетной мускулатуры с целью развития мышечных синергий могут использоваться следующие дыхательные упражнения:

Наклоны головы в стороны. На вдохе – наклон головы к плечу. На выдохе – возвращение головы в исходное положение прямо. Повторить упражнение 2–5 раз. Данное упражнение помимо активации вспомогательных дыхательных мышц шеи поочередно (с одной и другой стороны) способствует механической стимуляции диафрагмального нерва (начинающегося в верхнешейном отделе).

Обхват плеч. На вдохе, скрестив руки, обхватить корпус (одной рукой за плечо, другой за область подмышечной впадины). На выдохе руки развести, подводя кисть к одноименному плечу. Повторить упражнение 2–5 раз, меняя положение рук. Упражнение позволяет активировать вспомогательную дыхательную мускулатуру плечевого пояса.

Ходьба на месте с дыханием. Во время ходьбы на месте или имитации ходьбы сидя (у ослабленных больных) осуществляется вдох на один шаг, а на другой шаг – выдох. Выполняя синхронизированные с ходьбой движения руками, плечи не поднимать. Упражнение способствует активации глубоких мышц нижнегрудного отдела позвоночника, принимающих участие в дыхании.

Полуприседы. Упражнение доступно только тем пациентам, которые в состоянии выполнять комплекс из ИП стоя. Поставив ноги на ширину плеч, делая полуприседание – вдох, поднимая корпус – выдох. Повторить 2–5 раз. Сначала это упражнение может выполняться с опорой. Упражнение способствует развитию скоординированности мышц, участвующих в поддержании внутрибрюшного и внутригрудного давления.

Физические упражнения для профилактики апноэ сна

Тренировка мышц языка и нижней челюсти направлена на повышение их тонуса, увеличение просвета глотки и уменьшение храпа. Ниже приведен комплекс упражнений для тренировки мышц языка, нижней челюсти и глотки.

1. Максимально выдвигать язык вперед и вниз. В выдвинутом состоянии удерживать в течение 1–2 секунд и произносить в этот момент протяжный звук «И». Выполнять по 30 раз утром и вечером.

2. Нажать на подбородок рукой и с усилием перемещать нижнюю челюсть вперед-назад. Выполнять по 30 раз утром и вечером.

3. Сильно жать зубами и удерживать в течение 3–4 минут деревянную или пластиковую палочку. Выполнять перед сном.

Отчетливый эффект от упражнений 1 и 2 наблюдается через 3–4 недели регулярных занятий. Упражнение 3 вызывает тоническое напряжение жевательных и глоточных мышц, сохраняющееся в течение 20–30 минут.

3.1.2. Использование дыхательных тренажеров

В настоящее время в литературе нет достоверных данных об эффективности использования дыхательных тренажеров у больных с пневмонией, вызванной коронавирусной инфекцией COVID-19. Однако опыт применения таких устройств в лечении и профилактике различных заболеваний легких свидетельствует о том, что при данной патологии целесообразно использовать тренажеры, имеющие закрытый контур выдоха (например, надувание воздушных шаров), поскольку такое нарастающее сопротивление на выдохе отрицательно влияет на вентиляционно-перфузионную функцию легочной ткани и не способствует ее восстановлению. Кроме того, инспираторные мышцы, в том числе диафрагма, в момент выдоха в закрытый контур испытывают избыточное сопротивление, отрицательно влияющее на их способность расслабиться перед предстоящим вдохом.

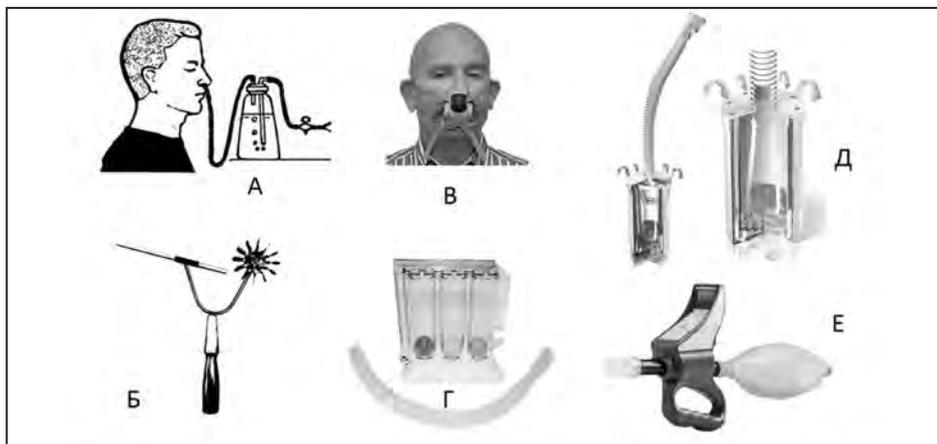


Рисунок 17 – Дыхательные тренажеры:

А – аппарат Боброва, Б – тренажер «Пилатес» («Breath A Cizer»),
 В – тренажер «Новое дыхание», Г – пример поршневого тренажера;
 Д – тренажер Фролова, Е – электропневматический тренажер «SpiroTiger»

В то же время использование дыхательных тренажеров с «открытым контуром» может быть вполне оправданным. В острую стадию это могут быть жидкостные тренажеры по типу аппаратов Боброва, Фролова и др. (рис. 16), в которых в качестве сопротивления используется вода или другие жидкости, например, этиловый спирт (обладающий свойством «пенוגасителя», применяемого при отеке легких), глицерин (обладающий повышенной вязкостью), отвары лекарственных трав, используемые для ингаляций и др. На более поздних этапах реабилитации, а также в целях профилактики осложнений могут применяться поршневые и клапанные тренажеры (например, тренажер Дышко) или тренажеры, изменяющие давление вдыхаемого или выдыхаемого воздуха за счет изменений просвета воздухопроводов (например, тренажер «Пилатес») и электропневматические тренажеры различных конструкций, в том числе с биологической обратной связью.

3.1.3. Постуральный дренаж

Одним из важнейших условий эффективности реабилитации больных с патологией органов дыхания является использование дренажных положений, способствующих не только своевременной эвакуации содержимого бронхов, но и восстановлению функциональных возможностей легочной ткани.

Как известно, одним из основных факторов, формирующих неравномерность вентиляции легких, является действие на организм сил гравитации. В условиях патологии неравномерность вентиляции обусловлена прежде всего неоднородностью механических свойств легких. При этом неравномерность вентиляции не является патогномичным симптомом какой-либо патологии легких и может наблюдаться при различных заболеваниях: пневмониях, обструктивных нарушениях, эмфиземе, других воспалительных процессах, пневмосклерозе, застойных явлениях, опухолях, плевральном выпоте и др. Неравномерность вентиляции приводит к изменению газового состава альвеолярного воздуха и нарушению артериализации крови в легких. Использование дренажных положений вместе с ДУ позволяет изменять вектор действия на легочную ткань сил гравитации, за счет чего активируются нейрорегуляторные и гуморальные механизмы регуляции дыхания, что в целом способствует восстановлению должных механических свойств, нормализации газообмена и других функции легочной ткани.

Также известно, что при гистологическом исследовании легких умерших от коронавирусной пневмонии были выявлены утолщения межальвеолярных перегородок за счет лимфоидной инфильтрации и пролиферации альвеолоцитов II типа. А это ведет к повышению выработки пластинчатых телец и гиперпродукции сурфактанта, влияющего на просвет и эластичности альвеол. В этом случае дренажные и дыхательные упражнения могут способствовать восстановлению микроциркуляции и повышению эластичности легочной ткани, а также удалению излишков сурфактанта.

В основе методики постурального дренажа лежит простой механический принцип. Его суть заключается в том, что больной принимает положение, при котором голова (и верхняя часть трахеи) расположена (как правило) ниже уровня грудной клетки. В дренажных положениях действие сил гравитации на легочную ткань изменяется, она растягивается, жидкое содержимое бронхиального дерева под действием силы тяжести стремится по направлению к главным бронхам и трахее, лучше достигает кашлевых рефлексогенных зон в области бифуркации и легче удаляется с кашлем.

При пневмониях, характеризующихся распространенностью и многоочаговостью, выбор ведущего дренажного положения может быть затруднен. Однако клинический опыт показывает, что периодическая смена различных положений позволяет за счет последовательного гравитационного воздействия (путем переворотов тела) влиять на связанную с воспалительным процессом неоднородность механических свойств легких, улучшая тем самым не только их дренажную функцию, но и способствуя восстановлению вентиляции в пораженных сегментах. Общий подход заключается в том, что больным с полисегментарными изменениями рекомендуется периодически изменять пространственное положение, добиваясь наиболее свободного и эффективного дыхания (с учетом собственных ощущений, показателей сатурации крови, оценки частоты и глубины дыхания, продуктивности кашля).

Положение пациента периодически меняется за счет изменения углов наклона и поворотов с живота на спину и с одного бока на другой (рис. 18, 19 →). Периодичность таких перемещений может быть различной – от нескольких дыхательных движений до нескольких часов. Как правило, продолжительность нахождения в одном положении составляет 20–30 мин., но может индивидуально изменяться. Если одно (или несколько) по-

ложение способствует облегчению (снижение одышки, повышение сатурации, улучшение откашливания), в нем необходимо задержаться более продолжительное время.

Для проведения постурального дренажа преимущественно нижних долей легких пациенту рекомендуется лечь на наклонную поверхность таким образом, чтобы верхняя часть туловища была ниже горизонтальной плоскости на 10–25°. При большей вовлеченности задних отделов может использоваться прон-позиция (лицом вниз), а передних – положение лицом вверх.



Рисунок 18 – Основные положения для постурального дренажа (по Кендигу)

В более простом варианте можно на некоторое время опустить (свесить) верхнюю часть корпуса с края кровати. Находясь в этом положении, осуществляя ДД, периодически на выдохе следует сдавливать руками нижнюю часть грудной клетки. Сначала дренаж выполняется на одном боку, затем на другом.

Для проведения постурального дренажа преимущественно центральных сегментов легкого нужно принять положение сидя, положив под живот подушку. Из этого положения осуществляется сгибание с вытянутыми вперед руками, или используется коленно-локтевое положение с опорой на живот, и также выполняются дыхательные движения диафрагмой.

Для постурального дренирования боковых сегментов легких пациенту рекомендуется лечь на здоровый бок, при этом голова и верхняя часть туловища могут быть ниже уровня таза и ног. Для усиления эффекта можно использовать подушку под правый или левый бок. Находясь в дренажном положении, следует выполнить, наряду с диафрагмальным и обычным дыханием, несколько глубоких дыхательных движений с «довыдохом», способствующих продуктивному откашливанию. Отдельно для правого (состоящего из трех долей) и левого (состоящего из двух долей) легких могут быть использованы специальные положения.

Дренирование правого легкого: дренирование переднего сегмента верхней доли легкого – в положении сидя, отклонившись назад; дренирование заднего сегмента – в положении сидя, наклонившись вперед; дренирование верхушечного сегмента – в положении сидя, отклонившись влево; дренирование средней доли – в положении лежа на спине, подтянув ноги к груди и откинув голову назад, или в положении на левом боку при поднятом ножном конце кушетки и опущенном правом плече; дренирование правой ниж-

ней доли легкого – в положении на левом боку, с прижатой к груди левой рукой, ножной конец кушетки поднят на 40 см.

Дренаживание левого легкого: дренирование переднего сегмента верхней доли – в положении сидя, отклонившись назад; дренирование заднего сегмента – в положении сидя, наклонившись вперед; дренирование верхушечного сегмента – в положении сидя, отклонившись вправо; дренирование нижних сегментов верхней доли – в положении на правом боку с опущенным левым плечом, согнутая правая рука прижата к груди, левая нога согнута в коленном суставе; дренирование нижних сегментов левой нижней доли – в положении на правом боку, рука прижата к груди, ножной конец кушетки приподнят на 50 см; при повороте вперед отток осуществляется из заднего сегмента; положение на боку способствует дренированию бокового сегмента.

Дренажу нижних отделов легких (часто вовлекаемых при коронавирусной пневмонии) наиболее способствуют физические упражнения, связанные с напряжением мышц брюшного пресса: сгибание ног в коленях и тазобедренных суставах при одновременном надавливании на живот; разведение и перекрестное сведение выпрямленных приподнятых ног в положении лежа на спине, движение обеими ногами (велосипед).

Если при выполнении постурального дренажа возникают неудобства, усиливается одышка или снижаются показатели сатурации крови, процедура прерывается и положение пациента изменяется на противоположное или нейтральное (на спине, животе или боку).

Таким образом, поскольку эффективность смешивания газов в легких зависит от величины дыхательного объема, частоты дыхания, соотношения длительности инспираторной и экспираторной фаз, а эффективность легких как газообменного органа зависит от того, в какой степени при прочих равных условиях соответствуют друг другу величины кровотока и вентиляции в различных участках легких, – дыхательные упражнения, в том числе с использованием ДД, дыхательных тренажеров и постуральных дренажных технологий, способны (в определенных физиологических пределах) влиять на все составляющие эффективности работы легких. Учитывая, что при выполнении ДУ могут дозированно изменяться ДО, ЧСС и соотношение вдоха и выдоха, можно утверждать, что при выполнении целенаправленных ДУ и создании изменяемых гравитационных условий работы легких могут меняться их эластичность, локальная микроциркуляция и восстанавливаться вентиляционно-перфузионные взаимодействия.

3.1.4. Кардио-респираторные тренировки

Могут быть использованы в целях восстановления вентиляционно-перфузионных возможностей легочной ткани и повышения толерантности к физическим нагрузкам на поздних этапах реабилитации. Для этого в качестве основных способов применяются: лечебная ходьба, скандинавская ходьба, терренкур, дозированное плавание и велосипедные тренировки.

Лечебная ходьба. Является наиболее доступным методом кардио-респираторных тренировок. Начинать ходьбу после перенесенной пневмонии нужно в щадящем режиме, полностью исключая возникновение одышки. В последующем интенсивность ходьбы может увеличиваться, достигая такого уровня, чтобы пациент во время ходьбы мог свободно вести разговор, но не петь (тест «пения и говорения»). У больных с высокой толерантностью к физическим нагрузкам ходьбу чередуют с дозированным бегом в медленном темпе без ускорений и рывков. Такой бег не должен вызывать одышки и кардиалгии. Частота пульса – не выше 80 % пороговой индивидуальной субмаксимальной нагрузки. Ослабленные больные совершают пешеходные прогулки на 3–6 км продолжительностью 1,5–2,5 ч. Частота пульса составляет 50–60 % пороговой индивидуальной нормы. Прогул-

ки не должны сопровождаться чувством усталости, а при утомлении необходимо делать перерывы для отдыха.

Скандинавская ходьба является одним из наиболее предпочтительных видов циклической нагрузки у пациентов, перенесших пневмонию, поскольку при ее выполнении активно используются мышцы плечевого пояса и лопаток, являющиеся вспомогательными дыхательными мышцами. В исследованиях, проводимых на здоровых людях, показано, что скандинавская ходьба в отличие от ходьбы без палок (при одинаковой интенсивности, 5–6 км/ч) в среднем на 20 % больше способствует повышению потребления кислорода (Morss С., 2001), что может свидетельствовать о существенной активации вентиляционно-перфузионных взаимодействий в легких, способствующих улучшению функции легочной ткани и ее восстановлению.

Учитывая доступность данного вида циклических кардиореспираторных тренировок в современных (особенно городских) условиях, возможность строгого дозирования нагрузок, в том числе с использованием индивидуальных носимых средств контроля (шагомер, пульсометр, пульсоксиметр и др.), следует предполагать, что скандинавская ходьба может стать одним из распространенных методов физической реабилитации больных, перенесших пневмонию, ассоциированную с коронавирусной инфекцией (COVID-19), как на амбулаторно-поликлиническом, так и на санаторно-курортном этапах реабилитации.

Терренкур. Чередование ходьбы по ровной местности и пересеченной с подъемами от 3 до 15°. Нагрузку определяют по частоте пульса, которая должна составлять 50–60 % субмаксимальной для данного возраста или быть индивидуальной для данного больного. Темп ходьбы должен быть медленным (60–80 шагов в 1 мин.) или средним (80–100 шагов в 1 мин.). При этом терренкур может успешно сочетаться со скандинавской ходьбой.

Гидрокинезотерапия. Тренировки проводят в теплой воде открытого водоема или бассейна. Выполняют выдох в воду с погружением лица, а также упражнения с задержкой дыхания после вдоха и упражнения на расслабление. Используют лечебное плавание брасом с выдохом в воду в произвольном темпе с постепенным увеличением дистанции и продолжительности пребывания больного в воде. Однако при использовании данного метода следует учитывать индивидуальные реакции пациентов с заболеваниями легких на химический состав паров воды над ее поверхностью. В частности, нежелательным является вдыхание паров, содержащих раздражающие вещества (хлор, сероводород и др.), а также высокие концентрации углекислого газа, способные привести к временной гипоксии.

3.2. ФИЗИОТЕРАПИЯ

На I этапе ФР основными методами физиотерапии, показавшими свою высокую эффективность при стационарном лечении больных с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19), являются: электромиостимуляция (ЭМС) дыхательной мускулатуры с использованием аппарата «Деаксон», локальная гипертермия (при условии повышения t тела до субфебрильной) и инфракрасное (ИК) воздействие на надключичную область (лимфатические узлы и область проекции верхней части диафрагмального нерва), аппаратный вибромассаж в проно-позиции, а также использование дренажных положений.

Правила назначения процедур

1. Сеансы физиотерапии и дыхательные упражнения проводятся ежедневно.

2. Для деаксон-терапии, как правило, используется большой электрод с функцией ИК-излучения (пояс). Это позволяет оптимизировать время на подготовку и проведение процедур, поскольку данный электрод обладает достаточной площадью для стимуляции большого количества мышечных волокон, он удобен при постановке и фиксации, а также

достаточно просто обрабатывается обычными дезинфицирующими средствами. Процедуры деаксон-терапии проводятся в положении на спине или в прон-позиции (на функциональной кровати или с подушками под животом).

3. Широкий электрод устанавливается на спину: в нижней части грудной клетки на проекцию диафрагмы и на проекцию легких. Позиции установки электродов чередуются через день. В ходе проведения процедур положение электрода может меняться для активации наиболее ослабленных дыхательных мышц (межреберные мышцы, мышцы плечевого пояса и др.) в зависимости от клинических проявлений и жалоб пациента.

4. Продолжительность процедуры ЭМС с использованием аппарата для деаксон-терапии составляет 20 минут.

5. Используется первый (стимулирующий) автоматический режим, позволяющий активировать глубоко лежащие мышечные волокна диафрагмы, предотвратить гипотрофию мышц спины и позвоночного столба (в результате длительного нахождения в лежащем положении), а также стимулировать межреберные симпатические волокна, обеспечивающие иннервацию органов грудной клетки.

6. Сила тока и интенсивность ИК-излучения подбирается индивидуально, в зависимости от клинической картины и ощущений пациента.

7. Аппаратный вибромассаж (рис. 19), стимулирующий отхождение мокроты, используется в комбинации с дренажными положениями.

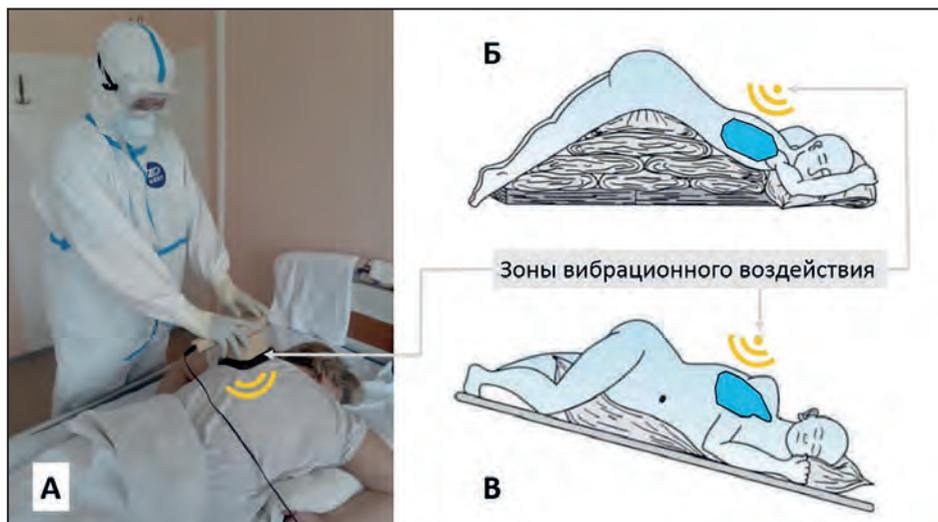


Рисунок 19 – Аппаратный вибромассаж:

А – использование аппарата «Витал Райз»; Б – вибромассаж и постуральный дренаж в прон-позиции с наклоном; В – вибромассаж и постуральный дренаж в латеропозиции с наклоном

Аппарат для проведения вибромассажа сочетает в себе вертикальные движения с неравномерными вращательными, частота вибрации составляет до 4500 оборотов в минуту. Дополнительно имеется функция нагрева, что позволяет усилить эффект от процедуры, максимальная температура составляет 55 °С. Массаж проводится без использования насадок, через тонкую ткань или одежду пациента, что облегчает его проведение – исключает эффект прилипания и непосредственный контакт с кожей пациента. Начинается лече-

ние с 5-минутного воздействия на каждое легкое, далее время процедуры увеличивается до 10 минут на каждое легкое. У пациента не должно возникать неприятных, болезненных ощущений. Процедура проводится дважды в день все время нахождения пациента в стационаре. Простота выполнения процедуры позволяет обучить ее проведению самих пациентов и не загружать медперсонал.

Деаксон-терапия. Стимулирующие синусоидально-модулированные токи (СМТ), применяемые в аппаратах «Деаксон»*, вызывают в тканях большое количество реакций, которые функционально в большей степени не взаимосвязаны. По этой причине в течение процедуры происходит стимуляция вегетативной, сенсорной и моторной нервных систем и вызываются следующие эффекты:

Гиперемия – в тканях, подвергающихся воздействию, усиливается метаболизм, абсорбция, улучшаются противовоспалительные и бактерицидные условия, активизируется капиллярное кровообращение.

Аналгезия – анальгезирующий эффект стимулирующих токов аппарата «Деаксон» связан с изменениями в ионной среде тканей, гиперемией и их последствиями, но особенно с суперпозицией эффектов импульсов.

Мышечная стимуляция – как при гипотонии мышц, так и при атонии и параличе можно производить сокращения мышц с желаемым ритмом и точной дозировкой интенсивности.

Влияние на внутренние органы – при использовании соответствующего наложения электродов возможна либо прямая стимуляция органов, либо через рефлекторные пути, – например, на центральную нервную систему, пропуская ток через головной или спинной мозг.

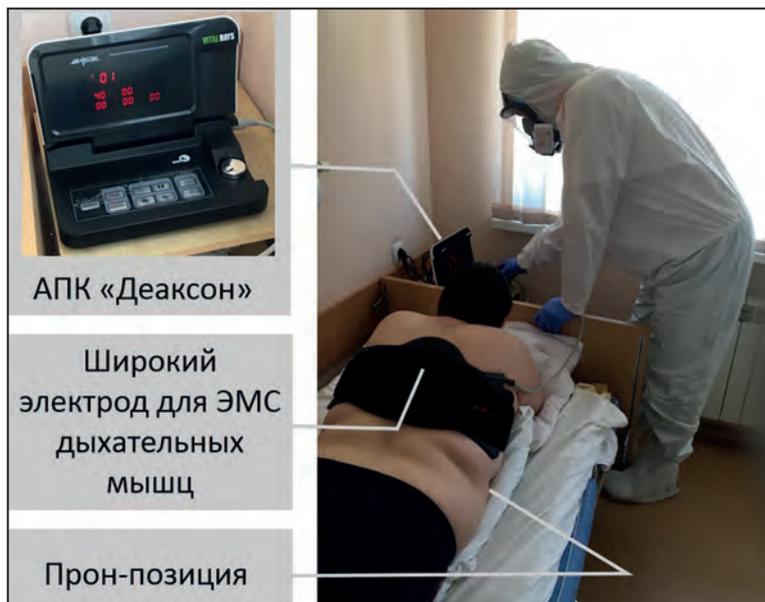


Рисунок 20 – Электростимуляция дыхательной мускулатуры у больных с пневмонией, вызванной коронавирусной инфекцией

* АПК «Деаксон», производство компании «Витал Райз» (Россия).

Мероприятия ФР на ранних стадиях развития COVID-инфекции позволяют: сократить сроки лечения пациентов и способствуют их раннему возвращению к активной деятельности; предупредить развитие ДН и других ранних осложнений инфекции; снизить нагрузку на подразделения реанимации и интенсивной терапии в условиях эпидемии, повысив тем самым эффективность проводимых мероприятий для других пациентов. Простота использования и регулировки параметров воздействия физиотерапевтического оборудования, мобильность и удобство перемещения в палате, простота санитарной обработки, надежность и универсальность применения позволяют использовать его в условиях высоких нагрузок на учреждения здравоохранения, существенно экономя время медицинского персонала и повышая эффективность проводимого лечения.

На II и III этапах реабилитации, после купирования острых признаков пневмонии (период реконвалесценции), наряду с вышеописанными методиками физиотерапии, могут быть использованы физические методы лечения (табл. 1).

Таблица 1 – Физические методы лечения пневмонии на II и III этапах реабилитации

Репаративно-регенеративные методы	Высокоинтенсивная УВЧ-терапия, ингаляционная терапия кортикостероидами, ультразвуковая терапия, лекарственный ультрафонофорез, СУФ-облучение в эритемных дозах
Муколитические методы	Ингаляционная терапия муколитиков и мукокинетиков, вибрационный массаж, осцилляторная модуляция дыхания
Бронхолитические методы	Ингаляционная терапия бронхолитиками, диадинамотерапия, амплипульстерапия, галоингаляционная терапия, массаж грудной клетки
Вазоактивные методы	Теплолечение (локальная гипертермия, капилляротерапия), инфракрасная лазеротерапия, низкочастотная магнитотерапия, парафинотерапия

3.2.1. Электротерапия

Диадинамотерапия – лечебное воздействие на организм диадинамическими токами с импульсами полусинусоидальной формы с затянутым по экспоненте задним фронтом частотой 50 и 100 Гц и их различными комбинациями.

Амплипульстерапия – лечебное воздействие на организм синусоидальных модулированных токов. Помимо стимуляции дыхательной мускулатуры, используют и при затяжном характере воспаления с целью активации дренажной функции бронхов, улучшения легочного кровотока, рассасывания воспалительных изменений в тканях, улучшения дренажной функции бронхов и повышения сниженного тонуса мышц грудной клетки. Используют следующие виды диадинамических токов:

Однополупериодный непрерывный – полусинусоидальный ток частотой 50 Гц. Обладает выраженным раздражающим и миостимулирующим действием, вплоть до тетанического сокращения мышц.

Однополупериодный ритмический – прерывистый однополупериодный ток, посылки которого чередуются с паузами равной длительности (1,5 с), оказывает выраженное миостимулирующее действие, которое сочетается с полным расслаблением во время паузы.

Короткопериодный – ток, модулированный коротким периодом, – сочетание посылок тока ОН длительностью 1,5 с и ритмического тока такой же длительности. Оказывает нейромиостимулирующее действие.

Отличительными особенностями терапии с использованием СМТ-токов аппарата «Деаксон» являются: глубокое воздействие, малое раздражение электрическим током – из-за высокой основной частоты; токи аппарата «Деаксон» преодолевают сопротивление верхних слоев ткани более легко, чем токи низкой частоты в изолированном виде; отсутствие опасности ожогов – поскольку в аппарате «Деаксон» используются бифазные токи, они не вызывают перераспределения ионов в тканях. Не возникает накопления анионов и катионов под электродами, как при использовании монополярных токов, по этой причине отсутствует опасность появления химических ожогов от процедуры. Легкость в наложении электродов: в отличие от монополярных токов, где различают два полюса – анод и катод, токи аппарата «Деаксон» аполяры, т. е. отсутствует необходимость учитывать полярность электродов при их наложении.

При среднечастотной электротерапии на АПК «Деаксон» используются различные модуляции частот, эффекты от которых различны:

- 80–250 Гц – аналгезия, гиперемия, успокаивающее воздействие на симпатическую нервную систему. Основное назначение – снятие острой боли, пробный сеанс лечения.
- 30–50 Гц – миостимулирующий эффект, рекомендован для получения максимальной мышечной нагрузки. При частотах более 40 Гц усиливается эффект местного утомления.
- 10–20 Гц – максимальный тонизирующий эффект на мышечные волокна, повышает мышечную выносливость.
- 0,5–25 Гц – активация симпатической нервной системы, сильный моторный стимулирующий эффект – от единичных подергиваний до подрагивания мышц. Улучшение микроциркуляции, лимфообращения, нормализация работы вегетативной нервной системы. Также эти частоты рекомендованы для лечения мышечной атрофии.
- 0,5–5 Гц – при низких интенсивностях используют для стимуляции вегетативной нервной системы, при высоких – для мышечной тренировки.
- 0,5–250 Гц – в этом частотном диапазоне стимулируются все чувствительные структуры ткани. Происходит чередование аналгезии и моторной стимуляции мышечной и нервной тканей, которое вызывает детонизирующее подрагивание и вибрацию. В дополнение

к обезболивающему эффекту ускоряются процессы клеточного метаболизма и нормализуется тканевый тонус.

В поликлинических или санаторно-курортных учреждениях процедуры СМТ-терапии для пациентов, перенесших коронавирусную инфекцию, могут проводиться с использованием аппаратов «Деаксон» или физиоаппаратов-комбайнов для электротерапии. Подводимый к больному ток дозируют по силе и частоте. Силу тока постепенно увеличивают до ощущения отчетливой вибрации или чувства сползания электрода. Ощущение вибрации должно быть выраженным, но не болезненным. Появление ощущения жжения под электродами – основание для уменьшения силы тока. В связи с адаптацией чувствительность к току снижается, и в течение процедуры силу тока периодически увеличивают до появления выраженной вибрации. После окончания процедуры регулятор силы тока возвращают в нулевое положение и выключают аппарат.

Диадинамические и синусоидальные модулированные токи назначают на межлопаточную область, зону проекции надпочечников или соответственно очагу поражения. Продолжительность проводимых ежедневно (или два раза в день) воздействий составляет 8–10 мин. Курс лечения – 6–12 процедур.

3.2.2. Ингаляционная терапия

Еще древний врач Гален заметил, что люди, которых мучает кашель, чувствуют себя лучше во время длительных прогулок вдоль моря. Он предположил, что это действие связано с вдыханием паров, содержащих морскую соль. А в 1894 г. старший врач курорта Старая Русса С.В. Таличев в своем годовом отчете отмечал: «Воздух, насыщенный распыленной минеральной водой, согретый лучами солнца, полезен для вдыхания больным катарам зева, носа, гортани, бронхов». Поэтому с давних времен при лечении заболеваний респираторной системы применяют ингаляции природных минеральных вод в виде аэрозолей*.

Ингаляции – метод лечебного воздействия аэрозолей лекарственных веществ на дыхательные пути больного. Назначается для увеличения площади контакта лекарственных веществ со слизистой оболочкой дыхательных путей и альвеол, что повышает резорбцию препарата слизистой оболочкой, ускоряет рассасывание воспалительного очага и параллельно улучшает функцию внешнего дыхания, потенцирует бактерицидное или бактериостатическое действие фармакологических средств. Ингаляционную терапию аэрозолями лекарственных веществ (табл. 2) проводят с помощью ультразвуковых ингаляторов и компрессорных небулайзеров, которые обеспечивают формирование респираторной фракции частиц лекарственных веществ с высокой степенью дисперсности (до 5 мкм), благодаря чему они проникают до альвеол.

Для ингаляций возможно использование растительных эфирных масел, способствующих снижению тонуса гладких мышц бронхального дерева, рефлекторной активации дыхательного центра и поперечно-полосатой дыхательной мускулатуры. Такие ингаляции проводят с помощью паровых или компрессионных ингаляторов или за счет естественного вдыхания паров, образующихся в обычных условиях. Комплексным противовоспалительным, антисептическим и иммуномодулирующим действием обладают капли "Кармолис"**, которые применяют в качестве основы для ингаляционной терапии или как средство профилактики, например, при добавлении в чай или травяной отвар.

* Медико-географический атлас России «Целебные источники и растения», 2019.

** Капли "Кармолис" содержат водно-спиртовой раствор следующих эфирных масел: анис, гвоздика, кассия, лимон, лаванда, мускат, мята, тимьян, цитронелла, шалфей.

**Таблица 2 – Смеси лекарственных веществ
для ингаляционной терапии**

Лекарственные вещества (смеси), их количество в растворе	Кол-во на процедуру
Натрия гидрокарбоната – 2 г, воды дистиллированной – 100 мл	100 мл
Натрия гидрокарбоната – 2 г, натрия хлорида – 1 г, воды дистиллированной – 100 мл	100 мл
Натрия гидрокарбоната – 1 г, натрия тетрабората – 1 г, калия йодида – 0,25 г, воды дистиллированной – 100 мл	100 мл
Настоя ромашки – 10 г на 100 мл воды, масла ментолового 5 кап.	50–100 мл
Раствора новоиманина 1 % – 0,5 мл, раствора глюкозы 5 % – 5 мл	5 мл
Раствора диоксидина 1 % – 1 мл, раствора глюкозы 5 % – 5 мл	6 мл
Экстракта алоэ – 1 мл, раствора новокаина 0,5 % – 3 мл	4 мл
Ментола – 0,1 г, масла эвкалиптового – 1 г, масла касторового – 1 г, масла персикового – 1 г	0,5 мл
Масла анисового – 10 г, масла эвкалиптового – 10 г	0,5 мл
Ментола – 0,1 г, масла вазелинового – 10 мл, рыбьего жира – 0,8 г, масла эвкалиптового – 1 г	0,5 мл
Ментола – 0,8 г, масла эвкалиптового – 3 г, масла терпентинного очищенного – 10 мл, масла вазелинового – 87 мл	0,5 мл

Для очищения бронхов от слизи, клеточного детрита с целью прямого воздействия на воспалительный процесс в бронхолегочной ткани назначают паровые ингаляции веществ, разжижающих мокроту и облегчающих ее отхождение – щелочных растворов (1–2%-й раствор пищевой соды), морской соли, соляно-щелочных минеральных вод и др., отвара подорожника, мать-и-мачехи, шалфея, муколитических препаратов. Восстановление бронхиальной проходимости и активация мукоцилиарного клиренса достигаются с помощью бронхолитических и отхаркивающих средств. При бронхоспазме назначают солутан, бронхолитин, препараты из группы метилксантинов. Из отхаркивающих средств рекомендуются муколитики (бромгексин, лазолван, ацетилцистеин), корень алтея, мукалтин, термоспис, лист подорожника и другие растительные экспекторанты, горячее щелочное питье и т. д. В лечебных целях применяют ингаляции, выполняемые с помощью компрессорного ингалятора ИНКО со вторым режимом генерации аэрозоля – мелкодисперсного. Лекарственные растворы в виде аэрозолей подают через индивидуальную маску или через легко стерилизуемый наконечник.

Для ингаляций природными минеральными водами при заболеваниях органов дыхания используются преимущественно слабо- и среднеминерализованные воды, применяемые и для питьевого лечения: *гидрокарбонатные натриевые и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды* (эссендуки № 4), *гидрокарбонатно-сульфатные кальциевые и натриево-кальциево-магниево-натриевые воды (нарзаны), сульфатные и сульфатно-хлоридные*

различного катионного состава, а также *кальциево-натриевые воды* с различным анионным составом. Минеральные воды при ингаляции, попадая в полость верхних дыхательных путей и легких в виде мелкодисперсного аэрозоля или охлажденного пара, способствуют повышению двигательной активности мерцательного эпителия, разжижают густую и вязкую слизь, способствуют ее более легкому откашливанию, уменьшают сухость и раздражение слизистой оболочки.

В зависимости от состава минеральной воды ингаляции могут быть щелочные и кислые. Щелочная минеральная вода для ингаляций применяется при лечении последствий воспалительных болезней респираторной системы (пневмония, бронхит, трахеит), а также для профилактической санации хронических инфекционных очагов (фарингит, тонзиллит, гайморит). Вдыхание ее аэрозольных частиц устраняет кислую среду, которая существует в области повреждения слизистых оболочек. При этом улучшается вязкость мокроты. Кислая минеральная вода рекомендована для использования при хронических атрофических заболеваниях дыхательных путей. При ее попадании в дыхательные пути улучшается кровоснабжение слизистой оболочки и обмен веществ в ней. На этом фоне также уменьшается вязкость мокроты, что способствует ее лучшему отделению. Эти свойства природных минеральных вод могут быть использованы для лечения последствий фиброзного воспаления после пневмоний, ассоциированных с коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Обычно ингаляции выполняются не менее чем через час после приема пищи. Важно, чтобы перед проведением ингаляций из минеральной воды был удален растворенный в ней углекислый газ. Во время ингаляции пациент должен расслабиться и дышать в привычном ритме. Для лечения последствий заболеваний верхних дыхательных путей, трахеи и бронхов применяется вдох через рот, но не очень глубоко, чтобы не вызвать кашель. При заболеваниях носа и носовых пазух (синусит, гайморит) вдох осуществляется носом.

Для усиления терапевтического эффекта к минеральной воде могут быть добавлены отвары трав, обладающих противокашлевым, отхаркивающим и дезинфицирующим действием (ромашка, подорожник, шалфей, зверобой и др.), или готовые фитотерапевтические «грудные» сборы. После ингаляций в течение часа необходимо соблюдать следующие требования: не курить, желательнее не принимать пищу и не пить, особенно газированные напитки, а также соблюдать щадящий голосовой режим.

При хронических обструктивных заболеваниях легких (ХОБЛ), как возможных последствиях вирусных пневмоний, используется немедикаментозная аэрозоль-терапия с применением различных типов минеральных вод, что оказывает не только местное, но и системное противовоспалительное действие, улучшает состояние системы перекисного окисления липидов и антиоксидантной защиты, бронхиальную проходимость и адаптационные возможности у больных ХОБЛ. Наибольшим клиническим эффектом обладают ингаляции гидрокарбонатных, хлоридных, кремнистых вод с низким содержанием кремния, которые могут быть использованы в нативном виде или в разведении до концентрации 1–2%-го раствора. Продолжительность ежедневно проводимых ингаляций – 5–15 мин., курс лечения – 10–20 процедур.

Галоингаляционная терапия («соляная пещера») – лечебное использование аэрозоля поваренной соли (хлорида натрия). Он проникает по дыхательным путям до уровня мелких бронхов и увеличивает амплитуду движений ресничек мерцательного эпителия бронхов, активируя мукоцилиарный транспорт. За счет восстановления нормальной осмолярности секрета бронхов и бронхиол он уменьшает конвекционный поток и снижает секреторную функцию их слизистой. В результате у больных уменьшаются одышка и количество хрипов в легких, активируются репаративно-регенеративные процессы в бронхиолах. В результате курса галотерапии существенно снижается степень аллергии

организма больных. Процедуры осуществляют при помощи индивидуальных галоингаляторов. Продолжительность ежедневно проводимых воздействий составляет 15–30 мин., курс лечения – 12–25 процедур.

3.2.3. УВЧ-терапия

Ультравысокочастотная терапия электрическим полем (УВЧ-терапия) – лечебное использование электрической составляющей переменного электромагнитного поля высокой частоты (27,12 МГц). Назначают больным при пневмонии в период завершения активного воспалительного процесса на область проекции патологического очага в легком. УВЧ-терапия способствует уменьшению экссудации в тканях, снижает их отечность, восстанавливает микроциркуляцию. Под влиянием электрического поля УВЧ усиливается местный фагоцитоз, образуется лейкоцитарный вал, очаг воспаления отграничивается от здоровых тканей. Могут использоваться аппараты УВЧ с автоматической настройкой в резонанс генераторного и терапевтического контуров.

При УВЧ-терапии области легких больной сидит на деревянном стуле. Конденсаторные пластины диаметром 150 или 180 мм каждая устанавливают на задней и передней поверхностях грудной клетки: одну – в области корней легких (на уровне ThIV–ThVIII позвонков), другую – в области передней грудной стенки (за исключением области сердца). Используют две конденсаторные пластины одинакового диаметра (8 или 11,3 см), которые располагают поперечно или продольно с воздушным зазором, величина которого определяется глубиной расположения патологического очага. При неглубоких очагах поражения зазор между пластинами и поверхностью кожи составляет 1 см, а при глубоком расположении патологического очага – 3 см. Суммарный воздушный зазор не должен превышать 6 см. Процедуры можно проводить через одежду, но не через влажную повязку. Доза – слаботепловая или тепловая; продолжительность процедуры – 10–15 мин., ежедневно или через день; курс – 15 процедур.

3.2.4. Фотонотерапия

Фотонотерапия – лечебное воздействие фотонов или элементарных частиц квантового электромагнитного излучения (лазеры, видимый свет, ультрафиолетовое облучение и др.)

Лазеротерапия – в виде воздействия низкоинтенсивного (инфракрасного) лазерного излучения – традиционно используется для лечения заболеваний легких. Такое излучение улучшает микроциркуляцию в легочной ткани, ослабляет спазм гладкой мускулатуры бронхов (уменьшает обструктивный компонент внешнего дыхания), оказывает местную и общую иммуностимуляцию, потенцирует действие антибиотиков путем увеличения концентрации их в легочной ткани за счет интенсификации тканевого кровотока. Используют аппараты типа "РИКТА-04" или "Мустанг". Облучают легкие по зонам: середина грудины, межлопаточная область паравертебрально и на зону проекции воспалительного очага. Используют непрерывное инфракрасное лазерное излучение мощностью 40–60 мВт, импульсное – мощностью 3–5 Вт в импульсе, частотой 80 Гц, по 1–2 мин. на одну зону, до 12–15 мин. ежедневно, курс 10 процедур. В зарубежных источниках появились первые положительные результаты использования MLS*-лазера (действующего одновременно в двух диапазонах волн – 808 и 905 нм) у пациентов с пневмониями, вызванными коронавирусной инфекцией (COVID-19).

У реконвалесцентов используют также транскутанное лазерное облучение крови.

* MLS – *Multiwave Loced Sistem (ASAlaser, Италия)*.

Пучок инфракрасного излучения от излучателя-«конуса» направляют на проекцию кубитальной или подключичной вен. Частота модуляции – 5 имп × с-1. Методика стабильная. Мощность излучения 2 Вт, продолжительность облучения 8–10 мин., ежедневно, курс лечения – 10 процедур.

Воздействием поляризованным светом способствует регенерации ткани, а также восстановлению процессов вегетативной нейрорегуляции респираторной системы. Применяют модулированные источники видимого спектра света и «белый свет». Продолжительность процедур 15–20 мин. ежедневно или через день с поочередным воздействием на различные проекционные зоны легких.

Ультрафиолетовое облучение – лечебное применение ультрафиолетового излучения длиной волны 400–180 нм. Через 2–8 ч после облучения возникает равномерное покраснение кожи, ограниченное областью облучения, – эритема. Она достигает максимальной интенсивности на 2-е сутки и к 5–7-му дню постепенно стихает. Эритемные дозы УФ-излучения оказывают выраженное противовоспалительное, десенсибилизирующее и обезболивающее действие. Оказывают выраженное противовоспалительное действие за счет повышения фагоцитарной активности лейкоцитов, а воздействие инфракрасными лучами способствует активации периферического кровообращения, стимуляции фагоцитоза, рассасыванию инфильтратов и дегидратации тканей, особенно при подострой и хронической стадии воспаления. Облучение проекции пораженного участка легких в эритемных дозах производят с расстояния 50 см. Одномоментно (в один день) облучают ограниченный участок кожи площадью не более 400–600 см²; применяют дозы УФ-излучения, вызывающие развитие эритемы средней интенсивности (3–5 биодоз). Повторное облучение одного и того же участка кожи проводят через 2–3 дня после первого воздействия, увеличивают дозу на 30–50 % по сравнению с предыдущим облучением. «Фракционное» облучение грудной клетки двумя полями (передняя и задняя поверхности) проводят по 2–3 биодозы на поле, ежедневно со смещением локализатора на необлученные поверхности кожи, курс 6 процедур. На санаторно-курортном этапе реабилитации у больных, перенесших пневмонию, целесообразно использовать солнечные ультрафиолетовые ванны (гелиотерапия) на открытом воздухе, продолжительностью до 30–40 минут.

3.2.5. Магнитотерапия

Низкочастотная магнитотерапия – лечебное применение магнитной составляющей переменного электромагнитного поля низкой частоты. Назначают при наличии остаточных явлений для уменьшения отека и улучшения альвеолярного кровотока, стимуляции обменных процессов в очаге воспаления. Индукторы устанавливают в проекции легких продольно или поперечно, дозируя процедуры по величине магнитной индукции. Продолжительность проводимых ежедневно или через день лечебных воздействий составляет 15–30 мин. На курс лечения назначают 20–25 процедур. При необходимости повторный курс низкочастотной магнитотерапии назначают через 1–2 мес.

Высокочастотная магнитотерапия (индуктотермия) используется при реабилитации пациентов с центральными и прикорневыми пневмониями. Такое воздействие усиливает микроциркуляцию и лимфоотток, уменьшает бронхоспазм, улучшает отделение мокроты и вентиляционно-дренажную функцию бронхов. Индуктотермия повышает обмен веществ, расслабляет гладкие и поперечно-полосатые мышцы, оказывает противовоспалительное и антисептическое действие. Используют аппараты с резонансным индуктором (электродом вихревых токов), который размещают в проекции очага поражения или в области корней легких. Продолжительность процедуры 10–15 мин. ежедневно или через день; курс лечения – 10–12 процедур.

По опыту российских специалистов, положительному эффекту лечения у пациентов с коронавирусной пневмонией способствует использование аппаратов для проведения магнито-вибротерапии Easy Terza Serie*, а также высокоинтенсивной магнитотерапии (SIS)** , позволяющей производить бесконтактную стимуляцию дыхательной мускулатуры.

3.2.6. Воздействие других лечебных физических факторов

Ультразвуковая терапия – лечебное применение ультразвуковых волн частотой около 880 кГц. При облучении области проекции очага поражения и сегментарных зон позвоночника улучшает дренажную функцию бронхов, уменьшает бронхоспазм и предотвращает образование спаек в плевральной полости. Активация мембранных энзимов и деполимеризация гиалуриновой кислоты способствуют уменьшению и рассасыванию отека. При помощи ультразвука осуществляют введение 2–3%-х мазей лекарственных веществ (лекарственный ультрафонофорез эуфиллина, гидрокортизона и др.). В лечебной практике используют направленные механические колебания частотой 880 и 2640 кГц, генерируемые аппаратом УЗТ. На область легких воздействуют сегментарно паравертебрально или над очагом поражения вдоль межреберных промежутков, интенсивность 0,2–0,4 Вт/см², режим импульсный 6–10 мс, метод лабильный, продолжительность воздействия на одно поле 3–5 мин., общее время воздействия за одну процедуру 10–15 мин.; курс – 8 процедур.

Направленная аэроионотерапия имеет широкий спектр лечебного действия при острых респираторных заболеваниях, бронхитах и последствиях пневмоний, которое обеспечивается проникновением в ткани верхних дыхательных путей и легких потока отрицательно заряженных ионов. При этом обеспечивается повышение парциального давления кислорода в капиллярах, активизация микроперфузии, нормализация кислотно-щелочного равновесия крови. Возникают условия для повышения уровня обменно-трофических, регенеративных свойств тканей, развития бактерицидного, бактериостатического, противоотечного, противовоспалительного и иммуномодулирующего действия.

Прерывистая нормобарическая гипокситерапия (методика «горный воздух») – немедикаментозный метод профилактики, лечения и реабилитации, используемый для тренировки кардиореспираторной системы в условиях дыхания человека воздушной смесью, обедненной кислородом (15–10 %). При курсовой гипокситерапии (10–20 процедур) значительно повышается устойчивость организма к различным патогенным факторам внешней и внутренней среды благодаря его предварительной тренировке к кислородной недостаточности (гипоксии). Больным с хроническими последствиями острых заболеваний органов дыхания процедуры «горный воздух» рекомендовано проводить через день, начиная с дыхания 15%-й смесью, постепенно снижая концентрацию кислорода и увеличивая время экспозиции с 5 до 40 мин. Противопоказаниями к проведению процедур являются заболевания в острой фазе, активный инфекционный процесс, повышение температуры тела и декомпенсация хронических заболеваний.

Теплолечение и парафинотерапия назначаются для ликвидации остаточных явлений пневмонии, рассасывания очага воспаления и улучшения альвеолярного кровотока. Аппликации проводят на межлопаточную область или правую половину грудной клетки.

* По данным COVID-центра Научно-исследовательского института скорой помощи им. Н.В. Склифосовского.

** SIS – Super Inductive Sistem. Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции COVID-19» по данным клинического госпиталя Лапино.

В качестве теплоносителя могут использоваться парафин, озокерит, солевые или жидкостные грелки, а также специальное электронагревательное оборудование*. Температура нагретого теплоносителя 40–55 °С. Продолжительность процедур – 15–20 мин.; курс лечения 10–12 процедур.

Волновая биомеханотерапия грудной клетки путем волнового воздействия биомеханического резонанса. В процессе процедуры проводят последовательно вибростимулирование в проекции легочных полей, активных биомеханических звеньев дыхательного аппарата (прямое воздействие), а также пневмомассаж паравerteбральных зон на уровне выхода вегетативных нервных волокон, принимающих обеспечение в регуляции работы легких и дыхательной мускулатуры (рефлексотерапевтическое воздействие).

Массаж грудной клетки способствует уменьшению спазма дыхательной мускулатуры, восстановлению подвижности грудной клетки и диафрагмы, повышению эластичности легочной ткани, активации крово- и лимфотока, ускорению рассасывания инфильтратов и экссудатов. На поздних этапах медицинской реабилитации больных, перенесших вирусную пневмонию, может использоваться классический лечебный массаж, вакуумный (баночный) массаж и аппаратный вибромассаж грудной клетки. В условиях инфекционно-го отделения или COVID-центра возможно проведение только аппаратного вибромассажа, направленного на восстановление дренажных функций легких (рис. 19).

Противопоказаниями к назначению лечебных физических факторов, помимо общих, являются: легочная и сердечная недостаточность II–III степени; спонтанный пневмоторакс; бронхиальная астма с часто повторяющимися и тяжелыми приступами; хронические абсцессы легких при резком истощении больных, сопровождающиеся обильным выделением гнойной мокроты и кровохарканьем; выраженные пневмосклероз и эмфизема легких; буллезная эмфизема легких.

3.3 ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИПАП-ТЕРАПИИ

Рекомендована пациентам с признаками СОАС, не поддающимся коррекции другими способами, у которых, как было показано ранее, имеет место ряд нарушений, характерных и для больных пневмонией, вызванной коронавирусной инфекцией (COVID-19). Поэтому использование этого метода может быть рассмотрено на II и III этапах ФР для пациентов с последствиями данной патологии, с сохраняющимся высоким риском внезапной смерти во сне.

Критериями оценки таких рисков может быть наличие характерных клинических симптомов после перенесенной пневмонии, к которым, помимо храпа, указаний на остановку дыхания во сне, неосвежающего сна, постоянных утренних головных болей и выраженной дневной сонливости, относятся: частые ночные пробуждения, артериальная гипертония (преимущественно ночная и утренняя), учащенное ночное мочеиспускание (более 2 раз за ночь), затрудненное дыхание, одышка или приступы удушья в ночное время, отрыжка и изжога в ночное время, ночная потливость (преимущественно потеет голова), ощущение разбитости по утрам, снижение потенции и либидо, депрессия, апатия, раздражительность, сниженный фон настроения, снижение памяти.

Механизм действия СИПАП-терапии достаточно прост. Если в дыхательных путях создать избыточное положительное давление во время сна, то это будет препятствовать их спаданию и устранил основной механизм развития обструктивного апноэ, заключающийся в циклическом перекрывании дыхательных путей на уровне глотки. Для создания воздушного потока используется небольшой компрессор, который подает постоянный

* Например, нефритовые и турмалиновые маты или аппликаторы «Витал Райз».

поток воздуха под определенным давлением в дыхательные пути через гибкую трубку и носовую маску. Для увлажнения и кондиционирования поступающего в дыхательные пути воздуха может дополнительно использоваться нагреваемый увлажнитель.

Важным аспектом СИПАП-терапии является ее аппаратное обеспечение. От того, насколько эффективно и надежно будет функционировать лечебное оборудование, в значительной степени зависит успех лечения. В мире выпускается большое количество моделей СИПАП-аппаратов. Все оборудование глобально можно разделить на два класса: неавтоматические и автоматические системы. В неавтоматической системе устанавливается фиксированное лечебное давление, которое должно обеспечить открытие дыхательных путей в любой стадии сна и в любом положении тела. Таким образом, уровень давления устанавливается как бы с некоторым запасом. В положении на боку и в неглубоких стадиях сна данное давление оказывается избыточным. Проблема заключается в том, что чем выше лечебное давление, тем меньше комфортность и приемлемость лечения из-за затруднения выдоха, утечек из-под маски, заложенности ушей.

Проблема избыточности лечебного давления устранена в аппаратах, обеспечивающих настройку лечебного давления в реальном времени – AutoCPAP, в которых используются алгоритмы автоматической настройки давления в зависимости от детектируемых нарушений дыхания (апноэ, гипопноэ, храп, флуолимитация). Если в конкретный момент времени потребность в лечебном давлении возрастает (например, положение на спине или REM-сон), то аппарат автоматически его увеличивает. Если же потребность снижается (положение на боку или неглубокий сон), то аппарат реагирует соответственно. В последнее время стало возможным снижать давление в начале выдоха, что также увеличивает приемлемость лечения.

3.4. САНАТОРНО-КУРОРТНОЕ ЛЕЧЕНИЕ

Санаторно-курортное лечение больных, перенесших пневмонию, вызванную коронавирусной инфекцией, целесообразно проводить с учетом климатических и эпидемиологических условий, а также наличия у пациентов сопутствующей патологии, их возраста и общего функционального состояния. Использование методов физической реабилитации, наряду с климатотерапией и водолечением, должно являться основой санаторно-курортного лечения данной категории пациентов.

3.4.1. Климатотерапия

При заболеваниях легких климат оказывает мощное терапевтическое воздействие и должен рассматриваться как один из наиболее сильнодействующих факторов. Любой переезд в зону с измененными климатическими условиями (даже благоприятными для здоровья) всегда сопровождается кратковременными приспособительными физиологическими сдвигами многих функциональных систем для обеспечения необходимого уровня жизнедеятельности в новых условиях – реакцией адаптации.

Адаптация со стороны органов дыхания, связанная с изменением физико-химических характеристик вдыхаемого воздуха (температура, влажность, атмосферное давление, ионизация, насыщенность кислородом, наличие фитонцидов, паров минеральных и органических веществ и др.), сопровождается изменением функциональных характеристик дыхания и вентиляционно-перфузионных соотношений в легочной ткани. Традиционно наиболее широко используемыми курортами для лечения заболеваний органов дыхания являются географические местности, характеризующиеся следующими климатическими условиями.

Континентальный климат лесной и лесостепной зоны европейской части России оказывает мягкое стимулирующее действие. Он способствует умеренному торможению центральной нервной системы и нормализации вегетативной регуляции органов дыхания за счет повышения тонуса подкорковых структур и центров (парасимпатической нервной системы и терморегуляции). Замедление и углубление дыхания в лесу приводит к повышенной легочной вентиляции и утилизации кислорода, а также усилению тканевого дыхания.

Таежный климат. Характерен для зоны хвойных лесов, воздух которых содержит большую концентрацию кислорода и насыщен фитонцидами. Такой климат показан для больных с заболеваниями органов дыхания, сопровождающимися снижением сатурационной способности легких.

Степной климат, или семиаридный климат умеренных широт. Характеризуется относительно низкой влажностью и высокой подвижностью воздушных масс. На степных курортах еще со времен широкого распространения легочных форм туберкулеза помимо традиционных методов физиотерапии широко используют лечение кумысом, способствующее активации иммунитета.

Климат полупустынь и пустынь, или аридный климат умеренных широт. Санаторно-курортное лечение в этих климатических условиях, особенно с использованием умеренных циклических физических нагрузок, способствует повышению уровня гемоглобина и тем самым улучшению вентиляционно-перфузионной способности легких. Курорты полупустынной зоны в России: озера Эльтон Волгоградской области, Баскунчак и Тинаки в Астраханской области.

Горный климат характеризуется пониженным атмосферным давлением, парциальным давлением кислорода и водяных паров воздуха, повышенной интенсивностью солнечной радиации, невысокой температурой летом, чистым, прозрачным воздухом. Положительное влияние на организм оказывает большое количество отрицательных ионов в горном воздухе. Воздух ионизируется при распылении воды (у водопадов, бурных горных рек). Ионизации также способствуют ультрафиолетовые лучи солнца. Физические тренировки в горах значительно повышают кардиореспираторную выносливость. Горный климат способствует углубленному дыханию, увеличению емкости легких, улучшению состава крови. У человека, впервые попавшего на высоту свыше 1500 м, при физической нагрузке могут появляться умеренные симптомы гипоксии, которая характеризуется учащенным дыханием и пульсом, иногда несколько приподнятым настроением, усилением жестикуляции, ускоренной речью. По истечении некоторого времени организм приспосабливается (акклиматизируется): увеличивается количество гемоглобина, повышается обмен веществ, восстанавливается и повышается работоспособность. При выборе горноклиматического курорта для метеочувствительных пациентов, а также для лиц пожилого возраста следует учитывать, что адаптация легче протекает в зоне умеренного климата. Поэтому санаторно-курортное лечение больных, перенесших пневмонию, целесообразно начинать в условиях предгорий, а также с использованием процедур прерывистой нормобарической гипокситерапии. Противопоказан горный климат больным с явлениями сердечной недостаточности.

Приморский климат характеризуется относительно высоким атмосферным давлением, равномерной температурой, чистотой и свежестью воздуха при высоком содержании в нем озона и морских солей, интенсивным солнечным излучением, отсутствием резких перепадов температуры. Пребывание возле моря способствует повышению обмена веществ, усилению секреции эпителия бронхиального дерева, оказывает тонизирующее, общеукрепляющее и закаливающее действие. *Климат побережья Балтийского моря и Финского залива*, а также *Тихого океана* отличается относительно высокой влажностью, прохладной температурой воздуха и воды. Он показан лицам пожилого возраста

с последствиями заболеваний легких, а также сопутствующими заболеваниями сердечно-сосудистой и нервной системы. Климат Черноморского побережья Кавказа можно примерно разделить на западный от Анапы до Туапсе – с ясным, сухим, жарким летом и дождливой, сравнительно холодной зимой и сильными ветрами; и восточный (влажный субтропический) от Туапсе до Адлера – с влажным летом и теплой зимой. Теплые воздушные массы, идущие к побережью со стороны Черного моря, задерживаются грядками гор Главного Кавказского хребта. Они же препятствуют проникновению сюда холодного воздуха с севера. Климат Черноморского побережья Крыма, особенно на юге полуострова, может быть охарактеризован как наиболее мягкий ввиду относительно высоких среднегодовых температур и возможности смешивания воздушных масс степной, горной и приморской частей полуострова.

Основными показаниями к лечению на морских курортах являются заболевания сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, нервной и эндокринной системы. Традиционно считается, что из-за высокой влажности морской климат менее благоприятен для страдающих легочными заболеваниями. Однако есть работы, показывающие эффективность лечения отдельных заболеваний легочной ткани (например, бронхиальной астмы) на приморских курортах зоны влажных субтропиков (Сочи, Крым, Приморский край), поскольку умеренная влажность способствует рациональной гидратации и предупреждает формирование густой слизи в просвете бронхов, нарушающих их проходимость. Больным с декомпенсированными формами заболеваний легких курортное лечение в зоне влажных субтропиков противопоказано.

3.4.2. Водолечение

При заболеваниях органов дыхания водолечение может быть использовано в виде внутреннего (питьевые воды, ингаляции) и наружного (ванны, лечебные души, обертывания, купания и др.) применения природных минеральных вод.

Гидрокарбонатные минеральные воды назначаются для приема внутрь (при последствиях пневмоний, хронических бронхитах, трахеитах, туберкулезе легких). Указанные воды способствуют повышению отделения мокроты, разжижению, уменьшению ее вязкости и более свободному отхождению. Также используют ванны с минеральной водой. *Углекислые ванны* усиливают легочной кровоток, вентиляцию легких. Повышение уровня углекислоты в крови оказывает спазмолитическое действие, способствует уменьшению гипервентиляции, увеличению диссоциации оксигемоглобина, высвобождению кислорода и утилизации его тканями. *Хлоридные натриевые ванны* вызывают раздражение кожных рецепторов, что приводит к уменьшению отечности тканей, повышению температуры тела, усилению кровообращения. Опосредованно улучшаются реологические свойства крови, глюкокортикоидная функция коры надпочечников. *Йодобромные ванны* оказывают противовоспалительное действие. Накапливаясь в очаге воспаления в легких, ионы йода угнетают альтерацию и экссудацию, стимулируют процессы регенерации. *Сульфидные ванны* приводят к гормональным сдвигам, изменениям функции симпатико-адреналовой системы и иммунологической реактивности; оказывают общеседативное и вегетостабилизирующее действие, наиболее эффективны при сопутствующих заболеваниях кожи (экзема, нейродермит). *Радоновые ванны* способствуют повышению уровня глюкокортикоидов, катехоламинов, снижению уровня биогенных аминов, антител. Под их действием увеличивается относительное и абсолютное количество Т-лимфоцитов, снижается количество эозинофилов, повышается иммунокомпетентность, что проявляется противовоспалительным и десенсибилизирующим действием.

Благодаря возможностям транспортировки бутилированной минеральной воды и

современным СПА-технологиям, водолечение может быть использовано не только в условиях курорта, но и «рядом с домом» (на II и III этапах амбулаторно-поликлинической реабилитации) как для внутреннего применения и ингаляций*, так и для наружного использования (восстановленные, минеральные ванны, орошения, обертывания, искусственные углекислые, радоновые ванны и др.). Поэтому в комплексе с методами ФР водолечение имеет широкие перспективы применения у больных, перенесших пневмонии, ассоциированные с COVID-19.

Контрольные вопросы к главе № 3: *Что такое диафрагмальное дыхание? Как используется постуральный дренаж? Какие физические упражнения могут проводиться в условиях ОРИТ? Почему возникает опасность развития смерти во сне? Как может регулироваться нагрузка при лечебной ходьбе? Какие природные лечебные факторы используются при санаторно-курортном лечении больных с последствиями перенесенных пневмоний?*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пандемия новой коронавирусной инфекции существенным образом повлияла на систему оказания медицинской помощи больным с заболеваниями легких. Массовое поступление пациентов с типичными пневмониями, обусловленными коронавирусной инфекцией (COVID-19), потребовало выработки новых дифференцированных подходов к их лечению. Одной из главных задач, стоящих перед организаторами здравоохранения в этот период, стало рациональное использование коечной емкости, медицинского оборудования и трудозатрат медицинского персонала с целью предупреждения осложнений, связанных с развитием дыхательной недостаточности у таких пациентов.

Наряду с отсутствием высокоэффективной этиотропной терапии назрела необходимость в использовании неспецифических способов восстановления функции внешнего дыхания, таких как: электростимуляция дыхательной мускулатуры, использование методов для активации дренажной функции бронхиального дерева, применение дыхательной гимнастики, дыхательных тренажеров и специальных физических упражнений, направленных на нормализацию тонуса вспомогательных мышц, участвующих в дыхании, и развитие общей кардиореспираторной выносливости. Внедрение таких современных технологий функциональной диагностики состояния респираторной системы, как пульсоксиметрия, наряду с физикальными исследованиями, анализом клинических данных, а также результатов лучевой и лабораторной диагностики, позволяет не только оценивать и прогнозировать течение заболевания, но и оперативно контролировать эффективность реабилитационных мероприятий. Однако необходимо устранить дефицит информации об изменении объемных и динамических показателей функционального состояния органов дыхания, а также ввести в рутинную врачебную практику диагностические и лечебные алгоритмы использования методов физической реабилитационной медицины у больных с коронавирусной инфекцией (COVID-19).

Актуальнейшим вопросом встает необходимость восстановительного лечения больных, перенесших пневмонию, ассоциированную с коронавирусной инфекцией (COVID-19). Выработка критериев оценки дыхательных функций у таких пациентов, а также критериев эффективности реабилитационных мероприятий на всех этапах лечения, необходимость вторичной профилактики, предупреждения развития отдаленных последствий перенесенной инфекции и хронических заболеваний легких требуют взвешенного подхода к их внедрению с возможностью использования всего спектра физических, физиотерапевтических и санаторно-курортных методов лечения.

* См. раздел 3.2.2.

Использование комплексного подхода на всех этапах физической реабилитации больных коронавирусными пневмониями позволяет предотвратить развитие ранних осложнений, сократить сроки лечения, повысить собственную резистентность организма, а также способствовать профилактике развития заболеваний легких в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болезни органов дыхания : руководство в 4 т. / ред. Н.Р. Палеев. – Т. 1. – М. : Медицина, 1989. – 639 с.
2. Вентиляционная функция легких (физиология, патофизиология, методы исследования) / ред. Л.Ц. Иоффе. – Алма-Ата : Наука, 1980. – 136 с.
3. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин основных спирографических показателей / Р.Ф. Клемент и др. – Л., 1986. – 80 с.
4. Климов В.В., Стариков С.М., Калинина С.В. Выявление и коррекция синдрома обструктивного апноэ у больных ИБС после чрескожной транслюминальной ангиопластики // Военно-медицинский журнал. – 2011. – № 12. – С. 39–40.
5. Коньков А.В., Яценко А.В., Конькова Л.А. Синдром обструктивного апноэ сна : учебное пособие. – М. : МГУПП, 2019. – 47 с.
6. Критерии оценки нарушений механических свойств аппарата вентиляции на основе исследования отношения поток – объем и состояния объемов легких : метод. рекомендации ВНИИ пульмонологии МЗ СССР / В.К. Кузнецова, Р.Ф. Клемент и др. – Л., 1988. – 58 с.
7. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов : препринт № ЦДТ – 2020 / сост. С.П. Морозов, Д.Н. Проценко, С.В. Сметанина [и др.] // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». – Вып. 65. – М. : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. – 76 с.
8. Макарова И.Н., Стариков С.М., Болотов Д.Д. Программа физической реабилитации больных ишемической болезнью сердца и гипертонической болезнью на госпитальном этапе // Клиническая медицина. – 2016. – № 1. С. – 36–38.
9. Материалы Всероссийского научно-практического форума «Медицинская реабилитация при новой коронавирусной инфекции COVID-19» [Электронный ресурс]. – URL: <http://rehab-covid19.ru>
10. Медведев В.В., Сильвестров В.П. Исследование функции внешнего дыхания. – Л., 1978. – 155 с.
11. Медико-географический атлас России «Целебные источники и растения» / под ред. С.М. Малхазовой. – М. : МГУ, 2019. – 508 с.
12. Медицинская реабилитация военнослужащих после перенесенной пневмонии : методические указания, утверждены начальником ГВМУ МО РФ / А.Б. Малых, Г.Н. Пономаренко, С.М. Стариков и др. – М., 2012. – 23 с.
13. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19): этиология, эпидемиология, клиника, диагностика, лечение и профилактика : учебно-методическое пособие № 21. – М., 2020. – 71 с.
14. Портал Департамента здравоохранения Москвы [Электронный ресурс]. – URL: <https://mosgorzdrav.ru/professional/covid-19>.
15. Портал непрерывного медицинского и фармацевтического образования Минздрава России [Электронный ресурс]. – URL: <https://nmfo-vo.edu.rosminzdrav.ru>.
16. Руководство по клинической физиологии дыхания / ред. Л.Л. Шик, Н.Н. Канаев. – Л. : Медицина, 1980. – 376 с.
17. Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)» [Электронный ресурс] : постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 ноября 2013 г. № 64. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/499061798>.
18. Стандартизация легочных функциональных тестов / Европейское сообщество стали и

угля // Пульмонология. – 1993. – Люксембург, 1993.

19. Уэст Дж. Физиология дыхания. Основы : пер. с англ. – М., 1988. – 200 с.

20. Физиология дыхания / ред. И.С. Бреслав, Г.Г. Исаев. – СПб., 1994. – 679 с.

21. Физиология человека : руководство в 4 т. : пер. с англ. / ред. Р. Шмидт, Г. Тевс. – Т. 3. – М. : Мир, 1886. – С. 191–269.

22. Физиотерапия : национальное руководство / под ред. проф. Г.Н. Пономаренко. – М. : ГЭОТАР-Медиа. 2009. – 864 с.

23. Шлемская В.В., Хатеев А.В., Просин В.И. Новая коронавирусная инфекция COVID-19: краткая характеристика и меры по противодействию ее распространения в Российской Федерации / В.В. Шлемская, А.В. Хатеев, В.И. Просин [и др.] // Медицина катастроф. – 2020. – № 1. – С. 57–61.

24. Юдин В.Е., Стариков С.М., Калинина С.В. и др. Повышение эффективности медицинской реабилитации больных ишемической болезнью сердца с синдромом обструктивного апноэ-гиппноэ сна после чрескожной транслюминальной ангиопластики // Вестник восстановительной медицины. – 2011. – № 5 (45). – С. 25–27.

25. Ai T., Yang Z., Hou H. Correlation of Chest CT and RT-PCR Testing in Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) in China: A Report of 1014 Cases / T. Ai, Z. Yang, H. Hou, et al. // Radiology. – 2020. – [https://doi: 10.1148/radiol.202000642](https://doi.org/10.1148/radiol.202000642).

26. Belfiore M.P., Urraro F., Grassi R., Giacobbe G., Patelli G., Cappabianca S., Reginelli A. Artificial intelligence to codify lung CT in Covid-19 patients. Radiol Med. 2020 May;125(5):500-504. [https://doi: 10.1007/s11547-020-01195-x](https://doi.org/10.1007/s11547-020-01195-x).

27. Cohen J.P., Morrison P., Dao L. COVID-19 Image Data Collection. arXiv:2003.11597v1.

28. Dubé M., Le Coupanec A., Wong A.H.M., Rini J.M., Desforges M., Talbot P.J. Axonal transport enables neuron-to-neuron propagation of human coronavirus OC43. J Virol. 2018;92(17):e00404-18. [https://doi:10.1128/JVI.00404-18](https://doi.org/10.1128/JVI.00404-18)PubMed.

29. Laurent H., Aubretton S., Galvaing G., Pereira B., Merle P., Richard R., Costes F & Filaire M (2020). Preoperative respiration muscle endurance training improves ventilatory capacity and prevents pulmonary postoperative complications after lung surgery // European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine 56 (1) 73–78.

30. Li L., Qin L., Xu Z., et al. Artificial Intelligence Distinguishes COVID-19 from Community Acquired Pneumonia on Chest CT [published online ahead of print, 2020 Mar 19]. Radiology. 2020;200905. [https://doi:10.1148/radiol.202000905](https://doi.org/10.1148/radiol.202000905).

31. Morozov S.P., Andreychenko A.E., Pavlov N.A., Vladzmyrskyy A.V., Ledikhova N.V., Gombolevskiy V.A. et al. MosMedData: Chest CT Scans With COVID-19 Related Findings Dataset. 2020. arXiv:2005.06465v1.

32. Morss C., Earnest J. Field test comparing the metabolic cost of normal walking versus walking with Nordic Walking. Med Sci Sports Exerc 33(5), S. 23, 2001.

33. Federal Ministry of Health. Current information on the coronavirus. – URL: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/en/en/press/2020/coronavirus.html>.

34. Spinato G., Fabbris C., Polesel J., et al. Alterations in Smell or Taste in Mildly Symptomatic Outpatients With SARS-CoV-2 Infection JAMA. Published online April 22, 2020. [https://doi:10.1001/jama.2020.6771](https://doi.org/10.1001/jama.2020.6771).

35. Sungnak W., Huang N., Bécavin C., Berg M. Network HLB. SARS-CoV-2 entry genes are most highly expressed in nasal goblet and ciliated cells within human airways. ArXiv200306122 Q-Bio. March 13, 2020. Accessed April 6, 2020. – URL: <https://arxiv.org/abs/2003.06122>.

36. The Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Interim guidance for healthcare professionals on human infections with 2019 novel coronavirus (2019-nCoV). – URL: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-nCoV/hcp/index.html>

37. Ucar F., Korkmaz D. COVIDiagnosis-Net: Deep Bayes-SqueezeNet based diagnosis of the coronavirus disease 2019 (COVID-19) from X-ray images [published online ahead of print, 2020 Apr. 23]. Med Hypotheses. 2020; 140:109761. [https://doi:10.1016/j.mehy.2020.109761](https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109761).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение № 1

Обозначения основных показателей функции внешнего дыхания в русской и английской аббревиатуре

Русские обозначения		Международные обозначения	
ОЕЛ	Общая емкость легких	TC	Total Capacity
ЖЕЛ	Жизненная емкость легких	VC	Vital Capacity
ДО	Дыхательный объем	Vt (TV)	Tidal Volume
РО вд	Резервный объем вдоха	IRV	Inspiratory Reserve Volume
РО выд	Резервный объем выдоха	ERV	Expiratory Reserve Volume
Е вд	Емкость вдоха	IC	Inspiratory Capacity
ФОЕ	Функц. остаточная емкость	FRC	Functional Residual Capacity
ООЛ	Остаточный объем легких	RV	Residual Volume
МП	Объем мертвого пространства	Vd	Dead Space
МОД	Минутный объем дыхания	V (MV)	Minute Ventilation
МВЛ	Макс. вентиляция легких	MVV	Maximal Voluntary Ventilation
ФЖЕЛ	Форсир. жизн. емкость легких	FVC	Forced Vital Capacity
ОФВ1	Объем форсированного выдоха за 1 сек.	FEV1	Forced Expiratory Volume in 1 sec
ОФВ0,5	Объем форсированного выдоха за 0,5 сек.	FEV0,5	Forced Expiratory Volume in 0,5 sec
ИТ	Индекс Тиффно (ОФВ1/ЖЕЛ, %)	FEV1/VC, %	
СОС25–75	Средн. объемн. скорость выдоха на уровне 25–75 % ФЖЕЛ	FEF25–75	Forced Expiratory Flow ...
СОС75–85	Сред. объемн. скорость выдоха на уровне 75–85 % ФЖЕЛ	FEF75–85	Forced Expiratory Flow ...
МОС25	Максимальная скорость выдоха на уровне 25 % ФЖЕЛ	MEF25	Maximal Expiratory Flow...
МОС50	Максимальная скорость выдоха на уровне 50 % ФЖЕЛ	MEF50	Maximal Expiratory Flow...
МОС75	Максимальная скорость выдоха на уровне 75 % ФЖЕЛ	MEF75	Maximal Expiratory Flow ...
ПОС	Пиковая (максимальная) скорость форс. выдоха	PEF	Peak Expiratory Flow
	Время форсированного выдоха	FET	Forced Expiratory Time
	Среднее время прохождения	MTT	Mean Transit Time
	Форсированная жизненная емкость легких на вдохе	FIVC	Forced Inspiratory Vital Capacity
	Форсированный объем вдоха за 1 сек.	FIV1	Forced Inspiratory Volume in 1 sec
	Форсированный объем вдоха за 0,5 сек.	FIV0,5	Forced Inspiratory Volume in 0,5 sec
	Максимальная скорость вдоха	PIF	Peak Inspiratory Flow
	Макс. частота дыхания при макс. вентиляции легких	MVVF	Maximal Voluntary Ventilation Frequency

Дополнительные материалы по оценке ФВД

Формулы расчета на основе спирографии*

ДЖЕЛ** = Д Основной обмен \times 3,0 (для мужчин) или \times 2,6 (для женщин).

Должный основной обмен определяется по таблицам Харриса и Бенедикта***.

ДЖЕЛ (л) = $0,052 \times \text{Рост (см)} - 0,028 \times \text{Возраст (годы)} - 3,2$ (для мужчин);

ДЖЕЛ (л) = $0,049 \times \text{Рост (см)} - 0,019 \times \text{Возраст (годы)} - 3,76$ (для женщин).

ДООЛ = ДЖЕЛ (мл) \times К / (100 - К);

К = $0,33 \times \text{Возраст (годы)} + 16,4$ (для мужчин) или $+ 18,4$ (для женщин).

ДООЛ = ДЖЕЛ (мл) \times 100 / (100 - К). Коэффициенты те же.

ООЛ/ОЕЛ (%) = $0,33 \times \text{Возраст} + 16,4$ (для мужчин) или $+ 18,4$ (для женщин).

Д ОФВ1 (л) = $0,036 \times \text{Рост (см)} - 0,031 \times \text{Возраст (годы)} - 1,41$ (для мужчин);

Д ОФВ1 (л) = $0,026 \times \text{Рост (см)} - 0,028 \times \text{Возраст (годы)} - 0,36$ (для женщин).

Д МВЛ**** (л/мин) = Д ЖЕЛ \times 25 (для мужчин) или \times 26 (для женщин).

Если возраст обследуемого более 50 лет, то коэффициенты уменьшаются на 2.

Оценка эластических свойств легких

Растяжимость легких (С) определяют путем синхронной регистрации давления и объема (петли «давление – объем») с помощью пневмотахографа, бодиплетизмографа.

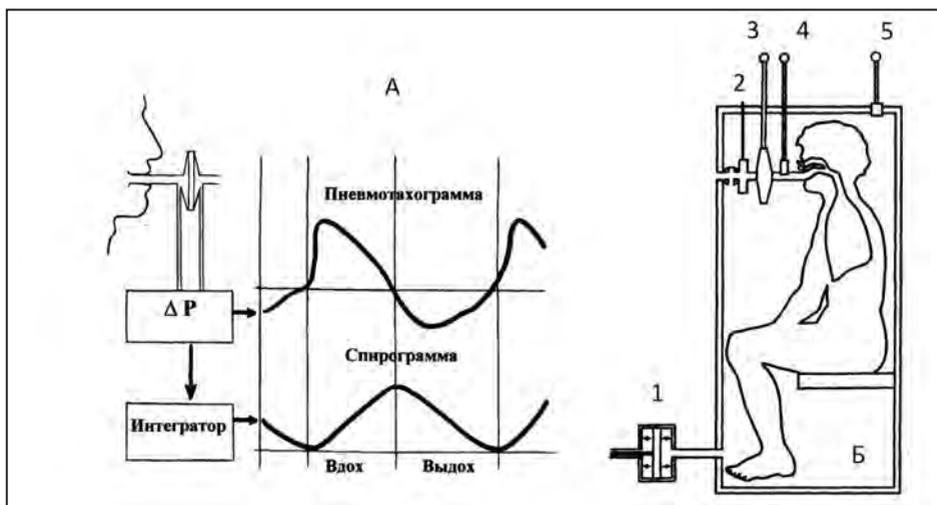


Рисунок 21 – Оценки ФВД и эластических свойств легочной ткани:

А – пневмотахограмма и спирограмма спокойного дыхания (один дыхательный цикл);

Б – схема бодиплетизмографии (1 – насос; 2 – закрывающий клапан; 3 – ток воздуха; 4 – давление в полости рта; 5 – давление в камере)

* Разработаны ВНИИ пульмонологии МЗ РФ.

** Если возраст пациента более 50 лет, то коэффициенты уменьшаются на 0,2.

*** Harris J.A.; Benedict F.G., стандартные таблицы для определения нормальной величины основного обмена соответственно весу, росту, возрасту и полу обследуемого.

**** Если возраст обследуемого более 50 лет, то коэффициенты уменьшаются на 2.

Растяжимость легочной ткани (С л.) представляет собой отношение изменения легочного объема (ΔV) к изменению давления эластической тяги легкого (ΔP эл. л.) при изменении этого объема: **С л. = $\Delta V / \Delta P$ эл. л.**

Поскольку P эл. л. определяется разностью между атмосферным и плевральным давлением (P эл. л. = P атм. – P пл.), то измерение растяжимости легких сводится к определению плеврального (пищеводного) давления (измеряемого с помощью специального зонда). **С л. = $\Delta V / \Delta P$ пищ.**

В норме у здорового человека кривая «поток – объем» напоминает треугольник, основанием которого является ФЖЕЛ (рис. 22).

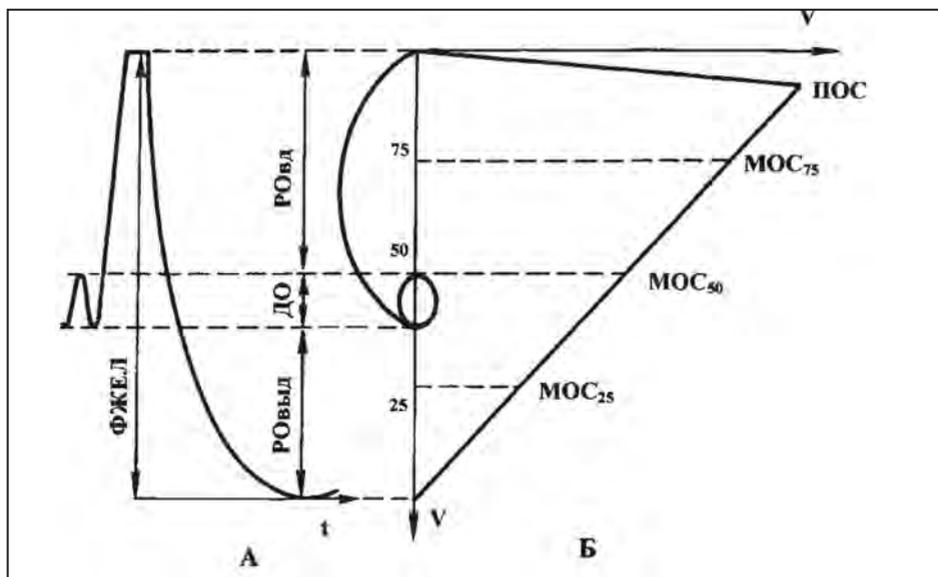


Рисунок 22 – Схема спирограммы ФЖЕЛ легких (А) и соответствующей ей пневмотахограммы (Б) форсированного выдоха в координатах «поток – объем»

(ПОС – пиковая скорость форсированного выдоха; $МОС_{75}$, $МОС_{50}$, $МОС_{25}$ – максимальные объемные скорости форсированного выдоха на уровне оставшегося в легких объема ФЖЕЛ (соответственно 75, 50 и 25 %))

ПНЕВМОТАХОГРАФИЯ

Оценка пневмотахографических показателей проводится по степени их отклонения от должных (расчетных) величин, получаемых с использованием специальных уравнений и коэффициентов, учитывающих антропометрические, возрастные и гендерные различия.

При патологии легких изменяются форма и размеры петли «поток – объем». При нарушениях бронхиальной проходимости пневмотахограмма выдоха приобретает характерный заостренно-вогнутый вид с ранним пиком скорости. При рестриктивных нарушениях кривая «поток – объем» напоминает уменьшенную копию нормальной кривой с примерно пропорциональным уменьшением всех составляющих ФЖЕЛ (ДО, Ровд, Ровьд) и показателей потоков.

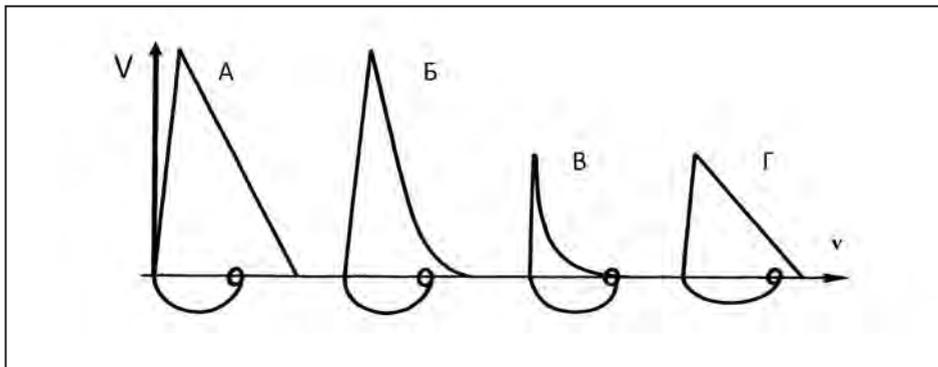


Рисунок 23 – Величина и форма кривой «поток – объем» форсированного выдоха в норме (А), при умеренной (Б), выраженной (В) бронхиальной обструкции, рестриктивном синдроме (Г)

БОДИПЛЕТИЗМОГРАФИЯ

Метод общей плетизмографии (плетизмографии всего тела) позволяет определить внутригрудной объем (величину, близкую функциональной остаточной емкости легких – ФОЕ) и бронхиальное сопротивление. Метод основан на законе Бойля – Мариотта*, позволяющем связать давление в герметичной камере с давлением в альвеолах. Непосредственно измеряются величина потока (V), давление в ротовой полости ($P_{рот.}$) и в камере ($P_{кам.}$). При дыхательных движениях давление в легких исследуемого изменяется, и обратно пропорционально ему меняется давление в замкнутой плетизмографической камере. Регистрация указанных параметров в координатах «поток – давление» в камере ($V - P_{кам.}$) позволяет записать петлю бронхиального сопротивления (рис. 24).

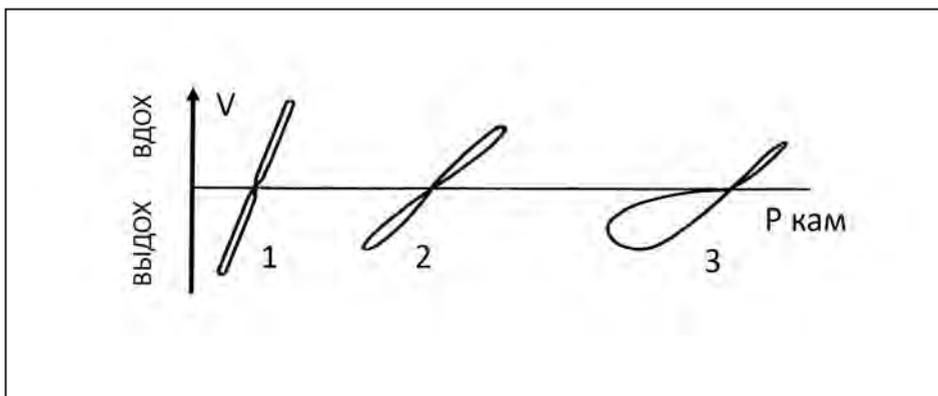


Рисунок 24 – Форма петли бронхиального сопротивления в норме (1), при бронхиальной обструкции (2), эмфиземе легких (3)

Прямолинейная форма петли с большим углом наклона свидетельствует об отсутствии обструкции бронхов. Увеличенный наклон к оси абсцисс характеризует повышение бронхиального сопротивления. Для эмфиземы легких характерно расширение петли на

выдохе («булавовидная» форма). Отсутствие смыкания восходящей и нисходящей петель указывает на наличие невентилируемого объема газа.

Некоторые законы газодинамики, используемые при оценке ФВД:

Закон Бойля – Мариотта. При постоянной температуре ($T = \text{const}$) давление газа (P) обратно пропорционально объему (V):

$$P_1/P_2 = V_1/V_2.$$

Закон диффузии Фика. Скорость диффузионного потока через слой ткани прямо пропорциональна площади этого слоя, разности парциального давления по обе его стороны и обратно пропорциональна толщине слоя. Скорость диффузии зависит также от плотности и вязкости среды, температуры, молекулярной массы диффундирующих веществ, их растворимости.

$$V = \Delta P / l / (S \times K \times a),$$

где V – скорость диффузионного потока; ΔP – разность парциального давления газа по обе стороны слоя ткани; l – расстояние диффузии; S – поверхность газообмена; K , a – соответственно коэффициенты диффузии и растворимости газа.

Закон Пуазёйля. Поток (объемная скорость движения воздуха) при ламинарном движении зависит от давления, вязкости газа и геометрических свойств трубки.

$$V = P \pi r^4 / 8 \eta l,$$

где V – поток; P – разность давлений на отрезке l ; r и l – радиус и длина трубки; η – вязкость газа.

Показатели дыхания здорового человека в покое*

Легочные объемы и емкости	
Общая емкость легких	6,0 л
Жизненная емкость легких	4,5 л
Функциональная остаточная емкость	2,4 л
Остаточный объем легких	1,2 л
Дыхательный объем	0,5 л
Объем мертвого пространства	0,15 л
Параметры вентиляции	
Частота дыханий	14 мин.
Минутный объем дыхания	7 л/мин.
Альвеолярная вентиляция	5 л/мин.
Вентиляция мертвого пространства	2 л/мин.
Функциональные пробы	
Объем форсированного выдоха	4,4 л
Тест Тиффно	> 70 %
Максимальная вентиляция легких	150 л/мин.
Перфузионные показатели	
Альвеолярная вентиляция/перфузия	0,9
Кровоток по шунтам / общий кровоток	0,02
Параметры газообмена	
Поглощение кислорода	280 мл/мин.
Выделение углекислого газа	230 мл/мин.
Диффузионная способность O ₂	30 мл × мин. ⁻¹ × мм рт. ст. ⁻¹
Время контакта крови легочного капилляра с альвеолярным воздухом	0,3–07 с
Параметры механики дыхания	
Внутриплевральное давление	
- в конце выдоха	-4 см вод. ст.
- в конце вдоха	-6,5 см вод. ст.
Растяжимость легких	0,2 л на 1 см H ₂ O
Растяжимость легких и грудной клетки	0,1 л на 1 см H ₂ O
Сопrotивление дыханию	1,5 см H ₂ O × с ⁻¹ × л ⁻¹
Концентрация и парциальное давление кислорода	
Концентрация во вдыхаемом воздухе	20,9 об. %
Концентрация в альвеолах	14,0 об. %
Парциальное давление во вдыхаемом воздухе	150 мм рт. ст.
Парциальное давление в альвеолах	100 мм рт. ст.
Напряжение в артериальной крови	95 мм рт. ст.
Концентрация и парциальное давление углекислого газа	
Концентрация во вдыхаемом воздухе	0,3 об. %
Концентрация в альвеолах	5,6 об. %
Парциальное давление во вдыхаемом воздухе	0,2 мм рт. ст.
Парциальное давление в альвеолах	40 мм рт. ст.
Напряжение в артериальной крови	40 мм рт. ст.

* При расчетной площади поверхности тела – 1,7 м².

Основные показатели кислотно-основного состояния крови, связанные с газообменом в легочной ткани

Величина pH – основной показатель КОС. У здоровых людей pH артериальной крови равен 7,40 (7,35–7,45).

Субкомпенсированный ацидоз (pH 7,25–7,35);

декомпенсированный ацидоз (pH < 7,25);

субкомпенсированный алкалоз (pH 7,45–7,55);

декомпенсированный алкалоз (pH > 7,55).

PaCO_2 (PCO_2) – напряжение углекислого газа в артериальной крови. В норме PaCO_2 составляет 40 мм рт. ст. с колебаниями от 35 до 45 мм рт. ст. Повышение или снижение PaCO_2 является признаком респираторных нарушений. Альвеолярная гипервентиляция сопровождается снижением PaCO_2 (артериальной гипокапнией) и респираторным алкалозом, альвеолярная гиповентиляция – повышением PaCO_2 (артериальной гиперкапнией) и респираторным ацидозом.

Буферные основания (Buffer Base, BB) – общее количество всех анионов крови. В норме содержание буферных оснований составляет $48,0 \pm 2,0$ ммоль/л.

Избыток или дефицит буферных оснований (Base Excess, BE) – отклонение концентрации буферных оснований от нормального уровня. В норме показатель BE равен нулю, допустимые пределы колебаний $\pm 2,3$ ммоль/л.

Стандартные бикарбонаты (SB) – концентрация бикарбонатов в крови при стандартных условиях (pH 7,40; PaCO_2 40 мм рт. ст.; t 37 °C; SO_2 100 %).

Истинные (актуальные) бикарбонаты (AB) – концентрация бикарбонатов в крови при соответствующих конкретных условиях, имеющихся в кровеносном русле. В норме значения SB и AB совпадают и составляют $24,0 \pm 2,0$ ммоль/л. Количество стандартных и истинных бикарбонатов уменьшается при метаболическом ацидозе и увеличивается при метаболическом алкалозе.

Оценка изменений легочной ткани при COVID-19, по данным КТ органов грудной клетки*

Степень изменений	Основные проявления вирусной пневмонии**
КТ-0	Норма и отсутствие КТ-признаков вирусной пневмонии на фоне типичной клинической картины и релевантного эпидемиологического анамнеза***
Легкая (КТ-1)	Зоны уплотнения по типу «матового стекла». Вовлечение паренхимы легкого ≤ 25 %
Среднетяжелая (КТ-2)	Зоны уплотнения по типу «матового стекла». Вовлечение паренхимы легкого 25–50 %
Тяжелая (КТ-3)	Зоны уплотнения по типу «матового стекла». Зоны консолидации. Вовлечение паренхимы легкого 50–75 %. Увеличение объема поражения 50 % за 24–48 часов на фоне дыхательных нарушений, если исследования выполняются в динамике
Критическая (КТ-4)	Диффузное уплотнение легочной ткани по типу «матового стекла» и консолидации в сочетании с ретикулярными изменениями. Гидроторакс (двусторонний, преобладает слева). Вовлечение паренхимы легкого ≥ 75 %

* Морозов С.П. и др., 2020.

** Данная классификация используется только для средней и высокой степени вероятности КТ-картины вирусной пневмонии COVID-19. Процент поражения оценивается отдельно по каждому легкому. Степень изменений оценивается по легкому с наибольшим поражением (вне зависимости от наличия постоперационных изменений).

*** На результатах компьютерной томографии рентгенологические признаки воспалительных поражений могут отсутствовать у 18 % пациентов с легким течением болезни, а также – на ранних сроках заболевания.

Схема патогенеза синдрома обструктивного апноэ сна*



* Коньков А.В. и др., 2019.



Учебное издание

СТАРИКОВ Сергей Михайлович
ЮДИН Владимир Егорович
КАЛАШНИКОВ Сергей Владимирович
МОХОВ Павел Александрович
ТКАЧЕНКО Светлана Анатольевна
КОСУХИН Евгений Серафимович

Физическая реабилитация больных пневмонией,
ассоциированной с коронавирусной инфекцией (COVID-19)

Учебное пособие

Под общей редакцией С.М. Старикова
Компьютерная верстка – Н.М. Генералова, А.Д. Доронина
Дизайн обложки – Forbes, 2020 г.

Дополнительную информацию об издании можно получить, отсканировав QR-код:



Подписано в печать 18.06.2019. Формат 60×90/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,69. Тираж 1500 экз. Заказ № 85904.
Отпечатано в типографии «Офсет Москва»,
141321, Московская обл., Сергиево-Посадский р-н, г. Краснозаводск,
ул. Комсомольская, д. 46а.

Генеральный спонсор издания – ООО «Витал Райз»

Физиотерапевтические приборы для работы с COVID-пациентами



Высокоинтенсивный импульсный массажер «Деаксон» Vital Rays – аппарат СМТ-терапии, созданный с учетом практического опыта применения и потому максимально удобный и простой в использовании. Имеет большой набор электродов как общего назначения, так и узкоспециализированных. Включает 3 автоматических режима и режим ручного управления, 25 программ работы, 20 уровней интенсивности воздействия, а также дополнительное тепловое воздействие. Использование в условиях инфекционного стационара доказало легкость и эффективность дезобработки аппарата, а положительные отзывы пациентов, персонала и рентгеновский контроль показали его хорошую переносимость и высокую эффективность. Подходит как для профессионального использования в медицинских учреждениях, так и для бытового применения в домашних условиях для более длительной реабилитации пациентов.



Ручной вибромассажер «Утюжок» Vital Rays – универсальный физиоаппарат, сочетающий в себе вибрационное и тепловое воздействие. Имеет оптимальный набор насадок, позволяющий эффективно проработать любые участки тела. Используется среднечастотная вибрация – 4500 колебаний в минуту, данная частота легко переносится организмом человека, равномерно проникает в подлежащие органы и ткани. Сочетание вертикальной и неравномерной вращательной вибрации позволяет усилить эффективность. Функция нагрева также повышает результативность процедур, делает их комфортнее и усиливает капиллярное кровообращение в легких, дополнительно воздействуя на рефлекторные зоны. Аппарат показал простоту и удобство в работе и дезинфекции в условиях инфекционного стационара, а также продемонстрировал высокую переносимость и эффективность.



Многофункциональный вибромассажер «Тонус» Vital Rays – компактный прибор, имеющий 4 уровня интенсивности воздействия, эргономичную форму, комфортное резиновое покрытие и возможность работы до 3 часов без подзарядки. Интенсивное использование в условиях инфекционного стационара доказало его эффективность, а также удобство применения и дезобработки. Хорошо зарекомендовал себя на стадии выздоровления и рекомендуется к использованию в период восстановления пациентов.

Подробнее на сайте: www.vital-rays.ru,

E-mail: info@vital-rays.ru, Тел.: 8 800 500-88-18

Аппараты лазерной MLS-терапии



M6 – аппарат для роботизированной многоцелевой лазерной MLS-терапии. За счет активации одновременно всех рецепторов в области лечения этот метод терапии является особенно эффективным и значительно сокращает время лечения.



MPHI 5 – разработан для терапевтического воздействия высококачественного MLS-импульса в любой, даже самой труднодоступной части тела. Форма и размер «целевой зоны» позволяют лечить однородные большие объемы ткани, такие как крупные фракции мышечных полос или весь сустав целиком.



MPHI – автономный портативный аппарат для лазерной MLS-терапии на болевые и триггерные точки. Легко транспортируется, эргономичный, простой в использовании, интуитивно понятный – все это предоставляет новые возможности для эффективной MLS лазерной терапии как в клинике, так и в домашних условиях.

Подробнее на сайте: www.beka.ru,
E-mail: info@beka.ru, Тел.: +7 (495) 742-44-30

Оборудование для термометрии и дезобработки

Кабина для дезинфекции (автоматический санпропускник) Vital Rays – быстрая и безопасная санитарная обработка людей для максимальной защиты. Данный аппарат используется в общественных местах, медицинских учреждениях, детских и образовательных учреждениях, торговых и развлекательных центрах – для дезинфекции и защиты от вирусов и бактерий. Так, например, санпропускник Vital Rays успешно применяется для обработки медперсонала и пациентов в ЧУЗ «Клиническая больница «РЖД-медицина» им. Н.А. Семашко».

Специальный дезинфицирующий спрей наносится на всех проходящих через аппарат, а также на все проносимые предметы. Встроенный бесконтактный термометр обеспечивает измерение температуры.

Распознавание: при входе человека в коридор срабатывает датчик движения и запускает процесс обработки.

Дезинфекция: обработка производится дезинфицирующим раствором в виде «тумана», который подается через ультразвуковой распылитель.

Измерение температуры: как известно, повышенная температура – один из основных симптомов COVID-19. Данный прибор позволяет определить ее отклонение от нормы.

Защита: во время прохождения человека через туннель происходит ликвидация вирусных частиц на одежде, коже и волосах.

Мобильность: данная система дезинфекции – это быстровозводимая конструкция. Монтаж на месте эксплуатации занимает около двух часов.

Экономичность: низкий расход дезинфицирующего раствора: одной емкости с раствором хватит для работы в течение 10–12 часов. Энергопотребление не более 0.5 кВт в час.

Безопасность: датчик движения позволяет избежать контакта с поверхностями, на которых может находиться вирус. Обработка занимает считанные секунды и не провоцирует скопление людей.

Оповещение: голосовые сообщения о повышенной, пониженной температуре на русском языке.

Кабина заправляется любым дезинфицирующим средством. Например, экономичным составом – раствором на основе гипохлорита натрия, ГОСТ 11 086–76.

Дезинфицирующие кабины прекрасно зарекомендовали себя в борьбе с COVID-19. Их используют в более чем десятке стран для обеспечения дезинфекции персонала и пациентов.



Бесконтактный цифровой инфракрасный термометр Vital Rays DT-8836 – высокоточный прибор для измерения температуры тела и поверхностей на расстоянии. Имеет Регистрационное удостоверение медицинского изделия (внесен в Реестр Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения), декларацию соответствия и паспорт на русском языке.

Краткие характеристики прибора:

- ЖК-дисплей;
- Диапазон измеряемой температуры: 32,0° – 43,0 °С;
- Точность измерения температуры: 0,2-0,3 °С;
- Условия эксплуатации: 10 - 40 °С;
- Быстрое измерение – за 0,5-1 сек.;
- Встроенная память на 32 измерения;
- Несколько методов измерения температуры – ушная раковина, височная область, лоб и др.;
- Расстояние измерения температуры: 1-3 см;
- Световая и звуковая индикация;
- Автоматическое выключение.

Подробнее на сайте: www.vital-rays.ru,

E-mail: info@vital-rays.ru, Тел.: 8 800 500-88-18

Оборудование для профилактики и реабилитации после заболеваний дыхательной системы

Очиститель-ионизатор воздуха Ecospace Vital Rays – многофункциональный прибор с ультразвуковым распылителем, обладающий системой двойной фильтрации, которая позволяет отфильтровывать не только крупные частицы (пыль, шерсть домашних животных, волосы и т.д.), но и мельчайшие (бактерии, табачный дым, газы и т.д.). Оснащен специальной антибактериальной пропиткой, которая обеззараживает воздух, защищая от вирусов и бактерий. Причем этот эффект распространяется и на одежду, мебель, шторы.

Также прибор выполняет функцию увлажнителя – встроена емкость с особым растительным экстрактом, который не только увлажняет и ароматизирует воздух, но и вырабатывает фитонциды – природный антибиотик. Функция выработки фитонцидов – одна из основных отличительных черт очистителя-ионизатора воздуха Ecospace.

Данный прибор также уничтожает неприятные запахи и ароматизирует воздух благодаря натуральному растительному экстракту. Излучаемый аромат расслабляет, успокаивает и дарит крепкий и здоровый сон. Кроме того, в емкость

с жидкостью можно самостоятельно добавлять различные масла и аромасмеси для проведения процедур ароматерапии и ингаляции, что особенно полезно для людей с различными заболеваниями дыхательной системы. Ecospace оснащен детекторами качества воздуха. Он отображает: влажность, температуру, присутствие неприятных запахов. В случае наличия посторонних запахов прибор реагирует и нейтрализует их.

Прибор не только очищает и ионизирует воздух, но и способствует уничтожению микробов и грибов.



Подробнее на сайте: www.vital-rays.ru,

E-mail: info@vital-rays.ru, Тел.: 8 800 500-88-18

ResMed Lumis (Австралия) – оборудование для СИПАП-терапии и вентиляции легких

Аппараты ResMed серии Lumis предназначены для проведения неинвазивной вентиляции легких у пациентов с дыхательной недостаточностью или синдромом обструктивного апноэ сна в стационарных, амбулаторно-поликлинических, санаторных или домашних условиях.

Благодаря алгоритму Vsync автоматически компенсированы утечки вентилируемого воздуха. Технология контроля времени выдоха позволяет осуществлять индивидуальные временные границы для стимуляции спонтанного дыхания. Пятиуровневые настройки чувствительности включения вдоха (триггера) и цикла переключения с вдоха на выдох обеспечивают точную синхронизацию системы «аппарат-пациент». Несколько рабочих режимов, постоянного положительного давления с функцией понижения давления на выдохе (EPR) и S-режим с возможностью установки разных величин давления (IPAP – для вдоха, EPAP – для выдоха) способствуют физиологическому регулированию дыхания, в том числе у ослабленных пациентов. Запись данных осуществляется на входящую в комплект SD-карту. Специальное программное обеспечение позволяет врачу оперативно контролировать, а в случае необходимости корректировать параметры проводимой СИПАП-терапии, включая возможность дистанционной поддержки с использованием телемедицинских технологий.



SomnoMedics (Германия) – оборудование для полисомнографии и кардиореспираторного мониторинга

Полисомнография – комплексная оценка качества сна, получение, интерпретация и анализ различных физиологических параметров во время сна. Аппарат SOMNOscreen™ plus RC – портативный полисомнограф с возможностью до 58 часов записи 20 каналов, включая: поток воздуха и храп, движения грудной клетки и брюшной стенки, пульсоксиметр, ЭКГ, артериальное давление, актиметрия, электромиография, положение тела, маркеры пациента. Предусмотрена запись на карту памяти, а также возможность беспроводной передачи данных.



Подробнее на сайте: www.uni-medica.ru,
E-mail: info@uni-medica.ru, Тел.: +7 (495) 241-04-61



«ВИТАЛ РАЙЗ»
ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ И МАССАЖНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
И БЫТОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
www.vital-rays.ru



РУССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ
АССОЦИАЦИЯ
СКАНДИНАВСКОЙ ХОДЬБЫ
www.rnwa.ru



АССОЦИАЦИЯ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЙ
МЕДИЦИНЫ
www.intermeda.ru



«БЕКА РУС»
РЕАБИЛИТАЦИЯ, УХОД,
ФИЗИОТЕРАПИЯ, СПА
www.beka.ru



«УНИМЕДИКА»
РЕСПИРАТОРНАЯ ТЕРАПИЯ
И МЕДИЦИНА СНА
www.uni-medica.ru



КЛУБ
ИННОВАЦИОННОЙ
МЕДИЦИНЫ
www.medinnclub.ru





МОСКОВСКОЕ
РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

