

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ ЦЕНТР ЭКСТРЕННОЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМЕНИ А.М. НИКИФОРОВА»

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА В ПУЛЬМОНОЛОГИИ

Учебно-методический комплекс

**Санкт-Петербург
2023**

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ ЦЕНТР ЭКСТРЕННОЙ И РАДИАЦИОННОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМЕНИ А. М. НИКИФОРОВА»

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА В ПУЛЬМОНОЛОГИИ

Учебно-методический комплекс
Электронное текстовое издание

Санкт-Петербург
Научно-технологические
2023

© ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, 2023
© Алексанин С. С., Леонтьев О. В., Парцерняк С. А.,
Дударенко С. А., Нестеренко Н. В., 2023
ISBN 978-5-907618-91-6

УДК 616.24
ББК 54.12
Ф94

Авторы:

Алексанин С. С., Леонтьев О. В., Парцерняк С. А., Дударенко С. А., Нестеренко Н. В.

Функциональная диагностика в пульмонологии [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / С. С. Алексанин, О. В. Леонтьев, С. А. Парцерняк, С. А. Дударенко, Н. В. Нестеренко, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России. – Санкт-Петербург: Научные технологии, 2023. – 53 с. – URL: <https://publishing.intelgr.com/archive/funktsionalnaya-diagnostika-v-pulmonologii.pdf>.

ISBN 978-5-907618-91-6

В учебно-методическом комплексе представлены следующие элементы: дополнительная профессиональная программа повышения квалификации, календарный учебный график (календарный план обучения), курс лекций, методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей, самоучитель для подготовки к итоговой аттестации, оценочные материалы.

При разработке учебно-методического комплекса использованы материалы исследований НИР «Разработка учебно-методических комплексов для повышения квалификации медицинского персонала МЧС России с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий» (шифр «Образование»), выполняемой ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России в соответствии с п. 8.1. раздела II Плана научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МЧС России на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов, утвержденного приказом МЧС России от 24.01.2023 № 44.

Учебно-методический комплекс предназначен для медицинского персонала медицинских учреждений и формирований МЧС России. Может быть использован в системе высшего (аспирантура, ординатура) и дополнительного профессионального образования (повышение квалификации) медицинского персонала МЧС России, Минобороны и Минздрава России.

УДК 616.24
ББК 54.12

ISBN 978-5-907618-91-6

© ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, 2023
© Алексанин С. С., Леонтьев О. В., Парцерняк С. А.,
Дударенко С. А., Нестеренко Н. В., 2023

Учебное издание

Алексанин Сергей Сергеевич
Леонтьев Олег Валентинович
Парцерняк Сергей Александрович
Дударенко Сергей Владимирович
Нестеренко Наталья Владимировна

Функциональная диагностика в пульмонологии

Учебно-методический комплекс
Электронное текстовое издание

Издание публикуется в авторской редакции

Подписано к использованию 16.11.2023.
Объем издания – 1,0 Мб.

Издательство «Наукоемкие технологии»
ООО «Корпорация «Интел Групп»
<https://publishing.intelgr.com>
E-mail: publishing@intelgr.com
Тел.: +7 (812) 945-50-63

ISBN 978-5-907618-91-6



9 785907 618916 >

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации.....	5
1.1	Общая характеристика дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	5
1.2	Планируемые результаты обучения.....	6
1.3	Учебный план.....	8
1.4	Календарный учебный график.....	9
1.5	Содержание разделов и тем.....	9
1.6	Организационно-педагогические условия реализации дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	10
1.7	Тематический план дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	12
1.8	Фонд оценочных средств (для итоговой аттестации).....	13
1.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	13
2	Календарный учебный график.....	15
3	Курс лекций.....	15
	Лекция № 1.....	15
	Лекция № 2.....	21
	Лекция № 3.....	34
4	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей.....	41
4.1	Введение.....	41
4.2	Электронный учебно-методический комплекс, состав, формы занятий.....	41
4.3	Порядок изучения модулей электронного учебно-методического комплекса дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	42
4.4	Система оценки результатов освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	43
4.5	Заключение.....	44
5	Самоучитель для подготовки к итоговой аттестации.....	44
6	Оценочные материалы.....	51

1. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Специальности: функциональная диагностика, пульмонология, терапия.

Категория обучающихся: медицинские работники с высшим образованием – к освоению программы допускаются лица, имеющие высшее образование – специалитет по специальности «Лечебное дело», «Педиатрия» и подготовка в интернатуре и (или) ординатуре по одной из специальностей: «Функциональная диагностика», «Пульмонология», «Терапия».

Форма обучения: очно-заочная с применением электронного обучения дистанционных образовательных технологий.

Трудоемкость: 36 академических часов (36 ЗЕТ)

1.1 Общая характеристика дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации «Функциональная диагностика в пульмонологии» (далее ДПП ПК) по специальностям: функциональная диагностика, пульмонология, терапия.

ДПП ПК также предусматривает совершенствование навыков проведения методов функциональной диагностики в соответствии с требованиями профессиональных стандартов. ДПП ПК создана в соответствии с положениями Указа Президента Российской Федерации от 06.06.2019 № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года»; приказами Минобрнауки России от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»; от 17.08.2015 № 853 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 31.05.02 Педиатрия (уровень специалитета)»; от 09.02.2016 № 95 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.01 Лечебное дело (уровень специалитета); Приказами Минтруда и социальной защиты РФ от 11.03.2019 № 138н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач функциональной диагностики»; «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-пульмонолог»; от 19.03.2019 № 160н; Квалификационными требованиями по терапии.

ДПП ПК является учебно-методическим нормативным документом, регламентирующим содержание и организационно-методические формы повышения квалификации по вышеуказанным специальностям.

План учебного процесса составлен в соответствии с распределением часов лекции (6 час.); практические занятия (6 часов, очно), самостоятельную работу (16 час.); итоговую аттестацию (6 часов, очно). ДПП ПК предусматривает проведение практических занятий в отделе функциональных методов исследования и в симуляционном центре. В процессе обучения обучающиеся сдают итоговую аттестацию. Итоговая оценка выставляется по итогам сдачи экзамена, состоящего из тестового контроля знаний и устного опроса.

Цель ДПП ПК – актуализировать знания медицинских работников с высшим образованием о наиболее современных методах функциональной диагностики в пульмонологии.

Задачи ДПП ПК:

Повышение квалификации специалистов в следующих областях:

- осуществление практической работы на высоком профессиональном уровне в соответствии с квалификационной характеристикой специальности;
- использование новейшей медицинской диагностической аппаратуры и техники в условиях повышенных требований к лечебно-диагностической работе;
- помощь специалистам в осуществлении профилактической работы, направленной на выявление ранних и скрытых форм заболеваний и факторов риска;

- помощь специалистам в осуществлении диспансерного и динамического наблюдения за состоянием здоровья пациентов с проведением необходимого объема исследований;
- оказание неотложной помощи при состояниях угрожающих жизни и здоровью пациентов;
- помощь специалистам в проведении реабилитационных мероприятий в объёме, соответствующем квалификационным требованиям;
- правильное ведение утверждённых форм учётно-отчётной документации.

В результате обучения медицинские работники с высшим образованием актуализируют теоретические знания по проблеме современного состояния проводимых методов функциональной диагностики в пульмонологии.

Форма обучения: очно-заочная с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Трудоемкость программы: 36 академических часов (36 ЗЕТ).

1.2 Планируемые результаты обучения

В результате освоения программы обучаемый должен приобрести знания и умения, необходимые для качественного выполнения компетенций.

В соответствие с профстандартом врача функциональной диагностики, утвержденном приказом Минтруда и социальной защиты РФ от 11.03.2019 г. № 138н «Об утверждении профессионального стандарта «врач функциональной диагностики»» к освоению программы допускаются лица, имеющие высшее образование – специалитет специальности «Лечебное дело», «Педиатрия» и подготовка в интернатуре и (или) ординатуре по одной из специальностей: «Функциональная диагностика», «Пульмонология», «Терапия».

С целью успешного освоения программы обучающиеся к началу ее изучения должны обладать следующими входными знаниями, умениями и компетенциями:

способностью работать самостоятельно, принимать решения;

способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;

способностью к письменной и устной коммуникации на родном (государственном) языке;

способностью использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач.

В соответствие с профстандартом врача функциональной диагностики, утвержденном приказом Минтруда и социальной защиты РФ от 11.03.2019 г. № 138н специалисты, успешно завершившие обучение должны осуществлять следующие трудовые функции:

**Проведение исследований и оценка состояния
функции заболеваний бронхолегочной системы**

<p>Трудовая функция (профессиональная компетенция) в соответствии с профессиональным стандартом</p>	<p>Диагностика заболеваний бронхолегочной системы А/01.8 (врач-пульмонолог) Назначение и проведение лечения пациентам при заболеваниях бронхолегочной системы, контроль его эффективности и безопасности А/02.8(врач-пульмонолог) Проведение исследования и оценка состояния функции внешнего дыхания А/01.8 (врач-ФД)</p>
<p>Необходимые умения</p>	<p>Собирать жалобы, анамнез жизни и заболевания у пациента с заболеваниями органов дыхания (его законных представителей), анализировать информацию Определять медицинские Показания и медицинские противопоказания к проведению исследований и оценке состояния функции внешнего дыхания, в том числе: методами спирометрии, исследования неспровоцированных дыхательных объемов и потоков, пульсоксиметрии, импульсной осциллометрии, исследования спровоцированных дыхательных объемов и потоков, исследования дыхательных объемов и потоков с применением лекарственных препаратов, исследования дыхательных объемов и потоков при провокации физической нагрузкой в соответствии с действующими порядками оказания медицинской помощи, клиническими рекомендациями (протоколами лечения) по вопросам оказания медицинской помощи, с учетом стандартов медицинской помощи Работать на диагностическом оборудовании Проводить исследования и оценивать состояние функции внешнего дыхания методами спирометрии, исследования неспровоцированных дыхательных объемов и потоков, пульсоксиметрии, импульсной осциллометрии, исследования спровоцированных дыхательных объемов и потоков, исследования дыхательных объемов и потоков с применением лекарственных препаратов, исследования дыхательных объемов и потоков при провокации физической нагрузкой и иными методами оценки функционального состояния внешнего дыхания в соответствии с действующими порядками оказания медицинской помощи, клиническими рекомендациями (протоколами лечения) по вопросам оказания медицинской помощи, с учетом стандартов медицинской помощи Анализировать полученные результаты исследований, оформлять заключения по результатам исследования и оценивать состояние функции внешнего дыхания Выявлять синдромы нарушений биомеханики дыхания, общие и специфические признаки заболевания Выявлять дефекты выполнения исследований и определять их причины Работать с компьютерными программами обработки и анализа результатов исследований и оценивать состояние функции внешнего дыхания</p>
<p>Необходимые знания</p>	<p>Медицинские показания и медицинские противопоказания к проведению исследований и оценке состояния функции внешнего дыхания, в том числе: методами спирометрии, Исследования неспровоцированных дыхательных объемов и потоков,</p>

	<p>пульсоксиметрии, импульсной осциллометрии, исследования спровоцированных дыхательных объемов и потоков, исследования дыхательных объемов и потоков с применением лекарственных препаратов, исследования дыхательных объемов и потоков при провокации физической нагрузкой в соответствии с действующими порядками оказания медицинской помощи, клиническими рекомендациями (протоколами лечения) по вопросам оказания медицинской помощи, с учетом стандартов медицинской помощи</p> <p>Нормальная анатомия и нормальная физиология человека, патологическая анатомия и патологическая физиология дыхательной системы у лиц разного возраста, в том числе у детей</p> <p>Патогенез пульмонологических заболеваний, основные клинические проявления пульмонологических заболеваний</p> <p>Клинические, инструментальные, лабораторные методы диагностики пульмонологических заболеваний</p> <p>Методы исследований и оценки состояния функции внешнего дыхания, диагностические возможности и методики их проведения в соответствии с действующими порядками оказания медицинской помощи, клиническими рекомендациями (протоколами лечения) по вопросам оказания медицинской помощи, с учетом стандартов медицинской помощи</p> <p>Принципы работы диагностического оборудования, на котором проводится исследование функции внешнего дыхания, правила его эксплуатации</p> <p>Методики проведения исследований и оценки состояния функции внешнего дыхания, подготовки пациента к исследованиям</p> <p>Теоретические основы методов исследований функции внешнего дыхания, в том числе, спирографии, пульсоксиметрии, импульсной осциллометрии, оценки газового состава крови и кислотно-основного состояния крови, в том числе с использованием лекарственных, функциональных проб</p> <p>Особенности проведения исследований и оценки состояния функции внешнего дыхания у детей</p> <p>Медицинские показания для оказания медицинской помощи в неотложной форме</p> <p>Порядки оказания медицинской помощи, клинические рекомендации (протоколы лечения) по вопросам оказания медицинской помощи, стандарты медицинской помощи пациентам с заболеваниями органов дыхания</p> <p>Установление диагноза с учетом действующей Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем</p>
--	--

1.3 Учебный план

Цель ДПП ПК – актуализировать знания медицинских работников с высшим образованием о наиболее современных методах функциональной диагностики в пульмонологии.

Форма обучения: очно-заочная с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий. Трудоемкость: 36 акад. час. (36 ЗЕТ). Режим занятий: 6 акад. час. в день.

№№ пп	Наименование модулей, тем (разделов, тем)	Итого (ак. час. / зач. ед.)	В том числе			
			лекции	практические занятия	самост. работа	формы контроля
1	Раздел 1. Основные функциональные показатели в пульмонологии	18/18	6	-	12	
2	Раздел 2. Функциональные методы исследования в пульмонологии	12/12	2	6	4	
Итоговая аттестация		6/6	-	6	-	экзамен
Всего		36/36	8	12	16	-

1.4 Календарный учебный график

Неделя обучения	1	2	3			4	5	6	Итого часов
	ср	чт	птн	сб	вс	пнд	вт	ср	
1 неделя	Л – 4 СР – 2	Л – 2 СР – 4	СР – 6	-	-	Л – 2 СР – 4	Пз – 6	ИА – 6	36
Всего	6	6	6	-	-	6	6	6	36

Примечание:

Условные сокращения: Л – лекция СР – самостоятельная работа, Пз – практическое занятие ИА – итоговая аттестация

1.5 Содержание разделов и тем

Раздел 1. Основные функциональные показатели в пульмонологии

Тема 1. Показатели системы внешнего дыхания и их расчет.

Показатели системы внешнего дыхания и их расчет. Понятие механики дыхания. Основные функции процесса дыхания. Диффузия газов в легких. Основные законы, применяемые для изучения диффузии. Понятие о диффузионной способности легких.

Тема 2. Типы нарушения дыхания.

Типы нарушения дыхания и их основная характеристика. Механизмы нарушения дыхания

Раздел 2. Функциональные методы исследования в пульмонологии

Тема 3. Измерение воздушных потоков и объемов.

Измерение воздушных потоков и объемов. Показания и противопоказания, методика проведения. Измеряемые показатели.

Тема 4. Вентиляционно-перфузионные отношения. Пневмотахометрия

Вентиляционно-перфузионные отношения. Пневмотахометрия, показания и противопоказания к проведению методики. Алгоритм формирования синдромов изменения механических и газообменных свойств легких при различных видах патологии (клинико-функциональные параллели). Наиболее значимые и сложные моменты диагностики.

1.6 Организационно-педагогические условия реализации ДПП ПК

1.6.1 Учебные помещения

№№ пп	Перечень помещений	Место расположения	Площадь, м ²	Кол-во посадочных мест
Учебные кабинеты				
1.	Учебная аудитория № 236	ул. Оптиков, 54, Санкт-Петербург, 197345	48,2	14
Симуляционный центр				
2.	Учебная аудитория № 143	ул. Оптиков, 54, Санкт-Петербург, 197345	41,8	12

1.6.2 Описание системы дистанционного обучения

Для реализации учебного модуля № 1, итоговой аттестации (компьютерного тестирования) ДПП ПК применяется электронное обучение, дистанционные образовательные технологии на базе электронной информационно-образовательной среды ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, размещенной на официальном сайте системы дистанционного обучения по адресу в сети Интернет <http://idpo.ncerm.ru>. Организация образовательной деятельности с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий осуществляется в соответствии с федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», приказом Минобрнауки России от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ», приложением «Методические рекомендации по реализации дополнительных профессиональных программ с использованием дистанционных образовательных технологий, электронного обучения и в сетевой форме» к письму Минобрнауки России от 21.04.2015 № ВК-1013/06 «О направлении методических рекомендаций по реализации дополнительных профессиональных программ», приложением к приказу ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России от 08.09.2015 № 42/по «О реализации образовательных программ дополнительного профессионального образования с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий».

Система дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России обеспечивает доступ обучающихся, независимо от места их нахождения, к электронной информационно-образовательной среде, включающей в себя электронные информационные ресурсы, электронные образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, телекоммуникационных технологий, соответствующих технологических средств, и обеспечивающей освоение обучающимися ДПП ПК полностью, либо ее части.

Основными средствами обучения являются электронные учебно-методические комплексы, представляющие собой структурированную совокупность электронной учебно-методической документации, электронных образовательных ресурсов, средств обучения и контроля знаний, содержащих взаимосвязанный контент и предназначенных для совместного применения в целях эффективного изучения обучающимися учебных модулей и их компонентов. Доступ обучающихся к электронным учебно-методическим комплексам системы дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России осуществляется с идентификацией обучающихся по персональному имени и паролю.

Образовательный процесс в ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России при реализации ДПП ПК с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется: специально подготовленным профессорско-преподавательским

составом, который создает и актуализирует специализированные учебные материалы для их размещения в системе дистанционного обучения, проводит опосредованные взаимодействия и различные виды учебных занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий; административно-техническим и учебно-вспомогательным персоналом, осуществляющим учебно-методическое и организационно-техническое обеспечение учебного процесса. Образовательный процесс с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий реализуется в форме синхронного и асинхронного взаимодействия обучающихся и профессорско-преподавательского состава ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России.

При организации образовательного процесса в ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России также используется принцип комбинирования форм взаимодействия между обучающимися и преподавателями. В системе дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России применяются алгоритмы организации образовательного процесса. Материалы электронного учебно-методического комплекса предоставляются обучающимся последовательно, ранее пройденные материалы доступны для изучения в произвольном порядке; произвольный. Все материалы электронного учебно-методического комплекса доступны для изучения в любой момент времени. Обучающийся может произвольно выбирать материалы электронного учебно-методического комплекса для изучения. Все материалы электронного учебно-методического комплекса доступны для изучения в любой момент времени. При организации образовательного процесса в ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России также используется принцип комбинирования форм взаимодействия между обучающимися и преподавателями.

1.7 Тематический план ДПП ПК

Номера и наименование разделов	Всего часов учебных занятий по расписанию	В том числе		Форма контроля	
		Заочно с применением ЭО, ДОТ	Очно		
			Лекции		Практические занятия
Раздел 1. Основные функциональные показатели в пульмонологии	18	12	6	-	
Тема 1. Показатели системы внешнего дыхания и их расчет.	8	6	2	-	
Тема 2. Типы нарушения дыхания.	10	6	4	-	
Раздел 2. Функциональные методы исследования в пульмонологии	12	4	2	6	
Тема 3. Измерение воздушных потоков и объемов.	4		2	2	
Тема 4. Вентиляционно-перфузионные отношения. Пневмотахометрия	8	4	-	4	
Итоговая аттестация	6			6	экзамен
Всего	36	16	8	12	

1.8 Фонд оценочных средств (для итоговой аттестации)

1. Основные функциональные показатели в пульмонологии
2. Показатели системы внешнего дыхания и их расчет.
3. Понятие механики дыхания.
4. Основные функции процесса дыхания.
5. Диффузия газов в легких.
6. Основные законы, применяемые для изучения диффузии.
7. Понятие о диффузионной способности легких.
8. Типы нарушения дыхания и их основная характеристика.
9. Механизмы нарушения дыхания
10. Функциональные методы исследования в пульмонологии
11. Измерение воздушных потоков и объемов.
12. Показания и противопоказания к измерению воздушных потоков и объемов
13. Вентиляционно-перфузионные отношения.
14. Пневмотахометрия, показания и противопоказания к проведению.
15. Алгоритм формирования синдромов изменения механических и газообменных свойств легких при различных видах патологии (клинико-функциональные параллели).
16. Наиболее значимые и сложные моменты диагностики в пульмонологии.
17. Рестриктивные нарушения вентиляции
18. Обструктивные нарушения дыхания
19. Бронходилатационный тест. Методика проведения.
20. Анализ результатов спирометрии

1.9 Учебно-методическое и информационное обеспечение

1.9.1 Рекомендуемая литература

а) законодательные и нормативные правовые документы

1. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (Дата обращения 17.01.2022).

2. Федеральный закон от 29.11.2010 № 326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_107289/ (Дата обращения 17.01.2022).

3. Указа Президента Российской Федерации от 6.6.2019 № 254 «О Стратегии развития здравоохранения в Российской Федерации на период до 2025 года». – URL: <https://base.garant.ru/72264534/> (Дата обращения 16.01.2022).

4. Приказ Минздрава России от 08.10.2015 № 707н «Об утверждении Квалификационных требований к медицинским и фармацевтическим работникам с высшим образованием по направлению подготовки «Здравоохранение и медицинские науки». – URL: <https://base.garant.ru/71231064/#friends> (Дата обращения 20.01.2022).

5. Приказ Минздрава России от 15.03.2016 № 159 «Об утверждении структуры Министерства здравоохранения Российской Федерации». – URL: <https://base.garant.ru/71770182/> (Дата обращения 16.01.2022).

6. Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 11.03.2019 № 138н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач функциональной диагностики».

7. Приказ Минтруда и социальной защиты РФ от 19.03.2019 № 160н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач-пульмонолог».

8. Приказ Минздрава России от 11.10.2016 № 771н «О внесении изменений в номенклатуру специальностей специалистов, имеющих высшее медицинское и фармацевтическое образование, утвержденную приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 07.10.2015 № 700н». – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201612270020> (Дата обращения 16.01.2022).

9. Приказ Минздрава России от 07.06.2019 № 381н «Об утверждении Требований к организации и проведению внутреннего контроля качества и безопасности медицинской деятельности». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72589514/> (Дата обращения 16.01.2022).

10. Приказ Минздрава России от 04.09.2020 № 940н «О внесении изменений в Квалификационные требования к медицинским и фармацевтическим работникам с высшим образованием по направлению подготовки «Здравоохранение и медицинские науки», утвержденные приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 8 октября 2015 г. № 707н». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74610258/> (Дата обращения 16.01.2022).

11. Приказ Минобрнауки России от 01.07.2013 № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам». – URL: <https://base.garant.ru/70440506/> (Дата обращения 17.01.2022).

12. Приказ Минобрнауки России от 17.08.2015 № 853 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 31.05.02 Педиатрия (уровень специалитета)». – URL: <https://base.garant.ru/71191194/> (Дата обращения 17.01.2022).

13. Приказ Минобрнауки России от 09.02.2016 № 95 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.01 Лечебное дело (уровень специалитета)». – URL: <https://base.garant.ru/71345004/> (Дата обращения 17.01.2022).

14. Приказ Минтруда России от 11.03.2019 № 138н «Об утверждении профессионального стандарта «Врач функциональной диагностики». – URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/02.055.pdf> (Дата обращения 11.11.2023).

15. Паспорт национального проекта «Здравоохранение» / Утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 № 16). – URL: <https://base.garant.ru/72185920/> (Дата обращения 11.11.2023).

б) основная

1. Функциональная диагностика / О. В. Леонтьев, Е. Ф. Павлыш. – СПб.: Стратегия будущего, 2019. – 134 с.

2. Терапия. Учебное пособие / С. А. Парцерняк и др. – СПб.: Стратегия будущего, 2020. – 784 с.

3. Неотложные состояния при терапевтических заболеваниях / Е. В. Крюков, С. С. Алексанин и др. – Учебное пособие. – СПб.: Стратегия будущего, 2023. – 174 с.

Дополнительная

1. Баранов В. Л., Куренкова И. Г., Харитонов М. А. Исследование функции внешнего дыхания. – СПб.: «Нордмедиздат», 2004. – 126 с.

2. Абросимов, В. Н. Реабилитация больных ХОБЛ / В. Н. Абросимов. – Москва: ГЭОТАРМедиа, 2016. – 112 с.

3. Баранов В. Л. Исследование функции внешнего дыхания. / В. Л. Баранов, И. Г. Куренкова, В. А. Казанцев, М. А. Харитонов и др. СПб.: «Элби-СПб», 2002. – 300 с.

4. Карманное руководство по диагностике, лечению и профилактике хронической обструктивной болезни легких: руководство для специалистов здравоохранения: пересмотр 2016 г. / пер. с англ. под ред. А. С. Белевского. – Москва: Рос. респиратор. о-во, 2016. – 60 с.

5. Практическая пульмонология: руководство для врачей / ред.: В. В. Салухов, М. А. Харитонов. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 416 с.

6. Руководство по диспансеризации взрослого населения / под ред.: Н. Ф. Герасименко, В. М. Чернышева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 664 с.

7. Руководство по клинической иммунологии в респираторной медицине / под ред.: М. П. Костинова, А. Г. Чучалина. – Москва: АТМО, 2016. – 128 с.

8. Синопальников, А. И. Кашель / А. И. Синопальников, И. Л. Клячкина. – М.: МИА, 2013. – 168 с.

Интернет-ресурсы

1. Национальный проект «Здоровье». – Россия, 2018. <https://roszdravnadzor.gov.ru/i/upload/images/2018/7/25/1532512237.26174-1-15781.pdf> (Дата обращения 15.11.2023).

2. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Календарный учебный график разработан с учетом выбранной формы обучения (заочной с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий) и является составной частью дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Функциональная диагностика в пульмонологии».

Календарный учебный график представляет собой график учебного процесса, устанавливающий последовательность и продолжительность обучения и итоговой аттестации по учебным неделям и (или) дням.

Трудоемкость: 36 акад. час. (36 ЗЕТ).

Неделя обучения	1	2	3			4	5	6	Итого часов
	ср	чт	птн	сб	вс	пнд	вт	ср	
1 неделя	Л – 4 СР – 2	Л – 2 СР – 4	СР – 6	-	-	Л – 2 СР – 4	Пз – 6	ИА – 6	36
Всего	6	6	6	-	-	6	6	6	36

Примечание:

Условные сокращения: Л – лекция СР – самостоятельная работа, Пз – практическое занятие ИА – итоговая аттестация

Форма обучения: очно-заочная, с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

Режим занятий: 6 акад. час. в день.

3. КУРС ЛЕКЦИЙ

Лекция 1. ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ИХ РАСЧЕТ

Время – 2 акад. часа

Место проведения – личный кабинет обучающегося в системе дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России по адресу в сети интернет <http://idpo.nrscrm.ru>

Контингент обучаемых – обучающиеся по дополнительной профессиональной программе «Функциональная диагностика в пульмонологии»

Литература.

1. Функциональная диагностика / О. В. Леонтьев, Е. Ф. Павлыш. – СПб.: 2019, Стратегия будущего – 134 с.
2. Терапия. Учебное пособие / С. А. Парцерняк и др. – СПб.: 2020, Стратегия будущего – 784 с.
3. Неотложные состояния при терапевтических заболеваниях / Е. В. Крюков, С. С. Алексанин и др. – Учебное пособие. – СПб.: 2023, Стратегия будущего – 174 с.
4. Основы внутренней медицины [Электронный ресурс] / Ж. Д. Кобалава, С. В. Моисеев, В. С. Моисеев; под. ред. В. С. Моисеева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970427729.html> (Дата обращения 23.10.2023).
5. Поликлиническая терапия [Электронный ресурс]: учебник / Г. И. Сторожаков, И. И. Чукаева, А. А. Александров – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970425015.html> (Дата обращения 23.10.2023).

Учебные вопросы

Введение

1. Минутный объем дыхания
 2. Максимальная вентиляция легких. Жизненная емкость легких
 3. Альвеолярное, трансбронхиальное давление и давление в плевральной полости
 4. «Мертвое» пространство
 5. Количество поглощенного (для O_2) или выделенного для (CO_2) газа
 6. Частота и глубина дыхания
- Заключение

Введение

Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих потребление организмом кислорода и выделение оксида углерода.

Поступление кислорода из атмосферы к клеткам необходимо для биологического окисления органических веществ, в результате которого освобождается энергия, нужная для жизни организма. Прекращение дыхания ведет к гибели прежде всего нервных, а затем и других клеток. Кроме того, дыхание участвует в поддержании постоянства реакций жидкостей и тканей внутренней среды организма, а также температуры тела.

Дыхание человека включают газообмен между организмом и окружающей средой, состоящий из поглощения кислорода и выделение углекислого газа, транспорт этих газов внутри организма. Для современной диагностики и лечения заболеваний легких врачу необходимо хорошо ориентироваться в показателях системы внешнего дыхания человека.

Различают следующие показатели внешнего дыхания:

I. Статические (характеризуют функциональные возможности легких). К ним относятся величины, которые измеряют после завершения дыхательного маневра без ограничения скорости его выполнения.

II. Динамические (характеризуют реализацию функциональных возможностей легких) их определяют с учетом времени, затраченного на выполнение дыхательного маневра. К ним относятся: минутный объем дыхания (МОД) альвеолярная вентиляция легких (АВЛ), максимальная вентиляция легких (МВЛ), резерв дыхания (РД).

Для понимания сущности этих показателей в функционировании системы внешнего дыхания рассмотрим основные процессы, происходящие в данной системе и расчет вышеназванных показателей.

1. Минутный объем дыхания

Постоянство газового состава альвеолярного воздуха поддерживается адекватным уровнем легочной вентиляции. Объем вентиляции определяется глубиной дыхания,

дыхательным объемом (ДО) и частотой дыхания (ЧД). Объем воздуха, вентилируемого легкими в течение 1 минуты, называется минутным объемом дыхания (МОД) или общей вентиляцией:

$$\text{МОД} = \text{ДО} \times \text{ЧД},$$

где:

ДО – дыхательный объем в литрах;

ЧД – частота дыхания в минуту.

В покое у здоровых людей ДО составляет примерно 0,4-0,6 л,

ЧД – 14-16 в минуту, а МОД – 5-6 л, обеспечивая потребление кислорода в количестве 0,2 л/мин.

Коэффициент использования кислорода определяется по формуле:

$$\text{КИО}_2 = \frac{\text{Фактическое потребление О}_2 \text{ (мл/мин)}}{\text{МОД (л)}},$$

где:

КИО₂ – коэффициент использования кислорода, мл;

МОД – минутный объем дыхания, л.

В норме КИО₂ составляет около 40 мл. Величина, обратная КИО₂, называется вентиляционным эквивалентом (ВЭ). Он равен в норме 28, т. е. из каждых 28 мл вентилируемого воздуха организм утилизирует 1 мл кислорода.

2. Максимальная вентиляция легких. Жизненная емкость легких

Максимальная вентиляция легких (МВЛ) – максимальный объем воздуха, который может быть провентилирован за 1 минуту при условии предельного увеличения глубины и скорости дыхания.

$$\text{МВЛ} = \text{ДО}_{\text{макс.}} \times \text{ЧД}_{\text{макс.}},$$

где:

ДО макс. – максимальный дыхательный объем, мл;

ЧД макс. – максимальная частота дыхания в минуту.

Способы определения МВЛ:

возрастающая дозированная нагрузка;

- 1) вдыхание газовой смеси с повышенной (до 10%) концентрацией углекислого газа;
- 2) форсированное дыхание с заданной глубиной и частотой;
- 3) произвольная гипервентиляция.

В клинике используется последний метод. Обследуемый в течение 10 с должен дышать с максимально возможной глубиной в оптимальном для себя ритме. Полученная величина приводится к 1 мин. МВЛ определяют с помощью спирографа, пневмотахографа, или собирают выдыхаемый воздух в мешок Дугласа, с последующим измерением его объема газовыми часами.

За нормальную величину у людей среднего возраста принимают значения МВЛ 80-100 л/мин. У спортсменов – 120-150 л/мин, в отдельных случаях 200 л/мин.

Для определения должной величины МВЛ используют формулы:

$$\text{ДМВЛ} = \text{ДЖЕЛ} \times 25 \text{ (для мужчин)},$$

$$\text{ДМВЛ} = \text{ДЖЕЛ} \times 26 \text{ (для женщин)},$$

где:

ДМВЛ – должная максимальная вентиляция легких, л/мин;

ДЖЕЛ – должная жизненная емкость легких, л.

В возрасте старше 50 лет коэффициенты уменьшаются на 2, становятся равными 23 и 24 соответственно.

Пользуются следующей формулой:

$$\text{ДМВЛ (л/мин)} = \frac{1}{2} \text{ ДЖЕЛ} \times 35,$$

где:

ДМВЛ – должная максимальная вентиляция легких, л/ мин;

ДЖЕЛ – должная жизненная емкость легких, л.

Разность между МВЛ и МОД называется резервом дыхания (РД). (РД=МВЛ-МОД)

При сопоставлении МВЛ и ЖЕЛ можно получить так называемый показатель скорости движения воздуха (ПСДВ):

$$\text{ПСДВ}=\text{МВЛ}:\text{ЖЕЛ},$$

где: МВЛ-максимальная вентиляция легких, л/мин,

ЖЕЛ- жизненная емкость легких, л.

Этот показатель может помочь в дифференциальной диагностике обструктивных и рестриктивных нарушений вентиляции.

3. Альвеолярное, трансбронхиальное давление и давление в плевральной полости

Альвеолярное давление, определяемое по формуле:

$$\text{Рал.}=\text{Р эл. л.}+\text{Рпл.},$$

$$\text{Рал.}=\text{Р рот.},$$

где:

Р ал. – альвеолярное давление, мм. вод. ст.;

Рэл. л. – давление эластической тяги легкого, вод. ст.;

Ррот. – давление в ротовой полости, которое измеряется манометром.

Трансбронхиальное давление, определяемое по формуле:

$$\text{Ртб}=\text{Рал.}-\text{Ррот.},$$

где:

Р тб – трансбронхиальное давление, мм. вод. ст.;

Р ал. – альвеолярное давление, мм. вод. ст.;

Ррот. – давление в ротовой полости, мм. вод. ст.

Транспульмональное давление (Ртп.)

$$\text{Ртп.}=\text{Ррот.}-\text{Рпл.},$$

где:

Р тп – транспульмональное давление, мм. вод. ст.;

Р пл. – давление в плевральной полости, мм вод. ст.;

Ррот. – давление в ротовой полости, мм. вод. ст.

Давление в плевральной полости, определяемое по формуле:

$$\text{Рпл}=\text{Ратм.}-\text{Рэл. л.},$$

где:

Рпл. – давление в плевральной полости, мм вод. ст.;

Ратм. – атмосферное давление, мм рт. ст.;

Рэл. л. – давление эластической тяги легкого, мм вод. ст.

В норме Рпл. в конце выдоха на 3-5 см вод. ст., а на высоте вдоха – на 6-8 см вод. ст. ниже атмосферного.

4. «Мертвое» пространство

Физиологическое мертвое пространство (Vd: Vt – Dead space to tidal volume ratio)

Норма: 0,25 – 0,4 или 30% дыхательного объёма.

$$Vd : Vt = \frac{PaCO_2 - PetCO_2}{PaCO_2},$$

где:

Vd – мертвое пространство;

Vt – дыхательный объём;

PaCO₂ – парциальное давление углекислого газа в артериальной крови;

PetCO₂ – парциальное давление углекислого газа во вдыхаемом воздухе.

Vd: Vt увеличивается при нарушении перфузии в альвеолах (эмболия сосудов, выраженная гипотензия, бронхиальная астма, хронический бронхит) и уменьшается при нарушении вентиляции в альвеолах (ателектазы).

Пример: PaCO₂ – 40 мм. рт. ст., PetCO₂ – 30 мм. рт. ст.

$$Vd / Vt = (40 - 30) / 40 = 0,25.$$

Минутная альвеолярная вентиляция (Va)

$$Va = (Vt - Vd) \times F,$$

где:

Va -минутная альвеолярная вентиляция,

Vd – мертвое пространство,

Vt – дыхательный объём,

F – частота дыханий.

Пример: Vt – 0,6 л, Vd – 0,155 л, F – 12 в минуту

$$Va(\text{л/мин}) = (0,6 - 0,155) \times 12 = 5,34$$

5. Количество поглощенного (для O₂) или выделенного для (CO₂) газа

Количество поглощенного (для O₂) или выделенного для (CO₂) газа равно разности между количеством газа, поступившим при вдохе и количеством газа, удаленном при выдохе

Для кислорода:

$$V_{O_2} = F_{UO_2} \times V_{O_2} - F_{AO_2} \times V_A \text{ или} \\ F_{AO_2} = F_{UO_2} - V_{O_2} : V_A,$$

где:

F_{AO₂} -содержание O₂ в альвеолярной смеси газов;

F_{UO₂} -содержание O₂ во вдыхаемом воздухе;

V_{O₂} – количество поглощенного O₂;

V_A – объем альвеолярной вентиляции.

Поскольку содержание углекислого газа во вдыхаемом воздухе можно приравнять к нулю, а объем CO₂ идет в обратном направлении, то:

$$V_{CO_2} = F_{ACO_2} \times V_A \text{ или} \\ F_{ACO_2} = V_{CO_2} : V_A,$$

где:

F_{ACO₂} -содержание CO₂ в альвеолярной смеси газов;

V_{CO₂} – количество выделенного CO₂;

V_A – объем альвеолярной вентиляции.

Эти уравнения справедливы в том случае, если объемы газов представлены в одинаковых условиях. Однако, когда рассчитывают поглощение O₂ или выделение CO₂, пользуются стандартными физическими условиями (STPD) тогда как дыхательные объемы и другие показатели вентиляции определяют при условиях, имеющих место в организме (BTPS).

Поскольку альвеолярная смесь газов полностью (100%) насыщена водяными парами, имеет температуру 37°C и давление в альвеолах равно атмосферному, формулы определяющие содержание O₂ и CO₂ в альвеолах, выглядят следующим образом:

$$F_{AO_2} = F_{UO_2} - (V_{O_2 STPD} : V_A VTPS) \times (863 : P_{атм.} - 47);$$

$$F_{ACO_2} = (V_{CO_2 STPD} : V_A VTPS) \times (863 : P_{атм.} - 47);$$

где:

P_{атм.} - атмосферное давление, мм. рт. ст.

«47» - давление водяных паров, мм. рт. ст. при температуре 37°C

«863» - фактор пересчета при переходе из системы STPD в систему VTPS; он может быть равен 0,863, если расчет производится в литрах.

У здоровых людей в покое поглощение кислорода в покое колеблется в пределах 250-300 мл/мин, составляя в среднем 280 мл/мин ($V_{O_2 STPD} = 280$ мл/мин). выделение углекислого газа равно 230 мл/мин ($V_{CO_2 STPD} = 230$ мл/мин) с колебаниями 200-250 мл/мин.

Отношение **объема выделенного CO₂ к объему поглощенного O₂**, или так называемый дыхательный коэффициент, составляет 230:280=0,8. При атмосферном давлении 760 мм. рт. ст., альвеолярной вентиляции 5000 мл/мин, содержание O₂ во вдыхаемом воздухе (F_{UO_2}) 20,9 об% (0,208 мл O₂ на 1 мл смеси) содержание кислорода в альвеолярном воздухе составит 14 об% (с колебаниями 13,6-14,9 об.% при V_{O_2} 250-300 мл/мин), углекислого газа 5,6 об.% (с колебаниями 4,8-6,1 об.% при V_{CO_2} 200-250 мл/мин)

Согласно закону Дальтона, парциальное давление каждого газа в смеси газов пропорционально его объемному содержанию. Поскольку содержание газов обычно приводят к условиям «сухой» газовой смеси, из общего давления (атмосферного) следует вычесть давление водяных паров.

Тогда:

$$P_{AO_2} = F_{AO_2} \cdot (P_{атм.} - 47) \text{ или } P_{AO_2} = P_{UO_2} - V_{O_2 STPD} : V_A VTPS \times 863$$

$$P_{ACO_2} = F_{ACO_2} \cdot (P_{атм.} - 47) \text{ или } P_{ACO_2} = V_{CO_2 STPD} : V_A VTPS \times 863,$$

где:

P_{AO_2} и P_{ACO_2} - парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе. Остальные обозначения прежние.

При спокойном дыхании ($V_{O_2 STPD} = 280$ мл/мин; $V_{CO_2 STPD} = 230$ мл/мин; $V_A VTPS$ 5000 мл) и парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе 150 мм. рт. ст., парциальное давление O₂ во вдыхаемом воздухе 150 мм. рт. ст., парциальное давление кислорода в альвеолах (P_{AO_2}) составит 100 мм. рт. ст.,

P_{атм.} - атмосферное давление, мм рт. ст.;

«47» - давление водяных паров, мм рт. ст. при температуре 37° C;

«863» - фактор пересчета при переходе из системы STPD в систему VTPS; он может быть равен 0,863, если расчет производится в литрах.

При спокойном дыхании ($V_{O_2 STPD} = 280$ мл/мин; $V_{CO_2 STPD} = 230$ мл/мин; $V_F VTPS$ 5000 мл) и парциальном давлении O₂ во вдыхаемом воздухе 150 мм рт. ст., парциальное давление кислорода в альвеолах (P_{AO_2}) составит 100 мм рт. ст., углекислого газа (P_{ACO_2}) - 40 мм рт. ст. Колебания указанных величин у здоровых людей могут составлять: для парциального давления кислорода 90-110 мм рт. ст., для парциального давления углекислого газа 35-45 мм рт. ст.

6. Частота и глубина дыхания

Частота дыхания - количество вдохов и выдохов за единицу времени. Взрослый человек делает в среднем 15-17 дыхательных движений в минуту. Большое значение имеет тренировка. У тренированных людей дыхательные движения совершаются более медленно и составляют 6-8 дыханий в минуту. Так, у новорожденных ЧД зависит от ряда факторов. При стоянии ЧД больше, чем при сидении или лежании. Во время сна дыхание более редкое (приблизительно на 1/5).

При мышечной работе дыхание учащается в 2–3 раза, доходя при некоторых видах спортивных упражнений до 40–45 циклов в минуту и более. На частоту дыхания влияет температура окружающей среды, эмоции, умственная работа, патологическое состояние легких.

Глубина дыхания или дыхательный объем – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании. Во время каждого дыхательного движения обменивается 300–800 мл воздуха, находящегося в легких. Дыхательный объем (ДО) падает с увеличением частоты дыхания.

Заключение

Следовательно, выделяются группы причин, вызывающих снижение показателей внешнего дыхания: 1) нарушение работы структур, образующих грудную полость (костные образования, мышцы, нервы) – снижаются статические и динамические показатели; 2) уменьшение дыхательной поверхности легких (воспаления, ателектазы, отеки и др.) – преимущественно снижаются статические показатели; 3) нарушение проходимости дыхательных путей – преимущественно снижаются динамические показатели.

Анализ изучаемых показателей необходим при постановке диагноза при заболеваниях легких и ряда патологических изменений со стороны других органов и систем.

Лекция 2. ИЗМЕРЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ И ОБЪЕМОВ

Время – 2 акад. часа

Место проведения – личный кабинет обучающегося в системе дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России по адресу в сети интернет <http://idpo.nrcserm.ru>

Контингент обучаемых – обучающиеся по дополнительной профессиональной программе «Функциональная диагностика в пульмонологии».

Литература

1. Функциональная диагностика / О. В. Леонтьев, Е. Ф. Павлыш. – СПб.: 2019, Стратегия будущего. – 134 с.
2. Терапия. Учебное пособие / С. А. Парцерняк и др. – СПб.: 2020, Стратегия будущего. – 784 с.
3. Неотложные состояния при терапевтических заболеваниях / Е. В. Крюков, С. С. Алексанин и др. – Учебное пособие. – СПб.: 2023, Стратегия будущего. – 174 с.
4. Основы внутренней медицины [Электронный ресурс] / Ж. Д. Кобалава, С. В. Моисеев, В. С. Моисеев; под ред. В. С. Моисеева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970427729.html> (Дата обращения 23.10.2023).
5. Поликлиническая терапия [Электронный ресурс]: учебник / Г. И. Сторожаков, И. И. Чукаева, А. А. Александров– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970425015.html> (Дата обращения 23.10.2023).

Учебные вопросы:

Введение

1. Показания и противопоказания к проведению спирометрии. Подготовка к исследованию

2. Методика исследования

3. Показатели спирометрии

4. Интерпретация результатов

5. Бронходилатационный тест

Заключение

Введение

Спирометрия представляет собой неинвазивный метод измерения воздушных потоков и объемов как функции времени с использованием форсированных маневров.

Все спирометры должны удовлетворять минимальным техническим требованиям, которые достаточны для повседневной клинической практики. Соблюдение этих требований необходимо для точности измерений и минимизации вариабельности результатов. В отдельных ситуациях, например, в некоторых клинических исследованиях, объем технических требований может быть увеличен.

Спирометр должен позволять оценивать объем воздуха в течение ≥ 15 сек и измерять объемы не менее 8 л с точностью как минимум $\pm 3\%$, или $\pm 0,05$ л, а воздушные потоки – от нуля до 14 л/с. Для оптимального контроля за качеством измерений спирометр должен оснащаться дисплеем, на котором отражается кривая поток-объем или объем-время, для визуальной оценки каждого выполненного маневра перед началом следующего. Для оценки воспроизводимости повторных маневров в течение одного исследования желательно, чтобы все кривые в данном исследовании накладывались на дисплее друг на друга.

1. Показания и противопоказания к проведению спирометрии. Подготовка к исследованию

Определены следующие **показания** к назначению спирометрии:

- 1) установление причины респираторных жалоб больного, клинических симптомов либо отклонений в лабораторных показателях;
- 2) диагностика наличия, степени выраженности и обратимости нарушений вентиляционной функции легких при заболеваниях органов дыхания и других органов и систем;
- 3) скрининг популяций людей с высоким риском легочных заболеваний;
- 4) предоперационная оценка риска;
- 5) оценка прогноза заболевания;
- 6) оценка функционального состояния перед участием пациента в программах с физическими нагрузками высокого уровня.

Наблюдение

- 1) оценка эффективности лечебных мероприятий;
- 2) мониторинг течения заболевания с нарушением легочной функции;
- 3) наблюдение за популяциями лиц, подвергающихся воздействию неблагоприятных факторов;
- 4) мониторинг побочных эффектов лекарств с известной способностью вызывать повреждение легких.

Экспертная оценка нетрудоспособности

- 1) обследование больного перед началом реабилитации;
- 2) оценка рисков как части экспертной оценки нетрудоспособности;
- 3) экспертная оценка состояния здоровья по другим юридическим поводам.

Общественное здоровье

- 1) эпидемиологические исследования;
- 2) расчет должных значений спирометрических показателей;
- 3) клинические исследования.

Противопоказания к проведению исследования:

Спирометрию следует выполнять с осторожностью:

- 1) у больных с развившимся пневмотораксом и в течение 2 нед после его разрешения;
- 2) в первые 2 недели после развития инфаркта миокарда, после офтальмологических и полостных операций;

3) выраженном продолжающемся кровохарканье;

4) тяжелой бронхиальной астме.

Технические условия

Калибровка спирометра

Все спирометрические параметры измеряют при условиях окружающей среды АТРС (ambient temperature pressure saturated = лабораторные условия): температура (Татм.) и давление (Ратм.) окружающей среды, при полном насыщении водяным паром (РН₂O = давление насыщенного пара при Татм.). Далее необходимо преобразовать полученные данные в условия измерения ВТРС (body temperature pressure saturated = условия организма): температура тела (37 °С = 310 К), окружающее давление (Ратм.) и полное насыщение водяным паром (РН₂O = 6,3 кПа). При калибровке спирометра должны вноситься соответствующие поправки.

Перед началом работы необходимо калибровать спирометр (табл. 1); это неотъемлемая часть международных требований качественной лабораторной практики.

Калибровка – процедура, во время которой устанавливается взаимосвязь между параметрами потоков и объемов, рассчитанными сенсором, и реальными величинами. Помимо этого, существует процедура проверки калибровки, во время которой исследователь удостоверяется, что спирометр по-прежнему находится в пределах калибровки ($\pm 3\%$ от параметров калибровки). Если спирометр не соответствует параметрам калибровки, выполняют новую калибровку. Проверка калибровки проводится ежедневно или чаще, если это оговорено в инструкции от производителя.

Объем шприца, используемого для калибровки объема, должен составлять 3 литра и иметь точность ± 15 мл, или $\pm 0,5\%$ от всего диапазона измерений. Калибровка самого шприца проводится с периодичностью, указанной в инструкции от производителя. Кроме того, время от времени (например, ежемесячно) шприцы следует проверять на утечку воздуха; для этого надо попытаться опорожнить шприц при закрытом выходном отверстии. Калибровочный шприц должен храниться в помещении с той же температурой и влажностью воздуха, что и в помещении, где проводится спирометрия. Калибровка объема должна выполняться не реже чем 1 раз в день однократным введением в спирометр 3 л воздуха из калибровочного шприца. Благодаря ежедневной калибровке можно выявить нарушение точности измерений в пределах одного дня. В особых ситуациях (при скрининге больших популяций, быстром изменении температуры воздуха и т. д.) требуются более частые калибровки. Спирометры, измеряющие поток и объем, должны ежедневно проверяться на предмет утечки воздуха. Обнаружить утечку можно, создавая постоянное положительное давление ≥ 3 см вод. ст. (0,3 кПа) на выходе спирометра (желательно с учетом загубника). При наличии утечки объем через 1 мин снизится более чем на 30 мл через 1 мин.

Спирометры, измеряющие объем, не реже 1 раза в 3 мес следует калибровать пошагово на протяжении всего измеряемого диапазона с помощью калибровочного шприца или другого эквивалентного стандартного объема. Измеренный объем должен отличаться от должного не более чем на $\pm 3,5\%$, или на 65 мл.

Спирометры, измеряющие поток, должны калиброваться ежедневно с помощью 3-литрового шприца, который опорожняют как минимум трижды с тем, чтобы получить несколько потоков между 0,5 и 12 л/с. Объем воздуха при каждом потоке должен соответствовать требованиям точности на $\pm 3,5\%$.

2. Методика исследования

Объем легких можно измерить двумя способами. В первом случае непосредственно измеряется объем вдыхаемого или выдыхаемого воздуха и время. Строится график зависимости объема легких от времени – кривая объем–время (спирограмма) (рис. 1, а). В другом случае измеряется поток и время, а объем рассчитывают, умножая поток на время.

Строится график зависимости объемной скорости потока от объема легких – кривая поток–объем (рис. 1, б).

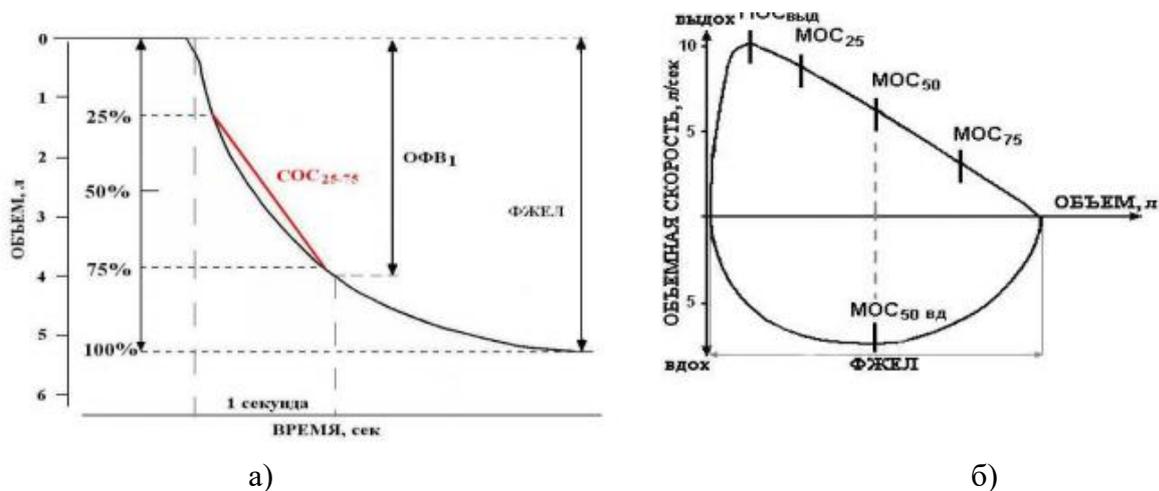


Рисунок 1. Спирограмма

а) Спирограмма форсированного выдоха. ФЖЕЛ – форсированная жизненная емкость легких, ОФВ1 – объем форсированного выдоха за 1 секунду, СОС25-75 – средняя скорость форсированного экспираторного потока на уровне 25-75% ФЖЕЛ.

б) Нормальная петля поток-объем, полученная при максимальных вдохе и выдохе. ПОСВЫД – пиковая объемная скорость выдоха, равная 10,3 л/сек; МОС25, МОС50 и МОС75 – максимальные объемные скорости, когда пациент выдохнул соответственно 25, 50 и 75% объема ФЖЕЛ, равные 8,8 л/сек, 6,3 л/сек и 3,1 л/сек. МОС50вд – максимальная объемная скорость, когда пациент вдохнул 50% ФЖЕЛ, равная 7,5 л/сек. Обычно МОС50вд в 1,5 раза больше МОС50выд.

Спирометрическое исследование можно проводить при спокойном и при форсированном дыхании. При спокойном дыхании необходимо оценить паттерн дыхания, определить жизненную емкость легких (ЖЕЛ) и ее составляющие: резервный объем выдоха (РОВЫД) и емкость вдоха (ЕВД). ЖЕЛ – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть или выдохнуть – является основным показателем, получаемым при спирометрии на фоне спокойного дыхания. Измерение ЖЕЛ может быть проведено одним из нижеследующих способов:

1. ЖЕЛ вдоха (ЖЕЛвд): измерение производится пациенту в расслабленном состоянии без излишней спешки, но в то же время проводящему исследованию не следует умышленно сдерживать пациента. После полного выдоха делается максимально глубокий вдох.

2. ЖЕЛ выдоха (ЖЕЛвыд): измерение производится в аналогичной манере из состояния максимально глубокого вдоха до полного выдоха.

3. Двустадийная ЖЕЛ: ЖЕЛ определяется в два этапа как сумма емкости вдоха и резервного объема выдоха.

Для определения жизненной емкости легких рекомендуется измерять ЖЕЛвд; если же это невозможно, то в качестве альтернативы может быть использован показатель ЖЕЛвыд.

Двустадийная ЖЕЛ не рекомендуется для рутинного использования; однако ее определение иногда может быть полезным при обследовании больных с тяжелой одышкой. С помощью маневра форсированного выдоха измеряют форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ) и показатели объемной скорости воздушного потока.

Измерение ФЖЕЛ может быть проведено различными способами (максимальный вдох делается после спокойного или после полного выдоха, перед форсированным выдохом делается или нет пауза). Но предшествующий маневру ФЖЕЛ вдох оказывает существенное влияние на экспираторные скоростные показатели, поэтому для получения максимальных результатов исследования мы рекомендуем после спокойного выдоха делать максимально глубокий вдох и сразу же после этого без паузы выдохнуть весь воздух с максимальным усилием. Пауза на высоте вдоха может вызвать «стрессовое расслабление» со снижением эластической тяги и увеличением растяжимости дыхательных путей, что ведет к уменьшению скорости выдоха.

Маневр ФЖЕЛ можно разделить на 3 этапа: максимальный вдох, форсированный выдох и продолжение выдоха до конца исследования. Рекомендуется, чтобы исследователь сначала продемонстрировал пациенту правильное выполнение маневра. Все исследования легочной функции выполняются с носовым зажимом либо зажатием ноздрей пальцами, за губник спирометра следует плотно обхватить губами и зубами. После максимально глубокого вдоха (от уровня функциональной остаточной емкости) пациент должен сделать мощный выдох с максимальным усилием, продолжая его до полного опорожнения легких. Во время маневра рекомендуется словами и жестами поощрять пациента делать максимально мощный выдох и продолжать его максимально долго.

Подготовка к спирометрии

Перед началом исследования рекомендуется:

1) проверить калибровку спирометра;
2) задать пациенту вопросы о недавнем курении перед исследованием, имеющихся заболеваниях, использовании лекарственных препаратов, которые могут повлиять на результаты;

3) измерить рост и вес пациента;

4) внести данные о пациенте в спирометр;

5) правильно усадить пациента перед спирометром: пациент должен сидеть с прямой спиной и слегка приподнятой головой. Спирометрию рекомендуется выполнять в положении пациента сидя в кресле с подлокотниками, но без колесиков. Если особые обстоятельства требуют проведения исследования в положении пациента стоя или каком-либо другом, это должно отражаться в протоколе исследования.

6) объяснить и показать пациенту, как правильно выполнить дыхательный маневр;

7) при наличии у пациента съемных зубных протезов не рекомендуется снимать их перед исследованием, чтобы не нарушать геометрию ротовой полости.

Курение пациента должно быть исключено как минимум за 1 час, употребление алкоголя – за 4 ч до исследования, значительные физические нагрузки – за 30 мин до исследования. Одежда пациента не должна стягивать грудную клетку и живот. В течение 2 ч перед исследованием не рекомендуется обильный прием пищи.

Критерии качества спирометрии

Начало исследования. Начало теста (нулевая точка, от которой начинается измерение всех время-зависимых параметров спирометрии) определяется методом обратной экстраполяции. Согласно этому методу, нулевая точка – это точка пересечения касательной линии к кривой объем-время до горизонтальной оси. Объем экстраполяции не должен превышать 5% от ФЖЕЛ, или 0,150 л. Увеличение объема экстраполяции происходит при медленном начале маневра форсированного выдоха.

Завершение исследования. Для оценки достаточного экспираторного усилия пациента и определения момента завершения теста рекомендуется использовать 2 критерия:

1) пациент не может продолжать выдох. Несмотря на активную словесную стимуляцию продолжать выдох как можно дольше пациент может прекратить дыхательный маневр в любой момент, особенно при появлении дискомфортных ощущений;

2) объем на кривой объем-время перестает меняться ($<0,025$ л за ≥ 1 сек) (кривая достигает плато), при этом длительность выдоха у детей от 5 до 10 лет не менее 3 сек, а у детей старше 10 лет и у взрослых не менее 6 сек. У пожилых пациентов с выраженной бронхиальной обструкцией для достижения плато нередко требуется больше 6 сек, однако даже в этой ситуации не рекомендуется продолжать выдох больше 15 сек. С другой стороны, плато может быть достигнуто слишком рано даже при продолжительности форсированного выдоха более 6 сек, если пациент перекрывает дыхательные пути надгортанником.

При несоблюдении критериев завершения теста полученные результаты не могут расцениваться как приемлемые. В то же время раннее завершение теста не является поводом для полного исключения результатов данного маневра из анализа; показатель ОФВ₁, полученный в маневре с ранним завершением выдоха, вполне приемлем. Кашель не должен

прерывать дыхательный маневр. Кашель в первую секунду форсированного выдоха влияет на величину ОФВ1.

Утечка воздуха из ротовой полости. При неполном прилегании губ к загубнику возникает утечка воздуха из ротовой полости, что приводит к занижению спирометрических показателей. Некоторым пациентам со слабостью мышц, перенесшим мозговой инсульт или просто пожилого возраста трудно поддерживать герметичный обхват загубника губами в течение всего исследования; в таких ситуациях рекомендуется, чтобы пациент дополнительно фиксировал губы вокруг загубника пальцами рук.

Воспроизводимость дыхательных маневров.

Помимо технической приемлемости каждого маневра, необходимо оценить степень вариабельности между ними (воспроизводимость). Критерии воспроизводимости включают:

- разница между двумя наибольшими ФЖЕЛ ≤ 150 мл;
- разница между двумя наибольшими ОФВ1 ≤ 150 мл.

Если абсолютные значения ФЖЕЛ не превышают 1 л, допустимая разница между маневрами должна составлять не более 100 мл.

Если разница между выполненными технически приемлемыми маневрами не соответствует этим критериям, рекомендуется провести дополнительные маневры, однако нежелательно выполнять за одно исследование более 8 маневров. Иногда между маневрами пациенту следует дать отдохнуть в течение нескольких минут.

3. Показатели спирометрии

В качестве показателей бронхиальной проходимости используют также максимальную вентиляцию легких (МВЛ) и так называемый дыхательный коэффициент времени (ДКВ), который определяется по формуле:

$$\text{ДКВ} = \frac{\text{Время вдоха}}{\text{время выдоха}}.$$

ДКВ определяется по спирограмме, в норме он составляет 1,1 – 1,4, увеличиваясь при бронхиальной астме.

По изменению исходной концентрации гелия в спирографе после подсоединения к нему пациента получают величину объема легких (Vл):

$$V_{\text{л}} = \frac{(C_1 - C_2)}{C_2} \times V_{\text{сп}},$$

где:

C1 – концентрация гелия в замкнутой системе спирографа до смешивания;

C2 – концентрация гелия в спирографе после смешивания;

Vсп – объем газа в емкости спирографа до момента подключения пациента;

Vл – объем легких.

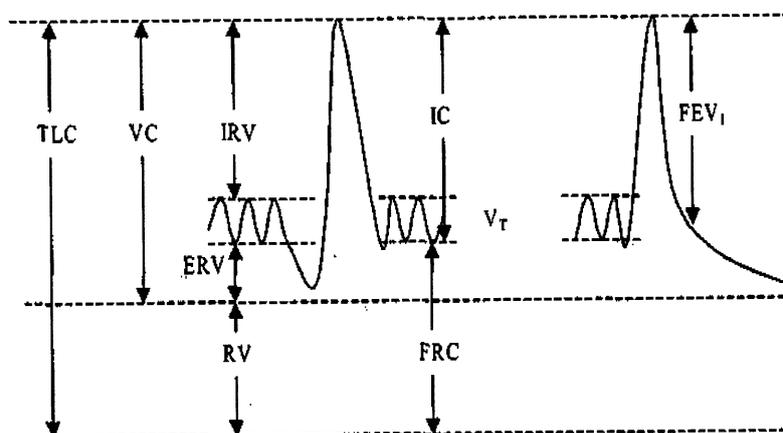


Рисунок 2. Спирограмма и ее показатели

Показатели спирограммы

Границы нормы и градации отклонения от нормы показателей внешнего дыхания.

Поскольку пациент подключается к спирографу на уровне окончания спокойного выдоха, искомый объём лёгких (Vл) представляет собой функциональную остаточную ёмкость (ФОЕ). Остаточный объём (ООЛ) и общую ёмкость лёгких (ОЕЛ) рассчитывают следующим образом:

$$\begin{aligned}\text{ООЛ} &= \text{ФОЕ} - \text{Ровыд}; \\ \text{ОЕЛ} &= \text{ЖЕЛ} + \text{ООЛ},\end{aligned}$$

где:

ООЛ- остаточный объём лёгких, л;

ФОЕ- форсированный объем легких, л.

Ровыд – резервный объём выдоха, мл;

ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких, л;

ОЕЛ – общая ёмкость лёгких, л.

Показатели спирограммы

Границы нормы и градации отклонения от нормы показателей внешнего дыхания.

Поскольку пациент подключается к спирографу на уровне окончания спокойного выдоха, искомый объём лёгких (Vл) представляет собой функциональную остаточную ёмкость (ФОЕ). Остаточный объём (ООЛ) и общую ёмкость лёгких (ОЕЛ) рассчитывают следующим образом:

$$\begin{aligned}\text{ООЛ} &= \text{ФОЕ} - \text{Ровыд}; \\ \text{ОЕЛ} &= \text{ЖЕЛ} + \text{ООЛ},\end{aligned}$$

где:

ООЛ- остаточный объём лёгких, л;

ФОЕ- форсированный объем легких, л.

Ровыд – резервный объём выдоха, мл;

ЖЕЛ – жизненная ёмкость лёгких, л;

ОЕЛ – общая ёмкость лёгких, л.

С помощью маневра форсированного выдоха измеряют ФЖЕЛ и показатели объемной скорости воздушного потока (ОФВ1, отношение ОФВ1/ФЖЕЛ, СОС25-75, максимальные объемные скорости на уровнях 25, 50 и 75% ФЖЕЛ, ПОСвыд).

Форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ)

ФЖЕЛ – максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после максимально глубокого вдоха. ФЖЕЛ снижается при многих видах патологии, а повышается только в одном случае – при акромегалии. При этом заболевании все остальные легочные параметры остаются нормальными.

Причины снижения ФЖЕЛ:

1. Патология легочной ткани (резекция легких, ателектаз); состояния, при которых уменьшается растяжимость легочной ткани (фиброз, застойная сердечная недостаточность).

При обструктивных легочных заболеваниях ФЖЕЛ также снижается за счет замедления опорожнения легких.

2. Патология плевры и плевральных полостей (утолщение плевры, плевральный выпот, опухоли плевры с распространением на легочную ткань).

3. Уменьшение размеров грудной клетки. Легкие не могут расправляться и спадаться в полной мере, если движения грудной стенки (в том числе брюшного компонента) ограничены.

4. Нарушение нормальной работы дыхательных мышц, в первую очередь диафрагмы, межреберных мышц и мышц брюшной стенки, которые обеспечивают расправление и опустошение легких.

Таким образом, нетрудно установить причину снижения ФЖЕЛ в каждом конкретном случае.

Следует помнить, что ФЖЕЛ – это максимальная форсированная экспираторная жизненная емкость легких, у больных с обструктивными заболеваниями легких ФЖЕЛ может быть существенно меньше, чем ЖЕЛ, измеренная при спокойном дыхании.

При тяжелых обструктивных заболеваниях легких время выдоха может превышать 15-20 секунд, а экспираторный поток в конце маневра может быть настолько мал, что спирометр с трудом воспринимает его. Выполнение длительного форсированного выдоха может быть затруднительным и вызывать неприятные ощущения у пациента. Во избежание этих явлений вместо ФЖЕЛ в последнее время используют показатель ОФВ₆ – объем воздуха, выдыхаемого за 6 секунд. У здоровых лиц ОФВ₆ ненамного меньше ФЖЕЛ. Кроме того, ОФВ₆ лучше воспроизводим, чем ФЖЕЛ. Отношение ОФВ₁/ОФВ₆ отражает степень ограничения воздушного экспираторного потока и позволяет прогнозировать снижение ОФВ₁ у курильщиков.

Объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁)

Из всех показателей наиболее важным является максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть за первую секунду маневра ФЖЕЛ – ОФВ₁. Он относительно независим от усилия, приложенного во время маневра выдоха, и отражает свойства легких и дыхательных путей. ОФВ₁ – наиболее воспроизводимый, часто используемый и самый информативный показатель спирометрии.

При снижении скорости воздушного потока, например, при эмфиземе, ХОБЛ, бронхиальной астме, муковисцидозе, ОФВ₁ снижается соответственно тяжести обструкции. ФЖЕЛ при этом также уменьшается, но, как правило, в меньшей степени. При рестриктивных нарушениях (ограничении расправления легких), например при легочном фиброзе, ОФВ₁ также снижается. Возникает вопрос: как различить, что явилось причиной снижения ОФВ₁ – рестрикция или обструкция. Для ответа на этот вопрос необходимо вычислить соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ.

Соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ. Важным спирометрическим показателем является отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ, которое обычно выражается в процентах и является модификацией индекса Тиффно (ОФВ₁/ЖЕЛ_{вд}, где ЖЕЛ_{вд} – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть после полного спокойного выдоха). Объем воздуха, выдыхаемый за первую секунду, представляет собой достаточно постоянную долю ФЖЕЛ независимо от размера легких. У здорового человека это соотношение составляет 75–85%, но с возрастом скорость выдоха снижается в большей степени, чем объем легких, и отношение несколько уменьшается. У детей, наоборот, скорости воздушных потоков высокие, поэтому соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ у них, как правило, выше – около 90%. При обструктивных нарушениях отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ снижается, поскольку ОФВ₁ снижается соответственно тяжести обструкции. ФЖЕЛ при этом также уменьшается, но, как правило, в меньшей степени. При легочной рестрикции без обструктивных изменений ОФВ₁ и ФЖЕЛ снижаются пропорционально, следовательно, их соотношение будет в пределах нормальных величин или даже немного выше.

Таким образом, при необходимости дифференцировать обструктивные и рестриктивные нарушения оценивают соотношение ОФВ₁/ФЖЕЛ.

Другие показатели максимального экспираторного потока

СОС25-75 – средняя объемная скорость в средней части форсированного экспираторного маневра между 25% и 75% ФЖЕЛ. Этот показатель можно измерить непосредственно по спирограмме либо рассчитать по кривой поток–объем. Некоторые исследователи считают, что СОС25-75 более чувствителен, чем ОФВ₁, при диагностике ранних стадий бронхиальной обструкции, однако он имеет более широкий диапазон нормальных значений.

Максимальные объемные скорости экспираторного потока (МОС25, МОС50 и МОС75) на разных уровнях ФЖЕЛ (25%, 50% и 75%, соответственно) не обладают высокой воспроизводимостью, подвержены инструментальной ошибке и зависят от приложенного экспираторного усилия, поэтому не играют существенной роли при определении типа и тяжести нарушений легочной вентиляции.

Пиковая объемная скорость выдоха (ПОСвд), которая также называется максимальной экспираторной скоростью – показатель, который измеряется в течение короткого отрезка времени сразу после начала выдоха и выражается либо в л/мин, либо в л/сек. ПОСвд в большей степени, чем другие показатели, зависит от усилия пациента: для получения воспроизводимых данных пациент должен в начале выдоха приложить максимум усилия.

Существуют недорогие портативные приборы (пикфлоуметры) для измерения ПОСвд в домашних условиях и самоконтроля пациентами своего состояния, что получило широкое распространение у больных с бронхиальной астмой.

Все эти показатели, как и $ОФВ_1$, могут снижаться и у больных с рестриктивными нарушениями.

Максимальные инспираторные потоки

Современные спирометры измеряют не только экспираторные, но и инспираторные потоки, в первую очередь, максимальный инспираторный поток (или пиковая объемная скорость вдоха – ПОСвд). При этом испытуемый выполняет маневр ФЖЕЛ и затем делает максимально быстрый и полный вдох, который отражается спирометром в виде инспираторной кривой. Сочетание кривых вдоха и выдоха дает полную петлю поток–объем.

При повышенном сопротивлении дыхательных путей снижаются как экспираторные, так и инспираторные максимальные потоки. Однако в отличие от выдоха, при котором максимальные потоки ограничены, не существует механизмов, ограничивающих максимальные инспираторные потоки. Поэтому ПОСвд в большой степени зависит от приложенного усилия, а ее измерение не получило широкого распространения, за исключением выявления патологии верхних дыхательных путей.

4. Интерпретация результатов

ФЖЕЛ и $ОФВ_1$ выбирают не менее чем из трех воспроизводимых технически приемлемых маневров. Результаты исследования анализируют по маневру с максимальными ФЖЕЛ и $ОФВ_1$

Должные величины

Существуют различные таблицы и формулы для расчета должных величин показателей спирометрии. В большинстве случаев исследования по разработке должных величин ограничиваются уравнениями расчета средних значений, которые получают при обследовании здоровых некурящих людей. Практика использования 80% от должных значений в качестве фиксированного значения для нижней границы нормальных значений (НГН) ФЖЕЛ и $ОФВ_1$ приемлема у детей, но может приводить к существенным ошибкам при интерпретации функции легких у взрослых. Использование 70% в качестве нижней границы нормы для отношения $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ приводит к значительному числу ложно-положительных результатов (гиподиагностике хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) у мужчин в возрасте старше 40 лет и у женщин старше 50 лет и к гипердиагностике ХОБЛ у пожилых лиц, никогда не куривших и не имеющих характерных клинических симптомов.

С возрастом соотношение $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ снижается, поэтому некоторые авторы для диагностики ХОБЛ у людей старше 70 лет рекомендуют использовать для $ОФВ_1/ФЖЕЛ$ 65% порог нормы.

Для скоростных показателей НГН составляет 60% от должных значений.

При выборе должных значений необходимо сравнить данные, получаемые с помощью выбранных уравнений должных значений, с собственными измерениями, проведенными на репрезентативной выборке здоровых лиц. Следует выбрать те уравнения должных значений, при которых у взрослых разница между измеренными и рассчитанными значениями является минимальной. У детей ориентируются на минимальную разницу логарифмов измеренных и рассчитанных значений. Чтобы быть уверенным, что выбранные должные значения приемлемы, необходимо обследовать достаточно большое число добровольцев (около 100). К сожалению, это трудновыполнимо для большинства лабораторий. При использовании должных величин

следует избегать экстраполяции за указанный диапазон роста и возраста. Если все же возраст или рост пациента выходят за границы популяции, для которой были разработаны должные значения, то в интерпретации необходимо указать, что была проведена экстраполяция.

Должные величины зависят от антропометрических параметров (в основном от роста), пола, возраста, расы. Чем выше человек, тем больше его легкие и протяженность дыхательных путей и, следовательно, максимальная экспираторная скорость. При вычислении нормальных значений для людей с кифосколиозом вместо роста в формулу следует поставить размах рук. У женщин объем легких меньше, чем у мужчин такого же роста. С возрастом эластичность легочной ткани снижается, в результате происходит снижение объема и скорости выдоха. Вместе с тем следует принимать во внимание и индивидуальные вариации нормы. Например, легочные заболевания могут возникать у людей с исходными показателями легочных объемов и потоков выше среднего уровня и, несмотря на снижение их на фоне заболевания относительно исходных значений, они по-прежнему могут оставаться в пределах, нормальных для популяции в целом.

Анализ результатов спирометрии

Интерпретация результатов спирометрии строится на анализе основных спирометрических параметров (ОФВ₁, ЖЕЛ, ОФВ₁/ЖЕЛ). Интерпретация результатов функционального исследования должна быть четкой, краткой и информативной. Простая констатация фактов, что какие-то показатели в норме, а какие-то снижены, не годится. В идеале, к интерпретации результатов функционального исследования должны применяться принципы клинического принятия решения, где вероятность болезни после проведения исследования оценивается с учетом вероятности болезни до проведения исследования, качества исследования, вероятности ложноположительной и ложно-отрицательной интерпретации, и, наконец, непосредственно результатов исследования и должных значений. Это часто невозможно, потому что интерпретация многих, если не большинства, исследований проводится при отсутствии какой-либо клинической информации. Чтобы улучшить ситуацию, по возможности следует спрашивать врачей, направляющих пациента на исследование, на какой клинический вопрос необходимо ответить, а также до исследования поинтересоваться у пациента, почему его направили в лабораторию. В этом отношении также желательно записать респираторные симптомы (например, кашель, мокрота, хрипы и одышка), недавнее использование бронхорасширяющих препаратов, анамнез курения.

Интерпретация будет более точной при учете клинического диагноза, данных рентгенограммы грудной клетки, концентрации гемоглобина и любых подозрений на нейромышечные заболевания или обструкцию верхних дыхательных путей.

Обструктивные вентиляционные нарушения

Наиболее частое показание к проведению спирометрического исследования – выявление обструкции дыхательных путей и оценка ее выраженности. Обструктивный тип вентиляционных нарушений характеризуется снижением соотношения ОФВ₁/ФЖЕЛ при нормальной ФЖЕЛ. Патологической основой снижения максимального экспираторного потока при бронхиальной обструкции является повышение сопротивления дыхательных путей, однако при недостаточном усилии, приложенном пациентом во время выполнения маневра ФЖЕЛ, максимальный экспираторный поток также будет снижен.

Дифференцировать эти ситуации можно при количественной оценке усилия пациента, измерив плевральное давление (с помощью внутривещеводного баллона) или компрессионный объем при проведении бодиплетизмографии.

Ранними признаками обструктивных нарушений вентиляции у пациентов без клинических проявлений, возможно, могут служить изменение формы экспираторной кривой поток-объем и снижение скоростных показателей, измеренных при низких легочных объемах во время теста ФЖЕЛ (СОС25-75, МОС50, МОС75)

При обструктивных нарушениях происходит снижение экспираторных потоков, и кривая пациента располагается под должной кривой (см. рис. 4). Кроме того, обычное линейное снижение скорости потока на кривой поток-объем нарушается, ее нисходящее колено

приобретает вогнутую форму. Нарушение линейности нижней половины кривой поток-объем является характерной чертой обструктивных нарушений вентиляции и предполагает наличие бронхиальной обструкции, даже когда ФЖЕЛ и ОФВ₁ не выходят за пределы нормальных значений. Выраженность изменений формы кривой зависит как от тяжести обструктивных нарушений, так и от нозологической формы. Причиной этого чаще всего является сужение просвета дыхательных путей при бронхиальной астме, ХОБЛ, эмфиземе, муковисцидозе, сдавление крупных бронхов и трахеи опухолью извне, стенозирование эндофитно растущей опухолью, рубцовой тканью, инородным телом. При подозрении на бронхиальную астму следует провести бронходилатационный тест, а при необходимости – бронхоконстрикторный тест. Для оценки выраженности эмфиземы следует исследовать общую емкость легких и диффузионную способность легких.

Особое внимание следует уделить синхронному снижению ОФВ₁ и ФЖЕЛ, при котором отношение ОФВ₁/ФЖЕЛ остается нормальным или почти нормальным. Такие изменения спирограммы чаще всего наблюдаются, если пациент делает вдох или выдох не полностью или если поток настолько медленный, что для выдыхания всего воздуха из легких требуется слишком большая продолжительность выдоха. В этом случае дистальный отдел кривой поток-объем будет вогнутым (МОС75 снижена). Измерение ЖЕЛ (инспираторной или экспираторной) поможет более точно оценить отношение ОФВ₁ к максимальному объему легких. Другая возможная причина одновременного снижения ОФВ₁ и ФЖЕЛ – коллапс мелких дыхательных путей в начале выдоха. Если такие изменения наблюдаются при выполнении маневра с максимальным усилием, достоверный прирост ОФВ₁ после ингаляции бронхолитика подтвердит наличие экспираторного коллапса. Достоверное увеличение ОФВ₁, ФЖЕЛ или обоих параметров после ингаляции бронхолитика свидетельствует об обратимости обструктивных нарушений.

Обструкция верхних дыхательных путей. Форма максимальной кривой поток-объем существенно отличается от должной при обструкции верхних дыхательных путей.

Своеобразная форма кривой поток-объем при поражениях верхних дыхательных путей обусловлена различным воздействием динамических факторов на экстра- и интраторакальные дыхательные пути. На экстра- и интраторакальные дыхательные пути влияет атмосферное давление, на интраторакальные – внутриплевральное. Разница между внешним давлением (атмосферным или плевральным) и давлением внутри дыхательных путей называется трансмуральным давлением. Положительное трансмуральное давление создает компрессию и уменьшает просвет дыхательных путей. Наоборот, отрицательное трансмуральное давление поддерживает дыхательные пути открытыми, увеличивая их просвет. Если обструкция возникает только во время вдоха либо выдоха, она считается переменной. Если воздушные потоки снижены во время обеих фаз дыхания, обструкция называется фиксированной.

Переменная экстра- и интраторакальная обструкция (например, при параличе голосовых связок, увеличении щитовидной железы) вызывает избирательное ограничение воздушного потока при вдохе. Во время выдоха давление внутри дыхательных путей увеличивается и превышает атмосферное, воздействующее на зону поражения снаружи, поэтому экспираторный поток меняется мало. Во время вдоха наблюдается обратная картина: атмосферное давление значительно превышает давление в дыхательных путях, что приводит к снижению инспираторных потоков.

При переменной интраторакальной обструкции (например, при опухоли нижнего отдела трахеи (ниже яремной ямки грудины), трахеомалиции, гранулематозе Вегенера или редицивирующем полихондрите) высокое внутриплевральное давление во время форсированного выдоха превышает давление в дыхательных путях, что приводит к выраженному сужению их просвета с критическим снижением экспираторных потоков.

Инспираторные потоки могут мало меняться, если плевральное давление более отрицательное, чем давление в дыхательных путях.

При фиксированной обструкции (например, при опухолях на любом уровне верхних дыхательных путей или параличе голосовых связок с фиксированным стенозом, рубцовых

стриктурах) инспираторные и экспираторные потоки нарушаются почти в одинаковой степени. Локализация поражения не имеет значения, поскольку размеры трахеи при этом не зависят от давления внутри и снаружи дыхательных путей.

Для характеристики вышеуказанных поражений верхних дыхательных путей используются различные показатели, например, соотношение инспираторных и экспираторных потоков на уровне 50% жизненной емкости (МОС50вд/МОС50выд, в норме это соотношение приблизительно равно 1,5). Это соотношение наиболее значительно меняется при переменной экстраторакальной обструкции и неспецифично для другой патологии. При подозрении на изолированную обструкцию верхних дыхательных путей следует подтвердить диагноз эндоскопически или рентгенологически.

Классификация тяжести обструктивных вентиляционных нарушений

В большинстве случаев функция легких во многом определяет способность больного к повседневной физической активности, качество жизни и прогноз заболевания, в том числе риск летального исхода не только от заболеваний органов дыхания, но и от сердечно-сосудистой патологии.

Для оценки тяжести обструктивных нарушений в большинстве случаев используют степень отклонения ОФВ1 от должного значения. Эту классификацию не применяют у пациентов с обструкцией верхних дыхательных путей, когда даже слабо выраженная обструкция может быть опасна для жизни.

Рестриктивные нарушения вентиляции обусловлены процессами, снижающими растяжимость легких и, следовательно, ограничивающими наполнение легких воздухом. В начале развития патологических нарушений, когда объем легких еще не снижен, скоростные показатели и отношение ОФВ1/ФЖЕЛ могут увеличиваться вследствие того, что паренхима легких оказывает большее растягивающее действие на дыхательные пути: просвет бронхов увеличивается относительно объема легких. При прогрессировании заболевания происходит уменьшение воздушности легочной ткани. Это проявляется снижением ЖЕЛ, кривая поток-объем становится высокой и узкой. Пиковая объемная скорость обычно остается нормальной, после пика наблюдается быстрое линейное снижение потока. Форма кривой может и не меняться, а представлять собой пропорционально уменьшенную копию должной кривой, как, например, при пульмонэктомии.

Рестриктивные нарушения могут встречаться при интерстициальных заболеваниях легких, обширной воспалительной инфильтрации легочной ткани, гипоплазии и ателектазах легкого, после резекции легочной ткани. При подозрении на интерстициальные заболевания легких следует измерить диффузионную способность легких и общую емкость легких. К рестрикции также может приводить и внелегочная патология, например, поражение грудного отдела позвоночника, ребер, дыхательной мускулатуры; высокое стояние диафрагмы, что делает невозможным выполнение глубокого полноценного вдоха; нарушение регуляции дыхания при угнетении дыхательного центра наркотическими препаратами или его повреждении опухолью, кровоизлиянием. При подозрении на мышечную слабость как причину рестрикции следует измерить силу дыхательных мышц. Кроме того, у больных с выраженной мышечной слабостью ФЖЕЛ, измеренная в вертикальном положении и в положении лежа, будет существенно различаться из-за воздействия гравитации на органы брюшной полости. В норме ФЖЕЛ в положении лежа на 5-10% меньше, чем в положении сидя. При выраженной диафрагмальной дисфункции эта разница превышает 30%.

Для диагностики рестриктивных нарушений недостаточно спирометрического исследования, а следует выполнить бодиплетизмографию и измерить легочные объемы.

Смешанные вентиляционные нарушения

Смешанные нарушения легочной вентиляции развиваются при сужении просвета дыхательных путей на фоне уменьшения легочных объемов. При этом спирометрия будет регистрировать одновременное снижение ФЖЕЛ, ОФВ1 и ОФВ1/ФЖЕЛ.

Для уточнения характера функциональных нарушений необходимо выполнять бодиплетизмографию с измерением легочных объемов.

5. Бронходилатационный тест

При первичном исследовании функции дыхания почти всегда желательно выполнить бронходилатационный тест (или бронходилатационную пробу), то есть повторить спирометрию после ингаляции бронходилататора. Спирометрическое исследование можно проводить при спокойном и при форсированном дыхании.

Показания для проведения бронходилатационного теста:

1. установление обратимости бронхиальной обструкции, включая пациентов с нормальными показателями исходной спирометрии;
 2. определение потенциального эффекта бронхолитической терапии;
 3. мониторинг динамики легочной функции у больных с хроническими респираторными заболеваниями при длительном (многолетнем) наблюдении.
- Противопоказаний к проведению бронходилатационного теста не существует за исключением тех ситуаций, в которых противопоказано выполнение спирометрии, и случаев непереносимости бронхорасширяющих препаратов. Если пациент не переносит β_2 -агонисты, то в качестве бронходилататора можно использовать М-холинолитик короткого действия.

Методика проведения бронходилатационного теста

Реакция на бронходилататор является интегральной физиологической реакцией, в которую вовлечены эпителий дыхательных путей, нервы, медиаторы и гладкие мышцы. Если врач ставит задачей исследовать обратимость бронхиальной обструкции, то перед проведением бронходилатационного теста следует прекратить использование любых бронхорасширяющих препаратов на срок, соответствующий длительности их действия. Короткодействующие ингаляционные β_2 -агонисты (сальбутамол, фенотерол) и антихолинергические препараты (ипратропия бромид) следует отменить за 4-6 ч, пролонгированные β_2 -агонисты (сальметерол, формотерол) и метилксантины – за 12 ч, пролонгированные холинолитики (тиотропия бромид, гликопиррония бромид) – за 24 ч до исследования. Если препараты отменить нельзя, то в протоколе исследования указывают название препарата, дозу и время последней ингаляции. Если бронходилатационный тест проводится с целью выявить возможность дополнительного улучшения легочной функции на фоне базисной терапии заболевания, то вся плановая терапия сохраняется перед исследованием в обычном для пациента режиме. Курение не допускается в течение 1 ч до тестирования и на протяжении всего тестирования.

Бронходилатационный ответ зависит от многих факторов, определяющих достоверность результатов: выбора бронходилататора и его дозы (чем выше доза, тем больше ответ), времени, прошедшего после ингаляции (как правило, реакция измеряется на пике действия препарата), способа доставки препарата в дыхательные пути (дозированный аэрозоль или небулайзер), соблюдения критериев воспроизводимости как исходной, так и повторной спирометрии и способа расчета бронходилатационного ответа.

Для достижения максимально возможной бронходилатации рекомендуется использовать короткодействующие β_2 -агонисты, например сальбутамол, в виде дозированного аэрозольного ингалятора в максимальной разовой дозе 400 мкг (четыре ингаляции по 100 мкг с интервалом в 30 сек) или фенотерол в максимальной разовой дозе 400 мкг (4 ингаляции по 100 мкг с интервалом в 30 сек) с помощью спейсера, с соблюдением всех правил ингаляционной техники для дозированных аэрозольных ингаляторов (после спокойного неполного выдоха – плавный максимально 29 глубокий вдох с активацией ингалятора (нажатием на клавишу) одновременно с началом вдоха, задержка дыхания на высоте вдоха на 10 сек). Без использования спейсера вдыхаемая фракция аэрозоля меньше и ее величина в значительной степени зависит от синхронизации вдоха с активацией ингалятора. Повторную спирометрию проводят через 15 минут.

При использовании М-холинолитика в качестве бронходилататора максимальная разовая доза составляет 160 мкг (4 дозы по 40 мкг) или их комбинации; повторную спирометрию выполняют через 30 мин. Интерпретация результатов бронходилатационного теста. Обратимость бронхиальной обструкции определяется по изменению ОФВ₁ или ФЖЕЛ. Другие

показатели спирометрии, в том числе потоки, измеренные на разных уровнях ФЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС75, СОС25-75), не используются для оценки обратимости обструкции дыхательных путей в связи с их крайне высокой вариабельностью.

Интерпретация результатов бронходилатационного теста Обратимость бронхиальной обструкции определяется по изменению ОФВ₁ или ФЖЕЛ. Другие показатели спирометрии, в том числе потоки, измеренные на разных уровнях ФЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС75, СОС25-75), не используются для оценки обратимости обструкции дыхательных путей в связи с их крайне высокой вариабельностью. На первом этапе необходимо определить, превышают ли полученные данные вариабельность измерения, которая составляет <8%, или <150 мл. Согласно рекомендациям ERS и ATS, абсолютное и относительное изменение ОФВ₁ и/или ФЖЕЛ (коэффициент бронходилатации – КБД) позволяют достаточно точно определить обратимость обструкции дыхательных путей. Бронходилатационный тест считается положительным, если после ингаляции бронходилататора КБД составляет более 12%, а абсолютный прирост – более 200 мл.

Если изменение ОФВ₁ и ФЖЕЛ не значимо, то о положительной реакции на бронходилататор может свидетельствовать уменьшение гиперинфляции легких (снижение общей емкости легких и остаточного объема легких и, как результат, увеличение инспираторной емкости легких). В отличие от больных с бронхиальной астмой, при ХОБЛ ответ на антихолинергические препараты не менее, а иногда и более выражен, чем при назначении β₂-агонистов. Отсутствие положительной реакции на короткодействующий бронхолитик в условиях бронходилатационного теста не означает нецелесообразности назначения этих препаратов пациенту с терапевтической целью. Бронходилатационный тест не позволяет дифференцировать бронхиальную астму и хроническую обструктивную болезнь легких, так как при обоих этих заболеваниях могут встречаться больные как с положительной реакцией на бронхолитик, так и ее отсутствием

Заключение

Таким образом, основу спирографического исследования составляет определение жизненной емкости легких (ЖЕЛ), объема форсированного выдоха за 1 с (ОФВ₁) с расчетом индекса Тиффно в% (норма 75%). Этот показатель снижается при обструктивном синдроме, т. е. уменьшается ОФВ₁ при незначительном изменении ЖЕЛ.

При рестриктивном синдроме за счет пропорционального уменьшения всех легочных объемов индекс Тиффно не меняется или даже увеличивается (относительно быстрый выдох малого объема воздуха).

Снижение диффузионной способности легких в два и более раза является плохим прогностическим признаком. Если резервные возможности легких сохранены и возможна гипервентиляция альвеол, то повышением парциального давления кислорода в альвеолах удастся улучшить диффузию кислорода

Сочетание диффузионных нарушений с гиповентиляцией быстро приводит к развитию выраженной гипоксемии.

Лекция 3. ВЕНТИЛЯЦИОННО-ПЕРФУЗИОННЫЕ ОТНОШЕНИЯ. ПНЕВМОТАХОМЕТРИЯ

Время – 2 акад. часа

Место проведения – личный кабинет обучающегося в системе дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России по адресу в сети интернет <http://idpo.nrscrm.ru>

Контингент обучаемых – обучающиеся по дополнительной профессиональной программе «Функциональная диагностика в пульмонологии»

Литература.

1. Функциональная диагностика / О. В. Леонтьев, Е. Ф. Павлыш. – СПб.: 2019, Стратегия будущего – 134 с.
2. Терапия. Учебное пособие / С. А. Парцерняк и др. – СПб.: 2020, Стратегия будущего – 784 с.
3. Неотложные состояния при терапевтических заболеваниях / Е. В. Крюков, С. С. Алексанин и др. – Учебное пособие. – СПб.: 2023, Стратегия будущего – 174 с.
4. Основы внутренней медицины [Электронный ресурс] / Ж. Д. Кобалава, С. В. Моисеев, В. С. Моисеев; под. ред. В. С. Моисеева. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970427729.html> (Дата обращения 23.10.2023).
5. Поликлиническая терапия [Электронный ресурс]: учебник / Г. И. Сторожаков, И. И. Чукаева, А. А. Александров– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785970425015.html> (Дата обращения 23.10.2023).

Учебные вопросы:

Введение

1. Нарушения вентиляционно-перфузионных отношений

2. Пневмотахометрия

Заключение

Введение

Условием эффективного газообмена в легких является равномерное распределение вентиляционно-перфузионных отношений по всему объему легких: хорошо вентилируемые альвеолы должны хорошо перфузироваться, а перфузия плохо вентилируемых альвеол должна быть снижена. Распределение вентиляции, кровотока и газообмена в верхнем и нижнем слоях легкого в норме.

При любой патологии возникает огромное 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.

1. Нарушения вентиляционно-перфузионных отношений

Возможны 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 артериализирована. 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 устраняет гипоксемию, так как протекающая через такой шунт кровь вообще минует альвеолы.

При вентиляционно-перфузионном отношении равном 0,2 насыщение артериальной крови кислородом снижается до 84%, а при 0,1 – до 77%.

Нарушения вентиляционно-перфузионных отношений – главная причина гипоксемии при большинстве заболеваний легких. Морфологической ее основой являются факторы, определяющие неравномерность вентиляции. Однако при совершенной регуляции кровотока и своевременной его редукции в плохо вентилируемых участках легких (рефлекс Эйлера-Лилюстранда) гипоксемия не возникает. Это подтверждается клиническими наблюдениями, когда резкие патоморфологические изменения не сопровождаются значительной гипоксемией, и наоборот, скудные морфологические изменения в легких приводят к выраженным нарушениям артериализации крови.

Определение величины внутрилегочного шунта.

Если у больного имеется вено-артериальный шунт, то его артериальная кровь содержит некоторое количество смешанной венозной крови и некоторое количество хорошо оксигенированной крови, прошедшей через капилляры легких. Соответственно содержание кислорода в ней составит:

$$Ca_{O_2} \times Q = C_{CO_2} \times Q_c + C_{VO_2} \times Q_s,$$

где:

Ca_{O_2} , C_{CO_2} , C_{VO_2} – содержание кислорода в артериальной, легочной капиллярной и смешанной венозной крови;

Q , Q_c , Q_s – общий кровоток (минутный объем кровообращения), кровоток через капилляры, кровоток через шунт.

После некоторых преобразований может быть получена формула для расчета величины шунта:

$$Q_s = (Ca_{O_2} - C_{CO_2}) : (C_{VO_2} - C_{CO_2}) \times Q$$

Если измерен минутный объем крови (Q), то Q_s можно вычислить в абсолютных цифрах. Чаще определяют отношение величины «сброшенной» крови к общему кровотоку:

$$Q_s : Q = (Ca_{O_2} - C_{CO_2}) : (C_{VO_2} - C_{CO_2})$$

Ориентировочное определение величины шунта может быть проведено при замене в формулах содержания O_2 в об.% на соответствующие величины насыщения артериальной и венозной крови кислородом. Насыщение крови легочных капилляров при вдыхании чистого кислорода считается равным 100%, насыщение венозной крови 70%. Содержание O_2 в артериальной или капиллярной крови определяется оксиметром.

Если во время ингаляции кислорода определено напряжение O_2 и CO_2 артериальной крови, можно пользоваться уравнением, основанным на расчетах идеализированного альвеолярного газа при дыхании 100% кислородом:

$$Q_s : Q = 1 : (5 : 0,003 \sum P + 1),$$

где:

0,003 – коэффициент, связанный с физическим растворением кислорода в крови;

5 – артериовенозная разница по кислороду (по объему);

$$\sum P = P_{atm} - P_{H_2O} - P_{aCO_2} - P_{aO_2} \text{ (мм рт. ст.)}$$

Отношение $Q_s : Q$ в норме составляет 5-10%.

Кислородная емкость крови

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 гемоглобином, к кислородной емкости крови называется насыщением (saturation) гемоглобина кислородом

(SO₂). Другими словами, SO₂ – это отношение оксигемоглобина к общему количеству гемоглобина.

В норме насыщение артериальной крови кислородом (SO₂) составляет 96-98%. Небольшое недонасыщение (2-4%) объясняется некоторой неравномерностью вентиляции и незначительным внутрилегочным шунтированием, которые имеют место и у здоровых людей.

Напряжение кислорода в артериальной крови (PaO₂) в норме колеблется в пределах 95-100 мм рт. ст. Газовый состав крови претерпевает с возрастом некоторые изменения. Напряжение O₂ в артериальной крови здоровых молодых людей в среднем составляет 95-100 мм рт. ст.; к 40 годам оно 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. Зависимость между напряжением кислорода в артериальной крови и возрастом выражается уравнением регрессии:

$$PaO_2 = 102,6 - 0,32x \text{ Возраст}$$

Снижение SO₂ (HbO₂) или PaO₂ в артериальной крови называется артериальной гипоксемией.

В соответствии с законом действующих масс насыщение гемоглобина кислородом (SO₂) зависит от его напряжения (PaO₂) в крови. Графически эту зависимость отражает кривая диссоциации оксигемоглобина, имеющая S-образную форму. Впервые кривая диссоциации оксигемоглобина получена Дж. Баркрофтом. Она называется также сатурационной кривой O₂.

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 PO₂ кислород прочно связан с гемоглобином, в то время как при низких значениях PO₂ гемоглобин легко отдает кислород или, напротив, обильно его поглощает. Значения высоких напряжений кислорода соответствует горизонтальный участок кривой. Это свидетельствует о том, что насыщение артериальной крови кислородом сохраняется на высоком уровне даже при существенных сдвигах PO₂. Снижение прочности связи гемоглобина с кислородом в области среднего и нижнего участка кривой обеспечивает поступление кислорода в ткани.

Так, падение PaO₂ в области пологой верхней части кривой на 20 мм рт. ст. (до 80 мм рт. ст.) существенно не отразится на насыщении крови кислородом (SO₂ 94,5%). С другой стороны при низком напряжении кислорода в тканевых капиллярах (крутой нижний участок кривой) падение PO₂ даже на 5 мм рт. ст. снижает SO₂ 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 относится температура, напряжение углекислого газа и активная реакция (pH) крови. Все эти важные параметры гомеостаза могут существенно меняться в условиях патологии.

Снижение pH, увеличение Pco₂ и повышение температуры смещают кривую диссоциации оксигемоглобина вправо, а противоположные изменения этих параметров – влево. Влияние pH и Pco₂ на расположение сатурационной кривой O₂ называют эффектом Бора. Он играет определенную роль как при поглощении кислорода в легких, так и при его высвобождении в тканях. Смещение кривой диссоциации оксигемоглобина вправо при повышении Pco₂ и снижении pH отражает снижение сродства гемоглобина к кислороду и имеет место в капиллярах легких.

Таким образом, в легких формируется более прочная связь кислорода с гемоглобином, а на периферии эта связь становится слабее, что способствует быстрой отдаче кислорода тканям.

Существует простое правило для запоминания влияния pH, Pco₂ и температуры на кривую диссоциации оксигемоглобина: в мышцах при нагрузке создается кислая среда,

повышается концентрация CO_2 и температура, а поскольку для работы они нуждаются в кислороде, выгодно более интенсивное его высвобождение из крови.

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.

Наиболее простым показателем, характеризующим расположение кривой диссоциации оксигемоглобина, является так называемое напряжение полунасыщения P_{50} , то есть такое напряжение O_2 , при котором насыщение гемоглобином кислорода составляет 50%. В норме при pH 7,40 и t 37°C P_{50} артериальной крови составляет 26-27 мм рт. ст. (рис. 1).

VO_2 – потребление кислорода, DO_2 – доставка кислорода, CaO_2 – содержание кислорода в артериальной крови, SO_2 – сатурация крови $\text{CaO}_2 - \text{CvO}_2$ – артериовенозная разница по кислороду, PaO_2 – напряжение кислорода в артериальной крови. Таким образом, степень оксигенации крови может быть охарактеризована двумя показателями: напряжением кислорода (PO_2) и насыщением крови кислородом (SO_2). Оксигенацию крови нельзя оценить концентрацией O_2 в об.% без учета кислородной емкости крови. В качестве примера сопоставлены показатели газового состава крови двух больных: с анемией и дыхательной недостаточностью. Показатели газового состава крови больных с анемией и дыхательной недостаточностью. Из таблицы видно, что при одном и том же содержании O_2 в об.% у одного больного кровь оказалась насыщенной на 93,6%, а у другого – только на 64,2%, что связано с разным содержанием гемоглобина и соответственно разной кислородной емкостью крови.

Большое диагностическое значение имеет величина альвеолярно-артериального градиента кислорода, то есть разности между парциальным давлением O_2 в альвеолах (100-110 мм рт. ст.) и напряжением его в артериальной крови (95-100 мм рт. ст.). В норме эта величина составляет 5-10 мм рт. ст. Альвеолярно-артериальный градиент обусловлен тремя факторами: относительным несоответствием легочной вентиляции кровотоку (распределительный фактор), шунтированием (сбросом) части смешанной венозной крови в артериальное русло и затруднением диффузии кислорода через азрогематический барьер.

Примерно 50% величины альвеолярно-артериального градиента обусловлено распределительным фактором, 40% – фактором шунтирования и 10% – диффузным фактором. В условиях альвеолярной гипоксии его величина обусловлена только диффузным фактором, при альвеолярной гипероксии – исключительно фактором шунтирования.

Венозная кровь насыщена кислородом на 73-75%. В артериальной крови содержание кислорода составляет 20,1 об.% (0,20 л O_2 на 1 л крови), в венозной 15 об.% (0,15 л O_2 на 1 л крови). Артерио-венозная разница по кислороду (AV O_2) составляет 0,05. Это означает, что в норме при прохождении крови через тканевые капилляры используется только 25% запаса кислорода (0,05 от 0,20). Насыщение венозной крови кислородом широко варьирует в зависимости от уровня метаболизма различных органов и тканей. При интенсивной физической нагрузке артерио-венозная разница по кислороду может превышать 0,1.

Точка над сокращенным обозначением – величина, отнесенная к единице времени, горизонтальная черта – средняя величина.

Основные обозначения пишут, как праило, заглавными буквами, добавочные обозначения в соответствии с их значением строчными или заглавными буквами меньшего размера ниже строки. При наличии двух и более добавочных характеристик пишут в строку, вторую и дальнейшую ступенчато ниже строки.

Примеры:

VA – минутный объем альвеолярной вентиляции;

QS – объем шунтируемой крови за минуту;

PAO_2 – парциальное давление кислорода в альвеолах;

PACO_2 – напряжение CO_2 в артериальной крови;

$\text{VD}(\text{Vd})$ – объем мертвого пространства.

2. Пневмотахометрия

Пневмотахометрия проводится для оценки функционального состояния органов дыхательной системы, что позволяет определить степень патологических изменений.

Пневмотахометрия проводится для определения объемных скоростей воздушного потока, выраженное в л/с, при максимально быстром вдохе (ПТМвд) и выдохе (ПТМвыд). Основным принцип данного функционального исследования заключается в проведении измерения скорости прохождения воздуха через дыхательные пути во время вдоха и выдоха. Измерение выполняется при помощи пневмотахометра, имеющего специальную трубку с одноразовым сменным мундштуком, через которую делается максимальный вдох или выдох несколько раз.

Основным медицинским показанием к проведению пневмотахометрии является оценка функционального состояния, а именно проходимости, дыхательных путей. Данное исследование позволяет диагностировать патологию, сопровождающуюся ухудшением прохождения воздуха через бронхи различного калибра, к ней относятся:

- Бронхиальная астма.
- Атопический.
- Хроническая обструктивная патология легких.
- Пневмосклероз.

Проведение пневмотахометрии при данных заболеваниях дает возможность врачу оценить функциональное состояние структур дыхательной системы и подобрать наиболее оптимальную терапию.

Выделяют несколько патологических и физиологических состояний организма пациента, при которых проведение пневмотахометрии исключается, к ним относятся:

- Перенесенный в недавнем времени (не менее 3-х месяцев назад) геморрагический или ишемический инсульт головного мозга.
- Артериальная гипертония (повышенный уровень системного артериального давления), которая часто сопровождается гипертонической болезнью.
- Перенесенный инфаркт (гибель участка сердечной мышцы) миокарда.
- Аневризма артерий головного мозга, а также грудного отдела аорты.
- Острый инфекционный процесс в органах системы дыхания.
- Дыхательная недостаточность, сопровождающаяся выраженным снижением функциональной активности.
- Эпилепсия (патологическое развитие приступов судорог).
- Беременность на любом сроке течения.

Для получения максимально достоверных результатов пневмотахометрии пациент перед его проведением должен соблюдать несколько несложных подготовительных рекомендаций, которые включают:

- Отказ от курения и употребления алкоголя за сутки до исследования.
- Отмена применения некоторых лекарственных средств, в частности фармакологической группы бронхолитики (препараты, улучшающие проходимость дыхательных путей) за 4 часа.
- Одежда не должна стеснять дыхательных движений.
- Не рекомендуется в день проведения пневмотахометрии подвергаться повышенным эмоциональным или физическим нагрузкам.
- Исследование должно проводиться натощак или не ранее, чем за 2 часа после еды. Обычно оно проводится утром, пациент при этом не завтракает.

Более подробные рекомендации врач дает во время приема. Также обязательно проводится измерение антропометрических показателей (рост, масса тела, объем грудной клетки), которые позволяют специалисту правильно определить состояние структур системы дыхания.

На основании измерения скорости прохождения воздуха во время интенсивного вдоха и выдоха врач формирует несколько показателей функционального состояния органов системы дыхания, к которым относятся:

- Пиковая скорость – нормальный показатель составляет 0,5-1,5 л/сек.
- Максимальная скорость воздуха во время вдоха и выдоха – не должна быть меньше 70% от показателя жизненного объема легких (вычисляется во время проведения спирографии).
- Скорость выдоха – нормальный показатель колеблется от 4 до 8 л/сек и зависит от пола и возраста пациента.

При нарушении проходимости дыхательных путей все показатели снижаются, причем их уменьшение имеет прямую зависимость от выраженности ухудшения прохождения воздуха в бронхах.

Наиболее часто в клинической практике исследуют динамику изменений показателей внешнего дыхания с применением фармакологических веществ бронхорасширяющего или бронхосуживающего действия.

Для оценки нарушений бронхиальной проходимости обычно ограничиваются определением ЖЕЛ, ФЖЕЛ, теста Тиффно, ПТМвд, ПТМвыд до и после введения препарата.

Показаниями к назначению фармакологических проб с веществами бронхорасширяющего действия служат выявление скрытых нарушений бронхиальной проходимости, уточнение удельного веса конкретных факторов механизма обструкции (бронхоспазм, отек, дискриния), отработка дозировки бронхолитических лекарственных средств, определение их лечебного эффекта.

Для проведения этих проб используются адреналин, эуфиллин, изадрин (эуспиран), атропин и др. Исследование проводится в присутствии лечащего врача, с которым согласуются доза бронхолитика и способ его введения. Исследование лучше проводить утром до приема лекарств или не ранее чем через 3–4 ч после приема бронхолитиков. До приема лекарства регистрируется спирограмма и выполняется пневмотахометрия. Через 10–15 минут после введения бронхолитика и через 25–30 минут от момента приема лекарств вновь дважды регистрируется спирограмма и проводится пневмотахометрия. О достоверном эффекте бронхолитика говорят тогда, когда показатели изменяются в одном направлении. Если разница между показателями, характеризующими бронхиальную проходимость, до и после введения препарата превышает 10%, проба считается положительной.

Более убедительным для оценки бронхиальной проходимости является так называемый коэффициент улучшения (КУ). Он рассчитывается в процентах, для чего используются показатели форсированной ЖЕЛ (ФЖЕЛ1) за секунду до и после введения бронхолитика:

$$КУ = \frac{\text{ФЖЕЛ1 (мл)}_{\text{(после введения препарата)}} \times \text{ФЖЕЛ1 (мл)}_{\text{(до введения препарата)}}}{\text{ФЖЕЛ1 (мл)}_{\text{(до введения препарата)}}} \times 100$$

При положительном эффекте бронхолитика КУ возрастает более чем на 20%. При исследовании длительности действия того или иного бронхолитика регистрацию спирограммы и пневмотахометрию повторяют через 10–15, 25–30 и 60 минут и далее каждый час до прекращения бронхолитического эффекта препарата.

Если результаты исследования с бронходилататорами отрицательны или сомнительны, для выявления скрытого бронхоспазма используют провокационные тесты с препаратами бронхосуживающего действия (ацетилхолин, гистамин, брадикинин и др.). Пробы с бронхоконстрикторами имеют важное значение для диагностики различных механизмов обструкции бронхов.

Заключение

Таким образом, вентиляционную функцию легких характеризуют легочные объемы и ёмкости (резервный объем вдоха, дыхательный объем, резервный объем выдоха, остаточный объем легких, ёмкость вдоха, жизненная ёмкость легких, функциональная остаточная ёмкость, общая ёмкость легких, показатели, механических свойств аппарата вентиляции (объем и скорость форсированного дыхания, бронхиальное сопротивление, растяжимость и сила эластической ретракции легких, работа дыхания), показатели вентиляции (частота дыхания, минутный объем дыхания, объем альвеолярной вентиляции, мертвое пространство).

Уменьшение показателей объемной скорости форсированного выдоха (вдоха) может быть следствием как обструктивных нарушений проходимости дыхательных путей (за счёт спазма, отёка слизистой оболочки, скопления слизи и др.), так и изменений эластичности легочной ткани или мышечного аппарата дыхания. Скорость форсированного дыхания снижается у ослабленных пациентов, при гиподинамии и др.

ПТМ часто используется в качестве скрининг-теста при массовых обследованиях и для контроля за состоянием здоровья спортсменов.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СЛУШАТЕЛЕЙ

4.1. Введение

Методические рекомендации предназначены для помощи в освоении слушателями института дополнительного профессионального образования «Экстремальная медицина» ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Функциональная диагностика в пульмонологии» с применением дистанционных образовательных технологий и электронного обучения.

В результате обучения врач приобретает полный объем систематизированных теоретических знаний, умений и необходимых профессиональных навыков для самостоятельной работы врачом функциональной диагностики.

Демонстрация и практика под руководством преподавателя способствует приобретению и отработке навыков врача функциональной диагностики, представляет возможность врачу приобрести и закрепить теоретические и практические навыки работы в освоении выявления основных врачебных манипуляций максимально приближенным к реальным условиям.

4.2. Электронный учебно-методический комплекс, состав, формы занятий

Учебный процесс построен на основе самостоятельного изучения слушателями образовательного контента электронного учебно-методического комплекса дополнительной профессиональной программы повышения квалификации, включающего в себя несколько модулей.

Электронный учебно-методический комплекс представляет собой структурированную совокупность электронной учебно-методической документации, электронных образовательных ресурсов, средств обучения и контроля знаний, содержащих взаимосвязанный контент и предназначенных для совместного применения в целях эффективного изучения слушателями дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.

Каждый модуль – это стандартный учебный продукт, включающий четко обозначенный объем знаний и умений, предназначенный для изучения в течение определенного времени, или – зачетная единица, качество работы с которой фиксируется письменными работами, а также тестовыми, зачетными и экзаменационными средствами.

Структура учебно-методического комплекса дополнительной профессиональной программы повышения квалификации включает в себя следующие элементы, представленные в виде файловой структуры:

1. Титульный лист.
2. Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации (ДПП ПК).
3. Календарный учебный график (календарный план обучения).
4. Курс лекций.
5. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей.
6. Самоучитель для подготовки к итоговой аттестации.
7. Оценочные материалы.

Электронный учебно-методический комплекс дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Функциональная диагностика в пульмонологии» предусматривает следующие формы учебных занятий:

- 1) Самостоятельная работа, которая включает в себя:
 - изучение модуля «Инструкция для слушателей по работе в системе дистанционного обучения»;
 - изучение модуля «Календарный план обучения»;
 - изучение модуля «Расписание занятий»;
 - изучение модуля «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей»;
 - изучение модуля «Курс лекций»;
 - изучение модуля «Электронный самоучитель для подготовки к итоговой аттестации»;
 - повторение изученного материала.
- 2) Тестирование:
 - итоговая аттестация слушателей (зачет) – электронное тестирование на оценку.
- 5) Анкетирование слушателей:
 - заполнение анкеты слушателя;
 - отсылка анкеты администратору системы дистанционного обучения.
- 6) Электронная консультация:
 - формулировка вопросов к преподавателю по разрешению возникающих вопросов;
 - анализ ответов преподавателя.
- 7) Итоговая аттестация:
 - экзамен по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации проводится в виде тестирования в очном формате в соответствии с календарным планом.

Формы учебных занятий определяются преподавателем кафедры, исходя из содержания и особенностей дополнительной профессиональной программы повышения квалификации, и указываются в модуле «Календарный план обучения».

4.3. Порядок изучения модулей электронного учебно-методического комплекса дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Для обучения по образовательным программам дополнительного профессионального образования (повышение квалификации и профессиональная переподготовка) очно-заочно с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо представить следующие сведения в соответствии с требованиями письма МЧС России № 8-1-1-160 от 04.02.2019.

1. Списки кандидатов по форме: воинское (специальное) звание (если есть); фамилия, имя, отчество; занимаемая должность; информацию об образовательной организации, которую окончил кандидат, номер диплома, дату выдачи и квалификацию (специальность); адрес электронной почты в сети «Интернет» (личный, действующий); номер мобильного телефона (личный, действующий).

2. Ксерокопии документов кандидатов согласно перечню: паспорт; служебное удостоверение; фото 3x4 см; диплом об окончании образовательной организации; удостоверение о повышении квалификации (если есть); трудовая книжка (справка с места службы), с указанием стажа работы в должностях, соответствующих медицинской специальности, а также с указанием нынешней должности; сертификат специалиста (с документом о прохождении профессиональной переподготовки по этой специальности).

3. Сведения, указанные в пунктах 1 и 2 необходимо выслать по электронной почте на адрес uchotd@nrcerm.ru. Оригиналы документов кандидаты должны представить в учебный отдел ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России по прибытии на очную часть обучения.

Электронные информационные ресурсы представляют собой базу законодательных, нормативных и правовых актов, нормативно-технической документации, национальных стандартов (протоколов) по Программе.

Электронные образовательные ресурсы представляют собой учебные материалы, разработанные на основе законодательных, нормативных и правовых актов, нормативно-технической документации, национальных стандартов (протоколов).

Учебный материал разбит на модули, которые в свою очередь разбиты на занятия.

По окончании изучения модуля проводится дистанционное тестирование в электронной информационно-образовательной среде с использованием программного обеспечения электронной информационно-образовательной среды.

Для проведения занятий с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий используется электронный учебно-методический комплекс по программе дополнительного профессионального образования повышения квалификации, размещенный на официальном сайте системы дистанционного обучения ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России по адресу: <http://idpo.nrcerm.ru/>. Вход в систему дистанционного обучения осуществляется по логину и паролю, присланному администратором системы на электронный адрес слушателя.

В результате освоения программы обучаемый должен приобрести следующие знания и умения, необходимые для качественного выполнения компетенций.

Общие компетенции:

- принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях при оказании медицинской помощи и нести за них ответственность;
- осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития;
- использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности;
- работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями;
- самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать и осуществлять повышение квалификации;
- ориентироваться в условиях смены технологий в профессиональной деятельности;
- организовывать рабочее место с соблюдением требований охраны труда, производственной санитарии, инфекционной и противопожарной безопасности.

4.4. Система оценки результатов освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Обучение по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий считается успешно завершенным слушателем при следующих условиях: изучен модуль «Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации»; изучен модуль «Инструкция для слушателей

по работе в системе дистанционного обучения»; изучен модуль «Календарный план обучения»; изучен модуль «Расписание занятий»; изучен модуль «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей»; изучен модуль «Курс лекций»; выполнены на оценку не ниже «удовлетворительно» задания всех семинарских (практических) занятий; изучен модуль «Электронный самоучитель для подготовки к итоговой аттестации»; сдан на оценку не ниже «удовлетворительно» (65%) тест «Итоговая аттестация».

Чтобы получить дополнительный допуск к просроченному или несданному тесту, щелкните ФИО преподавателя под названием курса, напишите и отправьте преподавателю сообщение с просьбой выдать дополнительный допуск. В сообщении четко укажите название курса и экзамена.

4.5. Заключение

Методические рекомендации представляют собой комплекс кратких и четко сформулированных предложений, указаний и разъяснений, позволяющих слушателям оптимальным образом организовать процесс изучения всех модулей дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Функциональная диагностика в пульмонологии».

Процесс изучения программы направлен на совершенствование следующих компетенций:

- способности организовывать и возглавлять работу коллектива работников;
- способности к абстрактному и критическому мышлению при принятии решений при осуществлении медицинской деятельности;
- способности работать самостоятельно, принимать решения при осуществлении деятельности;
- способности использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;
- готовности к саморазвитию, самообразованию;
- способности решать научные задачи в сфере нефрологии;
- способности к самостоятельному решению отдельных задач высокого уровня сложности, выдвижению новых идей;
- способности к систематическому изучению научной информации по изучаемым вопросам;
- знанию основ информационного обеспечения в сфере здравоохранения, основных нормативно-правовых документов, регламентирующих вопросы медицинской деятельности в Российской Федерации.

5. САМОУЧИТЕЛЬ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ

Введение

Самоучитель по проведению итоговой аттестации предназначен для самостоятельной работы по подготовке к проведению итоговой аттестации. После обучения и приобретения полного объема систематизированных теоретических знаний, умений и необходимых профессиональных навыков для самостоятельной работы врачом-терапевтом в отделениях реанимации и интенсивной терапии требуется всесторонняя оценка полученных знаний.

Программа подготовлена в соответствии с приказом Минздрава России от 08.10.2015 № 707н «Об утверждении Квалификационных требований к медицинским и фармацевтическим работникам с высшим образованием по направлению подготовки «Здравоохранение и медицинские науки».

Цель итоговой аттестации – выявление теоретической и практической подготовки обучающегося в соответствии с содержанием программы дополнительного профессионального образования.

1. Порядок применения самоучителя

Самоучитель «Функциональная диагностика в пульмонологии» разработан для реализации дополнительных профессиональных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий и занимает важное место при формировании и закреплении знаний, умений и навыков обучающегося, выполняют роль педагогического инструмента, позволяющего повысить качество образовательного процесса.

Основу учебного процесса с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий составляет целенаправленная и контролируемая интенсивная учебная самостоятельная работа обучающегося, который, имея комплект специальных средств обучения, средства коммуникации и согласованную возможность опосредованного контакта с преподавателем, может обучаться в удобном для него месте и в удобное время по индивидуальному плану.

2. Проведение итоговой аттестации в виде электронного тестирования

Сдача зачета или экзамена в электронном виде через СДО Прометей возможно только по направлению преподавателя.

Для сдачи зачета или экзамена в виде электронного тестирования студенту необходимо:

- получить разрешение от преподавателя на сдачу зачета или экзамена в электронном виде через СДО Прометей;

- сообщить администратору очно-заочного и заочного обучения о получении от преподавателя разрешения на сдачу зачета или экзамена через СДО Прометей;

- получить у администратора очно-заочного и заочного обучения бланк индивидуальной экзаменационной ведомости. Бланк индивидуальной экзаменационной ведомости выдается при условии отсутствия у студента задолженности по оплате за обучение;

Сдача теста в режиме «Экзамен» возможна только после того, как будет получен «допуск» в СДО Прометей от администратора. Если «допуск» на экзамен отсутствует или просрочен, пройти контрольное тестирование не удастся. Кроме того, «допуск» может быть временно заблокирован администратором.

В случае, если Вы вошли в режим тестирования «экзамен» в СДО Прометей (после нажатия кнопки «сдать») и вышли из него без попытки ответить на вопросы «допуск» при этом у Вас снимается. Такая попытка приравнивается к не сдаче зачета или экзамена и в ведомость заносится соответствующая запись. Повторная сдача экзамена или зачета проводится на общих основаниях.

Вход в СДО Прометей

Для входа в СДО Прометей необходимо зайти на сайт академии и в разделе «СДО Прометей» выбрать «Очное, очно-заочное, заочное (факультеты)».

В открывшемся окне будет представлена главная страница программы «Прометей». В строке «Войти как» выбрать электронную ссылку «Слушатель» (рис. 3).

В строке «Пользователь» необходимо указать свой код идентификатора в виде «dek_код», в строке «Пароль» – «код».

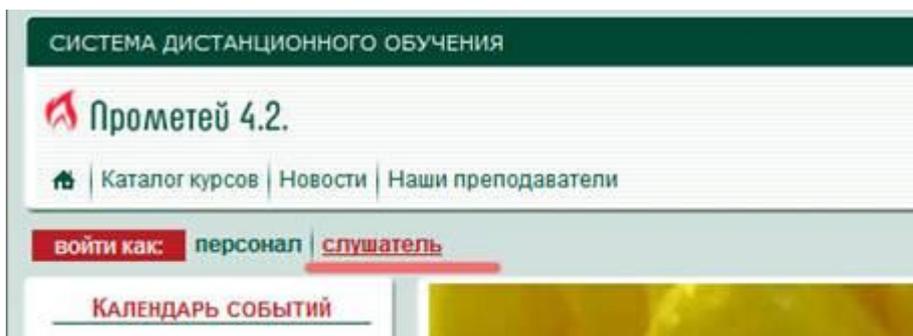


Рисунок 3. Вход в СДО «Прометей»

Для проведения контрольного тестирования необходимо:

- выбрать из меню «Тестирование» и далее ссылку «Экзамен» и войти в нее;
- в области отображения данных появится список «допусков» на экзаменационные тесты. Для каждого «допуска» в поле «Действителен» указан срок действия;
- выбрать необходимый тест и щелкнуть маркер  в поле «Сдать» (рис. 4).



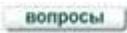
Рисунок 4. Диалоговое окно «Допуск на экзаменационное тестирование»

Для начала тестирования, необходимо нажать кнопку подтверждения , а чтобы вернуться к списку «допусков», щелкнуть кнопку возврата/отмены . После сдачи экзамена студенту представляются результаты тестирования (рис. 5).



Рисунок 5. Диалоговое окно «Отчет о тестировании»

Набор элементов управления на странице каждого вопроса – стандартный:

- кнопка  для перехода к следующему вопросу теста;
- кнопка  для возвращения к предыдущему вопросу теста;
- кнопка  для перехода к списку вопросов теста;
- флажок «Пометить» позволяет пометить вопрос для последующей работы и возвращение к нему.

Чтобы пометить вопрос для последующего возврата к нему, проставьте флажок «Пометить». В поле появится «галочка». Повторный щелчок в поле «Пометить» снимает пометку (рис. 6).

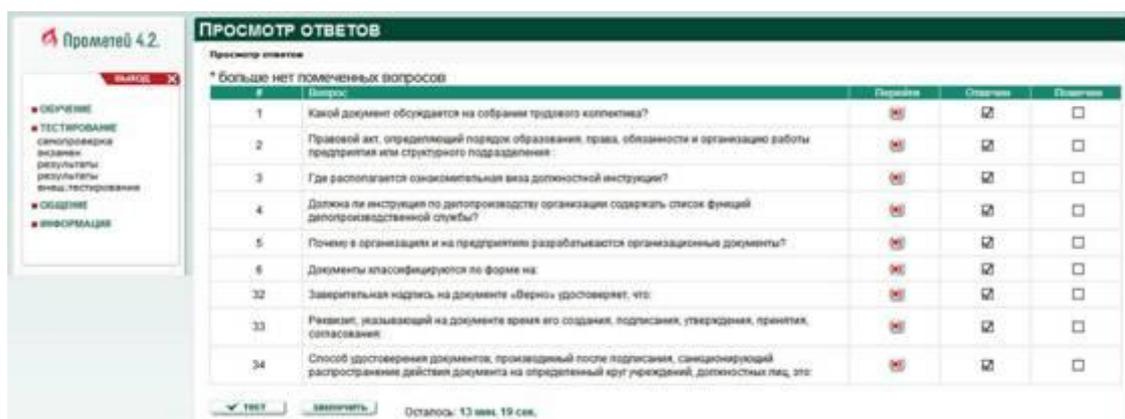


Рисунок 6. Диалоговое окно «Просмотр ответов»

Тест состоит из набора вопросов, составленных в свободном порядке по различным темам дисциплины. Студенту предоставляется возможность отвечать на вопросы последовательно либо в произвольном порядке. В процессе ответа можно вернуться к любому вопросу. Для быстрого возвращения к вопросу необходимо его пометить. Пока сдача теста не завершена по указанию обучающегося, либо по истечении отведенного времени (об этом свидетельствует обнуление таймера времени), можно изменять и редактировать свои ответы на все вопросы (рис. 7).

При переходе к следующему или предыдущему вопросу система запоминает ответ на текущий вопрос.



Рисунок 7. Диалоговое окно «Представление вопроса теста»

Список вопросов отображается автоматически, когда обучающийся закончил отвечать на вопросы. Кроме того, он может быть выведен на экран в любой момент при ответе на вопросы теста посредством кнопки «вопросы».

Для перехода к выбранному вопросу необходимо нажать маркер .

Поле «Только помеченные» присутствует на странице списка вопросов только в случае, если обучающийся пометил хотя бы один вопрос. Чтобы последовательно просмотреть все помеченные вопросы, проставьте «галочку» в поле «Только помеченные» и нажмите кнопку .

На экране по очереди (циклично) будут отображаться только помеченные вопросы. Снимая пометку, можно исключать вопросы из списка.

Для продолжения тестирования, обратитесь к первому вопросу и щелкните кнопку . Чтобы завершить тестирование и просмотреть отчет, щелкните кнопку . Окончание тестирования происходит и после истечении времени и после нажатия на любую кнопку на экране появится отчет о тестировании

Самотестирование

По некоторым дисциплинам имеется возможность пройти само тестирование.

В режиме само тестирования обучающийся имеет возможность без получения «допуска» проходить тестирование неограниченное количество раз, и результаты теста не заносятся в ведомость.

Представляемый список тестовых вопросов при само тестировании ограничен от всего перечня вопросов экзаменационного теста по дисциплине.

Для проведения само тестирования необходимо:

- выбрать в главном меню программы «Прометей» «Тестирование» и далее «Самопроверка» и войти в нее;
- в области отображения данных появится список тестов для самопроверки, сгруппированных по дисциплинам (курсам) и отсортированных по алфавиту;
- выбрать нужный тест и щелкнуть маркер  в поле «Сдать»;
- для начала тестирования нажмите , для отказа от тестирования  (рис. 8).

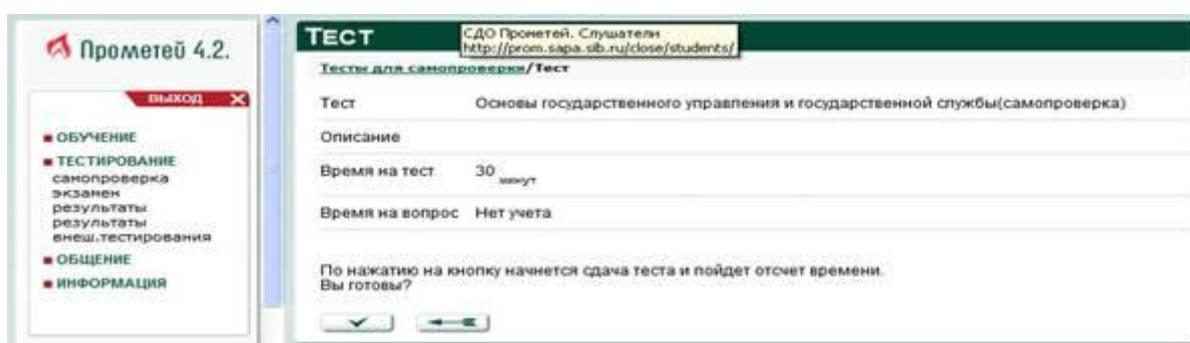


Рисунок 8. Диалоговое окно «Тест для самопроверки»

Формы тестовых заданий

Применяемые в тестах вопросы могут различаться по своей форме. Наиболее распространенными из них являются формы вопросов:

«Один из многих»: обучающемуся предлагается выбрать один вариант ответа из предложенных тот, который студент считает верным. Чтобы выбрать вариант ответа, нажмите переключатель , расположенный слева от вопроса.

«Многие из многих»: предлагается выбрать несколько вариантов ответов, которые он считает верными. Чтобы пометить один из правильных ответов, щелкните в поле пометки слева от варианта , чтобы в нем появилась «галочка». Различие форм варианта тестов «один из многих» от варианта «многие из многих» – форма кнопки. Для первого варианта – , для второго – . Повторный щелчок в поле снимает пометку. Выберите таким образом все варианты ответов, которые считаете правильными. «Поле ввода»: при ответе на вопрос этой формы обучающийся должен набрать верный ответ в поле ввода. Щелкните один раз в поле ввода, чтобы в нем замигал курсор, и наберите на клавиатуре свой вариант ответа. При переходе к следующему или предыдущему вопросу система запоминает ответ на текущий вопрос.

«Соответствие»: обучающийся должен установить соответствие между парами значений. Каждому из представленных значений необходимо выбрать соответствующее значение в раскрывающемся списке справа. Для этого раскройте список, расположенный справа от основного значения и укажите значение, которое вы считаете правильным.

«Упорядочение», чтобы выполнить это задание необходимо расположить элементы списка в определенном порядке. Используя маркеры для перемещения, необходимо упорядочить элементы списка таким образом, чтобы получить правильный ответ на вопрос. Чтобы переместить строку списка на одну позицию ближе к началу списка (сдвинуть вверх),

щелкните маркер . Чтобы переместить строку списка на одну позицию ближе к концу списка (сдвинуть вниз), щелкните маркер .

– «Область на рисунке»: обучающемуся необходимо выбрать рисунок, который является ответом на вопрос. Чтобы выбрать рисунок, щелкните один раз в поле рисунка.

– «Несколько пропущенных слов»: в этой форме вопроса тестируемому необходимо заполнить пробелы в предложенных фразах. Щелкните один раз внутри поля ввода, чтобы в нем замигал курсор, и наберите на клавиатуре свой вариант ответа. Повторите операцию для всех полей.

После завершения работы система выведет на экран сообщение о результатах итоговой аттестации и процент правильных ответов.

3. Технические требования

Для работы с самоучителем пользователю потребуется следующее аппаратное обеспечение:

- процессор процессор-1,3 ГГц и выше;
- оперативная память -512 Мб и более;
- CD-ROM дисковод;
- клавиатура;
- мышь;
- объем жесткого диска для хранения данных 100Мб для кэша браузера;
- скорость сетевого интерфейса от 10 Мбит/с.

Рекомендуемое разрешение экрана 1024x768.

4. Специальные условия применения

Самоучитель совместим с операционными системами: Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10, MacOS, Ubuntu.

Рекомендуемое программное обеспечение: браузер Google Chrome

Языковая версия самоучителя – русский.

5. Критерии оценки

Для оценки тестовых заданий, выполняемых обучающимися, решением кафедры установлены следующие критерии:

- оценка «отлично»: 89 – 100% правильных ответов;
- оценка «хорошо»: 77 – 88% правильных ответов;
- оценка «удовлетворительно»: 65 – 76% правильных ответов;
- оценка «неудовлетворительно»: менее 65% правильных ответов;
- оценка «зачтено»: 65 – 100% правильных ответов;
- оценка «не зачтено»: менее 65% правильных ответов.

Зачет или экзамен по программе проводится в устной форме (по билетам), если иное не предусмотрено решением кафедры.

Самоучитель – электронный образовательный ресурс, в базу которого положена оригинальная методика оценки знаний, умений и навыков и целенаправленная тренировка обучающихся в процессе многократного повторного решения тестовых заданий, реализованный средствами веб-приложений.

Самоучитель предусматривает: генерацию или выбор последовательности однотипных заданий по определенной теме и предъявление их обучающемуся; контроль качества подготовки обучающихся с помощью банка вопросов-ответов и условий перехода к последующему этапу обучения; анализ действий обучающегося с оценкой результатов и выдачей рекомендаций по достижению наилучших результатов.

Проигрыватель самоучителя обеспечивает следующие функциональные возможности: авторизацию обучающихся; возможность задания последовательного режима обучения; возможность задания произвольного режима обучения; возможность использования функций поиска в качестве пунктов содержания самоучителя; печать результатов тестирования; автоматизированная отправка результатов тестирования по электронной почте. Материалы самоучителя защищены от несанкционированного копирования со стороны пользователей.

Аппаратные требования

Для работы с самоучителем пользователю потребуется следующее аппаратное обеспечение: процессор процессор-1,3 ГГц и выше; оперативная память -512 Мб и более; CD-ROM дисковод; клавиатура; мышь; колонки или наушники, объем жесткого диска для хранения данных 100Мб для кэша браузера; скорость сетевого интерфейса от 10 Мбит/с. Рекомендуемое разрешение экрана 1024x768.

Заключение

Работа с самоучителем позволяет оценить не только качество теоретической подготовки обучающихся, но и приобретенные в результате освоения учебной программы новые компетенции, необходимые для осуществления профессиональной деятельности в области функциональной диагностики в пульмонологии

Контроль знаний является одним из важнейших компонентов образовательной деятельности. Контроль призван обеспечить внешнюю обратную связь – контроль преподавателя и внутреннюю обратную связь – самоконтроль обучающегося, также контроль направлен на получение информации, анализируя которую преподаватель вносит необходимые коррективы в течение образовательного процесса.

Основными этапами оценки результативности обучения обучающихся с использованием самоучителя должны быть: четкое формулирование требований к знаниям, умениям и навыкам обучающихся. Требования формулируются до начала обучения и создания самоучителя, должны соответствовать содержанию и методам обучения; разработка контрольно-измерительных подсистем самоучителя для проведения тестирования обучающихся. Материалы разрабатываются в строгом соответствии с требованиями к знаниям, умениям и навыкам обучающихся. Для каждого задания указывается, какому требованию или требованиям оно соответствует. Разработка технологий тестирования обучающихся, определение роли самоучителя в измерении результативности обучения. Экспертная оценка качества контрольно-измерительных материалов. Проверка соответствия контрольно-измерительных материалов содержанию обучения и требованиям, предъявляемым к знаниям, умениям и навыкам обучающихся. Оценка полноты покрытия требований контрольно-измерительными материалами. Проведение измерений преподавателем с использованием разработанного самоучителя проводится при промежуточном контроле знаний обучающихся. Определение итогов измерений, шкалирование результатов, приведение их к одной системе оценивания, сравнение результатов, формулирование выводов по качеству знаний обучающихся с использованием самоучителя. Внедрение самоучителя позволит более эффективно управлять образовательным процессом, создавать отвечающие современным требованиям условия для освоения обучающимися учебного материала, применять электронное обучение и дистанционные образовательные технологии для подготовки специалистов в области функциональной диагностики в пульмонологии.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

1. Равновесию противоположно направленных эластических сил легких и грудной клетки соответствует:

- 1) уровень спокойного выдоха
- 2) уровень спокойного вдоха
- 3) уровень максимального выдоха
- 4) уровень максимального вдоха

2. Без активного участия дыхательных мышц происходит:

- 1) спокойный вдох
- 2) спокойный выдох
- 3) максимальный вдох
- 4) максимальный выдох

3. Какому определению соответствует термин «общая емкость легких»:

- 1) объем воздуха, остающийся в легких после спокойного выдоха
- 2) максимальное количество воздуха, которое могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха
- 3) максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха
- 4) максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха

4. Какому определению соответствует термин «функциональная остаточная емкость»:

- 1) объем воздуха, остающийся в легких после спокойного выдоха
- 2) максимальное количество воздуха, которое могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха
- 3) максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха
- 4) максимальное количество воздуха, которое можно вдохнуть после спокойного выдоха

5. Какой механизм бронхиальной обструкции наиболее характерен для хронической обструктивной болезни легких:

- 1) коллапс мелких бронхов
- 2) склероз мышечно-эластических структур, облитерация бронхов
- 3) отечно-воспалительные изменения бронхов
- 4) коллапс трахеи и крупных бронхов

6. Спирография – это метод, позволяющий определить:

- 1) функцию внешнего дыхания;
- 2) электрическую активность структур головного мозга;
- 3) пульсовое кровенаполнение периферических сосудов.

7. Дыхательный объем (ДО) – это:

- 1) объем, который вдыхается и выдыхается при спокойном дыхании;
- 2) объем, который остается в легких после максимально глубокого выдоха;
- 3) объем, остающийся в легких на уровне спокойного выдоха.

8. Резервный объем вдоха (Ровд) – это:

- 1) объем, который вдыхается и выдыхается при спокойном дыхании;
- 2) максимальный объем, который можно дополнительно вдохнуть после спокойного вдоха;
- 3) объем, который могут вместить легкие на высоте глубокого вдоха.

9. Резервный объем выдоха (Ровыд)- это:

- 1) максимальный объем, который можно дополнительно выдохнуть после спокойного выдоха;
- 2) объем форсированного выдоха за 1 сек;
- 3) объем, который остается в легких после максимально глубокого выдоха.

10. Сумма ДО, Ровд, РОвыд – это:

- 1) ФЖЕЛ;
- 2) ЖЕЛ;
- 3) ДО.

11. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) – это:

- 1) максимальный объем, который можно выдохнуть после максимально глубокого вдоха;
- 2) число дыхательных движений в минуту при спокойном дыхании;
- 3) оценка способности легочной ткани к растяжению.

12. При проведении пробы ФЖЕЛ (форсированная жизненная емкость легких) требуется сделать:

- 1) максимально глубокий вдох и спокойный полный выдох;
- 2) максимально глубокий вдох и резкий выдох с максимальной скоростью;
- 3) спокойные вдох и выдох.

13. При проведении пробы ЖЕЛ (жизненная емкость легких) требуется сделать:

- 1) максимально глубокий вдох и спокойный полный выдох;
- 2) максимально глубокий вдох и резкий выдох с максимальной скоростью;
- 3) спокойные вдох и выдох.

14. Индекс Тиффно =

- 1) $\text{ОФВ1} / \text{ЖЕЛ} (\%)$;
- 2) ДОхЧД ;
- 3) $\text{ЖЕЛ} \times 2$

15. Показания к проведению ингаляционных проб:

- 1) диагностика ранних стадий бронхиальной астмы;
- 2) контроль эффективности лечебных и профилактических мероприятий;
- 3) обострение бронхолегочного заболевания.

16. Основным проявлением бронхиальной астмы является:

- 1) кашель с выделением пенистой мокроты
- 2) одышка смешанного характера
- 3) приступ удушья с затрудненным выдохом
- 4) инспираторная одышка

17. К приступу удушья при бронхиальной астме приводит:

- 1) отек гортани
- 2) воспаление плевральных листков
- 3) повышение давления в малом кругу кровообращения
- 4) бронхоспазм, отек слизистой оболочки бронхов и скопление вязкой мокроты

18. Во время приступа бронхиальной астмы придается больному положение:

- 1) на боку
- 2) сидя с упором на руки
- 3) с приподнятым ножным концом
- 4) горизонтальное

19. Пикфлоуметрия – это определение...

- 1) жизненной емкости легких
- 2) остаточного объема

3) пиковой скорости выдоха

20. Экспираторная одышка развивается при:

- 1) спазме мелких бронхов
- 2) спазме средних бронхов
- 3) спазме крупных бронхов
- 4) отеке гортани

Критерии оценки результатов освоения слушателем дополнительной профессиональной программы повышения квалификации

Обучение по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий считается успешно завершенным при следующих условиях:

- изучен модуль «Дополнительная профессиональная программа»;
- изучен модуль «Инструкция для слушателей по работе в системе дистанционного обучения»;
- изучен модуль «Календарный учебный график»;
- изучен модуль «Расписание занятий (очная часть обучения)»;
- изучен модуль «Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей»;
- изучен модуль «Курс лекций»;
- изучен модуль «Электронный самоучитель для подготовки к итоговой аттестации»;
- сдан на оценку не ниже «удовлетворительно» (65%) тест «Итоговая аттестация».

Для оценки тестовых заданий рубежного (промежуточного) контроля знаний и итоговой аттестации, выполняемых слушателем, решением кафедры установлены следующие критерии:

- оценка «отлично»: 89 – 100% правильных ответов;
- оценка «хорошо»: 77 – 88% правильных ответов;
- оценка «удовлетворительно»: 65 – 76% правильных ответов;
- оценка «неудовлетворительно»: менее 65% правильных ответов;
- оценка «зачет»: 65 – 100% правильных ответов;
- оценка «не зачет»: менее 65% правильных ответов.

Для оценки тестовых заданий входного контроля знаний, выполняемых слушателем, решением кафедры установлены следующие критерии:

- оценка «зачет»: 45 – 100% правильных ответов;
- оценка «не зачет»: менее 45% правильных ответов.