

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»

**МЕДИЦИНСКАЯ ЭВАКУАЦИЯ ПОСТРАДАВШИХ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ  
И ТЯЖЕЛОБОЛЬНЫХ С ПРОВЕДЕНИЕМ  
ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ:  
ПРИНЦИПЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ОРГАНИЗАЦИОННО-  
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ С УЧЕТОМ  
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЙ САНИТАРНО-  
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ОТНОШЕНИИ  
ПАЦИЕНТОВ С ОСОБО ОПАСНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ**

**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»

**МЕДИЦИНСКАЯ ЭВАКУАЦИЯ ПОСТРАДАВШИХ  
В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ  
И ТЯЖЕЛОБОЛЬНЫХ С ПРОВЕДЕНИЕМ  
ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ:  
ПРИНЦИПЫ, ТЕХНОЛОГИИ, ОРГАНИЗАЦИОННО-  
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ С УЧЕТОМ  
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНОЙ САНИТАРНО-  
ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В ОТНОШЕНИИ  
ПАЦИЕНТОВ С ОСОБО ОПАСНЫМИ ИНФЕКЦИЯМИ**

Учебно-методический комплекс  
Электронное текстовое издание

Санкт-Петербург  
Научно-технологические  
2023

© ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, 2023  
© Алексанин С. С., Шелухин Д. А., Рыбников В. Ю.,  
Нестеренко Н. В., Павлов А. И., 2023  
ISBN 978-5-907618-98-5

УДК 614.88

ББК 51.1

М42

Авторы:

Алексанин С. С., Шелухин Д. А., Рыбников В. Ю., Нестеренко Н. В., Павлов А. И.

**Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелообольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями [Электронный ресурс]: учебно-методический комплекс / С. С. Алексанин, Д. А. Шелухин, В. Ю. Рыбников, Н. В. Нестеренко, А. И. Павлов, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. – Санкт-Петербург: Научно-технологические технологии, 2023. – 130 с. – URL: <https://publishing.intelgr.com/archive/Transportnaya-EKMO.pdf>.**

ISBN 978-5-907618-98-5

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. 8.3 раздела VIII 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 МЧС России. Он может быть использован в системе высшего (аспирантура, ординатура) и дополнительного профессионального образования медицинского персонала МЧС России, Минобороны России, Минздрава России и ФМБА России.

УДК 614.88

ББК 51.1

© ФГБУ ВЦЭРМ им. А. М. Никифорова МЧС России, 2023

© Алексанин С. С., Шелухин Д. А., Рыбников В. Ю.,

Нестеренко Н. В., Павлов А. И., 2023

ISBN 978-5-907618-98-5

Учебное издание

**Алексанин Сергей Сергеевич**  
**Шелухин Даниил Александрович**  
**Рыбников Виктор Юрьевич**  
**Нестеренко Наталья Владимировна**  
**Павлов Андрей Иванович**

**Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и  
тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации:  
принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе  
с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки  
в отношении пациентов с особо опасными инфекциями**

Учебно-методический комплекс  
Электронное текстовое издание

Издание публикуется в авторской редакции

Подписано к использованию 06.12.2023.  
Объем издания – 6,1 Мб.

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

ISBN 978-5-907618-98-5



9 785907 618985 >

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1	Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации.....	5
1.1	Общая характеристика дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	5
1.2	Планируемые результаты обучения.....	8
1.3	Учебный план.....	10
1.4	Календарный учебный график.....	11
1.5	Рабочая программа учебно-методического комплекса.....	12
1.6	Организационно-педагогические условия реализации учебно-методического комплекса .....	14
1.7	Тематический план учебно-методического комплекса .....	16
1.8	Фонд оценочных средств (для итоговой аттестации).....	16
1.9	Учебно-методическое и информационное обеспечение.....	17
2	Календарный учебный график.....	21
3	Курс лекций.....	22
	Лекция 1. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы. Кровь как газотранспортная система.....	22
	Лекция 2. Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Респираторный дистресс синдром (РДС).....	33
	Модуль 1. РЕСПИРАТОРНЫЙ.....	43
	Лекция 3. Основы искусственного кровообращения (ИК).....	44
	Модуль 2. ИСКУССТВЕННОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ.....	55
	Лекция 4. Ультразвуковое исследование (УЗИ) при проведении ЭКМО.....	58
	Модуль 3. УЗИ.....	67
	Лекция 5. ЭКМО определение, история, методика.....	69
	Лекция 6. ЭКМО технология в условиях скорой помощи.....	80
	Модуль 4. ТРАНСПОРТНАЯ ЭКМО.....	89
4	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы слушателей.....	93
4.1	Введение.....	93
4.2	Электронный учебно-методический комплекс, состав, формы занятий.....	94
4.3	Порядок изучения модулей электронного учебно-методического комплекса дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	95
4.4	Система оценки результатов освоения дополнительной профессиональной программы повышения квалификации.....	98
4.5	Заключение.....	99
5	Самоучитель для подготовки к итоговой аттестации.....	100
6	Оценочные материалы.....	110

# **1. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

Категория обучающихся: медицинские работники с высшим образованием – специалитет по одной из специальностей: «Лечебное дело», «Педиатрия» и подготовка в интернатуре и/или ординатуре по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь», или профессиональная переподготовка по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь», при наличии подготовки в интернатуре и/или ординатуре по одной из основных специальностей или специальности, требующей дополнительной подготовки.

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**

Актуальность программы обусловлена национальным проектом «Здравоохранение» во исполнение Указа Президента Российской Федерации на период до 2024 г, разработанным Минздравом России, 2018 г., рекомендациями, разработанными на научно-практической конференции «Развитие системы оказания экстренной медицинской помощи и медицинской эвакуации пострадавших при чрезвычайных ситуациях с учетом создания медицинских округов, в том числе пациентов с особо опасными инфекциями», состоявшейся 10 декабря 2020 года в ФГБУ ВЦМК «Защита» ФМБА России. В результате обучения врач приобретает необходимый объем систематизированных теоретических знаний, умений и профессиональных навыков по использованию технологии экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО) при оказании скорой специализированной медицинской помощи, в т.ч. при медицинской эвакуации.

Программа разработана в соответствии:

– с Федеральным законом от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 23 июля 2010 года № 541н «Об утверждении Единого квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и служащих»;

– приказом Министерства здравоохранения РФ от 03 августа 2012 года № 66н «Об утверждении Порядка и сроков совершенствования медицинскими работниками и фармацевтическими работниками профессиональных знаний и навыков путем обучения по дополнительным профессиональным образовательным программам в образовательных и научных организациях»;

– приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 июля 2013 года № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам»;

– профессиональным стандартом «Врач-анестезиолог-реаниматолог», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27 августа 2018 года № 554н;

– профессиональным стандартом «Врач скорой медицинской помощи», утвержденным приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 14 марта 2018 года № 133н.

Дополнительное профессиональное образование направлено на удовлетворение образовательных и профессиональных потребностей, профессиональное развитие человека, обеспечение соответствия его квалификации меняющимся условиям профессиональной деятельности и социальной среды, на совершенствование и (или) получение новой компетенции, необходимой для профессиональной деятельности, и (или) повышение профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

Дополнительная профессиональная программа повышения квалификации врачей «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями» по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь» и предоставляет возможность приобрести и закрепить теоретические и практические навыки оказания специализированной врачебной помощи при применении технологии ЭКМО с условием соблюдения требований стандартов оказания медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях, а также квалифицированного применения научных

достижений в области использования современного медицинского оборудования и методов жизнеобеспечения.

В программе отработан алгоритм работы обучающегося с целью совершенствования теоретических знаний и практических навыков в соответствии с существующими стандартами (приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 08 октября 2015 года № 707н «Об утверждении квалификационных требований к медицинским и фармацевтическим работникам с высшим образованием по направлению подготовки «Здравоохранение и медицинские науки», (Паспорт национального проекта «Здравоохранение», утвержденный президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24 декабря 2018 года № 16).

Цель – приобретение и совершенствование профессиональных знаний и практических навыков, необходимых врачам-специалистам (анестезиолог-реаниматолог, скорой медицинской помощи) для оказания специализированной медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентам с особо опасными инфекциями, в условиях стационара и медицинской эвакуации.

#### Задачи УМК:

1. Актуализировать теоретические знания обучающихся по организации и оказанию специализированной медицинской помощи с применением технологии ЭКМО пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентам с особо опасными инфекциями.

2. Отработать практические навыки применения технологии ЭКМО в условиях многопрофильного стационара и медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентов с особо опасными инфекциями.

3. Ознакомить обучающихся с терминологией и документацией, регламентирующей оказание специализированной медицинской помощи с применением технологии ЭКМО.

4. Ознакомить обучающихся организации, особенностям, правилам межведомственного взаимодействия со специалистами учреждений здравоохранения при оказании специализированной помощи с применением технологии ЭКМО, в том числе у пациентов с особо опасными инфекциями.

Категория обучающихся: медицинские работники с высшим образованием – специалист по одной из специальностей: «Лечебное дело», «Педиатрия» и подготовка в интернатуре и/или ординатуре по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая



медицинская помощь», при наличии подготовки в интернатуре и/или ординатуре по одной из основных специальностей или специальности, требующей дополнительной подготовки.

Возможные наименования должностей, профессий: заведующий (начальник) структурного подразделения (отдела, отделения, лаборатории, кабинета, отряда) медицинской организации – врач по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь».

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

Трудоемкость УМК – 36 акад. час (36 ЗЕТ).

Режим занятий – 6 акад. час. в день.

Программа является учебно-методическим нормативным документом, регламентирующим содержание и организационно-методические формы дополнительного профессионального образования.

План учебного процесса составлен в соответствии с четким распределением часов на дистанционные образовательные технологии; лекции; самостоятельную работу; итоговую аттестацию.

Итоговая оценка выставляется по итогам сдачи итоговой аттестации (итогового тестового контроля знаний).

## **1.2 Планируемые результаты обучения**

Планируемыми результатами обучения является освоение обучающимися при изучении УМК:

1. Актуализация теоретических знаний обучающихся по организации и выполнению специализированной помощи с применением технологии ЭКМО пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентам с особо опасными инфекциями.

2. Отработка практических навыков применения технологии ЭКМО в условиях многопрофильного стационара и медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентов с особо опасными инфекциями.

3. Ознакомление обучающихся с терминологией и документацией, регламентирующей оказание специализированной медицинской помощи с применением технологии ЭКМО.

4. Ознакомление обучающихся организации, особенностям, правилам межведомственного взаимодействия со специалистами учреждений здравоохранения при

оказании специализированной помощи с применением технологии ЭКМО, в том числе у пациентов с особо опасными инфекциями.

Обучающийся, успешно освоивший УМК «Развитие системы оказания экстренной медицинской помощи и медицинской эвакуации пострадавших при чрезвычайных ситуациях с учетом создания медицинских округов, в том числе пациентов с особо опасными инфекциями» по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь», актуализирует следующие профессиональные компетенции:

Необходимые знания	Необходимые умения	Трудовая функция (профессиональная компетенция) в соответствии с профессиональным стандартом
<p>1) Основы взаимодействия с экстренными оперативными службами, силами гражданской обороны, функциональной подсистемой единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.</p> <p>2) Основы технологии, историю ее развития, роли и месте технологии ЭКМО в клинической практике многопрофильного стационара и скорой помощи.</p> <p>3) Показания и противопоказания для применения технологии ЭКМО, в том числе у пострадавших в чрезвычайной ситуации и пациентов с особо опасными инфекциями.</p> <p>4) Инновации в технологиях, сопряженных с искусственным протезированием газообменной функции легких и насосной функции сердца.</p> <p>5) Организация применения технологии ЭКМО на практике в условиях многопрофильного стационара и медицинской эвакуации.</p> <p>6) Состав специализированных бригад, предъявляемые к ним требования, их оснащение и подготовка для применения технологии ЭКМО.</p> <p>7) Организация, особенности, правила межведомственного взаимодействия со специалистами учреждений здравоохранения.</p> <p>8) Организация рабочего места специализированной медицинской бригады при медицинской эвакуации, в том числе санитарно-авиационной, с применением технологии ЭКМО.</p> <p>9) Нормативно-правовое и организационно-методическое регулирование оказания</p>	<p>1) Подготавливать к работе необходимое медицинское оборудование.</p> <p>2) Осуществлять заполнение контура аппарата ЭКМО.</p> <p>3) Выполнять оценку рисков подключения пациента к аппарату ЭКМО и возможности последующего применения технологии.</p> <p>4) Работать с ультразвуковым оборудованием и выполнять протокол быстрого ультразвукового обследования пациента на предмет исключения жизнеугрожающих состояний, а так же оценки эффективности технологии ЭКМО у пациента.</p> <p>5) Использовать специальное оборудование для медицинской эвакуации в условиях ЭКМО, в том числе у пациентов с особо опасными инфекциями.</p> <p>6) Проводить экстракорпоральную сердечно-легочную реанимацию интенсивную терапию, в т.ч. при проведении медицинской</p>	<p>В/02.8 (врач-анестезиолог-реаниматолог) Назначение лечения при заболеваниях и (или) состояниях, требующих оказания специализированной медицинской помощи, и А/02.8 скорой специализированной медицинской помощи по профилю «анестезиология-реаниматология», контроль его эффективности и безопасности. А/02.8 (врач скорой медицинской помощи) Назначение лечения пациентам с заболеваниями и (или) состояниями, требующими оказания скорой медицинской помощи вне медицинской организации, контроль его эффективности и безопасности.</p>

Необходимые знания	Необходимые умения	Трудовая функция (профессиональная компетенция) в соответствии с профессиональным стандартом
специализированной медицинской помощи с применением технологии ЭКМО в чрезвычайных ситуациях.	эвакуации. 7) Организовать межведомственное взаимодействие со специалистами учреждений здравоохранения при проведении медицинской эвакуации с применением технологии ЭКМО, в том числе у пациентов с особо опасными инфекциями. 8) Вести отчетную документацию, сопряженную с применением технологии ЭКМО у пострадавших в чрезвычайных ситуациях и пациентов с особо опасными инфекциями.	

### 1.3 Учебный план

Цель – приобретение и совершенствование профессиональных знаний и практических навыков, необходимых для осуществления специализированной врачебной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, в том числе пациентам с особо опасными инфекциями.

Категория обучающихся: медицинские работники с высшим образованием – специалитет по одной из специальностей: «Лечебное дело», «Педиатрия» и подготовка в интернатуре и/или ординатуре по специальности «Анестезиология-реаниматология», «Скорая медицинская помощь», при наличии подготовки в интернатуре и/или ординатуре по одной из основных специальностей или специальности, требующей дополнительной подготовки.

Трудоемкость: 36 акад. час. (36 ЗЕТ).

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

Режим занятий: 6 акад. час. в день.

№ п /п	Наименование темы	Всего часов	В том числе			Форма контроля
			лекции	Практика	Дистанционно	
<b>1.</b>	<b>Раздел 1</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	
1.1.	Тема 1	4	0	0	4	Тест // Устный опрос
1.2.	Тема 2	4	0	0	4	Тест // Устный опрос
1.3.	Модуль 1	2	0	2	0	Устный опрос
<b>2.</b>	<b>Раздел 2</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	
2.1.	Тема 3	4	0	0	4	Тест // Устный опрос
2.2.	Модуль 2	2	0	2	0	Устный опрос
<b>3.</b>	<b>Раздел 3</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	
3.1.	Тема 4	2	2	0	0	Тест // Устный опрос
3.2.	Модуль 3	4	0	4	0	Устный опрос
<b>4.</b>	<b>Раздел 4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	
4.1.	Тема 5	2	2	0	0	Тест // Устный опрос
4.2.	Тема 6	2	2	0	0	Тест // Устный опрос
4.3.	Модуль 4	6	0	6	0	Устный опрос
<b>5.</b>	<b>Раздел 5</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>Устный опрос</b>
<b>6.</b>	<b>Раздел 6</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>Экзамен</b>
	<b>ИТОГО:</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	

#### 1.4 Календарный учебный график

Неделя обучения	1	2	3	4	5	6	7	Итого часов
1 неделя	ДО	ДО	СО+Л	СО+Л	СО+Л	СО+Л+Э	В	36
ИТОГО часов	6	6	6	6	6	6	-	36

Условные сокращения: В - выходной, Л - лекция, СО - симуляционное обучение, ДО - дистанционное обучение, Э – экзамен

## 1.5 Рабочая программа учебно-методического комплекса

Раздел 1. Теоретические основы физиологии триады доставки кислорода и удаления углекислого газа.

Тема 1. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы. Кровь как газотранспортная система.

Теоретические основы, определения, доминантные цели системы кровообращения. Кислородный баланс, доставка-потребление. Закон Фика. История развития представлений о сердечно-сосудистой системе. Определения. Оценка доминантных функциональных задач сердечно-сосудистой системы. Взаимосвязь физиологии и анатомии сердечно-сосудистой системы с процессами доставки кислорода в организме. Модель Старлинга фильтрации и резорбции, гидробаланс. Газотранспортная функция крови, диссоциация оксигемоглобина.

Тема 2. Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Респираторный дистресс синдром (РДС).

Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Современный мониторинг и его практическая значимость в оценке физиологии дыхательной системы: спирометрия, транспульмональная термоделиция, динамическая импедансометрия.

Современные представления о респираторной терапии. Режимы искусственной вентиляции легких. Современная концепции «вентиляции открытых легких» и «протективной вентиляции». Влияние режимов вентиляции на сердечно-сосудистую систему. Высокопоточная инсуффляция газо-воздушной смеси. Респираторный дистресс синдром (РДС). Физиология и Патогенез РДС. Клинические представления об РДС. Оценка тяжести РДС. Понятия: рекрутмент, рекрутабельность, комплайнс, индекс внесосудистой жидкости в лёгких, индекс капиллярной проницаемости, и их взаимосвязь в пато- и сано- генезе.

Модуль 1. «РЕСПИРАТОРНЫЙ» (2 часа)

Респираторный дистресс синдром (РДС). Отработка практических навыков на механической модели и легких животного. Отработка практических навыков на механической модели, отдельная ИВЛ при сочетании обструктивной и рестриктивной патологии. Проведение рекрутмента и оценка его эффективности.

Отработка практических навыков высокопоточной инсуффляции легких на биологической модели.

Раздел 2. Искусственное кровообращение.

Тема 3. Основы искусственного кровообращения (ИК).

Основы искусственного кровообращения. История вопроса. Развитие физиологии искусственного кровообращения и механических устройств ее обеспечивающих.

#### Модуль 2. «ИСКУССТВЕННОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ» (2 часа)

Ознакомление с аппаратом искусственного кровообращения. Принцип модульности в аппарате ИК. Центрифужные и роликовые типы насосов аппарата ИК. Сборка контура аппарата ИК. Оценка правильности собранного контура по чек-листу. Отработка практических навыков по сборке контура искусственного кровообращения и перфузии на манекене. Мини-инвазивный контур аппарата ИК «МЕСС».

#### Раздел 3. Ультразвуковое исследование.

##### Тема 4. Ультразвуковое исследование (УЗИ) при проведении ЭКМО.

Физика ультразвука, навигация сосудистого доступа, канюли. Виды и схемы канюляции. Практические советы по постановке канюль и их удалению. ЭХО-кардиография, оценка волемической преднагрузки, контрактильности, позиционирование канюль, признаки формирующегося тромбоза камер сердца. Протокол быстрой оценки urgentных состояний с помощью УЗИ (RUSH, FAST).

#### Модуль 3. «УЗИ» (4 часа)

Физика ультразвука, навигация сосудистого доступа, канюли. Виды и схемы канюляции. Практические советы по их постановке и удалению. ЭХО-кардиография, оценка волемической преднагрузки с помощью УЗИ. Отработка практических навыков RUSH и FAST протоколов на биологической модели. Отработка практических навыков ультразвуковой навигации на манекенах.

#### Раздел 4. Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО).

##### Тема 5. ЭКМО определение, история, методика.

Определение технологии ЭКМО, история развития метода. Классификации схем применения технологии ЭКМО. Показания и противопоказания международных рекомендаций на основе международного регистра ELSO. Виды канюль для ИК и ЭКМО. Пункционная и хирургическая техника канюляции. Особенности канюляции у детей и взрослых.

##### Тема 6. ЭКМО технология в условиях скорой помощи.

ЭКМО технология в условиях скорой помощи. Отработка практических навыков эвакуации пациента на ЭКМО. Особенности авиамедицинской эвакуации пациентов в условиях ЭКМО, в том числе с применением вертолетных и самолетных транспортных медицинских модулей. Инсталляция контура ЭКМО, работа с аппаратом ЭКМО в транспортном исполнении. Возможности портативных лабораторных комплексов для оценки: газов крови, электролитов,

КОС, биохимических маркеров и коагулограммы. Экстракорпоральная гемосорбция в условиях транспортного ЭКМО.

Модуль 4. «ТРАНСПОРТНАЯ ЭКМО» (6 часов)

Ознакомление с аппаратами ЭКМО (Rotoflow, CardioHelp, DeltaStream, ExStream). Инсталляция контура ЭКМО, работа с аппаратом ЭКМО. Ситуационные задачи с отработкой практических навыков на манекенах (рециркуляция, воздушная эмболия, тромбоз оксигенатора, ЭСЛР, синдром «Арлекина»).

ЭКМО технология в условиях скорой помощи. Ознакомление со специализированной машиной СМП. Транспортные контейнеры. Отработка практических навыков эвакуации пациента на ЭКМО. Ознакомление с модулями медицинскими вертолетным и самолетным. Ознакомление и работа с модулем для медицинской эвакуации пациента с особо опасной инфекцией.

Раздел 5. Решение клинических задач.

Раздел 6. Экзамен.

### 1.6 Организационно-педагогические условия реализации учебно-методического комплекса

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория	Теоретическое	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютер</li> <li>2. Мультимедийный проектор</li> <li>3. Экран</li> <li>4. Доска интерактивная</li> <li>5. Столы</li> <li>6. Стулья</li> <li>7. Методические материалы</li> <li>8. Нормативные документы</li> <li>9. Видеоматериалы</li> </ol>
Симуляционный центр «Технология ЭКМО» помещения № 201 и №101 Блока скорой медицинской помощи	Практическое	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютер</li> <li>2. Мультимедийный проектор</li> <li>3. Экран настенный Lumien 200x200см</li> <li>4. Аудиоколонки</li> <li>5. Видеокамеры</li> <li>6. Мультимедийное программное обеспечение</li> <li>7. Учебный комплекс «Анатомический атлас 3D»</li> <li>8. Столы</li> <li>9. Каталог медицинская транспортная</li> <li>10. Манекен для отработки практических навыков и</li> </ol>

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
		командных действий врачей при проведения ЭСЛР, канюляции, перфузии посредством подключения аппарата ЭКМО 11. Манекен для отработки канюляции сосудов шеи и бедра 12. Манекен (фантом) для отработки навыков УЗИ навигации 13. Манекен (фантом) легких для отработки навыков проведения ИВЛ и рекрутмента 14. Инструментарий для канюляции сосудов 15. Дефибриллятор-Монитор 16. Аппарат ИВЛ транспортный 17. Аппарат высокопоточной инсуффляции кислорода 18. Аппараты ЭКМО (Rotoflow, CardioHelp, DeltaStream, ExStream) 19. Аппарат УЗИ 20. Модуль медицинский авиационный самолетный (вертолетный) 21. Автомобиль СМП специализированный для транспортной ЭКМО

Обучение проходит с использованием дистанционных образовательных технологий и электронного образования в информационно-образовательной среде на сайте <http://isu.nrcerm.ru/>.

После зачисления слушателю предоставляется сетевой доступ к электронным учебным ресурсам. Система идентификации слушателей включает в себя использование персональных логина, пароля, ключа простой электронной подписи, а также включает оборудование и документы, позволяющие идентифицировать слушателей при работе в электронной информационно-образовательной системе организации.

Каждый слушатель в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечной системе (электронной библиотеке) и к электронной информационно-образовательной среде, ресурсы которых он может получать из любой точки мира, при наличии доступа к сети «Интернет». 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 (разделы), которые в свою



очередь разбиты на занятия. По окончании изучения модуля (раздела) проводится дистанционное тестирование в электронной информационно-образовательной среде с использованием программного обеспечения.

### 1.7 Тематический план учебно-методического комплекса

№ п/п	Наименование тем, модулей	Всего (ак. час)	В том числе			
			лекции	СО	ЭО	формы контроля
1	Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы. Кровь как газотранспортная система.	4	0	0	4	Тест // УО
2	Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Респираторный дистресс синдром (РДС).	4	0	0	4	Тест // УО
3	«Респираторный»	2	0	2	0	УО
4	Основы искусственного кровообращения (ИК).	4	0	0	4	Тест // УО
5	«Искусственное кровообращение»	2	0	2	0	УО
6	Ультразвуковое исследование (УЗИ) при проведении ЭКМО.	2	2	0	0	Тест // УО
7	«УЗИ»	4	0	4	0	УО
8	ЭКМО определение, история, методика.	2	2	0	0	Тест // УО
9	ЭКМО технология в условиях скорой помощи.	2	2	0	0	Тест // УО
10	«Транспортная ЭКМО»	6	0	6	0	УО
	Решение клинических задач	2	0	2	0	УО
	Итоговая аттестация	2	0	2	0	Экзамен
	<b>Всего:</b>	<b>36</b>	<b>6</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	

УО - устный опрос, СО - симуляционное обучение, ЭО – электронное обучение

### 1.8 Фонд оценочных средств (для итоговой аттестации)

Пример тестовых заданий

1. Для патогенеза РДС характерно

А) Нарушение проницаемости альвеоло-капелярной мембраны

Б) Нарушение синтеза сурфактанта

В) Фомирование легочной гипертензии

Г) Все ответы правильные \*

2. РДС относится к следующему виду гипоксии

А) Гипоксическая \*

Б) Гемическая

В) Циркуляторная

Г) Клеточная

Пример ситуационных задач:

1. Пациент 65 лет с ХОБЛ с прогрессирующим течением заболевания в течении последних 6 мес., отмечается нарастание критической гиперкапнии ( $P_aCO_2$  110 мм.рт.ст.) на фоне проводимой ИВЛ. Резко отрицательная динамика последние 4 часа: гипотензия требующая адренергической поддержки (Адреналин 0.1 мкг/кг\*мин, выраженный ацидоз (рН 7.1, ВЕ -12), анурия. Выбор дальнейшей тактики? Критерии целесообразности проведения ЭКМО? Какая из схем ЭКМО была бы предпочтительна в данной клинической ситуации?

2. Пациент 6 мес. с диагнозом посткардиотомический синдром, ОСН находится на V-А ЭКМО с производительностью 900мл/мин. Внезапно производительность аппарата снижается до 350мл/мин, вы обращаете на снижение артериального давления, снижение сатурации. Возможные причины? Ваши действия?

3. В приемный покой доставлен пациент 76 лет с продолжающейся СЛР по причине внезапной смерти (аритмогенного генеза?) на догоспитальном этапе. Продолжительность реанимационных мероприятий 22 мин. Врачи скорой помощи сообщают Вам о рефрактерности проводимой СЛР. Ваши дальнейшие действия? Какая бы схема была бы оптимальна при подключении ЭКМО?

## **1.9 Учебно-методическое и информационное обеспечение**

### **1.9.1 Рекомендуемая литература**

1. Федеральные Законы:

«О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21 декабря 1994 г.;

«Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» № 151-ФЗ от 22 августа 1995 г.;

2. Постановления Правительства Российской Федерации:

«О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» № 794 от 30 декабря 2003 г.;

«О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» № 1007 от 8 ноября 2013 г.;

«О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 304 от 21 мая 2007 г.;

«О некоторых вопросах аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя» № 1091 от 22 декабря 2011 г.;

«Положение о поисково-спасательной службе МЧС России» Приказ Министра МЧС России № 32 от 28 января 2002 г.

Приказ МЧС России от 26.05.2020 № 341 «О составе сил и средств Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, привлекаемых для ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций». – М. : Б.и., 2020.

Приказ ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России от 22.08.2017 № 161 «О введении Положения о мобильной медицинской бригаде ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России». – СПб. : Б.и., 2017.

3. Научно-методическая основная литература:

1. Готье С.В., Попцов В.Н., Спирина Е.А. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в кардиохирургии и трансплантологии / Федеральный науч. центр трансплантологии им. акад. В. И. Шумакова. – Москва : Триада, 2013. – 271 с.; ISBN 978-5-94789-614-5

2. Чучалин А.Г. Пульмонология национальное руководство / Пульмонология: национальное руководство / под ред. А.Г. Чучалина, — Москва. ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 960 с.; ISBN: 978-5-9704-1076-9

3. Горячев А.С., Савин И.А. Основы ИВЛ / издание 3-е: – Москва, ООО «МД», 2013. – 261 с.; ISBN 978-5-905887-02-4

4. Лебединский К.М. Кровообращение и анестезия / 2-е издание: – С-Петербург, Издательство Человек, 2015. – 1076 с.; ISBN: 978-5-93339-301-6

5. Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Рыбников В.Ю., Чернов К.А. Медицина катастроф: метаанализ научных статей и диссертаций по специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (2005-2017 гг.) : монография / ВЦЭРМ. СПб. : Политехника-принт, 2019. 293 с.

6. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В. и др. Аэромобильный госпиталь МЧС России: задачи, основные подразделения, оснащение, варианты развертывания при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безоп. в чрезв. ситуациях. 2021. № 3. С. 05–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-05-17.

7. Баранова Н. Н., Гончаров С. Ф. Современное состояние проблемы организации и проведения медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Медицина катастроф. – 2020. – № 4(112). – С. 57-65. – DOI 10.33266/2070-1004-2020-4-57-65.

8. Переведенцев А.В. Международный опыт организации оказания экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе / А.В. Переведенцев, В.Ю. Рыбников, М.В. Санников; ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России. – СПб. 2012. – 68 с.

9. УЗИ в отделении интенсивной терапии / К. Киллу, С. Далчевски, В. Коба ; пер. с англ.; под ред. Р. Е. Лахина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 280 с.

10. Brogan T. V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0

11. Haft J.W., Firmin R. Adult cardiac support. In: Annich G.M., Lynch W.R., MacLaren G., Wilson J.M., Bartlett R.H., editors. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th ed. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 323-330.

12. Guideline Extracorporeal Life Support Organization (ELSO): [сайт]. – USA. 2022 – URL: <https://www.elseo.org/Resources/Guidelines.aspx> (Дата обращения: 08.10.2023)

13. Kaplan J.A., Rich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. Kaplan's Cardiac Anesthesia, 5th Edition / Published by Saunders, Philadelphia, PA, USA., 2006. – 1276 p.; ISBN 1-4160-0253-7

14. Lilly L.S. Pathophysiology of heart disease / Pathophysiology of Heart Disease: A Collaborative Project of Medical Students and Faculty 5th Edition. – USA : Lippincott Williams & Wilkins, 2010. – 461 p.; ISBN 978-1605477237

15. Marino P.L. The ICU Book , 4th Edition / Fourth, North American Edition. USA. LWW, 2013. – 1059 p.; ISBN 978-1451121186

16. Vuylsteke A., Brodie D., Combes A., Fowles J.A., Peek G. ECMO in the Adult Patient / London: Cambridge University Press is part of the University of Cambridge, 2017. – 228 p.; ISBN 978-1-107-68124-8

### 1.9.2 Дополнительная литература:

1. Акимов В.А., Воробьев М.И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. М.: Феникс, 2008. 592 с.
2. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях. Дисс. док. мед. наук, 05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях. – СПб.: ВЦЭРМ, 2022 - 617 с.
3. Белевитин А.Б. и др. Авиационная медицинская эвакуация на современном этапе // Военно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 331, № 1. – С. 41-48.
4. Борисенко Л.В., Гармаш О.А., Попов А.В. Медицинская эвакуация с применением авиационного транспорта и ее роль в службе медицины катастроф // Медицина катастроф. – 2011. – № 1(73). – С.10-14.
5. Гармаш О.А. и др. Организация оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации [Текст] : методические рекомендации / О.А. Гармаш и др. – Москва : ФГБУ "Всероссийский центр медицины катастроф "Защита", 2015. – 173 с.; ISBN 978-5-93064-159-2
6. Гончаров С.Ф. Проблемы организации и оказания медицинской помощи пострадавшим в догоспитальном периоде // Врач скорой помощи. –2008. – № 1. – С. 26-30.
7. Гуменюк С.А. Концепция и организационно-методическое обеспечение санитарно-авиационной (вертолетной) эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелообольных в условиях мегаполиса. Дисс. док. мед. наук, 3.2.6 – безопасность в чрезвычайных ситуациях. – СПб.: ВЦЭРМ, 2022. – 312 с.
8. Якиревич И.А., Алексанин С.С. Методические рекомендации по проведению массовых медицинских эвакуаций пострадавших из зон чрезвычайных ситуаций с применением модулей медицинских самолетных и модулей медицинских вертолетных / Государственный центральный аэромобильный спасательный отряд («Центроспас») МЧС России, ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России [и др.]. – Жуковский; СПб.: Политехника сервис., 2012. – 28 с.

## 2. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК

Календарный учебный график разработан с учетом выбранной формы обучения (очно-заочной с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий) и является составной частью дополнительной профессиональной программы повышения квалификации «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелообольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями».

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).

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

Неделя обучения	1	2	3	4	5	6	7	Итого часов
1 неделя	ДО	Л+СО	Л+СО+Э	В	В	В	В	18
ИТОГО часов	6	6	6	-	-	-	-	18

Условные сокращения:

- В – выходной;
- Л – лекция;
- СО – симуляционное обучение;
- ДО – дистанционное обучение;
- Э – экзамен.

\* Для всех видов занятий устанавливается академический час продолжительностью 45 минут.

### **3. КУРС ЛЕКЦИЙ**

Контингент обучаемых – обучающиеся по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями».

#### **Раздел 1. Теоретические основы физиологии триады доставки кислорода и удаления углекислого газа**

##### **Лекция 1. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы. Кровь как газотранспортная система**

Основная литература:

1. Лебединский К.М. Кровообращение и анестезия / 2-е издание: – С-Петербург, Издательство Человек, 2015. – 1076 с.; ISBN: 978-5-93339-301-6
2. Kaplan J.A., Rich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. Kaplan's Cardiac Anesthesia, 5th Edition / Published by Saunders, Philadelphia, PA, USA., 2006. – 1276 p.; ISBN 1-4160-0253-7
3. Lilly L.S. Pathophysiology of heart disease / Pathophysiology of Heart Disease: A Collaborative Project of Medical Students and Faculty 5th Edition. – USA : Lippincott Williams & Wilkins, 2010. – 461 p.; ISBN 978-1605477237
4. Marino P.L. The ICU Book , 4th Edition / Fourth, North American Edition. USA. LWW, 2013. – 1059 p.; ISBN 978-1451121186

Учебные вопросы:

1. История развития представлений о сердечно-сосудистой системе.
2. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы, терминология.
3. Доминантные цели системы кровообращения.
4. Кислородный баланс, доставка-потребление. Закон Фика.
5. Кровь и ее роль в обеспечении газообмена.
6. Физиология распределения жидкости в организме. Фильтрация и резорция.

## Введение

Представления врача, занимающегося технологией ЭКМО, о сердечно-сосудистой системе подразумевают глубокое погружение в особенности анатомии и физиологии, которые бы могли объяснить законы обеспечения тканей организма человека кислородом и удаления углекислого газа при обеспечении процесса окислительного фосфорилирования субстрата, что позволяет клеткам нашего организма получать энергию для жизнедеятельности. Именно с этих позиций в теме лекции будет освещена сердечно-сосудистая система.

Наверно немного найдется таких областей, где «лишние сущности» заведомо усложненные и откровенно спекулятивные – повседневно прилагаются к трактовке явлений и вопросов, имеющих простое механическое объяснение: течение крови в сосудах, ее вязко-текучих свойств, проницаемости сосудистой стенки, детерминант сердечного выброса и потребления кислорода миокардом.

«Не умножайте сущности без необходимости...»

William Ockham (1285-1349)

### 1. История развития представлений о сердечно-сосудистой системе

Ибн Аль-Нафис 1260 г. непрерывность малого круга с сердцем. То, что в нашем современном понимании является легочным кровообращением. Ученый родился на территории современной Сирии в г. Дамаск, а практиковал в одном из центров медицины древнего мира г. Каир на территории современного Египта. Стоит отметить, что открытие ученого находилось в полной противоположности к трудам признанных авторитетов того времени Галена и Ибн Сины, имена которых хорошо известны и современным врачам. Ибн-ан Нафис пришёл к результатам не эмпирическим путём, а теоретическими размышлениями. Это стало причиной тому, почему его теория осталась незамеченной средневековыми арабскими медиками. Также он обнаружил, что сердце снабжают кровью коронарные сосуды, в современном представлении врачей система коронарного (венечного) кровообращения.

Вильям Гарвей в 1628 г. во Франкфурте доказал, что единственной движущей силой в замкнутом круге кровообращения является сердце, так была опровергнута ранняя гипотеза Галена, что движущих сил две «сердце по артериям и печень по венам».

Недостающим звеном оставалось то, что соединяет артерии и вены, спустя несколько десятилетий с развитием оптики это самое звено открыл итальянец Марчело Мальпигии в 1661 г., таким образом теория замкнутости сердечно-сосудистой системы практически



дошла до наших дней в неизменном виде. Однако, еще много интересного мы продолжаем открывать для себя и сейчас, например ретроградная перфузия органов и тканей с возможностью их жизнеобеспечения (ретроградная кардио- или цереброплегия), технологии, которые применяются в сердечно-сосудистой хирургии в настоящее время и могут быть востребованы даже в концепции экстренной помощи при жизнеугрожающих состояниях.

## 2. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы, терминология

Окислительное фосфорилирование и свободное окисление, процесс, который протекает в нашем организме в митохондриях, требующих присутствия кислорода для окисления субстрата в результате чего получается энергия в виде АТФ, эндогенная вода и тепло, что является обязательным условием процесса жизни. Эти процессы имеют обратную связь на всю систему гемодинамики.

Прежде чем перейдем к параметрам системной гемодинамики и посмотрим, как можно на нее влиять, хочу обратить ваше внимание на Нв, а точнее кровь (см.далее).

Обязательно разберем значение таких терминов как:

«Преднагрузка» (волемический статус) и попробуем научиться не только проводить инфузионную терапию, но и оценивать ее последствия, «Сократимость» и узнаем, что Франк-Старлинг это два разных человека, «Постнагрузка» и ее изменение в малом и большом кругах кровообращения имеют порой разнонаправленный клинический эффект, и для чего была придумана Виагра (препарат для уменьшения давления в легочной круге кровообращения, с реализацией эффекта через PG E рецепторы).

Обязательно вспомним механизмы регуляции системной гемодинамики и узнаем почему кислород может быть вреден в больших концентрациях, которые может создавать контур ЭКМО за счет оксигенатора.

И наконец обсудим возможности кровообращения в обратную сторону вопреки почти уже 500 летней аксиоме Гарвея, о том, что «кровь течет от сердца в артерии и далее через вены обратно к сердцу...».

На рисунке 1 можно видеть схему Dhonneur (фамилия физиолога), которая была опубликована в 2012 г., она наглядно показывает всю базовую физиологию сердечно-сосудистой системы и главное ее взаимосвязи с дыхательной системой и газотранспортной, показывающей роль гемоглобина в физиологической триаде, обеспечивающей доставку кислорода к тканям и удаление углекислого газа.

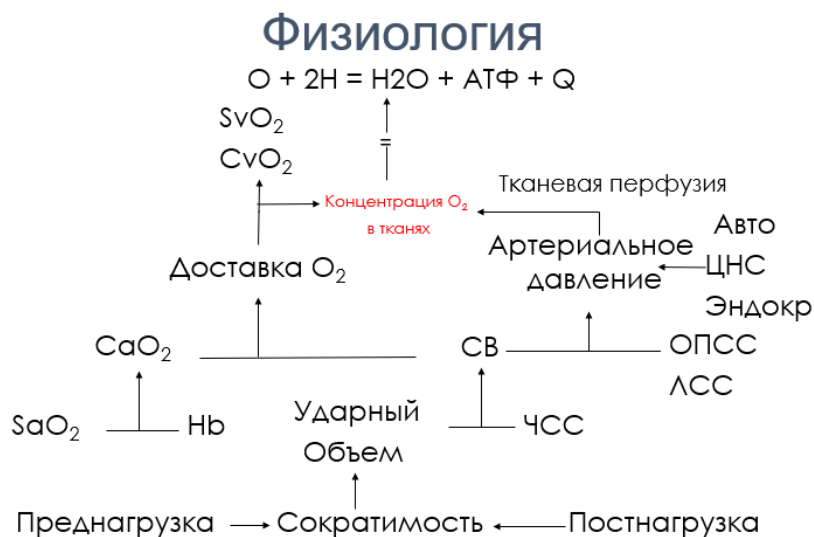


Рис. 1. Dhonneur, 2012 г. с дополнениями Шелухин Д.А., 2023 г.

### 3. Доминантные цели системы кровообращения

Основной (доминантной) функцией ССС является обеспечение равновесия между потреблением и доставкой кислорода за счет тканевой перфузии (Рис. 2).

### Физиология

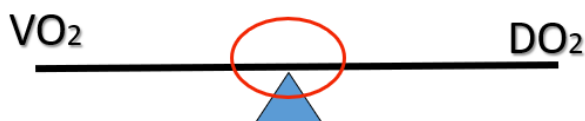


Рис. 2. Кислородный баланс, Шелухин Д.А., 2023 г.

Ауторегуляция системных параметров гемодинамики за счет влияния ЦНС, эндокринных органов или прямого гуморального действия, например молекул оксида азота или уровня свободных радикалов водорода, определяющих кислотность, температуры или уровня отрицательного заряда на поверхности эритроцитов и эндотелия, – все это будет

определяются сверхдоминантной задачей нашего организма, заложенной эволюционно, доставка кислорода в клетки для получения энергии и обеспечения их жизнедеятельности под решение специализированных задач (передача нервного импульса нейронами, сокращение миоцитов и др.) (Рис. 1).

#### 4. Кислородный баланс, доставка-потребление. Закон Фика

Принцип или закон Фика. Прежде чем начать говорить о гемодинамике будет уместным вспомнить закон равновесия Фика, который гласит о том, что через альвеолярно-капиллярную мембрану в кровь поступает ровно столько кислорода, сколько ткани утилизируют в данный момент на периферии. Этот постулат помогает нам понять, что такое кислородная емкость крови и как она сопряжена с системной гемодинамикой. Принцип Фика используется для неинвазивной оценки гемодинамики, например в приборе NICO.

На рисунке 2 представлена физиология доставки ( $DO_2$ ) и потребления ( $VO_2$ ) кислорода, принципа Фика.

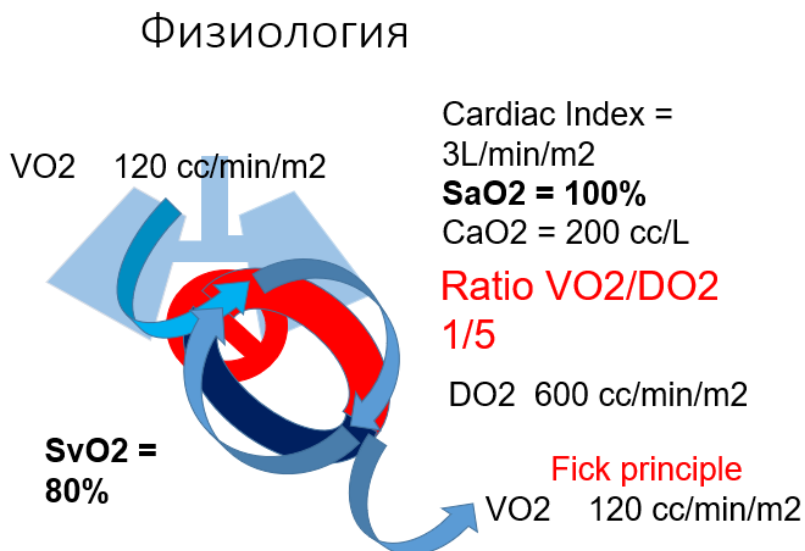


Рис. 3. Принцип (закон) Фика, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Для врача, оценивающего степень гипоксии, сопряженной с дыхательной, циркуляторной или гемической гипоксией гораздо большее значение имеет уровень венозной сатурации ( $SvO_2$ ) нежели артериальной ( $SaO_2$ ). Именно  $SvO_2$ , как интегральный показатель кислородного статуса, помогает быстро определить степень уменьшения

кислородной емкости крови или увеличения кислородной задолженности, например при сниженной доставке  $DO_2$  или увеличенном потреблении  $VO_2$  кислорода.

Не забывайте всегда оценивать физиологическую триаду, обеспечивающую доставку кислорода: Дыхательная, Сердечно-сосудистая системы, а также уровень гемоглобина и функциональное состояние эритроцитов (Рис. 4), – в этом ключ Вашего эффективного лечения пациентов, в том числе которым применяется технология ЭКМО.

## Физиология

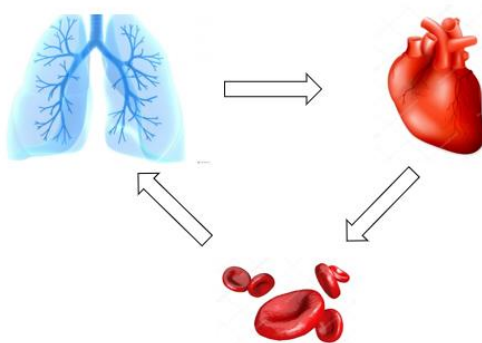


Рис. 3. Физиологическая триада доставки кислорода, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

### 5. Кровь и ее роль в обеспечении газообмена

Эритроциты, являясь взвешенными частицами (клетками) крови, имеют между собой электро-магнитные связи, которые влияют на вязкость крови, которая в свою очередь может меняться в зависимости от скорости тока жидкости. Это понимание крайне важно в концепции взаимосвязи объемной скорости перфузии и необходимого уровня антикоагуляции при осуществлении ЭКМО.

«Скорость сдвига» по сечению сосуда определяет скорость движения отдельно взятого форменного элемента. Центрирование форменного элемента в просвете сосуда сопряжено с его большей скоростью и увеличением вязкости крови в центральном токе «mainstream». В тоже время пристеночный слой плазмы практически не содержит эритроцитов, это имеет важное значение в профилактике тромбообразования до тех пор, пока не нарушена целостность эндотелия.

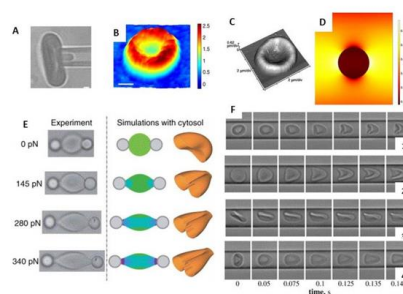
Гематокрит в крупных сосудах составляет 40-50%, в то же время в капиллярах 6-10% это динамическое изменение вязкости крови в зависимости от диаметра сосуда получило название – феномена Фореуса-Линдквиста, и было открыто в 1931 г. Однако, уже в 1967 г.

ученые обратили внимание на то, что с дальнейшим уменьшением диаметра просвета сосуда (капилляра) менее 6-8 мкм феномен носит уже обратный характер и связано это с тем, что эластичности эритроцита уже недостаточно для преодоления капилляров меньшего диаметра и возникает сладж синдром, приводящий к резкому увеличению  $Nt$ . Преодоление несоответствия диаметров просвета капилляров и эритроцитов стало возможным благодаря особой геометрии этих клеток. Эритроцит имеет объем 90 fl ( $10^{-15}L$ ), таким образом при шарообразной форме, площадь его поверхности составляет 97  $\mu m^2$ , а при сферовогнутом диске 135  $\mu m^2$ . То есть, наглядно видно, что форма диска, с одной стороны, имеет большую площадь контакта, что позволяет эффективнее осуществлять транспорт газов, с другой создает еще и возможность поддержания достаточной линейной скорости в момент прохождения эритроцитов в самом узком сегменте капиллярного русла за счет эффекта парусности, обеспечивающегося именно пространственной геометрией клетки (Рис. 4а, 4б).

mean cell volume (MCV) of  $\sim 90$  fl femtoliter (фемтолитр)  $10^{-15}$   
 mean surface area (MSA) of  $\sim 135 \mu m^2$ ,  
 which is significantly greater than the surface area  
 ( $97 \mu m^2$ ) of sphere



A.



Б.

Рис. 4. Пространственная геометрия эритроцитов, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

В одном эритроците содержится порядка 340 тыс. молекул гемоглобина, каждая из которых переносит четыре молекулы кислорода, таким образом один эритроцит может быть переносчиком 1 млн. 360 тыс. молекул кислорода. Нормальная физиология жизненного цикла эритроцита занимает порядка 120 суток, после чего происходит спонтанный гемолиз, это порядка 3 млн. клеток каждую секунду обновляются в нашем организме. Столь значимый масштаб спонтанного гемолиза должен быть обеспечен непрерывным процессом эритропоэза, значение которого необходимо оценивать и корректировать у пациентов, которым применяются экстракорпоральные технологии, включая ЭКМО.

В 1967 г. отечественные физиологи Хаютин и Шик выдвинули гипотезу о том, что конечной целью кровообращения с позиции ауторегуляции является поддержание линейной скорости движения эритроцитов в капиллярах. Шок – это прежде всего нарушение микроциркуляции и тяжесть его определяется необратимостью этих нарушений, за счет

формирования массивного сладж синдрома и формирования инфарктов. Одним из физических факторов, препятствующих формированию сладж синдрома, является поддержание отрицательного заряда (напряжения) на поверхности эритроцитов и эндотелия, что препятствует их адгезии (Рис. 5).

### Сохранение линейной скорости эритроцитов в капилляре!!!

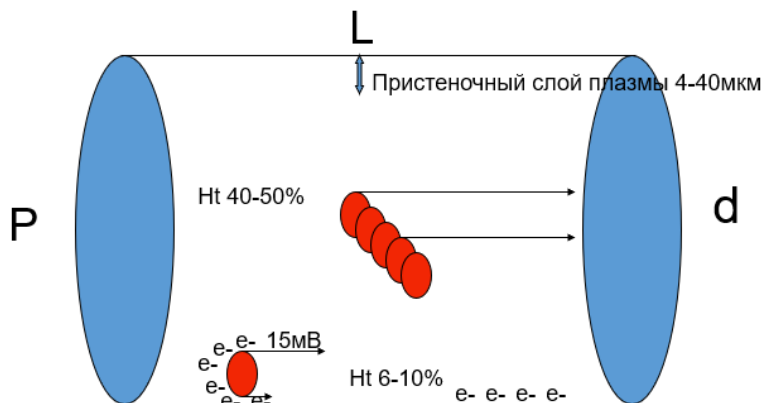


Рис. 5. Физика эритроцита в просвете сосуда, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

За последние 50 лет взгляд ученых и клиницистов о целевом значении гемотакрита трансформировался, и если ранее (Балюзек Ф.В. и Филатов А.Н., 1972 г.) считали, что оптимальным можно считать Ht 26-27%, позже стали говорить о более высоких его значениях. В настоящее время общепринятой догмы скорее нет вовсе, что правильно с позиции оценки баланса между доставкой и потреблением кислорода. Минимально безопасное значение Ht определяется компенсаторными возможностями сердечно-сосудистой и дыхательной системы без риска декомпенсации этих систем. Уровень гемоглобина является одним из значений в формуле расчета доставки и потребления кислорода (Рис. 6).

Еще одним важным процессом физиологии, описывающим способность эритроцитов отдавать молекулы кислорода и принимать на себя углекислый газ, является диссоциация оксигемоглобина (Рис. 7). Гипероксия, гемотрансфузия, стимуляция эритропоэза уменьшает содержание 2,3 ДФГ, что сопряжено с переходом на аэробный гликолиз самих эритроцитов, что способствует сдвигу кривой оксигемоглобина влево и сопряжено с меньшей отдачей кислорода на периферии.

## Нормальный Ht ???

$$C(a \text{ or } v)O_2 = (\text{Hb gm/dL} \times \%Sat \times 1.36 \text{ cc/gm}) + (pO_2 \times 0.003 \text{ ccO}_2/\text{mmHg/dL})$$

$$DO_2 = CB \times CaO_2 = CB \times (1,36 \times \text{г/лHb} \times \%SaO_2) \times 0,01$$

$$VO_2 = CB (CaO_2 - CvO_2) = CB (13 \times \text{г/лHb}) \times (\%SaO_2 - \%SvO_2) \times 0,001$$

$$ERO_2 = VO_2 \times 100\% / DO_2$$

Рис. 6. Формула доставки и потребления кислорода, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

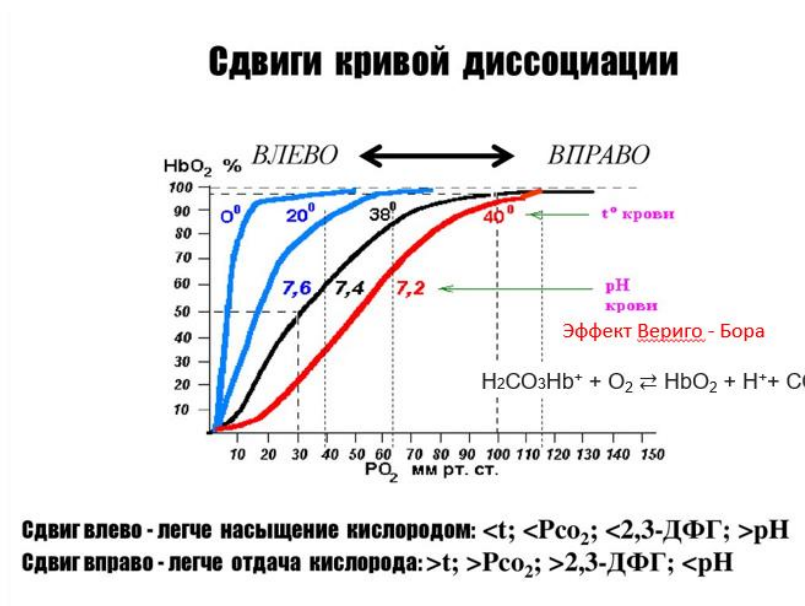


Рис. 7. Кривая диссоциации оксигемоглобина, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Цитофлавин увеличивает концентрацию 2,3 ДФГ и увеличивает отдачу кислорода гемоглобином на периферии тканям, что противодействует системной ишемии тканей. В таком же векторе действуют Триметазидин и Мельдоний, повышают концентрацию 2,3 ДФГ, адаптируя ткани к гипоксии.

### 6. Физиология распределения жидкости в организме. Фильтрация и резорбция

Сосуды капиллярного уровня по сути своей это полупроницаемая мембрана. Экспериментальным путем и математической формулой это доказал Эрнст Генри Старлинг в 1896 г. Объем жидкости, проникающей через сосудистую стенку, это произведение коэффициента фильтрации на разницу между градиентами гидростатического и онкотического давлений внутри и за пределами сосуда. Упростив эту формулу, приходим к

тезису, что давление фильтрации через сосудистую стенку определяется разницей давлений гидростатического и онкотического внутри и снаружи сосуда (Рис. 8), понимание этого механизма делает врача обеспечивающего технологию ЭКМО на порядок более успешным в достижении положительного результата.

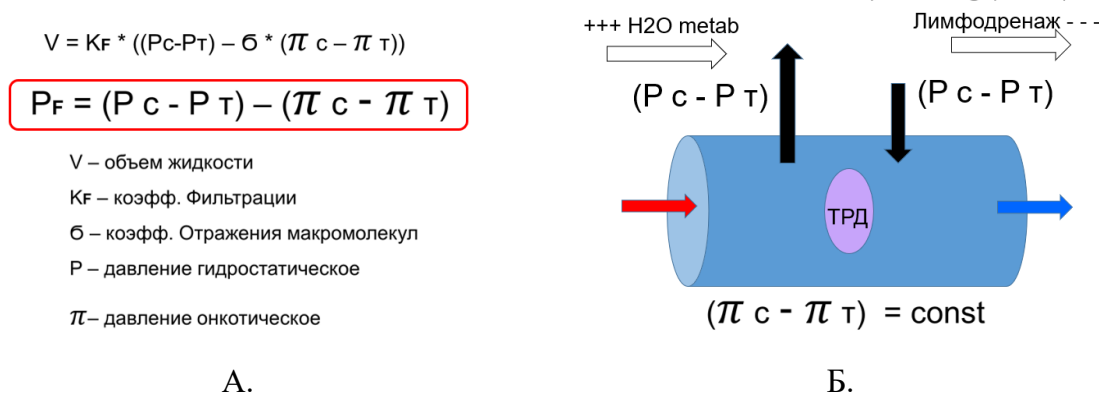


Рис. 8. Модель Модель Ernst Henry Starling (1896), иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

В физиологической модели Эрнста Старлинга распределения жидкости в сосудистом русле и тканях организма градиент Фильтрации обусловлен разницей гидростатического давления внутри капилляра и вне, т.е. (тканевым). В проксимальной его части градиент положительный, в дистальной градиент отрицательный. Уровень общего белка, прежде всего Альбумина, определяет константу онкотического давления на всем протяжении капилляра, изменение этой величины (например гипоальбуминемия) может способствовать нарастанию интерстициальных отеков. Уравновешивание градиента фильтрации и резорбции происходит в так называемой точке равных давлений ТРД (Рис. 8). Помимо фильтрации жидкость в тканях прибавляется за счет метаболической воды, смотри окислительное фосфорилирование в схеме Dhonneur (Рис. 1). Значительно меньший градиент резорбции по сравнению с градиентом фильтрации компенсирует система тканевого лимфодренажа. Это очень важно понимать в тех случаях, когда он перестает работать и происходит отек тканей. Например, ИВЛ с положительным давлением в конце выдоха или ятрогенное повреждение общего лимфатического протока при манипуляциях в проекции грудинно-подключичного сочленения слева.

Изменение гидростатического давления венозного сегмента капиллярного русла (увеличение ЦВД) отражается на уменьшении резорбции из интерстиция в просвет сосуда, что увеличивает нагрузку на лимфодренаж с целью обеспечения водного баланса в интерстициальной ткани (Рис. 9).



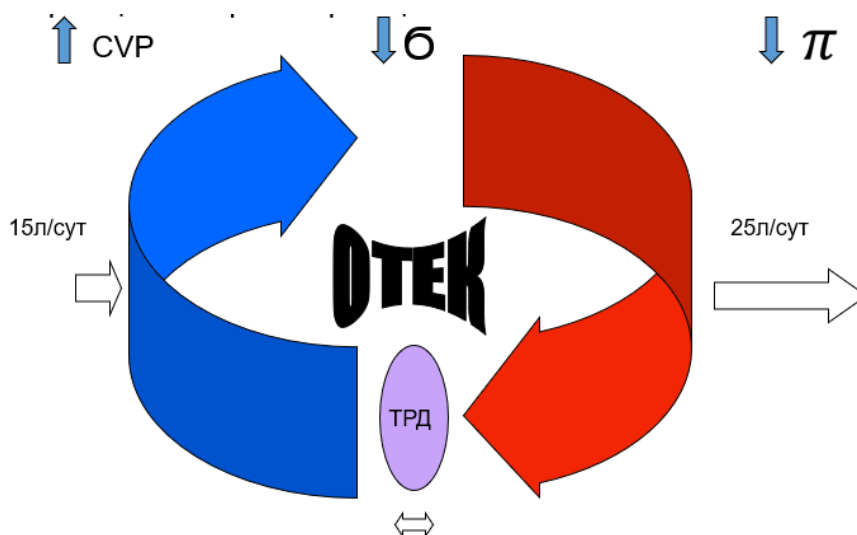


Рис. 9. Патофизиология фильтрации и резорбции, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Примечания: CVP – центральное венозное давление,  $\sigma$  – коэффициент отражения макромолекул от эндотелия,  $\pi$  – онкотическое давление

Отека тканей при этом до поры до времени не возникает, система лимфодренажа компенсирует гидробаланс. Другая ситуация, например, уменьшение онкотического давления способствует увеличению фильтрации, в меньшей степени резорбции, что в конечном итоге, так же увеличивает нагрузку на лимфодренажную систему. Коэффициент отражения макромолекул или степень проницаемости через щелевые контакты эндотелиальных клеток, один из самых значимых факторов, определяющих объем внесосудистой жидкости. Подобный механизм патогенеза реализуется при отеке Квинке за счет действия гистамина с быстрым развитием отека и выхода жидкости (плазмы) за пределы сосудистой стенки. В развитие отека чаще имеют место сочетание нескольких факторов, что мы часто наблюдаем у реанимационных пациентов, например, при сепсисе в сочетании с сердечной недостаточностью или жесткие параметры вентиляции с высоким внутригрудным давлением (при РДС). Так, или иначе проявления отека тканей становится клинически значимым, когда нагрузка на лимфодренаж становится непосильной, т.е. более 2-4 л/сут. Одним из методов объективной диагностики избыточного накопления жидкости в интерстиции является транспульмональная термодиллюция. С помощью индекса внесосудистой жидкости в легких (ELWI) можно оценить динамику процесса, осуществляя коррекцию терапии у пациентов на ЭКМО.

Знание физиологии сердечно-сосудистой системы, эритроцита, распределения жидкости в водных компартментах организма, их взаимосвязи с лимфодренажной и

дыхательной системами, дает возможность для клинициста успешного влияния на процесс терапии у пациентов, которым по тяжести состояния может быть показано в том числе применение технологии ЭКМО.

## **Лекция 2. Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Респираторный дистресс синдром (РДС)**

Основная литература:

1. Чучалин А.Г. Пульмонология национальное руководство / Пульмонология: национальное руководство. – М.: «ГЭОТАР-Медиа», 2009. – 960 с.; ISBN: 978-5-9704-1076-9
2. Горячев А.С., Савин И.А. Основы ИВЛ / издание 3-е: – Москва, ООО «МД», 2013. – 261 с.; ISBN 978-5-905887-02-4
3. Marino P.L. The ICU Book , 4th Edition / Fourth, North American Edition. USA. LWW, 2013. – 1059 p.; ISBN 978-1451121186

Учебные вопросы:

1. Теоретические основы физиологии дыхательной системы, терминология.
2. Современный мониторинг и его практическая значимость в оценке физиологии дыхательной системы.
3. Респираторный дистресс синдром (РДС).
4. Современные представления о респираторной терапии. Режимы искусственной вентиляции легких и их коррекция у пациентов на ЭКМО.

### **Введение**

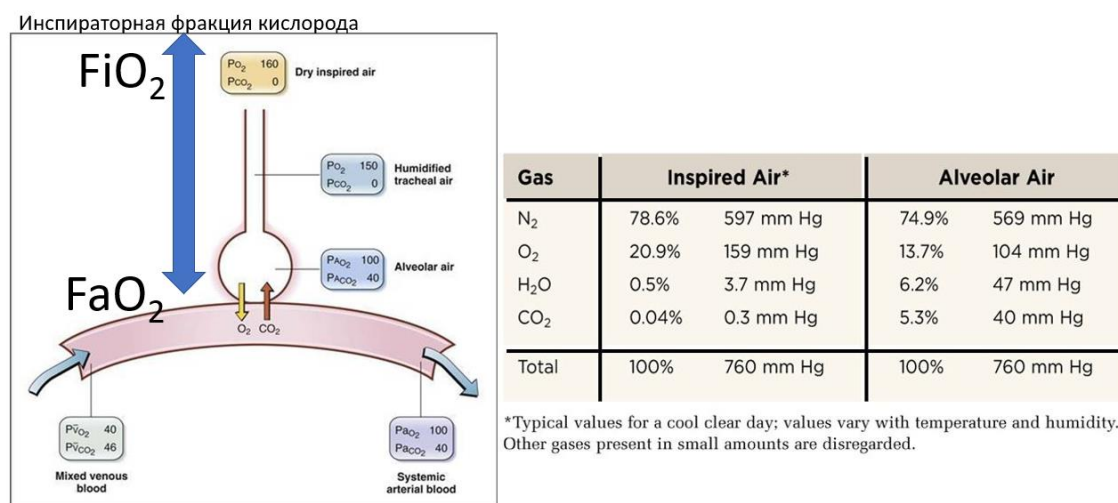
Представления врача о дыхательной системе подразумевают глубокое погружение в особенности анатомии и физиологии легких, которые бы могли объяснить законы обеспечения тканей организма человека кислородом и удаления углекислого газа при обеспечении процесса окислительного фосфорилирования субстрата, что позволяет клеткам нашего организма получать энергию. Знание возможностей сочетания современной респираторной терапии с технологией ЭКМО позволяет врачу достигать лучших результатов в лечении крайне тяжелых пациентов.

## 1. Теоретические основы физиологии дыхательной системы, терминология

Основной сверхдоминантной функцией дыхательной системы является обеспечение газообмена, т.е. переноса молекул кислорода и углекислого газа между атмосферным воздухом и кровью для обеспечения процесса клеточного дыхания. Первые два этапа из пяти, сопряженных с общим процессом дыхания, реализуются в легких:

- Легочная вентиляция – движение воздуха в легкие и обратно.
- Наружное дыхание – газообмен между атмосферным газом и кровью.
- Циркуляция – перенос кислорода и углекислого газа между легкими и тканями.
- Внутреннее (тканевое) дыхание – газообмен между кровью и тканями.
- Внутриклеточное (митохондриальное) дыхание – окислительное фосфорилирование субстрата с получением CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, АТФ.

Движение молекул O<sub>2</sub> и CO<sub>2</sub> из атмосферного газа с одной стороны происходит за счет легочной вентиляции, что обеспечивается изменениями дыхательных объемов легких под действием дыхательной мускулатуры, с другой происходит по градиенту парциального напряжения. Как бы не менялся градиент отдельных компонентов вдыхаемого и выдыхаемого газа в цикле легочной вентиляции, общее парциальное давление альвеолярного газа всегда будет уравниваться к общей константе барометрического давления атмосферного газа. Процесс переноса молекул через альвеолярно-капиллярную мембрану из альвеол в кровь и обратно так же осуществляется по градиенту (Рис. 10).



From: Saladin, *Anatomy & Physiology*, McGraw Hill, 2007

Рис. 10. Физиология газообмена, иллюстрация McGraw H., 2007 г.

Поверхностное натяжение стремится уменьшить размер альвеолы, создавая 50% – 75% эластического сопротивления легких. Сурфактант, выстилающий альвеолу изнутри препятствует ее схлопыванию. Газообмен в альвеоле осуществляется в условиях баланса между перераздуванием и коллапсом. Высокие концентрации кислорода при респираторной терапии снижают продукцию сурфактанта альвеолоцитами, что приводит к ателектазам в легких и усугублению дыхательной недостаточности, это важно понимать вовремя принимая решения о применении ЭКМО.

В процессе изменения дыхательных объемов при самостоятельном дыхании пациента внутригрудное давление практически соответствует атмосферному и его изменения на протяжении дыхательного цикла незначительны, порядка 4 – 7 мм рт. ст. При этом внутригрудное давление во время самостоятельного вдоха отрицательно относительно атмосферного, что имеет свое позитивное влияние на эффективность кровообращения. В тоже время при ИВЛ механика легочной вентиляции начинается за счет градиента уже положительного внутригрудного давления 10 – 20 см вод. ст., создаваемого усилием аппарата ИВЛ, что уже негативно сказывается на эффективности кровообращения (Рис. 11), и может существенно нарушаться вентиляционно-перфузионное отношение в легких, особенно в жестких режимах вентиляции с высоким положительным давлением в конце выдоха (ПДКВ).

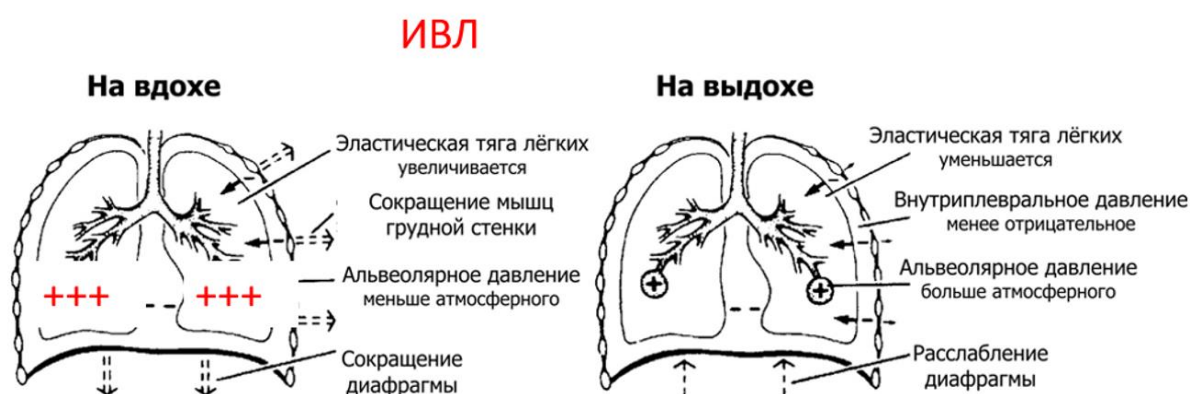


Рис. 11. Физиология газообмена, ИВЛ, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Вентиляционно-перфузионное соотношение  $V/Q$  в легких при нормальной физиологии соответствует 0,8 – 1,0 (Рис. 12). При высоком внутригрудном давлении это отношение меняется и эффективность газообмена снижается, сердечно-сосудистая система

вынуждена реагировать увеличением сердечного выброса, что в целом повышает цену выработки энергии в митохондриях в процессе дыхания.

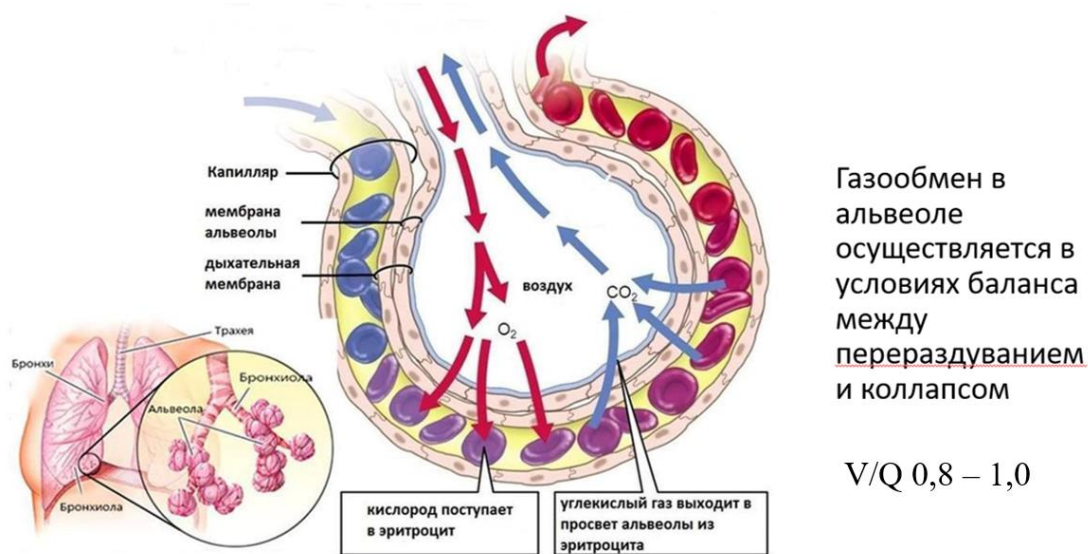


Рис. 12. Физиология газообмена,  $V/Q$ , иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

## 2. Современный мониторинг и его практическая значимость в оценке физиологии дыхательной системы

Чем сильнее повреждены легкие, тем выраженнее гетерогенность вентиляции, т.е. формирование зон паренхимы легких, отличающихся между собой степенью воздушности и перфузии (Рис. 13). В этих условиях оценка «общих» показателей (комплаенс, респираторная механика, газообмен) плохо отражает состояние отдельно взятых областей легких и зачастую не способствует выбору правильной стратегии лечения. Таким образом современный мониторинг должен распознавать потенциальную гетерогенность паренхимы легких и уметь оценивать эти изменения в динамике, желательно даже в реальном времени.

- Перераздувание (A);
- Нормальная аэрация (B);
- Гиповентиляция (C);
- Консолидация (безвоздушная ткань) (D).

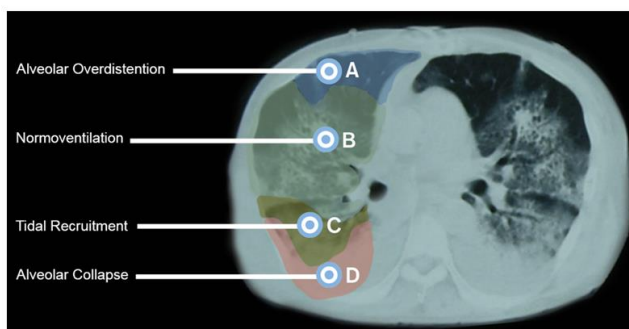


Рис. 13. Гетерогенность паренхимы легких на КТ, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Одним из таких методов безусловно является компьютерная томография (КТ), метод информативный, но имеет ограничения, сопряженные с лучевой нагрузкой и частотой применения, что ограничивает его возможности в динамической оценке и мало пригоден для постоянного мониторинга в режиме реального времени. Несмотря на то, что продолжается эволюция данного вида диагностики в сторону возможности его прикроватного применения в условиях ОРИТ или операционной, все же в настоящее время требуется внутригоспитальная транспортировка тяжелой категории пациентов, в т.ч. на ЭКМО, что может быть сопряжено с дополнительными рисками.

В этой связи интересными могут быть методы, более приспособленные для вышеописанных целей, как прикроватные: УЗИ и электроимпедансная томография (ЭИТ) (Рис. 14). Оба этих метода могут выполняться в динамике, в режиме реального времени и без ограничения по частоте применения.

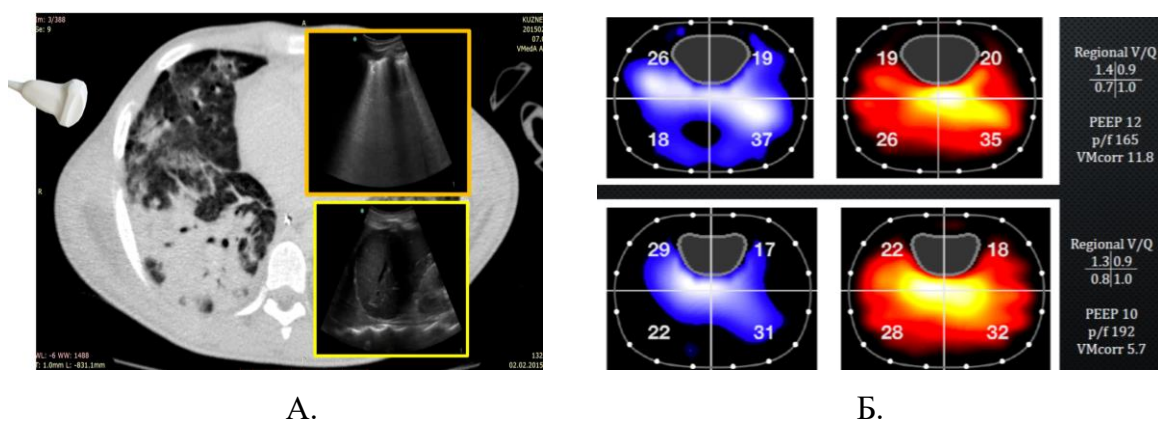


Рис. 14. УЗИ (А) и ЭИТ (Б) легких, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Следующим важным методом в оценке рисков потенциальной летальности и динамики тактики выбранной терапии в части сопряженности показателей гидробаланса и газообмена является индекс внесосудистой жидкости в легких (ELWI – extra lung water index) (Рис.15). При его значении более 20 мл/кг вероятность летального исхода может быть выше 80%, что было доказано в экспериментальной модели (Sakka S. et al., 2002). Динамика изменения этого показателя позволяет врачу ориентироваться в правильности выбранной терапии гидробаланса, помимо традиционных критериев оценки (ЦВД, суточный баланс жидкости, клинические признаки гипергидратации).

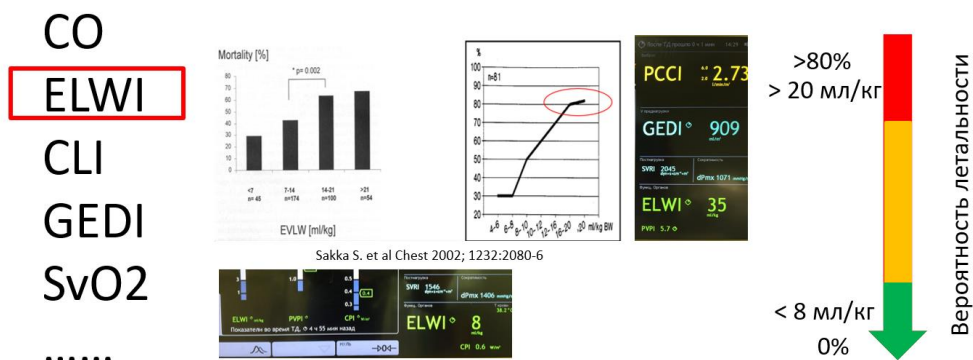


Рис. 15. Индекс внесосудистой воды в легких ELWI, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

### 3. Респираторный дистресс синдром (РДС)

Респираторный дистресс синдром представляет собой воспалительное поражение легких, которое характеризуется диффузной инфильтрацией паренхимы легких с выходом лейкоцитов за пределы сосудистого русла и тяжелым нарушением газообмена. С точки зрения выраженности этих нарушений, РДС делят на по тяжести на три степени: легкая, средняя и тяжелая. Критерии этой градации представлены на рисунке 16, ранее были закреплены в так называемых «Берлинских дефинициях», согласительных рекомендациях 2012 г. В большинстве случаев у клиницистов РДС стойко ассоциирован со снижением респираторного отношения  $PaO_2/FiO_2$  менее 200, при этом методы, которые могут быть применены в динамики эскалации терапии представлены на рисунке 17.

Согласно рекомендаций «Берлинских дефиниций, 2012» точка приложения ЭКМО сопряжена с нарушением респираторного отношения  $PaO_2/FiO_2$  менее 80, при уже инициированных жестких режимах инвазивной ИВЛ (Рис.16). В тоже время, исходя из своего собственного опыта и тенденции международных рекомендаций общества экстракорпоральной поддержки жизни ELSO, с целью уменьшения необратимых изменений в легких, полученных от суммирующего эффекта кинетической травмы, стойко ассоциированной с жесткими режимами ИВЛ ( $PEEP > 14$  см вод.ст.,  $FiO_2 > 90\%$ ) и продолжительной экспозицией во времени (более 48 часов), в т.ч. инвазивных режимов респираторной терапии (более 7 суток у взрослых и 14 суток у детей), все-таки более выгодной тактикой, сопряженной с лучшим прогнозом выживаемости, является стратегия более раннего применения ЭКМО. Критерием в этом случае является не столько уровень

абсолютных значений  $PaO_2/FiO_2$ , сколько отсутствие положительного эффекта или стабилизации состояния пациента по газообмену в парадигме предлагаемых методов респираторной терапии (Рис. 17).

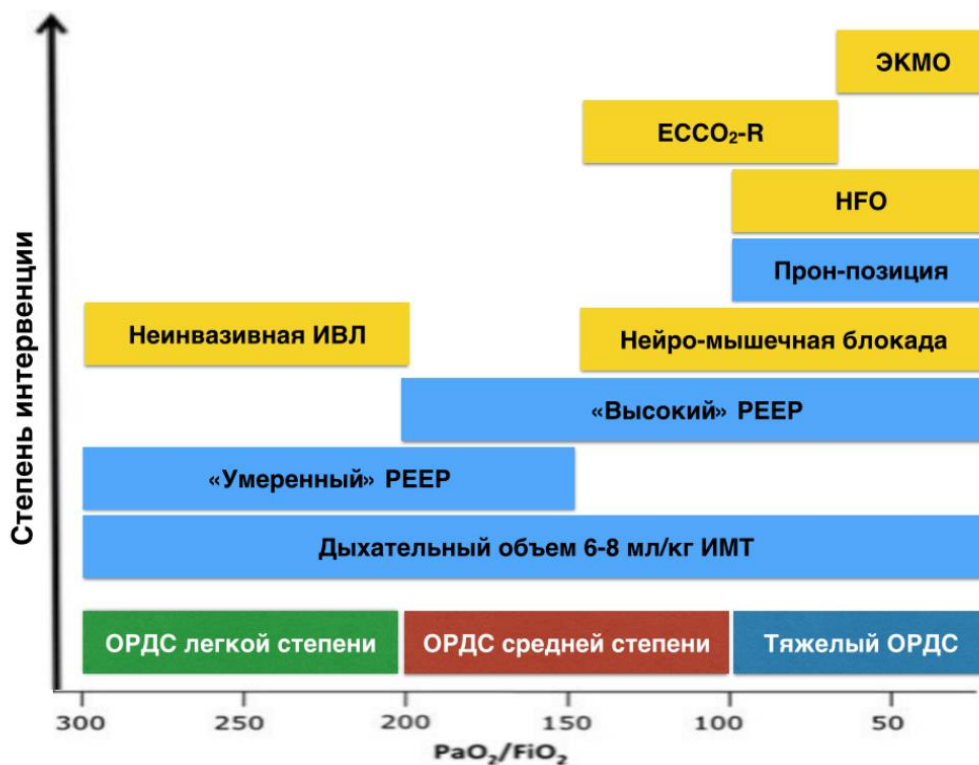


Рис. 16. Критерии оценки РДС по тяжести, «Берлинские дефиниции, 2012».

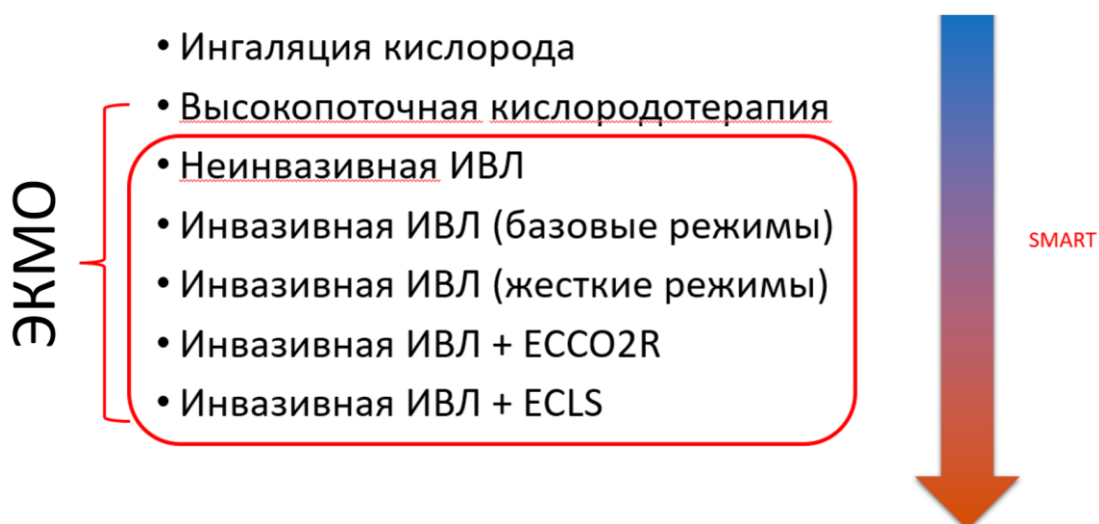


Рис. 17. Эскалация респираторной терапии при РДС, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

И здесь ЭКМО может уже может быть применимо на более ранних стадиях и с более мягкими критериями  $PaO_2/FiO_2$ , например  $< 120$ , относительно ранее рекомендованных



< 80. Важно отметить, что обратный путь деэскалации терапии ЭКМО может быть ассоциирован, с еще более высоким респираторным отношением > 150, при сохраняющейся положительной динамике саногенеза легких и стабильной работе технологии экстракорпоральной поддержки жизни, без осложнений (Рис. 18). Эффективность комплексной терапии лечения РДС может быть сопряжена, только с четким планом следования этиотропной терапии в комбинации со стремлением к оптимальной физиологии под контролем целевых параметров мониторинга и терапии разумного подавления системной воспалительной реакции, которая сама по себе может способствовать вторичному повреждению легких избыточной концентрацией провоспалительных медиаторов. Одним из эффективных способов и в тоже время достаточно безопасным является метод цитокиновой гемосорбции, который может быть инициирован уже на стадии медицинской эвакуации.

• FiO2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6-0,7	0,8	0,9	1,0
• PEEP	5	8	10	10	12	14	16	18	18-20	20-22		22-24	
• PaO2/FiO2			... >150						120>	...			
			.....-ЭКМО.....						.....+ЭКМО.....				

Рис. 18. Критерии старт/стоп ЭКМО при РДС, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

#### 4. Современные представления о респираторной терапии.

##### Режимы искусственной вентиляции легких и их коррекция у пациентов на ЭКМО

Одним из высокоэффективных методов респираторной терапии является высокопоточная оксигенотерапия HFOT (Рис. 19). Воздействие высокого потока на анатомические «резервуары» приводит к «вымыванию» (wash-out) выдыхаемого газа из мертвого пространства. Уменьшается частота дыхания, уменьшается эффективное мертвое пространство,  $VD \rightarrow 0$ ,  $MValv = MV$ . Увеличивается эффективность дыхания и снижается его «цена». Сочетание этого метода практикуется на этапах подключения и отключения ЭКМО.



Рис. 19. Критерии старт/стоп ЭКМО при РДС, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Еще одним механизмом повреждения легких, помимо системной воспалительной реакции является сама по себе инвазивная вентиляция, включает четыре основных механизма:

- баротравма (высокий градиент давления – STRESS),
- волномотравма (перерастяжение),
- ателектотравма (повреждение поверхности при слипанию-разлипанию),
- деформация сдвига (боковые растягивающие силы на границе воздушной зоны и ателектаза Shear-stress).

Данная теория подтверждена морфологическими исследованиями легких животных в остром эксперименте (E. Wolthuis et al., 2009). Последствием повреждающего действия ИВЛ являются формирование: ателектазов, нарушения микроциркуляции, отека, воспаления и др. причин. Все это может приводить к формированию порочных кругов, предотвращение которых является одной из приоритетных задач врача. На следующем рисунке представлены варианты патофизиологических исходов при РДС (Рис. 20).

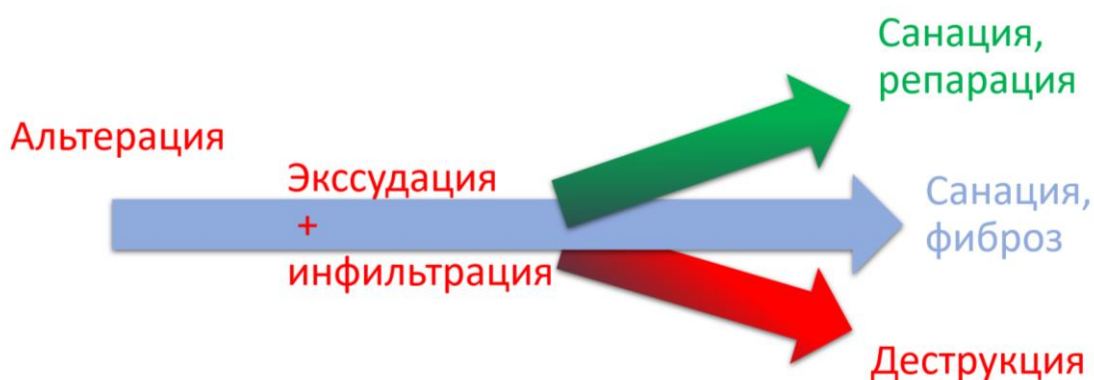


Рис.20. Патофизиология исходов РДС, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Возможность ранней инициации ЭКМО позволяет более эффективно придерживаться стратегии «Baby lung» (L.Gattinoni, A.Pesenti), которая сопряжена с режимами малых объемов, а не жестких параметров ИВЛ. При этом дыхательный объем должен быть подобран таким образом, чтобы балансировать между перераздуванием и ателектазированием альвеол. Таким дыхательным объемом в соответствии с европейскими рекомендациями по респираторной терапии является 6 мл/кг от идеальной массы тела пациента, которая рассчитывается с учетом его роста и гендерной принадлежности (J.L. Vincent, 2014). ЭКМО позволяет достичь еще меньшего дыхательного объема: 5 или 4 мл/кг при  $P_{drive} < 14$  см вод.ст., что в конечном итоге должно способствовать лучшим результатам. Подбор параметров вентиляции – это, своего рода, поиск компромисса между протекцией легких, гемодинамикой и минимально достаточным уровнем газообмена. Чем тяжелее поражение легких, тем уже коридор возможностей. В ряде случаев в заданной системе координат нет решения, требуется введение дополнительных опций, таких, например как: прон-позиция, устранение абдоминальной компрессии, ЗПТ, ЭКМО.

Возможность применения ЭКМО у пациентов с РДС позволяет обеспечить желаемый безопасный уровень газообмена, в тоже время как можно раньше необходимо инициировать:

- Активизацию за счет комплекса реабилитационных мероприятий;
- Раннее восстановление самостоятельного дыхания (профилактика дегенерации диафрагмы);
- Активное увлажнение и согревание дыхательной смеси, улучшает работу реснитчатого эпителия (способствует санации);
- Кашель (санация и профилактика ателектазов);
- Адаптивные режимы ИВЛ с двойным управлением, (важно – ограничить цели интеллектуальных режимов по деэскалации);
- Пропорционально-адаптивные режимы вентиляции PAV+ (профилактика дегенерации диафрагмы, уменьшение цены дыхания, лучшая адаптация к активизации).

## Модуль 1. РЕСПИРАТОРНЫЙ

Учебные вопросы:

1. Отработка практических навыков маневра «Рекрутмент» на манекене с обратной связью с помощью аппарата ИВЛ.
2. Визуализация стратегии «Open Lung» на биологической модели легких.

Отработка навыков респираторной терапии при лечении пациентов с тяжелой дыхательной недостаточностью осуществляется в рамках практического модуля «Респираторный». Практические навыки подбора оптимального РЕЕР, для удержания альвеол в открытом состоянии, согласно стратегии «Open Lung», отрабатываются на механической модели легких с обратной связью за счет программного обеспечения на тренажере для респираторной терапии «TestChest», производство (Organis GmbH, Швейцария) (Рис. 21А).

Наглядная демонстрация этой респираторной стратегии демонстрируется также на биологической модели легких. Кроме того, вторым этапом на этой же биологической модели легких демонстрируются возможности и эффективность высокопоточной оксигенотерапии в отношении профилактики ателектозирования (Рис. 21Б).

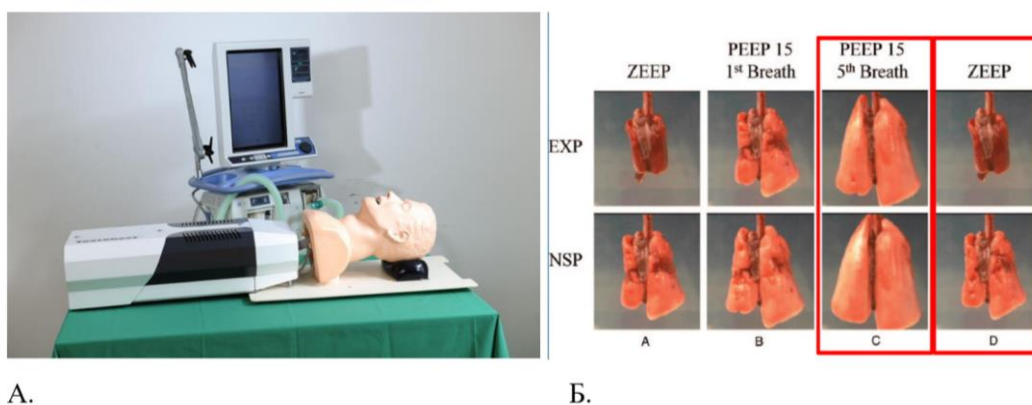


Рис. 21. Модуль «РЕСПИРАТОРНЫЙ», иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

## Раздел 2. Искусственное кровообращение

### Лекция 3. Основы искусственного кровообращения (ИК)

Основная литература:

1. Готье С.В., Попцов В.Н., Спирина Е.А. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в кардиохирургии и трансплантологии / Федеральный науч. центр трансплантологии им. акад. В. И. Шумакова. – Москва : Триада, 2013. – 271 с.; ISBN 978-5-94789-614-52. Kaplan J.A., Rich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. Kaplan's Cardiac Anesthesia, 5th Edition / Published by Saunders, Philadelphia, PA, USA., 2006. – 1276 p.; ISBN 1-4160-0253-7
2. Haft J.W., Firmin R. Adult cardiac support. In: Annich G.M., Lynch W.R., MacLaren G., Wilson J.M., Bartlett R.H., editors. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th ed. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 323-330.
3. Kaplan J.A., Rich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. Kaplan's Cardiac Anesthesia, 5th Edition / Published by Saunders, Philadelphia, PA, USA., 2006.–1276 p.; ISBN 1-4160-0253-7
4. Vuylsteke A., Brodie D., Combes A., Fowles J.A., Peek G. ECMO in the Adult Patient / London: Cambridge University Press is part of the University of Cambridge, 2017. – 228 p.; ISBN 978-1-107-68124-8
5. Brogan T. V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0

Учебные вопросы:

1. История вопроса.
2. Основы искусственного кровообращения.
3. Развитие физиологии искусственного кровообращения и механических устройств ее обеспечивающих.

#### Введение

Искусственное кровообращение можно определить как – метод временного замещение газообменной функции легких и насосной функции сердца специальными устройствами на период необходимый для саногенеза дыхательной и/или сердечно-сосудистой системы, а также выполнения операций, особенностью которых является временная невозможность обеспечения нормального физиологического функционирования представленных систем.

## 1. История вопроса

История создания концепции и аппаратов для искусственного кровообращения это эволюция мысли первооткрывателей своего времени (Рис. 22), достижение каждого из которых было следующей ступенькой к достижению концепции современного ИК, о котором у нас есть вполне определенное представление, как о методе способном обеспечить замещение газообменной функции легких и насосной сердца.

1693	J.V.Denis Первые эксперименты с экстракорпоральным кровообращением (кровесмешением)
1812	Le Gallois: Первая концепция экстракорпорального кровообращения
1924	Брюхоненко С.С. создание автожектора, опыты с изолированной перфузией головы собаки
1934	De Bakey: Проект роликового насоса
1951	J.H. Gibbon разработал первый аппарат искусственного кровообращения;
1952	J.A. Helmsworth Впервые ЭКМО был применен у больного с дыхательной недостаточностью
1953	J.H. Gibbon Первая операция на открытом сердце в условиях ИК
1954	Kolff and Balzer: Разработка первого мембранного оксигенатора
1855	Porter and Bradley: Модернизация роликового насоса
1959	Первое применение в кардиохирургии мембранного оксигенатора
1960	Saxon and Andrews: Разработка центрифужного насоса

Рис. 22. Эволюция концепции современного представления об искусственном кровообращении, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Первые упоминания об опытах по экстракорпоральному кровообращению отправляют нас в 1693 г., когда некий врач J.V. Denis (Рис. 23) проводил эксперименты с кровосмешением между человеком и животным с целью детоксикации и омоложения. Эксперименты конечно же не имели успеха по причине несовместимости крови разных биологических видов, но это можно считать одной из первых попыток поиска технологии экстракорпорального кровообращения.

Далее французский врач J. Le Gallois, участвовавший в военной компании армии Napoleon Bonaparte, в 1812 году разрабатывает первую концепция экстракорпорального кровообращения, в основе которой лежит движущая механическая сила, создающее движение крови по сосудам. Фактически он использовал шприцы заполненные кровью, которые вводил в сосудистое русло декапетированного тела мелких животных, после чего наблюдал кратковременное оживление защитных рефлексов биологической модели (Рис. 24). Попытки пролонгированной перфузии позже предпринимал Charles Edouard Brown-Séquard 1857 г. на модели изолированной головы собаки, делал это он с помощью

поочередной смены вводимых с кровью шприцов. Стоит отметить, что в дневниках сообщается о более длительном по времени периоде оживления рефлексов биологического объекта с последующим их угасанием.



Рис. 23. Эксперименты с кровосмешением, J.V. Denis, 1693 г.

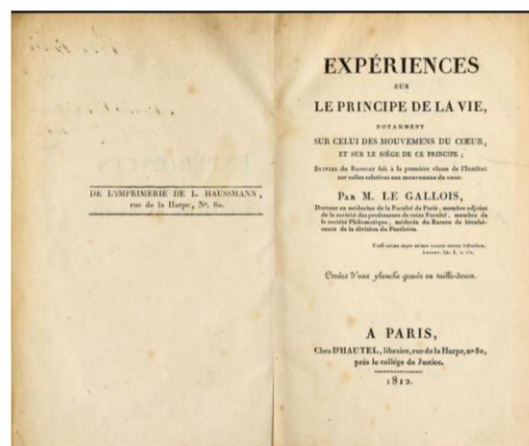
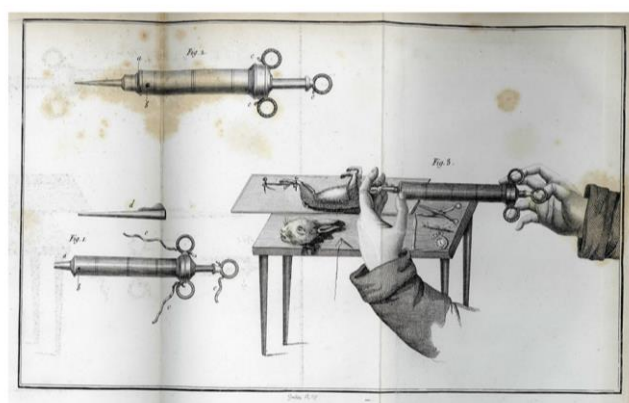


Рис. 24. Концепция и эксперименты с ИК, J. Le Gallois, 1812 г.

Возможность появления аппарата ИК с постоянным механическим приводом было сопряжено с открытием электричества, научной и промышленной революцией на пути развития науки и человечества, этот этап связан с именами австрийского и немецкого ученых Maximilian Ruppert Franz von Frey & Max von Gruber 1885 г., ими был создан

прототип машины для ИК с поршневым прицепом привода, по аналогии с приводом современных двигателей внутреннего сгорания, только в цилиндр поступала кровь, которая выталкивалась передаточным усилием с электрического мотора на поршневую группу.

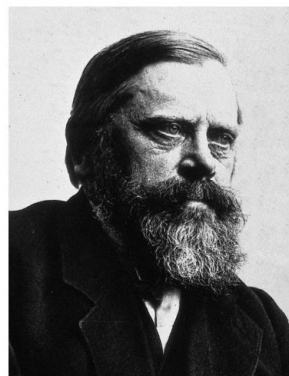


Рис. 24. Электрический поршневой привод машины для ИК Maximilian Ruppert Franz von Frey & Max von Gruber, 1885 г.

С этого момента можно о действительно похожем прототипе на современные машины для ИК, однако попытки не были ассоциированы с успехом выживаемости биологических объектов по причине сворачиваемости крови и отсутствия компонента, осуществляющего газообмен, помимо замещения насосной функции сердца.

В 1916 году J. McLean, студент четвертого курса медицинского института, в США, во время приготовления экстракта печени и последующим случайным попаданием его в кровь, стал свидетелем несварчиваемости крови – так было открыто вещество, которое в последствии будет названо «Гепарин» (Рис. 25). С этого момента происходит качественный скачок и создаются предпосылки для возможного проведения успешной перфузии во время ИК.

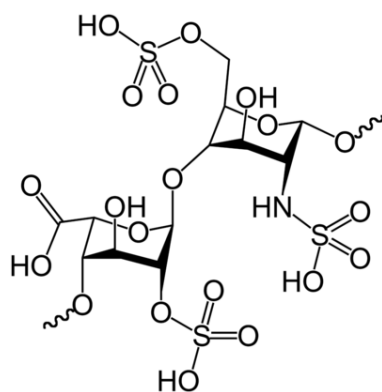


Рис. 24. Открытие Гепарина J. McLean, 1916 г.



Следующим этапом неразрывно связан с советским ученым С.С. Брюхоненко, как успешное применение технологии ИК на моделях перфузии биологических объектов, в т.ч. изолированных анатомических областей тела (голова собаки), СССР 1917–1934 гг., с помощью аппарата «Автожект» (Рис. 25).

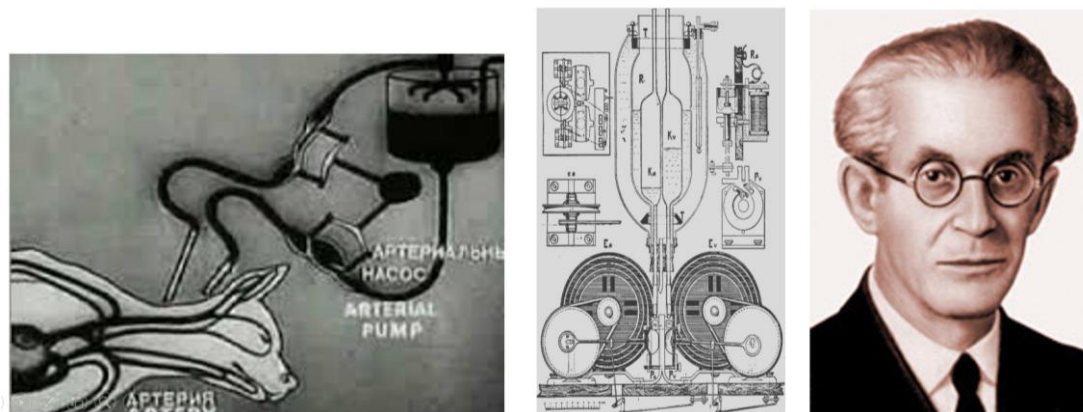


Рис. 24. Создание аппарата для ИК «Автожект», успешные опыты с изолированной перфузией головы собаки С.С. Брюхоненко, 1916 г.

Интересным фактом является то, что известный советский фантаст А. Беляев в 1925 году публикует научно-фантастический роман «Голова профессора Доуэля», который издается на разных языках мира и приобретает широкую известность, в его воспоминаниях он, будучи человеком с физическим недугом и ограничениями в движениях, описывает попавшуюся ему на глаза заметку о экспериментах С. Брюхоненко, ему пришла идея как может жить голова отдельно от тела.

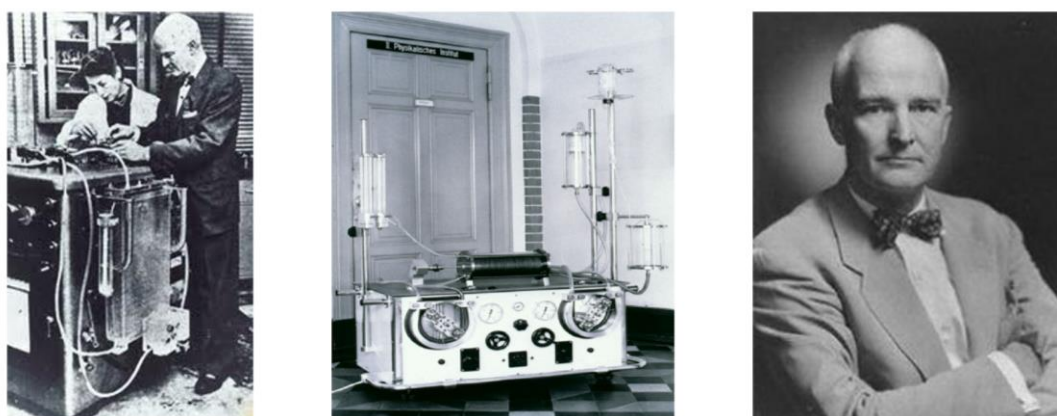


Рис. 25. Создание аппарата для ИК с роликовым насосом и пузырьковым оксигенатором, J.H. Gibbon, 1950–1953 гг.

В 1934 году американский кардиохирург М.Е. De Bakey создает проект роликового насоса, альтернативное решение механического постоянного привода для перфузии крови.

Позже в 1950 году в США при поддержке позже известной компании «IBM» J.H. Gibbon разрабатывает первый аппарат искусственного кровообращения с роликовым приводом насоса и пузырьковым оксигенатором, устройством для обеспечения газообмена ИК (Рис. 25). В 1953 году он же проводит первую операцию на сердце в условиях ИК.

## 2. Основы искусственного кровообращения

Искусственное кровообращение может осуществляться параллельно естественному кровообращению (частичный обход правых и левых камер сердца) (Рис. 26А) и при наложении обтяжек на нижнюю и верхнюю полые вены с полным обходом камер сердца (полный обход) (Рис. 26Б). Таким образом, чтобы определить минутный объем кровообращения при частичном обходе сердца, необходимо суммировать сердечный выброс (производительность левого желудочка), который можно измерить с помощью УЗИ и производительность аппарата ИК, что определяется выставленными значениями в блоке управления насосом, проконтролировать который можно с помощью датчика потока, интегрированного в контур после насоса.

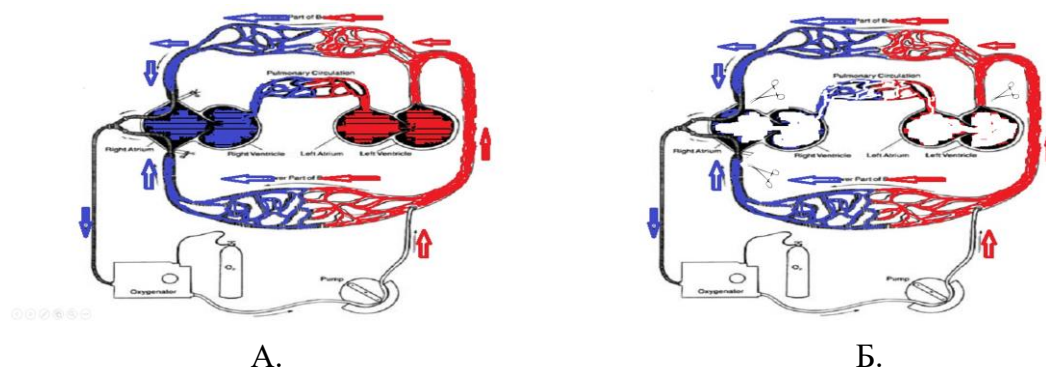


Рис. 26. Создание аппарата для ИК с роликовым насосом и пузырьковым оксигенатором, J.H. Gibbon, 1951–1953 гг.

Технология вено-артериального ЭКМО, которая применяется при сердечной недостаточности, чаще всего подразумевает параллельное кровообращение (частичный обход камер сердца).

Классическая схема искусственного кровообращения, применяющаяся при кардиохирургических операциях (Рис. 27), состоит из: заборной магистрали от венозной



### 3. Развитие физиологии искусственного кровообращения и механических устройств ее обеспечивающих

Развитие физиологии искусственного кровообращения сопряжено с желанием сделать технологию, менее инвазивной, уменьшить потенциальное повреждающее действие ИК на форменные элементы крови и потенцирование системной воспалительной реакции. Этому способствовала определенная эволюция механического привода и оксигенаторов.

Насосы могут быть нескольких типов: роликовый (традиционное ИК), роторного (желудочек ассистированные устройства VAD), центрифужные (ЭКМО) (Рис. 29).

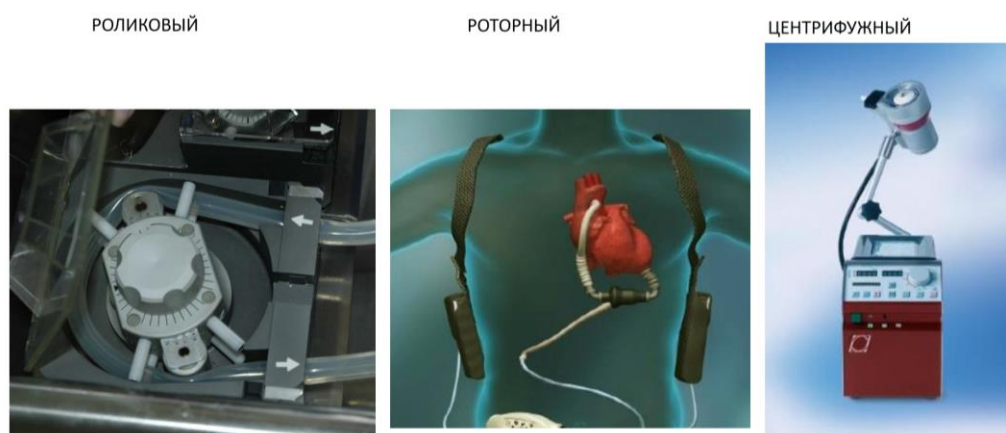


Рис. 29. Типы насосов в контуре ИК, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

У каждого из вида есть свои преимущества и недостатки, так, например для традиционного роликового насоса характерно:

- Придуман раньше;
- Для традиционного ИК;
- Дешевле расходник;
- Требуют калибровки оклюзионного давления;
- Не зависит от нагрузки;
- Ограничение по времени перфузии;
- Больше травма форменных элементов;
- Возможен разрыв насосного сегмента.

В тоже время для центрифужного насоса, который традиционно применяется в аппаратах ЭКМО характерно:

- Придуман позже;

- Чаще используется для ЕСМО/ МЕСС;
- Дороже расходник;
- Не требуют калибровки оклюзионного давления;
- Зависит от постнагрузки;
- Не ограничен (практически) по времени перфузии;
- Меньше травма форменных элементов;
- Греется во время перфузии;
- Потенциальный пассивный противоток;
- Требуется контроль объемной скорости перфузии с помощью датчика потока.

Оксигенаторы также претерпели определенную эволюцию, начиная от пузырьковых, разработанных J.H. Gibbon в середине прошлого века и заканчивая современными мембранными с антикоагулянтными покрытиями, обеспечивающими возможность перфузии более тридцати суток и интегрированными в них датчиками давления, уровней гемокрита, гемоглобина, температуры, сатурации, насоса, а также функции теплообменника (Рис. 30).

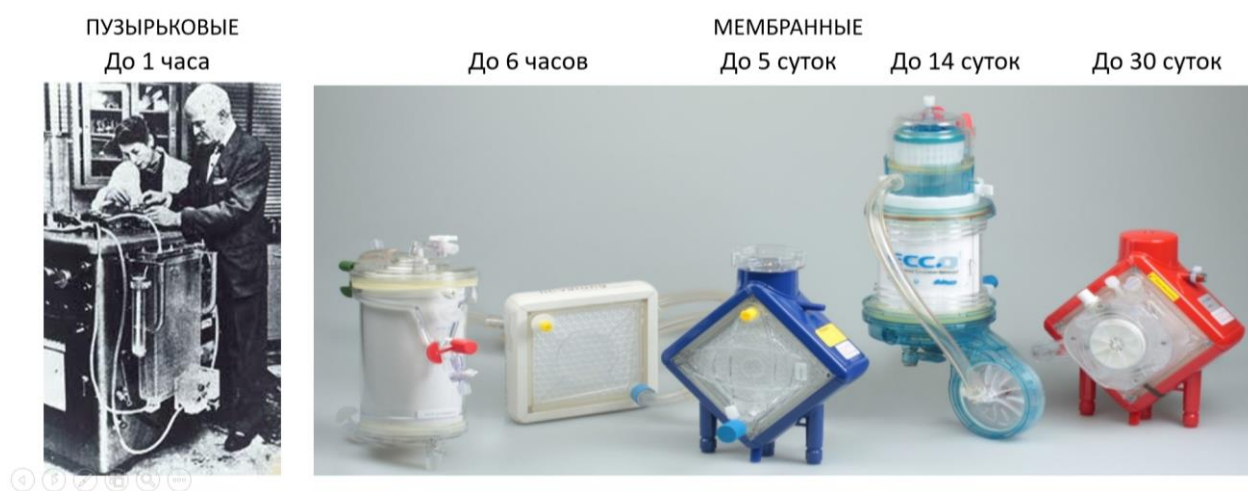
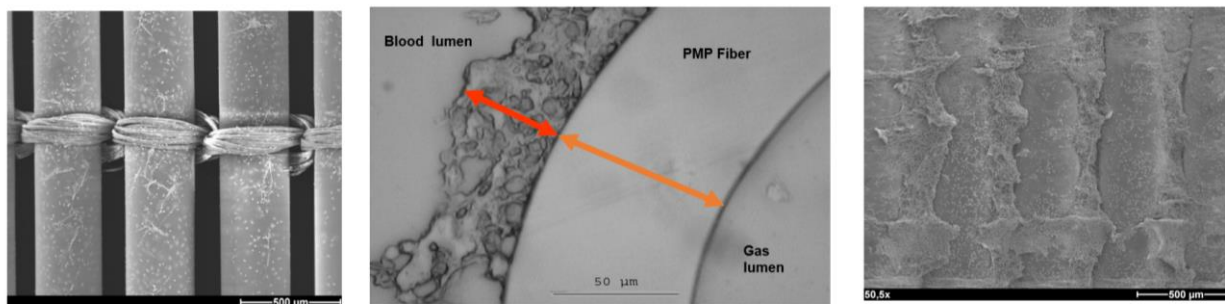


Рис. 30. Типы оксигенаторов в контуре ИК, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Мембрана современного оксигенатора произведена из нановолокна, представляющего собой сплетенные полупроницаемые для  $O_2$  и  $CO_2$  полые трубки из полиметилпентена, которые снаружи омывает кровь, внутри осуществляется поток газа. Кроме того, это нановолокно переплетено с герметичными трубками, по которым течет вода в качестве теплоносителя. Таким образом, оксигенатор это многофункциональная система обеспечения основной газообменной функции и ряда дополнительных. На рисунке 30 представлена электронная микроскопия: волокна мембраны оксигенатора (А.), поперечный срез трубки из

полиметилпентена, разделяющей жидкую фазу (кровь) и газообразную фазу (кислородо-воздушная смесь) (Б.), налипание фибрина на поверхности трубок из которого состоит волокно мембраны (В.). При выраженной системной воспалительной реакции может быть высокая концентрация фибрина в крови, что может быть сопряжено с высоким риском снижения эффективности оксигенатора.



А.

Б.

В.

Рис. 30. Электронная микроскопия волокна мембраны оксигенатора, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Физиология ИК подразумевает достижение целевых значений объемной скорости перфузии и доставки кислорода, отличающиеся в разных возрастных категориях, что обусловлено уровнем основного обмена (Рис. 31).

VO <sub>2</sub>		Q
6 мл/кг/мин	Новорожденные	120 мл/кг/мин
4-5 мл/кг/мин	Педиатрия	80-100 мл/кг/мин
3 мл/кг/мин	Взрослые	60-80 мл/кг/мин

Рис. 31. Целевые уровни доставки кислорода и объемной скорости перфузии для ИК, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Также для врача, обеспечивающего перфузию, важно иметь представление о номинальной мощности оксигенатора. Это поток десатурированной венозной крови (на входе в оксигенатор) SvO<sub>2</sub> 75% при уровне Hb 120 г/л, который успешно оксигенируется в течении минуты до уровня артериальной крови (на выходе из оксигенатора) SaO<sub>2</sub> 95%. Как

правило номинальная мощность оксигенатора указана в виде цифры в названии модели оксигенатора, например «HLS 7.0», что означает номинальную мощность 7 л/мин. Знание этих параметров дает представления специалисту о физиологическом потолке оксигенатора, т.е. максимальной скорости потока крови, при котором возможен эффективный газообмен. Дальнейшее наращивание скорости, скорее будет сопряжено с эффектом шунта оксигенатора и как следствие снижения его газообменной функции.

Температура, при которой осуществляется перфузия определяет уровень потребления кислорода (Рис. 32). Уровень температуры 15 С, позволяет понизить потребление кислорода в семь раз, обеспечивая возможность проведения операций во условиях так называемого «ареста», т.е. моделирования полного отсутствия кровообращения продолжительностью до часа практически без риска получения когнитивных нарушений гипоксического генеза.

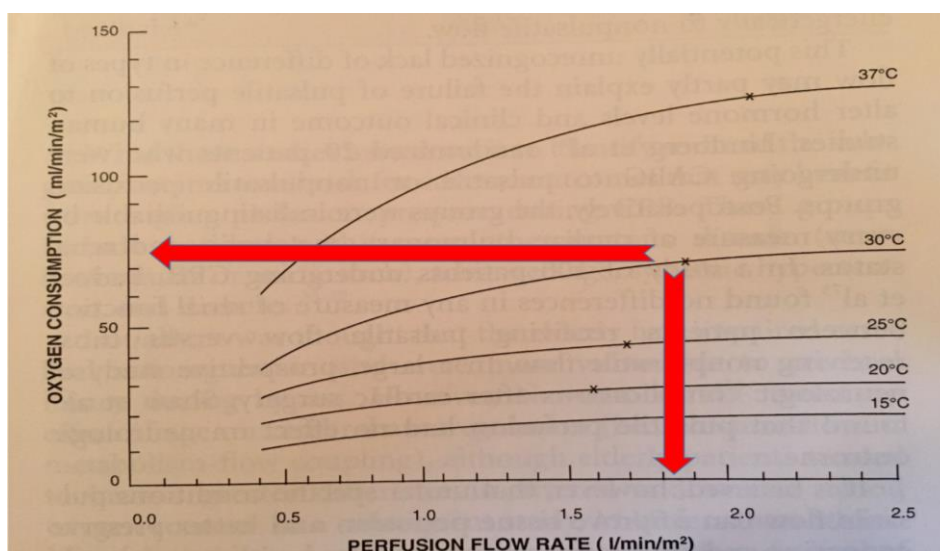


Рис. 32. Сопряженные уровни потребления кислорода и объемной скорости перфузии при разных значениях системной температуры тела, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Для врача, обеспечивающего перфузию важными целевыми значениями физиологических параметров являются: сердечный индекс СИ (CI) 2.2 л/мин/м², индекс потребления кислорода ( $V_{iO_2}$ ) > 115 мл/мин/м², системная венозная сатурация ( $SvO_2$ ) > 70%, гематокрит (Ht) > 25%.

Уровень антикоагулянтной терапии по целевым значениям АВС или АЧТВ, также имеет отличия:

- при проведении традиционного ИК в условиях так называемой полной гепаринизации (АВС > 450 сек.), достигается при расчетной дозе вводимого Гепарина 300-400 ЕД/кг;

- при проведении ЭКМО речь идет о частичной гепаринизации (180 сек. > ABC >160 сек.), достигается при расчетной дозе вводимого Гепарина 50-100 ЕД/кг.

Отличия типов перфузии для традиционного ИК и ЭКМО также заключается в гидродинамике привода, который может обеспечить ламинарный и пульсирующий режимы кровообращения. Эволюция современных аппаратов ИК и ЭКМО дает возможность синхронизации насоса с фазой систолы, т.е. изгнанием ударного объема крови из полости левого желудочка. В качестве триггера может использоваться ЭКГ (зубец R) или оптоволоконный потоковый датчик в просвете крупных сосудов (артерий).

Технология ИК является инвазивной процедурой, сопряженной с потенциальным риском и возможными осложнениями, среди которых наиболее часто могут встречаться: эмболия, тромбоз, кровотечение, ишемия, разрыв насосного сегмента, протекание (вспенивание) оксигенатора, дислокация канюль, диссекция сосудов, отказ оборудования (насоса), анемия, тромбоцитопения и др. Знание основ физиологии этого процесса помогает избегать выше описанных инцидентов.

## **Модуль 2. ИСКУССТВЕННОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ. (1 час)**

Учебные вопросы:

1. Практическое ознакомление с аппаратами ИК на манекенах и в условиях операционной;
2. Принцип модульности в аппарате ИК;
3. Центрифужные и роликовые типы насосов аппарата ИК;
4. Сборка контура аппарата ИК;
4. Оценка правильности собранного контура по чек-листу;
5. Мини-инвазивный контур аппарата ИК «МЕСС».

Практическое ознакомление с аппаратом искусственного кровообращения осуществляется на манекенах (Рис. 33А) и в условиях операционной (Рис. 33Б).

Подробно разбирается принцип модульности в аппарате ИК. Демонстрируются разные типы механического привода: центрифужные и роликовые аппарата ИК.

Осуществляется сборка контура аппарата ИК. Оценка правильности собранного контура контролируется по заполнению чек-листа, разработанного в ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России (Рис. 34).





А.



Б.

Рис. 33. Практические занятия с ИК на манекенах (А) и условиях операционных (Б), иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.


 <b>ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России</b>		
<b>ДОПЕРФУЗИОННЫЙ КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ № _____</b>		
Дата _____ время _____		
ФИО пациента _____	ИБ _____ КОД _____	
<small>Отметка о выполнении</small>		
<b>1. ПАЦИЕНТ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Подтверждение группы крови, резус фактора <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Эр. масса, СЭП в достаточном количестве <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Отсутствие / наличие антигематоцитотарных антител (подчеркнуть) <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>2. РАСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Визуальный осмотр произведен <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Герметичность упаковки проверена, компоненты системы без признаков повреждения <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Срок годности не истек <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>3. АИК</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Насос:</b></li> <li>Регулятор скорости потока исправен <input type="checkbox"/></li> <li>Направление вращения насосов проверено <input type="checkbox"/></li> <li>Ролики вращаются свободно <input type="checkbox"/></li> <li>Бращение головки насоса плавное и тихое <input type="checkbox"/></li> <li>Фиксаторы насосного сегмента магистралей исправны, закрыты <input type="checkbox"/></li> <li>Окклюзия насоса проверена <input type="checkbox"/></li> <li>Ручной привод насоса имеется, проверен <input type="checkbox"/></li> <li>▪ <b>Оксигенатор и кислородный резервуар:</b></li> <li>Герметичность оксигенатора проверена <input type="checkbox"/></li> <li>Запасочный объем введен, проверен <input type="checkbox"/></li> <li>Оксигенатор и кислородный резервуар зафиксированы <input type="checkbox"/></li> <li>Система доставки мед. газа с подключены к оксигенатору через фильтр <input type="checkbox"/></li> <li>Линия удаления газа подключена; отвод газа беспрепятственный <input type="checkbox"/></li> <li>Заглушка с клапана сброса отрицательного давления снята <input type="checkbox"/></li> <li>Вентиляционное отверстие кислородного резервуара открыто <input type="checkbox"/></li> <li>Соединения, насадки, краны / заглушки функционируют <input type="checkbox"/></li> <li>Теплообменник подключен, настроен, регулировка температуры исправна <input type="checkbox"/></li> <li>Магистраль без перегибов <input type="checkbox"/></li> <li>▪ <b>Электрика:</b></li> <li>Электрические кабели без признаков повреждения <input type="checkbox"/></li> <li>Питание от сети подключено <b>ИБ-Verte!</b> <input type="checkbox"/></li> <li>Заземление подключено <input type="checkbox"/></li> <li>АККУМУЛЯТОР заряжен <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Кардиология:</b></li> <li>Раствор проверен и готов <input type="checkbox"/></li> <li>Система доставки работоспособна, герметична <input type="checkbox"/></li> <li>Датчик давления откалиброван, работоспособен <input type="checkbox"/></li> <li>▪ <b>Медицинские газы:</b></li> <li>Регулятор газовой смеси подключен к консоли с O<sub>2</sub> и сжатым воздухом <input type="checkbox"/></li> <li>Регулятор газовой смеси исправен <input type="checkbox"/></li> <li>Шланги герметичны <input type="checkbox"/></li> <li>▪ <b>Мониторинг:</b></li> <li>Датчики температуры контура, пациента установлены, исправны <input type="checkbox"/></li> <li>Датчики давления откалиброваны, исправны <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>4. БЕЗОПАСНОСТЬ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Звуковая сигнализация включена и работает, тревоги настроены <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Воздух вытеснен из ЭКК, видных тумблер нет <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Датчик уровня надежно зафиксирован, подключен, исправен <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Датчик пузырей подключен, исправен <input type="checkbox"/></li> <li>▪ Артериальный фильтр используется, шунт закрыт <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>5. ТЕСТЫ ОСТАНОВКИ АРТЕРИАЛЬНОГО НАСОСА ПРОВЕДЕНЫ:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ превышение давления <input type="checkbox"/></li> <li>▪ датчик уровня <input type="checkbox"/></li> <li>▪ датчик пузырей <input type="checkbox"/></li> </ul>		
<b>6. АНТИКОАГУЛЯЦИЯ</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Гепарин введен в расчетной дозе <input type="checkbox"/></li> <li>▪ АСТ зафиксировано <input type="checkbox"/></li> </ul>		
*Дополнительные данные см. протокол перфузии		
Врач перфузиолог _____ Подпись _____		
<b>NR-Verte!</b>		

Рис. 34. Чек лист готовности аппарата ИК, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Далее осуществляется отработка практических навыков перфузии на манекене с целью создания эффекта реалистичности. Обучаемые осваивают работу на роликовом и

центрифужном типе механического привода: работа со скоростями, режимами перфузии, настройка тревог, оценка параметров монитора аппарата ИК, настройка окклюзионного давления насоса, калибровка датчика потока, калибровка датчика пузырей.

Также обучающимся демонстрируется мини-инвазивный контур аппарата ИК «МЕСС», проводится его сопоставление с традиционным контуром ИК (Рис. 35). Сравниваются особенности контуров для традиционного ИК и «МЕСС» систем (Рис. 36).

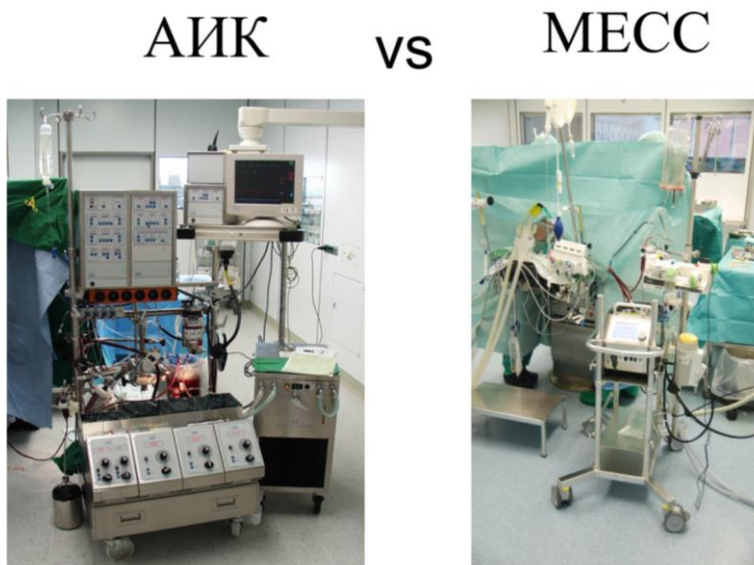


Рис. 36. Сопоставление аппаратов традиционного (А) ИК и «МЕСС» системы (Б), иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

**Conventional ECC vs. MECC/ECMO System**



ECC		MECC
<b>12 m<sup>2</sup></b>	surface area	<b>3 m<sup>2</sup></b>
<b>1.500 ml</b>	prime volume	<b>500 ml</b>
+	venous reservoir	-
+	cardiotomy suction	-
+	vent	+
+	heat exchanger	+
+	bubble trap	-
+	arterial filter	<b>optional</b>
<b>400 IU/kg</b>	heparin dosage	<b>150 IU/kg</b>
+	cell saver	+

А.

Б.

Рис. 36. Сопоставление контуров традиционного (А) ИК и «МЕСС» системы, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Практическое освоение аппаратов и принципа сборки контуров традиционного ИК, а мини-инвазивных систем «МЕСС» дает возможность подготовить врача к началу работы с аппаратами ЭКМО, в т.ч. в условиях осуществления медицинской эвакуации. В данном случае реализуется принцип этапного освоения учебного материала и формирования устойчивого практического навыка.

### **Раздел 3. Ультразвуковое исследование**

#### **Лекция 4. Ультразвуковое исследование (УЗИ) при проведении ЭКМО**

Основная литература:

1. УЗИ в отделении интенсивной терапии / К. Киллу, С. Далчевски, В. Коба ; пер. с англ. ; под ред. Р. Е. Лахина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 280 с. Haft J.W., Firmin R. Adult cardiac support. In: Annich G.M., Lynch W.R., MacLaren G., Wilson J.M., Bartlett R.H., editors. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th ed. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 323-330.
2. Brogan T. V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0
3. Guideline Extracorporeal Life Support Organization (ELSO): [сайт]. – USA. 2022 – URL: <https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx> (Дата обращения: 08.10.2023)

Учебные вопросы:

1. Физика ультразвука.
2. Навигация сосудистого доступа.
3. Протокол быстрой оценки ургентных состояний с помощью УЗИ (RUSH).
4. Фокусированная ЭХО-кардиография.

#### **Введение**

Современная подготовка специалистов, обеспечивающих проведение технологии ЭКМО, подразумевает владение методом ультразвуковой диагностики. УЗИ применяются на этапах: скрининговой оценки состояния пациента перед канюляцией, в момент постановки канюль при осуществлении так называемой навигации, в момент перфузии аппарата ЭКМО для оценки целого ряда физиологических параметров, сопряженных с системной гемодинамикой,

состоянием легких и полостей, оценки эффекта рециркуляции между канюлями при V-V ЭКМО, а также контроля гемостаза после деканюляции.

## 1. Физика ультразвука

Ультразвук — это термин, используемый для описания звука с частотами выше 20 000 герц (Гц), находящегося за пределами диапазона человеческого слуха. Частоты 1–30 мегагерц (МГц) типичны для ультразвуковой диагностики.

Диагностическая ультразвуковая визуализация зависит от компьютерного анализа отраженных ультразвуковых волн, которые неинвазивно создают точные изображения внутренних структур тела. Достижимое разрешение тем выше, чем короче длина волны, причем длина волны обратно пропорциональна частоте. Однако использование высоких частот ограничено их большим затуханием (потерей мощности сигнала) в тканях и, следовательно, меньшей глубиной проникновения. По этой причине для обследования разных частей тела используются разные диапазоны частот:

- 3–5 МГц для живота;
- 5–10 МГц для поверхностных частей тела;
- 7 МГц это линейные датчики для проведения манипуляции, используют чаще для навигации сосудов и нервов, обеспечивают лучшее разрешение поверхностных структур (Рис. 37).

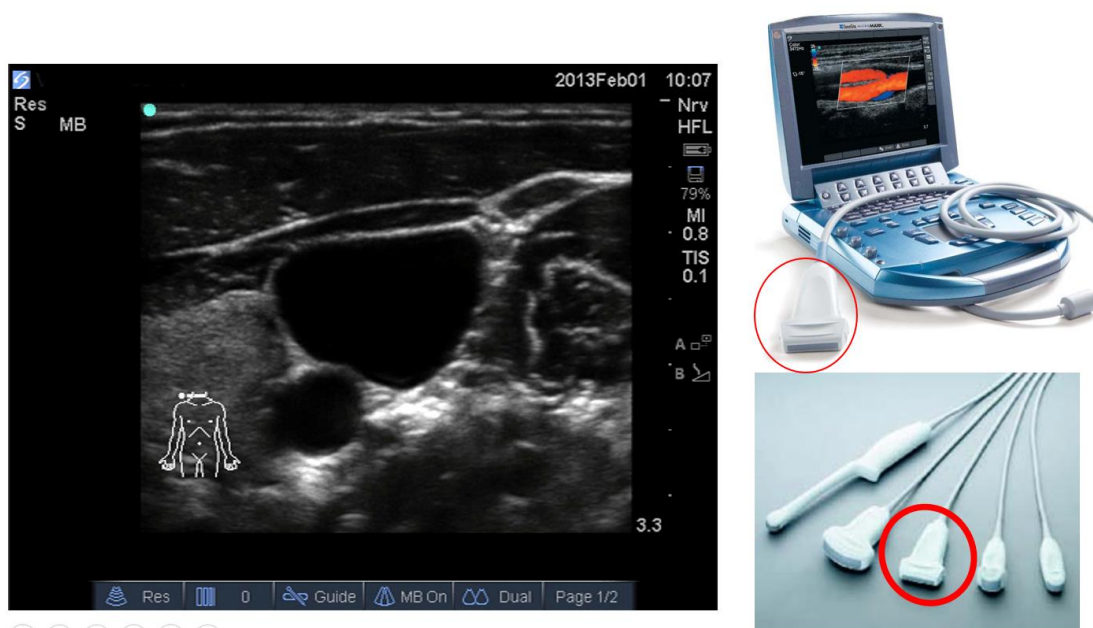


Рис. 37. Виды УЗИ датчиков (линейный), иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Звук – это вибрация, передаваемая через твердое тело, жидкость или газ в виде волн механического давления, несущих кинетическую энергию. Следовательно, для распространения этих волн должна присутствовать среда. Тип волн зависит от среды. Ультразвук распространяется в жидкости или газе в виде продольных волн, в которых частицы среды колеблются взад и вперед вдоль направления распространения, попеременно сжимая и разрежая вещество. В твердых телах, таких как кости, ультразвук может передаваться как в виде продольных, так и поперечных волн; в последнем случае частицы движутся перпендикулярно направлению распространения. Скорость звука зависит от плотности и сжимаемости среды. Например, в чистой воде она составляет 1492 м/с (20 °С).

Как и в воде, ультразвук распространяется в мягких тканях в виде продольных волн со средней скоростью около 1540 м/с (в жировой ткани – 1470 м/с, в мышцах – 1570 м/с).

Построение изображений с помощью ультразвука основано на измерении расстояний, которое опирается на эту почти постоянную скорость распространения.

Длина волны ультразвука влияет на разрешение получаемых изображений; чем выше частота, тем короче длина волны и тем лучше разрешение.

Границы тканей, включая поверхности органов и стенки сосудов, не являются гладкими, а воспринимаются ультразвуковым лучом как «шероховатые», т.е. имеются неровности в масштабе, близком к длине волны ультразвука.

В настоящее время наиболее часто применяемые режимы УЗИ это:

- М-режим или ТМ-режим (движение во времени) используется для анализа движущихся структур, таких как сердечные клапаны. Эхо-сигналы, генерируемые стационарным датчиком (одномерный В-режим), записываются непрерывно во времени.
- В-скан, двухмерный. Расположение множества (например, 256) одномерных линий в одной плоскости позволяет построить двухмерное (2D) ультразвуковое изображение (2D В-скан). Одиночные линии генерируются одна за другой с помощью (\*механических) движущихся(вращающихся или качающихся) преобразователей или электронных многоэлементных преобразователей.

## 2. Навигация сосудистого доступа

Ориентация датчика происходит относительно объекта по короткой оси (SAX) и по длинной оси (LAX) (Рис. 38).

Кроме того, важным моментом является сопоставление ориентации датчика относительно монитора. Принято ориентировать датчик так, чтобы правая половина экрана соответствовала правой стороне больного (ипсилатеральное), а левая половина экрана –

левой стороне больного. Это облегчает проведение манипуляций под прямым визуальным контролем.

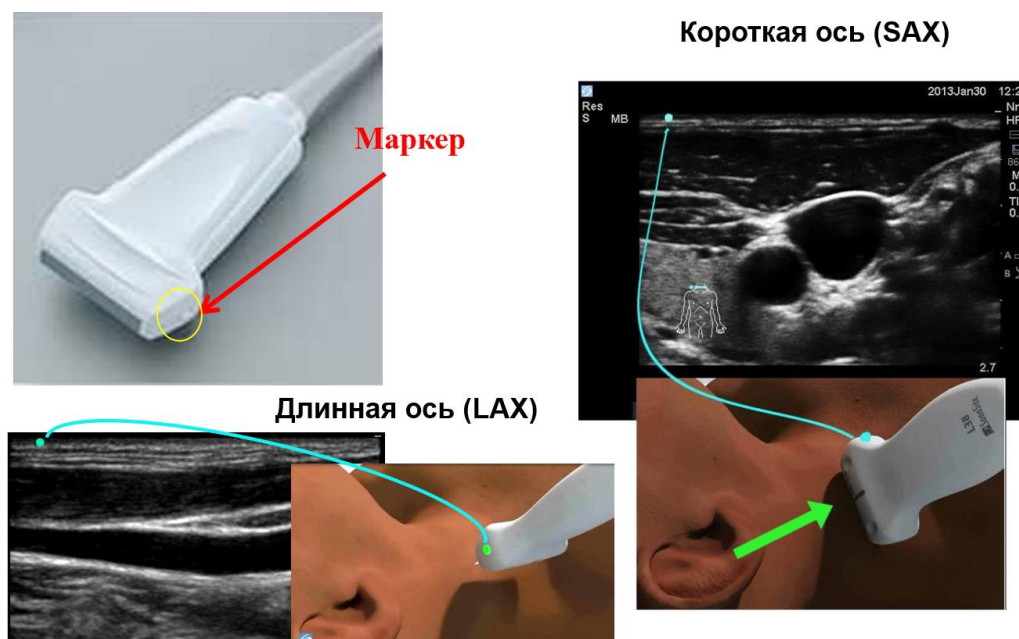


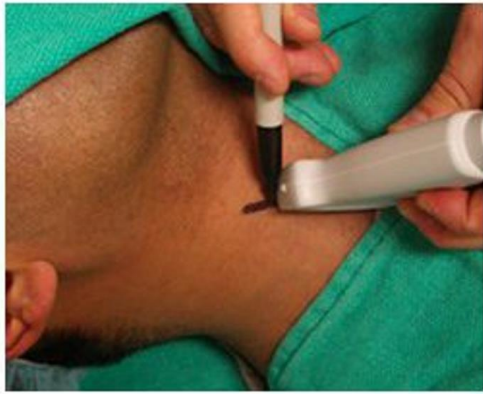
Рис. 37. Пространственная ориентация датчика УЗИ по оси, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

В некоторых случаях используется зеркальное отображение (контлатеральное) – правая половина экрана соответствует левой стороне больного, а левая половина экрана – правой стороне больного. Это затрудняет проведение манипуляций под прямым визуальным контролем.

При пункции можно использовать две техники: статической предварительной разметки (А) и динамической визуализации (Б) (Рис. 38). Причем второй вариант также можно применять с помощью ассистента, который держит датчик, освобождая руки для манипуляций непосредственно у оператора.

Визуализация сосудов может происходить в разных режимах. Для того, чтобы отличить вену от артерии прибегают к следующим приемам: анатомические ориентиры, вид сосуда, податливость, цветной Доплер (Рис. 38). Например, внутренняя яремная вена имеет эллиптическую форму, артерия круглая. Вена крупнее, имеет неправильную форму и при незначительном давлении датчиком легко сжимается.

Цвет не определяет венозную или артериальную кровь, а зависит от наклона датчика. Поток крови на датчик – красное картирование, поток крови от датчика – синее картирование, таким образом по направлению тока крови дифференцируется артерия или вена.



А.



Б.

Рис. 37. Статическая (А) и динамическая (Б) техники проведения манипуляций под контролем УЗИ навигации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

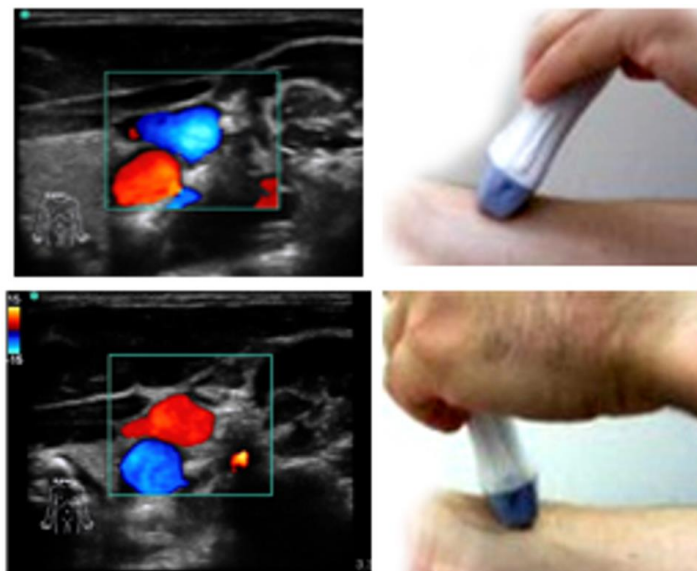


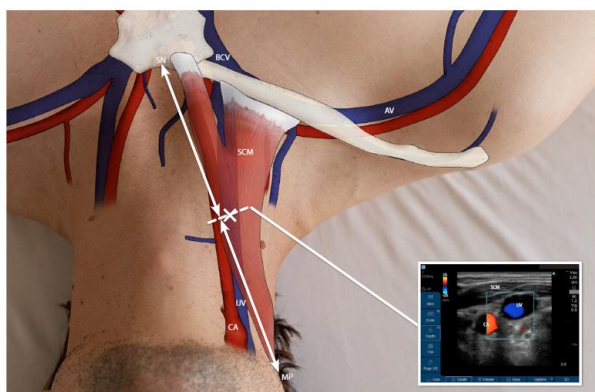
Рис. 38. Цветной Доплер для идентификации сосуда, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

При катетеризации *v. jugularis int.* следует избегать чрезмерного поворота головы, что затрудняет анатомической сопряжение сосудов и как следствие может снижать эффективность пункционной техники. Обратите внимание на анатомические вариации и частоту расположения сосудов артерия вена относительно друг друга на шее (Рис. 39).

Анатомия и УЗИ визуализация сосудов на бедре также имеет вариативность (Рис. 40).

Важным является условие выполнения сканирования от паховой связки до дистальной бифуркации общей бедренной артерии на глубокую обеих конечностей. Помимо представления о пространственной ориентации сосудов, также получаем информацию о их

размерности и возможного наличия атеросклеротических бляшек, патологической извитости или тромбов в просвете.



Gordon AC, Saliken JC, Johns D, Owen R, Gray R. US-guided puncture of the internal jugular vein: complications and anatomic considerations. J Vasc Interv Radiol 1998;9:333-8.

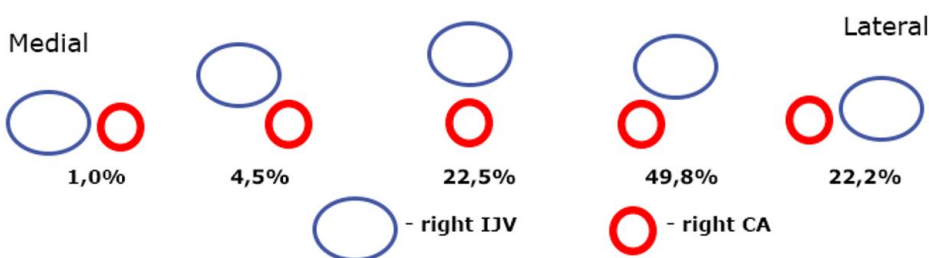
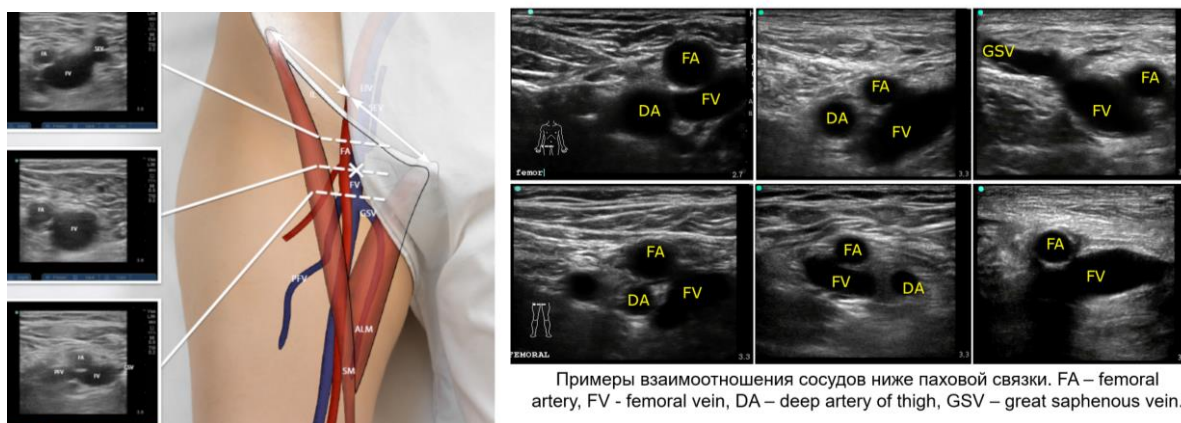


Рис. 39. Катетеризация v.jugularis int. dex., иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.



Примеры взаимоотношения сосудов ниже паховой связки. FA – femoral artery, FV - femoral vein, DA – deep artery of thigh, GSV – great saphenous vein.

Рис. 40. Катетеризация v./a. femoralis, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

### 3. Протокол быстрой оценки ургентных состояний с помощью УЗИ (RUSH, FAST)

Перед началом ЭКМО необходимо выполнить следующие действия:

- Оценить свободную жидкость в полости перикарда, плевры, брюшной полости и забрюшинного пространства;
- Оценить преднагрузку по наполнению камер сердца и нижней полой вены;



- Оценить функцию левого и правого желудочка (определение сердечного выброса полезно для последующего прогнозирования скорости потока ЭКМО);
- Исключить тяжелую аортальную недостаточность 3-4 ст., что является противопоказанием при вено-артериальной ЭКМО;
- Выявить возможные признаки ТЭЛА, ОИМ, аномалии, клапанной патологии;
- Оценить размер сосудов билатерально и канюль с помощью номограмм;
- Исключить тромбоз глубоких вен, сосудистые пороки развития и анатомические изменения;
- Оценить объем и характера поражения легких.

Большинство этих действий можно описать алгоритмом быстрого выполнения ультразвукового исследования при шоке RUSH (Рис. 41), который разбивают на три этапа во времени, первый делается обязательно, последующие отсрочено или если есть время и жизни пациента в моменте ничего не угрожает. Кроме того оценивают три блока: наличие жидкости в полостях, делается это для дифференцировки последующих потенциальных осложнений от манипуляций, сопряженных с постановкой канюль для проведения ЭКМО (кровотечения при диссекциях сосудов); объем заполнения сосудистого русла и полостей сердца; насосная функция левого желудочка как элемент фокусированной эхокардиографии (см. ниже).

## the RUSH exam (Rapid Ultrasound in SHock)



RUSH протокол	1 этап	2 этап	3 этап
<b>Сердце</b>	Перикардиальный выпот: а) наличие выпота? б) признаки тампонады? Диастолический коллапс правого желудочка +/- правого предсердия?	Сократимость левого желудочка: а) гипердинамическая? б) нормальная? в) Снижена?	Растяжение правого желудочка: А) увеличение размера? Б) смещение перегородки справа налево?
<b>Объем</b>	Объем: 1. НПВ а) увеличение размера /снижение спадания на вдохе- высокое ЦВД б) маленький размер/большое спадание на вдохе- низкое ЦВД 2. ВЯВ – а) увеличенная или спавшаяся	Потеря объема 1) E-FAST обследование: а) свободная жидкость в животе/ тазу? б) свободная жидкость в грудной полости? 2) Отек легких: В-линии?	Объем без изменений Напряженный пневмоторакс?: а) отсутствие скольжения легкого? б) отсутствие В-линий?
<b>Сосуды</b>	Аневризма брюшного отдела аорты Брюшная аорта >3 см.	Грудной аорты аневризма/расслоение: а) корень аорты> 3.8 см. б) расслоение интимы в) грудная аорта> 5 см.	1) тромбоз бедренной вены? Несжимаемость сосуда? 2) тромбоз подколенной вены? Несжимаемость сосуда?

Рис. 40. «RUSH» протокол при УЗИ, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Кроме того выше описанный протокол, может дополняться дополнительным выполнением протоколов «FAST» и «BLUE», с помощью которых производят оценку состояния легких.

#### 4. Фокусированная ЭХО-кардиография

С помощью метода фокусированной эхо-кардиографии проводят скрининговую оценку волемической преднагрузки, контрактильности камер сердца, позиционирование канюль относительно камер сердца, верхней и нижней полых вен, возможное формирование признаков спонтанного эхоконтрастирования полостей сердца, что может быть ранним признаком потенциального тромбоза камер и следующей стадии их тампонады. Для этого применяют пять классических точек визуализации (Рис. 41). Данный этап исследования выполняют с использованием специально предназначенного для эхо-кардиографии датчика и выбора программного меню в настройках аппарата УЗИ.



Рис. 41. Фокусированная ЭХО-кардиография, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Первая позиция SLAX «субксифоидальная», положение датчика под мечевидным отростком. Направление сканирования – на левое плечо. Направление маркера датчика – на левую сторону. При субксифоидальном расположении датчика печень используется в качестве акустического окна, через которое визуализируется сердце.

Перикардальная жидкость толщиной полосы до 5 мм может иметь физиологическое происхождение. Умеренный выпот верифицируют как эхонегативное перикардальное

пространство (спереди и сзади) от 10 до 20 мм во время диастолы, а большой выпот — как наличие эхонегативного пространства более 20 мм.

Следующая, вторая позиция SIVC «субкостальная» используется для оценки состояния нижней полой вены и печеночной вены. Кроме того, из этой позиции визуализируется правое предсердие и уровень диафрагмы в качестве анатомических ориентиров для позиционирования дистального конца венозной (заборной) канюли, проведенной через бедренную вену.

Наиболее информативной позицией для оценки функции сердца и состояния аортального клапана может быть третья точка PLAX «парастеральная по длинной оси» (А), поворот датчика на 90 С проецирует следящую четвертую позицию PSAX «парастеральная по короткой оси» (Б) (Рис. 42). В этих позициях аортальный клапан можно вывести по длинной и короткой оси, оценив его функциональное состояние, кроме того, сделать замер в М – режиме, применяя SVI, ударного объема левого желудочка и сердечного выброса.

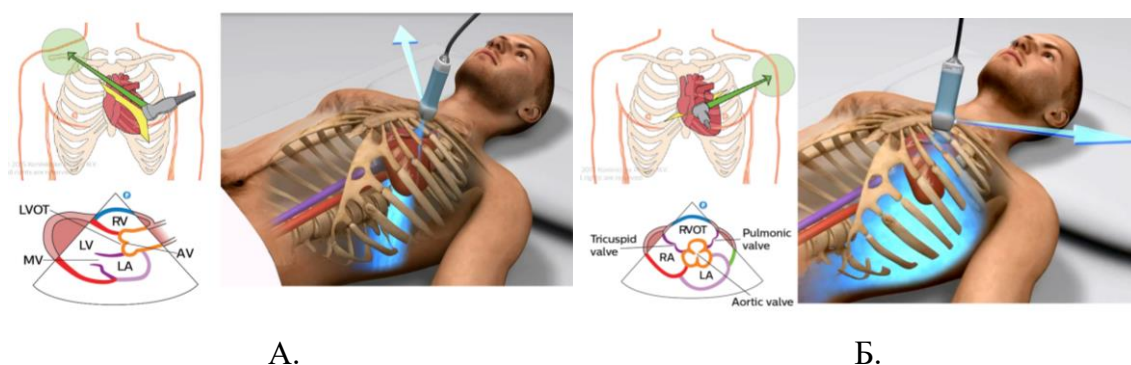


Рис. 42. Парастеральная позиция датчика по короткой и длинной оси, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Заключительная, пятая позиция датчика при фокусированной эхо-кардиографии А2СН/А4СН «верхушечная» позволяет вывести двух или четырех камерную позицию для оценки ударного объема камер, их наполнения и состояния митрального и трикуспидального клапанов.

Применение УЗИ на всех этапах: подготовки, подключения и отключения ЭКМО, – позволяет иметь дополнительные объективные данные анатомии и физиологии сердечно-сосудистой и дыхательной систем, что позволяет эффективно осуществлять проведение экстракорпоральной поддержки жизни и уменьшить количество потенциальных осложнений.

### Модуль 3. УЗИ

Учебные вопросы:

1. Практическое ознакомление с аппаратами УЗИ;
2. Техника ультразвуковой навигации при пункции сосудов на манекенах;
3. Техника проведения RUSH и FAST протоколов на биологической модели.

Практическое ознакомление с аппаратом УЗИ включает в себя компетенции: выбора оптимального датчика (линейный, конвексный, фокусированный для ЭХО-КГ), отвечающего задачам исследования, умения переключения через навигационное меню аппарата УЗИ при необходимости их замены.



Рис. 43. Станция для формирования навыка работы с аппаратом УЗИ на манекенах, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Далее следует этап отработки основных навыков работы в навигационном меню аппарата УЗИ с помощью опциональной клавиатуры (Фокус, Зум, Контрастность, Глубина, Трекбол, Фриз, Режим, Доплер и др.).

Формирования навыка пункции сосудов на манекенах с помощью УЗИ навигации происходит в несколько этапов:

- Первый этап на «бокс-фантоме», LAX / SAX оси сопровождение иглы, проводника, дилататора и катетера (Рис. 44);

- Второй этап на «тело-фантоме», сопровождение иглы, проводника, дилататоров с увеличением размерности и канюли для ЭКМО (Рис. 45).



Рис. 44. Станция «бокс-фантом» для формирования пункционного навыка с помощью УЗИ навигации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.



Рис. 45. Станция «тело-фантом», для формирования навыка канюляции при ЭКМО с помощью УЗИ навигации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Завершающим этапом модуля «УЗИ» является станция «биологическая модель для отработки диагностических УЗИ протоколов» (Рис. 46). Обучающимся демонстрируются на практике протоколы «RUSH» и «FAST» для формирования устойчивого навыка диагностической оценки:

- Наличия жидкости в полостях;
- Волемиической преднагрузки;
- Сократимости камер сердца;
- Анатомии и состояния крупных сосудов;
- Состояния легких;
- Позиционирования канюль.



Рис. 46. Станция «биологическая модель для отработки диагностических УЗИ протоколов», иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Все вышеперечисленные навыки оценки сопрягаются с этапом ЭКМО (до, вовремя, после), что важно для контроля инвазивной технологии экстракорпоральной поддержки жизни и уменьшения ее потенциальных рисков.

## **Раздел 4. Экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО)**

### **Лекция 5. ЭКМО, определение, история, методика**

Основная литература:

1. Готье С.В., Попцов В.Н., Спирина Е.А. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в кардиохирургии и трансплантологии / Федеральный науч. центр трансплантологии им. акад. В. И. Шумакова. – Москва : Триада, 2013. – 271 с.; ISBN 978-5-94789-614-5
2. Brogan T.V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0
3. Guideline Extracorporeal Life Support Organization (ELSO): [сайт]. – USA. 2022 – URL: <https://www.elseo.org/Resources/Guidelines.aspx> (Дата обращения: 08.10.2023)
4. Vuylsteke A., Brodie D., Combes A., Fowles J.A., Peek G. ECMO in the Adult Patient / London: Cambridge University Press is part of the University of Cambridge, 2017. – 228 p.; ISBN 978-1-107-68124-8

Учебные вопросы:

1. Определение технологии ЭКМО, история развития метода.
2. Физиология метода, классификации схем применения технологии ЭКМО.
3. Нозологии, при которых может применяться технология ЭКМО.
4. Показания и противопоказания международных рекомендаций на основе международного регистра ELSO.
5. Виды канюль для ИК и ЭКМО. Пункционная и хирургическая техника канюляции. Особенности канюляции у детей и взрослых.

### Введение

Технология экстракорпоральной поддержки жизни на современном этапе развития медицины позволяет эффективно преодолевать жизнеугрожающую, сердечную и дыхательную недостаточность, состояния, которые по тяжести еще совсем недавно считались для врачей практически инокурабельными. Столь эффективный метод замещения насосной функции сердца и газообменной легких требует высокого уровня компетенций от врачей. В лекциях данного раздела будут представлены основы метода и потенциальные ниши его применения в условиях специализированной скорой медицинской и стационарной помощи.

#### 1. Определение технологии ЭКМО, история развития метода

ЭКМО (ECMO) или ЭКПЖ (ECLS) – использование механических устройств для временной (от нескольких дней до нескольких месяцев) поддержки функции сердца и/или легких (полностью или частично) при сердечно-легочной недостаточности, которое ведет к восстановлению функции органа или его замещению. Это наиболее точное определение технологии ЭКМО (ELSO Guidelines Version 1.1 April 2009), где акцент делается на продолжительности, сопряженной с течением дыхательной и/или сердечной недостаточности.

Исторически успешное применение технологии ЭКМО в клинике у пациентов с дыхательной недостаточностью связано с именем Дональда Хила, 1971 г. Он впервые применил эту технологию у пациента с дорожной политравмой и развившейся жизнеугрожающей жировой эмболией легких (Рис.47). Обратите внимание на размеры

оксигенатора, основной части контура ЭКМО в 70-ых годах прошлого века, современные модели уместаются в ладонях.

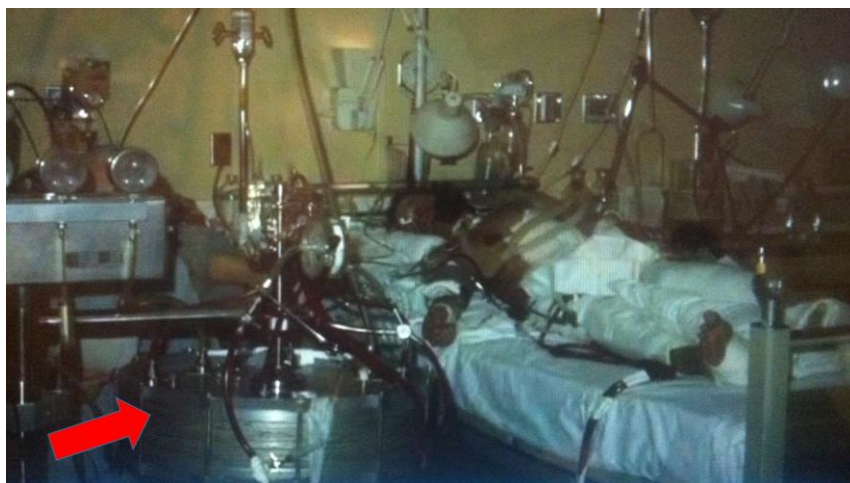


Рис. 47. Первое успешное применение ЭКМО при дыхательной недостаточности, иллюстрация J.D. Hill, 1971 г.

Первое успешное применение ЭКМО у новорожденных при аспирации меконием и последующего развития ОДН сопряжено с именем Роберта Бартлета, Калифорнийский Университет Соединенных Штатов, 1975 г. (Рис. 48).

- **1975 – Robert Bartlett**
- University of California
- новорожденная с аспирацией мекония
- ВА ЭКМО – **72 часа**
- полное выздоровление



Рис. 48. Первое успешное применение ЭКМО при дыхательной недостаточности, иллюстрация R. Bartlett, 1975 г.

## 2. Физиология метода, классификации схем применения технологии ЭКМО

Легкие, кровь, сердечно-сосудистая система и митохондрии клеток –являются единой системой, доминантной задачей которой является получение энергии путем окислительного



фосфорилирования в присутствии кислорода. Понять это можно через осмысление закона Фика (Рис. 49).

Через альвеоло-капиллярную мембрану в среднем в минуту поступает 120мл кислорода на метр квадратный поверхности тела. Зная производительность сердца, в среднем это порядка 3л в минуту на метр квадратный поверхности тела и уровень кислородной емкости артериальной крови при нормальных значениях оксигемоглобина, это порядка 200мл кислорода на литр крови, не трудно посчитать сколько же составляет доставка кислорода  $DO_2$  к тканям в минуту на метр квадратный поверхности тела, это порядка 600 мл. Потребление кислорода тканями  $VO_2$  на уровне основного обмена в среднем составляет порядка 120 мл в минуту на метр квадратный поверхности тела. Это составляет одну пятую от его доставки  $VO_2/DO_2 = 1/5$ . Закон или принцип Фика гласит, что в минуту через альвеоло-капиллярную мембрану поступает ровно столько кислорода, сколько его утилизируется в тканях. Т.о., если кол-во поглощённого кислорода  $1/5$  или 20% отнять от общего кол-ва доставленного к тканям, преимущественно за счет связанного с гемоглобина кислорода  $SaO_2$ , получится  $4/5$  или 80% связанного с кислородом к общему кол-ву гемоглобина, т.е. нормальный уровень общей венозной сатурации  $SvO_2$ .

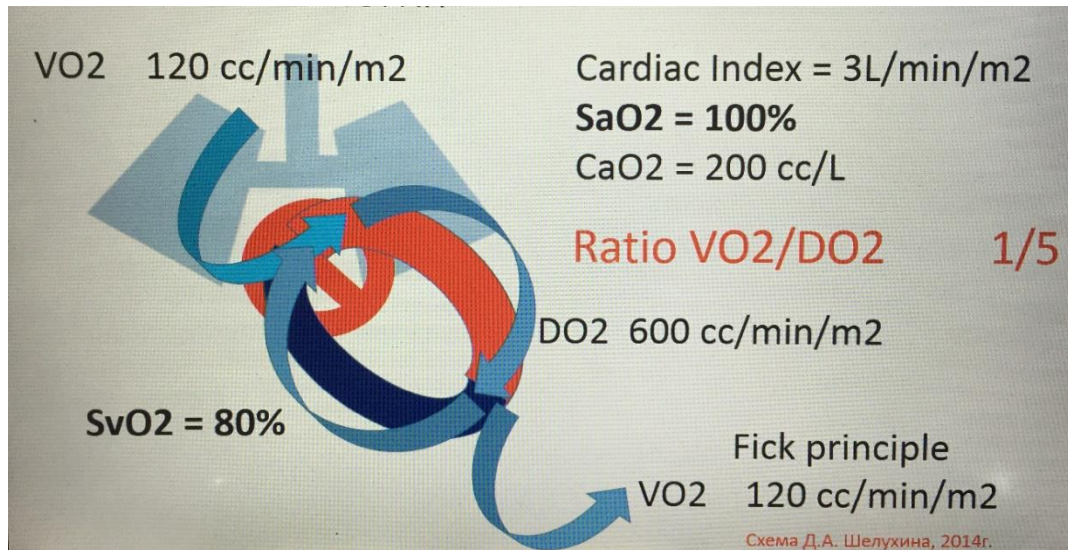


Рис. 49. Схема технологии ЭКМО (принцип Фика), иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Для анестезиолога это один из главных показателей кислородной безопасности организма, имеющий гораздо большее значение, нежели привычная всем капиллярная сатурация  $SpO_2$ , которую мы определяем на пальце с помощью пульсоксиметра. Уменьшение этого показателя гораздо раньше нам сообщит об увеличившейся экстракции кислорода, например при критическом снижении гемоглобина, сопряженным с

геморрагическим шоком. И очевидным становится такой факт, что пациент с уровнем гемоглобина 150г/л при SpO<sub>2</sub> 75% имеет больший кислородный резерв по сравнению с пациентом уровень гемоглобина которого 70г/л при SpO<sub>2</sub> 92% (Рис. 50). Что произойдет если уровень экстракции кислорода увеличится или уровень доставки снизится – поменяется соотношение доставка потребление, а стало быть, и уровень системной венозной сатурации. Например, при изменении этого соотношения до уровня VO<sub>2</sub>/DO<sub>2</sub> = 1/2, уровень системной венозной сатурации снизится до SvO<sub>2</sub> = 50%. Этот уровень венозной сатурации может быть уже показанием для начала ЭКМО терапии, если жесткие режимы традиционной респираторной терапии становятся бессильны.

Какие же могут быть показания к проведению ЭКМО терапии с точки зрения кислородной безопасности?

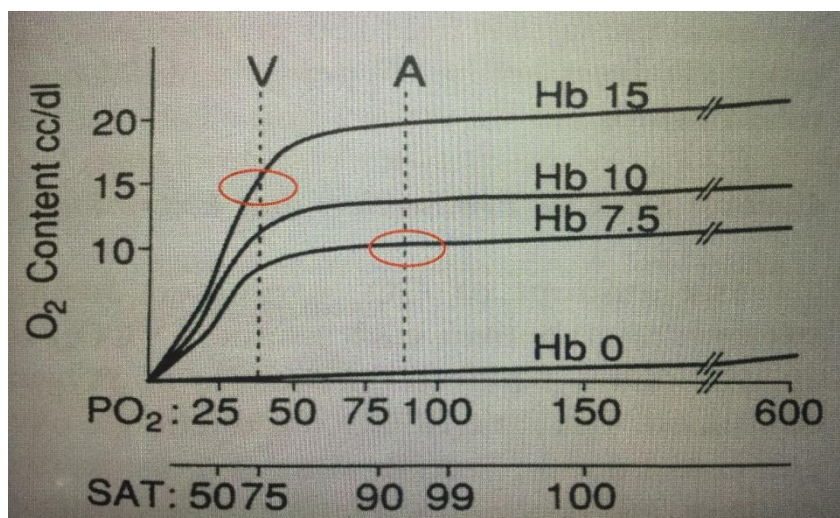


Рис. 50. Уровень кислородной емкости крови пациента с разным уровнем гемоглобина и сатурации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Это могут быть следующие критерии:

- Индекс оксигенации  $PO_2/FiO_2 < 80$  при 100% O<sub>2</sub> в подаваемой газотоке аппарата ИВЛ на фоне жестких и неэффективных режимах вентиляции;
- Резистентная к ИВЛ тяжелая гиперкапния PaCO<sub>2</sub> > 60 мм.рт.ст.
- Сердечный индекс I CO < 2.2 л/мин/м<sup>2</sup> при декомпенсированном лактат-ацидозе на фоне нарастающих и неэффективных дозировок катехоламинов или внутри-аортальной баллонной контрпульсации (ВАБК).

Давайте рассмотрим основные части контура ЭКМО. Забор крови из сердечно-сосудистого русла осуществляется из крупного сосуда или из сердца, далее «центрифужная

головка» – мотор, обеспечивающий перфузию, нагнетает кровь с определенной производительностью, которую задает «контрольная панель», где так же можно контролировать целый ряд параметров, включая в режиме on-line такие показатели как Ht, Hb, t крови. Далее «газовый миксер», подающий кислородно-воздушную смесь с определенной скоростью в «оксигенатор» – искусственное легкое, где происходит насыщение крови кислородом и удаление углекислого газа. После чего кровь через крупный сосуд или сердце возвращается в сердечно-сосудистое русло (Рис. 51).

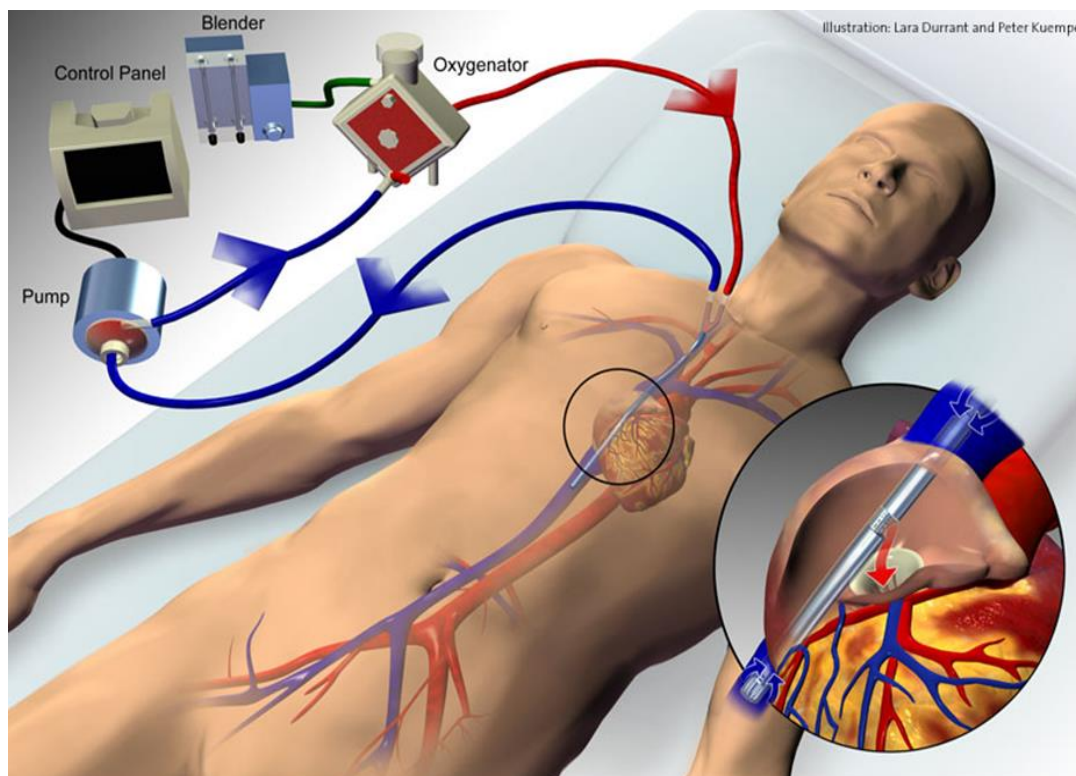


Рис. 51. Составные части контура ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Схема подключения контура подразумевает:

- Полное искусственное кровообращение (ИК), чаще применяется во время операций на сердце;
- Частичное или параллельное ИК;
- Без ИК, экстракорпоральная перфузия крови с целью коррекции газообмена при стабильной гемодинамике, чаще в палатах реанимации.
- Регионарное изолированное ИК в режиме асистолии донора, применяется для кондиционирования донорских органов перед их изъятием с целью последующей трансплантации.

В зависимости от задач, которые стоят выделяют две основные схемы подключения:

- Вено-венозной, применяется при дыхательной недостаточности, связанной с гипоксией или гиперкапнией;
- Вено-артериальная, применяется при сердечной или сердечно-легочной недостаточности (Рис. 52).

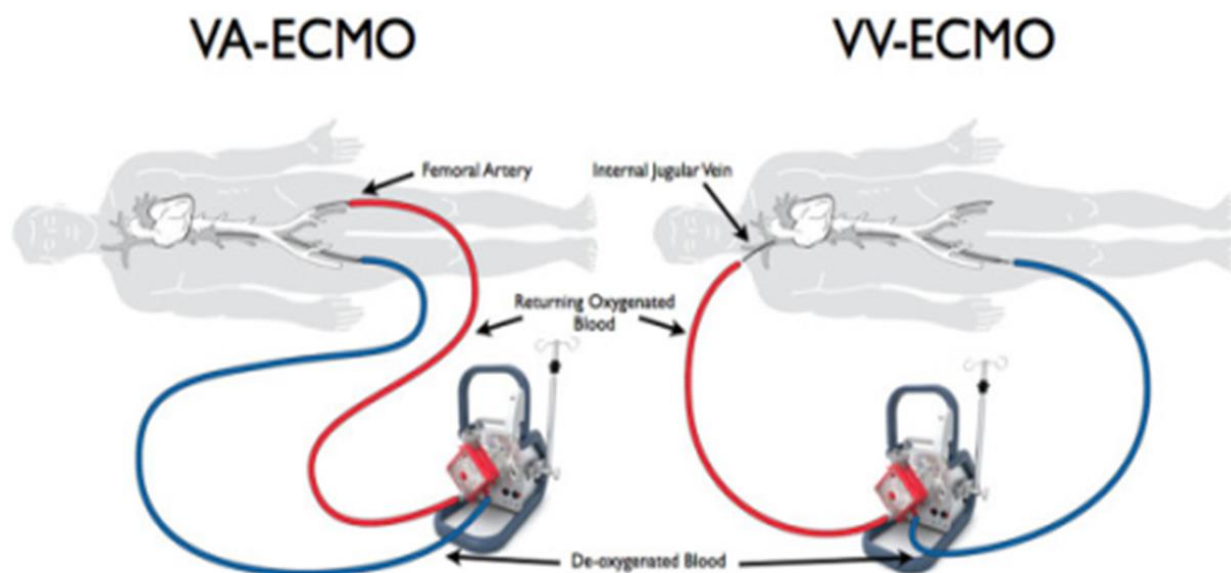


Рис. 51. Схема подключения ЭКМО VV и VA, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Так же выделяют центральное (происходит в условиях операционной) и периферическое (может осуществляться в любом месте, в т.ч. за пределами стационара) подключение. В последнем случае при выполнении врачами анестезиологами-реаниматологами или скорой помощи применяется пункционная постановка канюль в крупные сосуды по методу Сельдингера.

### 3. Нозологии, при которых может применяться технология ЭКМО

Выделяют две большие нозологические группы, первая – сопряжена с острой дыхательной недостаточностью, вторая – с сердечной недостаточностью. В генезе ОДН могут быть следующие состояния:

- Пневмония разной этиологии;
- Острая декомпенсация хронической обструктивной болезни легких;
- Синдром острого повреждения легких;
- Респираторный дистресс синдром легких;

- Врожденная дисплазия легких;
- Декомпенсированная хроническая дыхательная недостаточность, подлежащая трансплантации легких через лист ожидания;
- Мост к любому другому разумному решению.

До 15% политравм сопровождается развитием вторичного респираторного дистресс синдрома легких. Пациенты с ожоговой болезнью, особенно в сочетании с термоингаляционной травмой, в 40% случаев так же переносят респираторный дистресс синдром. Самая частая причина смерти в отделениях реанимации сопряжена с развитием тромб-эмболии легочной артерии (ТЭЛА), при этом развивается клиника острой дыхательной и в ряде случаев в сочетании с острой недостаточностью кровообращения (ОНК), второй большой нозологической группой. В генезе ОНК могут быть следующие состояния:

- Синдром малого сердечного выброса;
- Циркуляторный шок;
- ТЭЛА;
- Мост к имплантации желудочковых вспомогательных устройств кровообращения, например системы VAD;
- Мост к трансплантации сердца через лист ожидания

Традиционная терапия с использованием больших доз катехоламинов или внутриаортальной баллонной контрпульсации может быть безуспешна при вышеперечисленных состояниях, на помощь в этих случаях приходит технология ЭКМО терапии. Применение этой технологии возможно в плановом порядке во время операций на сердце в условиях искусственного кровообращения, так называемые минимизированный или миниинвазивный экстракорпоральный контур МЕСС или МiЕСС это синонимы. Использование ЭКМО при сердечной недостаточности может быть сопряжено с перегрузкой левого желудочка, что потребует создания дополнительных условий его разгрузки с помощью все той же технологии.

Может возникнуть вопрос, где же точка приложения для врачей скорой помощи. Одним из перспективных активно развивающихся направлений использования этой технологии является – «экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация ЭСЛР или ЕСРР», это новый термин, появившейся в литературе, на сегодняшний день ЭСЛР приравнивается к наиболее эффективной технологии проведения сердечно-легочной реанимации (СЛР). Порой тяжесть состояния пациента не позволяет его перевести в

специализированное учреждение, где ему смогут оказать высокотехнологичную медицинскую помощь. В этих случаях врачи скорой помощи применяют ЭКМО технологию на базе сторонних учреждений, которая позволяет стабилизировать пациента и в последующем осуществить транспортировку.

#### 4. Показания и противопоказания международных рекомендаций на основе международного регистра ELSO

Помимо озвученных показаний, конечно же у любой методики есть и свои противопоказания, они чаще основываются на базе накопленного практического опыта, отраженного в международном регистре и рекомендациях. К противопоказаниям можно отнести следующие состояния:

Оценка возможности применения этой технологии или противопоказания можно определить следующие:

- Черепно-мозговая травма и острые нарушения мозгового кровообращения;
- Онкозаболевание (скорее относительное, если речь не идет о далеко зашедших стадиях злокачественных процессов);
- Абсолютная лейкопения ( $WBC < 1.5 * 10^9/л$ );
- Выраженная тромбоцитопения ( $PLT < 50 * 10^9/л$ );
- Возраст (на сегодняшний день это 75 лет), этот возрастной критерий тоже относителен и является результатом ретроспективной оценки выживаемости пациентов, например пять лет назад этот показатель был 70 лет;
- Респираторная терапия в жестких режимах вентиляции более 7 дней или на 100% кислороде более 2 дней, что сопряжено с развитием необратимых изменений по типу пневмофиброза, опять же определено статистикой и может трактоваться, скорее как относительное противопоказание.

У детей к противопоказаниям так же можно отнести:

- Врожденные генетические аномалии по типу трисомии 13, 18 хромосом, но не 21 (синдром Дауна);
- Вес менее 2 кг;
- Возраст гистации менее 34 недель;
- Респираторная терапия более 10-14 суток.

## 5. Виды канюль для ИК и ЭКМО. Пункционная и хирургическая техника канюляции.

### Особенности канюляции у детей и взрослых

Канюли, которые применяют для ИК и ЭКМО прежде всего отличаются между собой по качеству покрытия, которое выстилает их изнутри. Как правило канюли, предназначенные для длительных сроков инвазии, более 6 часов, имеют специальное покрытие: гепарин-альбуминовое или фосфорилхолиновое. Они также имеют функциональные отличия, предназначенные для возврата крови, чаще это артериальные (Рис. 52А) и для забора крови – венозные (Рис. 52Б).



А.

Б.

Рис. 52. Канюли для ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Канюли могут быть однопросветные и двухпросветные (Рис. 53А), причем через двухпросветные можно осуществлять исключительно забор крови с подключением к венозной магистрали двух ее портов, так и одномоментный забор и возврат крови, что используется при вено-венозном ЭКМО.

Канюли также отличаются по размерности, что сопряжено с возрастом и конституциональными особенностями пациентов. Особенностью детского возраста является лучшая развитость сосудов шеи по отношению к нижним конечностям, что определяет приоритет их канюляции при массе пациентов менее 20 кг. (Рис. 53Б).

По технике постановке канюль можно выделить: пункционную технику по методу Сельдингера, применяется под ультразвуковым контролем, и хирургическую, при которой рассекаются поверхностные ткани с выделением сосудов для визуального контроля последующей канюляции. Хирургический метод чаще ассоциирован с геморрагическими и

инфекционными осложнениями. Чтобы этого избежать, необходим тщательный гемостаз, желательно с применением сочетания шовной и электрохирургической техник контроля.



А.



Б.

Рис. 53. Канюли детские для ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Важно помнить о необходимости рутинной проверки состояния канюль методом УЗИ и визуального контроля с целью предотвращения ситуаций, сопряженных с их тромбозом, дислокацией, а также потенциального повреждения, что может привести к фатальному кровотечению, тромботической или воздушной эмболии (Рис. 54).



Рис. 53. Осложнения связанные с канюлями ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.



## Лекция 6. ЭКМО технология в условиях скорой помощи

### Основная литература:

1. Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Рыбников В.Ю., Чернов К.А. Медицина катастроф: метаанализ научных статей и диссертаций по специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (2005-2017 гг.): монография / ВЦЭРМ. СПб. : Политехника-принт, 2019. 293 с.

2. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Якиревич И.А., Попов А.С. Аэромобильный госпиталь МЧС России: задачи, основные подразделения, оснащение, варианты развертывания при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 3. С. 05–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-05-17.

3. Баранова Н. Н., Гончаров С. Ф. Современное состояние проблемы организации и проведения медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Медицина катастроф. – 2020. – № 4(112). – С. 57-65. – DOI 10.33266/2070-1004-2020-4-57-65.

4. Переведенцев А.В. Международный опыт организации оказания экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе / А.В. Переведенцев, В.Ю. Рыбников, М.В. Санников; Всероссийский центр экстрен. И рад. Медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. – СПб. 2012. – 68 с.

5. Haft J.W., Firmin R. Adult cardiac support. In: Annich G.M., Lynch W.R., MacLaren G., Wilson J.M., Bartlett R.H., editors. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th ed. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 323-330.

6. Guideline Extracorporeal Life Support Organization (ELSO): [сайт]. – USA. 2022 – URL: <https://www.elseo.org/Resources/Guidelines.aspx> (Дата обращения: 08.10.2023)

7. Brogan T. V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0

### Учебные вопросы:

1. История развития транспортной ЭКМО.
2. Особенности авиамедицинской эвакуации пациентов в условиях ЭКМО.
3. Возможности портативных лабораторных комплексов.
4. Экстракорпоральная гемосорбция в условиях транспортного ЭКМО.
5. Применением транспортных медицинских модулей в сочетании с ЭКМО, в т.ч. с учетом пациентов с особо опасными инфекциями.

## Введение

Метод транспортного ЭКМО основывается на базовых принципах искусственного кровообращения, и применяется при выполнении специализированной высокотехнологичной медицинской эвакуации пациентов, ранее считавшихся по всем канонам экстренной медицинской помощи «нетранспортабельными». МЧС первым в нашей стране реализовал на практике концепцию транспортного ЭКМО, в т.ч. в условиях санавиации. Это позволило осуществить транспортировку и спасти крайне тяжелых пациентов на базе стационаров более высокого уровня, оказывающих высокотехнологичную медицинскую помощь.

### 1. История развития транспортной ЭКМО

Первые публикации применения транспортной ЭКМО связаны с именем ранее упоминавшегося Роберта Бартлета, США, середина 80-ых годов прошлого века. Первый успешный опыт применения технологии в условиях санавиации состоялся в 2006 г. на базе Университетской Клиники города Регенсбург, Германия (Рис. 54).



Рис. 54. Первый успешный опыт применения транспортного ЭКМО в условиях санавиации, г. Регенсбург, Германия, иллюстрация А. Philipp, 2006 г.

Один из крупнейших центров по лечению пациентов с помощью этой технологии в Европе. Обратите внимание на размеры современных аппаратов ЭКМО.

Первая успешная медицинская эвакуация с помощью санавиации на дальнее расстояние в условиях ЭКМО терапии в России состоялась в Январе 2015 г. при участии

МЧС и ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова; пациент с острой дыхательной недостаточностью (Рис. 55).



Рис. 55. Первое транспортное ЭКМО у пациента с ОДН на дальнее расстояние с помощью санавиации, Санкт-Петербург, Россия, иллюстрация Шелухин Д.А., 2015 г.

История развития безусловно сопряжена с эволюцией технологии ЭКМО, которая идет по пути уменьшения размеров оборудования и составных частей контура. Современные материалы это продукт нано-технологий; оксигенаторы малых размеров, с антикоагулянтным покрытием и возможностью длительных сроков эксплуатации.

## 2. Особенности авиамедицинской эвакуации пациентов в условиях ЭКМО

ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России первым в стране успешно применило ЭКМО технологию во время оказания высокотехнологичной неотложной помощи пациенту с тяжелой острой дыхательной недостаточностью на дальнее расстояние с применением санавиации. По сути дела, это применение искусственного кровообращения в условиях скорой помощи. Конечно, этому предшествовал определенный этап накопления опыта, в т.ч., при оказании помощи на базе сторонних учреждений.

Разрешите представить вашему вниманию клиническое наблюдение. В январе 2015г. пациент, мужчина, 19 лет заболел остро респираторно-вирусной инфекцией с развитием тяжелой, жизнеугрожающей двухсторонней пневмонии. До момента подключения ЭКМО находился на ИВЛ около 4-х суток в крайне жестких режимах вентиляции (Preak +30 см.водн.ст., РЕЕР +16 см.водн.ст.), последние 48 часов на 100% подаче O<sub>2</sub> в газотоке

аппарата ИВЛ. На момент первичного осмотра специализированной бригадой скорой помощи отмечались следующие параметры: SpO<sub>2</sub> 78%, PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 60, SvO<sub>2</sub> 20% на фоне компенсированных показателей системной гемодинамики. В условиях реанимации ЦРБ была выполнена канюляция v.jugularis int.dex. и v.femoralis dex. по Сельдингеру под контролем УЗИ навигации. В данном случае использовали схему Вено-Венозного периферического пункционного подключения. Далее пациент с производительностью аппарата ЭКМО 4-5л/мин был транспортирован в специализированный стационар на фоне стабильных удовлетворительных показателей газообмена: SpO<sub>2</sub> 94%, PO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> 220, SvO<sub>2</sub> 70%. Авиационная эвакуация проходила в два этапа:

Первый – 150 км вертолетом МИ-26 (Рис. 56) полетное время 50 мин,

Второй – 2500 км самолетом АН-148 (Рис. 57) полетное время 2 ч 40 мин.



Рис. 56. Погрузка реанимобиля с пациентом в вертолет МИ-26 на первом этапе авиационной эвакуации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2015 г.

На всех этапах эвакуации осуществлялся полноценный мониторинг, в т.ч. с использованием портативной лаборатории, позволяющей определять в режиме экспресс диагностики показатели газового и кислотно-основного состава крови, а также, свертывающей системы (активированное время свертывания) на фоне проводимой гепаринотерапии. Общая продолжительность ЭКМО составила 7 дней. Пациент полностью восстановился и был выписан из стационара.

ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России за период с 2014 по 2023 гг. осуществляет транспортные ЭКМО (Табл. 1).



Рис. 57. Авиационная эвакуация пациента на втором этапе АН-148 в условиях ЭКМО терапии, иллюстрация Шелухин Д.А., 2015 г.

Таблица 1. Показатели выживаемости при оказании транспортировок в условиях ЭКМО терапии

Транспортировки	Количество случаев, n	Летальность транспортированных в условиях ЭКМО пациентов на этапе медицинской эвакуации	Выживаемость транспортированных в условиях ЭКМО пациентов на этапе медицинской эвакуации
Авиационные	17	0%	64,7%
Автомобильные	13	0%	76,9%
Всего	30	0%	70%

### 3. Возможности портативных лабораторных комплексов

Во время медицинской эвакуации в условиях ЭКМО необходимо иметь возможность мониторинга целого ряда лабораторных показателей в динамике:

- кислотно-основного состояния (BE, pH);
- газов (SaO<sub>2</sub>, SvO<sub>2</sub>, PaO<sub>2</sub>, PaCO<sub>2</sub>);
- биохимии (K<sup>+</sup>, Glu, Lactate);
- антикоагуляции крови (АСТ, АРТТ и др.).

Для транспортных сценариев подходят портативные аппараты с картриджами (Рис. 58).



Рис. 58. Портативный аппарат для определения кислотно-основного состояния, газов, биохимии и антикоагулянтных параметров, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

#### 4. Экстракорпоральная гемосорбция в условиях транспортного ЭКМО

Возможность выполнения методов экстракорпоральной гемокоррекции, к которым относится в т.ч. цитокиновая и ЛПС гемосорбция является крайне важным компонентом лечения, направленного на скорейшее создание условий стабилизации состояния пациента, тяжесть которого в ряде случаев обусловлена проявлениями выраженной системной воспалительной реакции SIRS и/или инфекционно-токсического шока с высокой концентрацией бактериального эндотоксина.

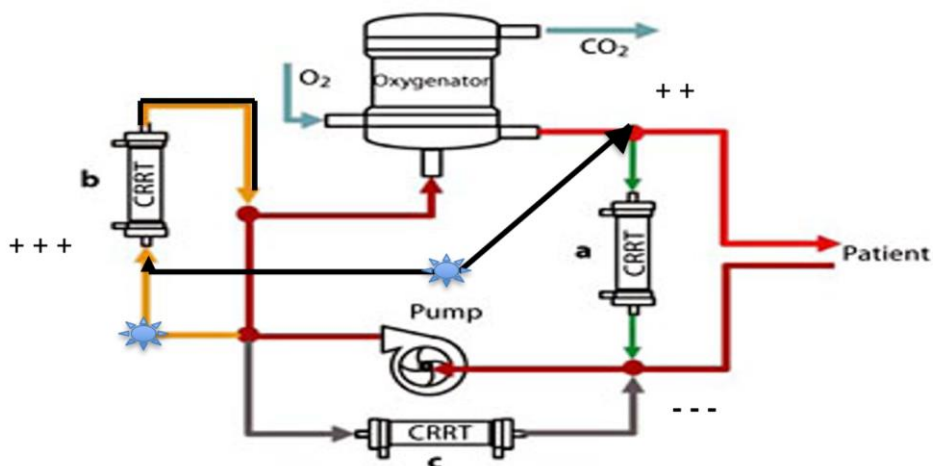


Рис. 59. Схема интеграции гемосорбционной колонки в контур аппарата ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

В практике ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России накоплен опыт в период с 2017 по 2023 гг. сочетанного применения технологии ЭКМО и гемосорбции. Использование определенного класса гемосорбционной колонки определяют данные

анамнеза и лабораторных показателей (уровень Прокальцитонина, Просепсин, ЕАА или LaL тестов). В условиях транспортной ЭКМО наиболее практичный способ применения сорбционной колонки является – ее интеграция в контур искусственного кровообращения (Рис. 59).

Стратегия раннего применения подобного сочетания технологий способствует на практике лучшим результатам выживаемости пациентов, уменьшая риски проявления системной интоксикации пациентов.

##### 5. Применением транспортных медицинских модулей в сочетании с ЭКМО, в т.ч. с учетом пациентов с особо опасными инфекциями

Тяжесть состояния пациента определяет его транспортабельность, и всегда сопряжена с крайне высоким риском летального исхода или осложнений на этапе медицинской эвакуации. В настоящее время уже существуют и продолжают разрабатываться ряд технологий транспортировки пациентов с жизнеугрожающими критическими состояниями, например, на основе реанимационных транспортных медицинских модулей, которые были введены в эксплуатацию в структуре МЧС России с 2014 года (Рис. 60). ЭКМО является одной из технологий в транспортном исполнении, расширяющих возможности медицинских модулей, ее применение позволяет существенно снизить риски для пациента на этапе медицинской эвакуации, включая межгоспитальную транспортировку, и улучшить показатели госпитальной выживаемости.



А.

Б.

Рис. 60. Модуль медицинский самолетный (А), вертолетный (Б),  
иллюстрация МЧС России, 2014 г.

Помимо применения ММС или ММВ также применяется для транспортировки пациентов специальный рентгенопрозрачный щит «Sanismart BaXstrap Immo-Set» Laerdal, Норвегия с держателем (холдером) универсальным для транспортных систем ЭКМО (Рис. 61А), Россия (разработан Шелухин Д.А., Павлов А.И., патент на изобретение № 2740245 от 13.12.2019) (Рис. 61Б). Представленный способ крепления аппарата ЭКМО относительно пациента позволяет совершать действия по перекладке, например с транспортной каталки на стол компьютерного томографа меньшим количеством персонала (два человека).

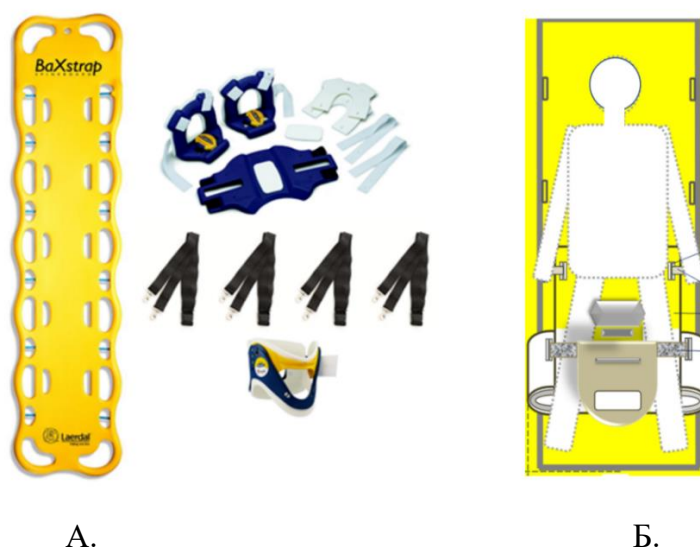


Рис. 61. Транспортный щит и система крепления аппарата ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Организация оказания специализированной и высокотехнологичной помощи пострадавшим с ООИ, в том числе условиях проведения ЭКМО, предполагает их своевременную медицинскую эвакуацию в профильный инфекционное лечебное учреждение, в соответствии с утвержденной маршрутизацией. В период пандемии значительное количество заболевших COVID-19 потребовало разработки особого регламента мер по повышению уровня инфекционной безопасности специалистов БрСМП.

Специализированная БрСМП, выполняющая медицинскую эвакуацию инфекционного больного, должна состоять из медицинских работников, обученных требованиям соблюдения противоэпидемического режима и прошедших дополнительный инструктаж по вопросам инфекционной безопасности и дезинфекции.

Вовремя медицинской эвакуации пострадавший в ЧС или тяжелобольной транспортируется в маске или в условиях осуществления респираторной поддержки через



вирусно-бактериальный фильтр со всеми мерами предосторожности. Все члены специализированной БрСМП, включая водителя и пилотов транспортного средства, в котором осуществляется медицинская эвакуация, должны быть одеты в комбинезон и маску при отсутствии изолированной кабины, в соответствии с установленными требованиями. При наличии нескольких пострадавших в ЧС или тяжелобольных с признаками ООИ старший медицинский работник специализированной БрСМП определяет количество и очередность медицинских эвакуаций, уточняет маршрутизацию и принимающее лечебное учреждение. Пострадавших в ЧС и тяжелобольных с крайне тяжелыми формами инфекционного заболевания целесообразно направлять в лечебные учреждения, обладающими всеми технологиями респираторной поддержки и методами экстракорпоральной гемокоррекции, в том числе ЭКМО.

Транспортировка двух и более инфекционных больных из разных очагов на одном транспортном средстве не допускается. Совместная транспортировка нескольких пациентов с ООИ из одного очага допускается при отсутствии противопоказаний по клиническому статусу.

После выполнения медицинской эвакуации бригада проходит на территории лечебного учреждения, куда был доставлен пострадавший в ЧС или тяжелобольной, полную санитарную обработку с дезинфекцией защитной одежды. Транспортное средство, оборудование, предметы ухода за больным подвергаются заключительной дезинфекции на территории лечебного учреждения силами самой больницы или бригад учреждения дезинфекционного профиля (в соответствии с комплексным планом).

За членами бригады, проводившей медицинскую эвакуацию, устанавливается наблюдение на срок 7 дней.

Медицинская эвакуация пациента с инфекционным заболеванием с применением транспортировочного изолирующего бокса.

Пациенты или пострадавшие в ЧС и тяжелобольные с подтвержденным или предполагаемым диагнозом на особо опасные формы инфекционных заболеваний (COVID-19, Эбола и др.) перевозятся транспортом с использованием транспортировочного изолирующего бокса (ТИБ), оборудованного фильтровентиляционными установками, окнами для визуального мониторинга состояния пациента, двумя парами встроенных перчаток для проведения основных процедур во время транспортирования. Для медицинской эвакуации зараженных особо опасными формами инфекций рекомендован ТИБ BIO-BAG EBV 30/40 (Рис. 62А) и BIO-BAG EBV 30/40 AIR/HELI (авиационный) с принадлежностями (EGO Zlin) (Рис. 62Б), РУ № ФСЗ 2010/07999 от 07.10.2010 г.



А.

Б.

Рис. 62. Транспортировочные инфекционные боксы (ТИБ),  
иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Для медицинской эвакуации пострадавшего в ЧС или тяжелобольного формируется специализированная БрСМП, прошедшая инструктаж по вопросам санитарно-противоэпидемического режима и инфекционной безопасности. Специализированная БрСМП осуществляет прием пострадавшего в ЧС или тяжелобольного, его размещение в ТИБ и последующее сопровождение в ходе медицинской эвакуации. Все перемещения новорожденных (вне- и внутригоспитальные) производятся в транспортном кувезе вне зависимости от гестационного возраста и массы тела новорожденного. Кувез должен быть оснащен герметизирующими портами для манипуляций и проведения через стенки кувеза необходимых манипуляций и устройств для жизнеобеспечения ребенка. Медицинские работники, водитель (пилот) должны быть одеты в защитную одежду и респиратор с высокой степенью (99,9%) бактерио-вирусной фильтрации воздуха в соответствии с утвержденными требованиями.

#### **Модуль 4. ТРАНСПОРТНОЕ ЭКМО**

Учебные вопросы:

1. Отработка навыка проведения экстракорпоральной сердечно-легочной реанимации (ЭСЛР).
2. Отработка навыка моделирования контура из V-A ЭКМО в V-AV ЭКМО.
3. Экстракорпоральная гемосорбция в условиях транспортного ЭКМО.
4. Отработка практических навыков эвакуации пациента на ЭКМО.

Проведение столь инвазивной технологии в условиях скорой помощи требует освоения специальных знаний с отработкой навыков на манекене в рамках обучающего цикла. Далее важным компонентом является поддержание навыка и слаженности действия бригады, соблюдение протокола (заполнение опросного чек-листа) на принятие решения о целесообразности проведения ЭКМО терапии и возможности предстоящей транспортировке в условиях искусственного кровообращения, проверка разъемов и мест штатного крепления для переносимого оборудования, что достигается регулярно проводимыми учениями, реализовано на базе ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России.

Обучающимся на первом этапе в рамках модуля «Транспортное ЭКМО» предлагается решить задачу по спасению пациента или пострадавшего в ЧС с рефрактерной СЛР (Рис. 63А) за счет подключения собранного контура и транспортного аппарата ЭКМО, что является по сути вариантом ЭСЛР пособия, отрабатывается на тренажере «фантом-ЭСЛР», разработанного специалистами ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России Шелухиным Д.А. и Павловым А.И. (Рис. 63Б).



А.

Б.

Рис. 62. Работа с «фантом-ЭСЛР», иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Тренинг проходит с максимально реалистичным сценарием, контролем времени и фиксацией действия обучающихся на видео с целью последующего разбора ошибок и улучшению навыка.

Вторым этапом обучающимся предлагается решить задачу преодоления возникшего синдрома «Арлекино», у пациента или пострадавшего в ЧС с жизнеугрожающей сердечно-легочной недостаточностью, методом моделирования контура из V-A ЭКМО в V-AV ЭКМО. Для этого выполняется дополнительное канюлирование *v.jugularis int.dex.*, далее

идет выкраивание из контура дополнительной branши на возврат оксигенированной крови, и ее подключение в общий контур с помощью У-образного разъема 3/8-3/8-3/8 (Рис. 63).



Рис. 63. Работа с «фантом-ЭСЛР», моделирование контура из V-A ЭКМО в V-AV ЭКМО, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Третьим этапом обучающимся предлагается решить задачу интеграции в контур ЭКМО цитокиновой гемосорбционной колонки с целью преодоления у пациента или пострадавшего в ЧС системной воспалительной реакции по типу «цитокинового шторма» (Рис. 64). Проводится промывание колонки от консерванта, удаление воздуха и последующая интеграция в контур ЭКМО через типовой разъем «Luer-lock».



Рис. 64. Работа с «фантом-ЭСЛР», интеграция гемосорбционной колонки, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

Четвертым, завершающим этапом тренинга является отработка навыков:

- фиксации пациента или пострадавшего в ЧС, подключенного к V-AV ЭКМО в сочетании с гемосорбцией, на транспортном щите,
- последующее переключивание силами СпБрСМП (три человека) на транспортную каталку,
- доставка из помещения в машину скорой помощи, с последующим подключением к штатным системам медицинского газа и электропитания, фиксация аппарата ИВЛ и монитора пациента (Рис. 65).



Рис. 65. Работа с «фантом-ЭСЛР», этап медицинской эвакуации, иллюстрация Шелухин Д.А., 2023 г.

### Заключение

От момента первого сообщения о случае применения ЭКМО во время транспортировки в США прошло уже более 40 лет, в Российской Федерации этот опыт появился значительно позже (2015 год), однако в общемировом масштабе применение этой технологии все еще не стало рутинной практикой. Транспортное ЭКМО остается достаточно сложным видом высокотехнологичной специализированной скорой медицинской помощи, успех которой определяется подготовленностью команды, ее оснащенностью, правильной оценкой предстоящих рисков и целесообразности выполнения межгоспитальной медицинской эвакуации относительно прогноза выживаемости пациента или пострадавшего, в том числе с применением ЭКМО.

Разработанный ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России в рамках НИР «ЭКМО» УМК «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом

неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями» предназначен для сформирования профессиональной компетенции и устойчивых практических навыков применения технологии транспортной ЭКМО медицинским персоналом МЧС России.

## **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 программе повышения квалификации «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелообольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями» 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-анестезиологом-реаниматологом в отделениях реанимации и интенсивной терапии и врачом-скорой медицинской помощи.

С врачами отрабатываются практические навыки оказания помощи пациентам и пострадавшим в чрезвычайных ситуациях, требующим применения технологии ЭКМО на этапе медицинской эвакуации, в том числе на борту самолета (вертолета) при проведении авиамедицинской эвакуации. При проведении аудиторных теоретических занятий уделяется основное внимание организации проведения технологии ЭКМО и УЗИ пострадавшим в чрезвычайных ситуациях при проведении медицинской эвакуации.

Демонстрация и практика под руководством преподавателя способствует приобретению и отработке навыков неотложной врачебной помощи с помощью симуляционного обучения, представляет возможность врачу приобрести и закрепить теоретические и практические навыки работы в освоении 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 «Санитарно-авиационная эвакуация» 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»;
  - изучение симуляционного модуля;
  - повторение изученного материала.
- 2) Тестирование:
- итоговая аттестация слушателей (зачет) – электронное тестирование на оценку.
- 3) Анкетирование слушателей:
- заполнение анкеты слушателя;
  - отсылка анкеты администратору системы дистанционного обучения.
- 4) Электронная консультация:
- формулировка вопросов к преподавателю по разрешению возникающих вопросов;
  - анализ ответов преподавателя.
- 5) 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@ngserm.ru](mailto:uchotd@ngserm.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.ngserm.ru/>. Вход в систему дистанционного обучения осуществляется по логину и паролю, присланному администратором системы на электронный адрес слушателя.

В ходе образовательной программы слушатели изучают актуальные вопросы санитарно-авиационной эвакуации и оказания помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях. В результате обучения врач приобретает полный объем систематизированных теоретических знаний, умений и необходимых профессиональных навыков для оказания

специализированной врачебной помощи в процессе санитарно-авиационной эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

В программе рассматриваются теоретические и практические аспекты применения технологии ЭКМО на этапе медицинской эвакуации:

- организация, структура и порядок функционирования единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- физиология триады транспорта газов (дыхательная, сердечно-сосудистая системы и кровь);
- вопросы организации и особенности медицинской эвакуации пострадавших в условиях ЭКМО, в т.ч. в чрезвычайных ситуациях;
- самолетные и вертолетные медицинские модули, опыт их использования в системе МЧС;
- реанимационных мероприятий при использовании экстракорпоральной мембранной оксигенации на этапе медицинской эвакуации, в т.ч. авиамедицинской.

Практические упражнения осуществляются в симуляционном центре, оснащенном манекенами и модулями медицинскими самолетными (вертолетными).

В процессе обучения проводится базисный и заключительный тестовый контроль знаний, а в конце обучения слушатели проходят итоговую аттестацию (экзамен).

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

Общие компетенции:

1. Определять показания к медицинской эвакуации пациента в профильную медицинскую организацию.
2. Обосновывать выбор медицинской организации для медицинской эвакуации пациента.
3. Осуществлять мониторинг жизненно важных функций их поддержание или замещение во время медицинской эвакуации в условиях ЭКМО.
4. Организовывать и обеспечивать перемещение и транспортировку пациента при выполнении медицинской эвакуации в условиях ЭКМО.
5. Осуществлять комплекс мероприятий по организации и выполнению авиамедицинской эвакуации в условиях ЭКМО пострадавших в чрезвычайных ситуациях.
6. Использовать модули медицинские самолетные (вертолетные) для санитарно-авиационной эвакуации в условиях ЭКМО пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

7. Проводить экстракорпоральную мембранную оксигенацию пострадавшим в чрезвычайных ситуациях при медицинской эвакуации, в т.ч. авиационной.

8. Организовать межведомственное взаимодействие со специалистами учреждений здравоохранения при авиамедицинской эвакуации.

9. Вести отчетную документацию при авиамедицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

#### **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».

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.

Зачет по дополнительной профессиональной программе повышения квалификации проводится в виде тестирования по сети Интернет в соответствии с календарным планом.

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 «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями».

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 анестезиологии-реанимации;
- 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 требуется всесторонняя оценка полученных знаний.

Актуальность программы обусловлена национальным проектом «Здравоохранение» во исполнение Указа Президента Российской Федерации на период до 2024 г, разработанным Минздравом России, 2018 г., рекомендациями, разработанными на научно-практической конференции «Развитие системы оказания экстренной медицинской помощи и медицинской эвакуации пострадавших при чрезвычайных ситуациях с учетом создания медицинских округов», состоявшейся 10 декабря 2020 года в ФГБУ ВЦМК «Защита» ФМБА России.

Цель итоговой аттестации – выявление теоретической и практической подготовки обучающегося в соответствии с содержанием программы дополнительного профессионального образования «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями».

### **1. Функциональное назначение и область применения самоучителя**

#### **1.1 Назначение самоучителя**

Самоучитель опубликован в системе дистанционного обучения медицинского персонала МЧС России <http://idpo.nrcerm.ru> и предназначен для:

- аспирантов, обучающихся по направлению подготовки 31.06.01 Клиническая медицина (уровень подготовки кадров высшей квалификации), направленность – Скорая медицинская помощь и Анестезиология-реаниматология (медицинские науки);
- слушателей системы непрерывного медицинского образования.

Цель: приобрести и совершенствовать профессиональные знания и практические навыки, необходимые для осуществления специализированной врачебной помощи в процессе медицинской эвакуации в условиях ЭКМО пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

Задачи:

1. Актуализировать теоретические знания обучающихся по организации и выполнению технологии ЭКМО на этапах медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

2. Отработать практические навыки обучающихся по проведению экстракорпоральной мембранной оксигенации пострадавших на этапах медицинской эвакуации в чрезвычайных ситуациях.

## 1.2 Краткое описание самоучителя

Самоучитель «Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных с проведением экстракорпоральной мембранной оксигенации: принципы, технологии, организационно-методическое обеспечение, в том числе с учетом неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической обстановки в отношении пациентов с особо опасными инфекциями» разработан для реализации образовательных программ высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, образовательных программ высшего образования – подготовка кадров высшей квалификации в ординатуре, а также 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.

Курс обучения по программе построен на модульной основе. 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.

Для обеспечения систематической и регулярной работы по изучению программы и успешного прохождения промежуточных и итоговых контрольных испытаний рекомендуется придерживаться следующего порядка обучения:

- самостоятельно определить объем времени, необходимого для проработки каждой темы модуля;

- регулярно изучать каждую тему модуля программы, используя различные формы индивидуальной работы;

- по завершению самостоятельной работы над темами модуля программы пройти примерный вариант предложенной формы контроля.

Содержание самоучителя полностью покрывается матрицей тестовых заданий для приобретения и совершенствования профессиональных знаний и практических навыков медицинских работников с высшим образованием, необходимых для профессиональной деятельности и повышения профессионального уровня в рамках имеющейся квалификации.

## **2. Техническое описание самоучителя**

### **2.1 Структура самоучителя**

Самоучитель включает в себя тестовые задания изученных учебных вопросов, которые предлагаются для ответа в случайном порядке. Резюме по каждому заданному вопросу обучающийся получает немедленно после проверки ответа, по окончании тестирования представляется итоговый отчет о степени усвоения изученного материала. Для самоконтроля обучающемуся предлагается ответить на 20 вопросов, время сдачи 60 минут, количество попыток тестирования не ограничено. Обучающийся может досрочно завершить тестирование, ответив на все вопросы теста. Если обучающийся не завершил ответы на все тестовые вопросы в установленный компьютерной программой срок, то процедура тестирования завершается, оцениваются только те вопросы, на которые обучающийся дал ответ.

Структура самоучителя включает учебно-методическое обеспечение дисциплины, объединенное в соответствующие разделы.

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.

Внедрение самоучителя позволяет эффективно управлять образовательным процессом, создает условия для освоения обучающимися учебного материала по следующим актуальным темам:

1. Теоретические основы физиологии сердечно-сосудистой системы. Кровь как газотранспортная система.
2. Теоретические основы физиологии дыхательной системы. Респираторный дистресс синдром (РДС).
3. Основы искусственного кровообращения (ИК).
4. Ультразвуковое исследование (УЗИ) при проведении ЭКМО.
5. ЭКМО определение, история, методика.
6. ЭКМО технология в условиях скорой помощи.



## 2.3 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.

## 3. 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.

## 4. 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.

## Заключение

Подготовка специалистов для осуществления медицинской эвакуации в условиях ЭКМО пострадавших в чрезвычайных ситуациях должна иметь системный характер и включать в себя целый ряд вопросов, касающихся организационных и медицинских аспектов, предусматривать создание профессиональных компетенций и стандартов для повышения профессионального уровня данной категории специалистов.

В самоучителе «Санитарно-авиационная эвакуация» контрольно-измерительные материалы изложены в двух комплексных разделах. Используя знания, полученные во время аудиторных занятий по основным разделам программы, а также рекомендованную обязательную и дополнительную литературу, обучающиеся выполняют тестовые задания и оформляют отчет в электронной или печатной форме.

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 для санитарно-авиационная эвакуация.

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 санитарно-авиационной эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях.

### **Список литературы**

#### **1. Федеральные Законы:**

«О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 68-ФЗ от 21 декабря 1994 г.;

«Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей» № 151 -ФЗ от 22 августа 1995 г.;

#### **2. Постановления Правительства Российской Федерации:**

«О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» № 794 от 30 декабря 2003 г.;

«О силах и средствах единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» № 1007 от 8 ноября 2013 г.;

«О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» № 304 от 21 мая 2007 г.;

«О некоторых вопросах аттестации аварийно-спасательных служб, аварийно-спасательных формирований, спасателей и граждан, приобретающих статус спасателя» № 1091 от 22 декабря 2011 г.;

«Положение о поисково-спасательной службе МЧС России» Приказ Министра МЧС России № 32 от 28 января 2002 г.

Приказ МЧС России от 26.05.2020 № 341 «О составе сил и средств Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и

ликвидации последствий стихийных бедствий, привлекаемых для ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций». – М. : Б.и., 2020.

Приказ ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России от 22.08.2017 № 161 «О введении Положения о мобильной медицинской бригаде ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России». – СПб. : Б.и., 2017.

### **3. Научно-методическая основная литература:**

1.1. Готье С.В., Попцов В.Н., Спирина Е.А. Экстракорпоральная мембранная оксигенация в кардиохирургии и трансплантологии / Федеральный науч. центр трансплантологии им. акад. В. И. Шумакова. – Москва : Триада, 2013. – 271 с.; ISBN 978-5-94789-614-5

2. Чучалин А.Г. Пульмонология национальное руководство / Пульмонология: национальное руководство / под ред. А.Г. Чучалина, — Москва. ГЭОТАР-Медиа, 2009. — 960 с.; ISBN: 978-5-9704-1076-9

3. Горячев А.С., Савин И.А. Основы ИВЛ / издание 3-е: – Москва, ООО «МД», 2013. – 261 с.; ISBN 978-5-905887-02-4

4. Лебединский К.М. Кровообращение и анестезия / 2-е издание: – С-Петербург, Издательство Человек, 2015. – 1076 с.; ISBN: 978-5-93339-301-6

5. Алексанин С.С., Евдокимов В.И., Рыбников В.Ю., Чернов К.А. Медицина катастроф: метаанализ научных статей и диссертаций по специальности 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях» (2005-2017 гг.) : монография / ВЦЭРМ. СПб. : Политехника-принт, 2019. 293 с.

6. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Якиревич И.А., Попов А.С. Аэромобильный госпиталь МЧС России: задачи, основные подразделения, оснащение, варианты развертывания при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 3. С. 05–17. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-05-17.

7. Баранова Н. Н., Гончаров С. Ф. Современное состояние проблемы организации и проведения медицинской эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях // Медицина катастроф. – 2020. – № 4(112). – С. 57-65. – DOI 10.33266/2070-1004-2020-4-57-65.

8. Переведенцев А.В. Международный опыт организации оказания экстренной медицинской помощи на догоспитальном этапе / А.В. Переведенцев, В.Ю. Рыбников, М.В. Санников; Всероссийский центр экстрен. И рад. Медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. – СПб. 2012. – 68 с.

9. УЗИ в отделении интенсивной терапии / К. Киллу, С. Далчевски, В. Коба ; пер. с англ. ; под ред. Р. Е. Лахина. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 280 с.
10. Brogan T. V. The 6th edition of the ELSO Red Book. Extracorporeal Life Support Organization, 2022. – 779p. ISBN 978-0-9656756-8-0
11. Haft J.W., Firmin R. Adult cardiac support. In: Annich G.M., Lynch W.R., MacLaren G., Wilson J.M., Bartlett R.H., editors. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care. 4th ed. Ann Arbor (MI): Extracorporeal Life Support Organization; 2012. p. 323-330.
12. Guideline Extracorporeal Life Support Organization (ELSO): [сайт]. – USA. 2022 – URL: <https://www.else.org/Resources/Guidelines.aspx> (Дата обращения: 08.10.2023)
13. Kaplan J.A., Rich D.L., Lake C.L., Konstadt S.N. Kaplan's Cardiac Anesthesia, 5th Edition / Published by Saunders, Philadelphia, PA, USA., 2006. – 1276 p.; ISBN 1-4160-0253-7
14. Lilly L.S. Pathophysiology of heart disease / Pathophysiology of Heart Disease: A Collaborative Project of Medical Students and Faculty 5th Edition. – USA : Lippincott Williams & Wilkins, 2010. – 461 p.; ISBN 978-1605477237
15. Marino P.L. The ICU Book , 4th Edition / Fourth, North American Edition. USA. LWW, 2013. – 1059 p.; ISBN 978-1451121186
16. Vuylsteke A., Brodie D., Combes A., Fowles J.A., Peek G. ECMO in the Adult Patient / London: Cambridge University Press is part of the University of Cambridge, 2017. – 228 p.; ISBN 978-1-107-68124-8

#### **Дополнительная литература:**

1. Акимов В.А., Воробьев М.И. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера. М.: Феникс, 2008. 592 с.
2. Баранова Н.Н. Медицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях. Дисс. док. мед. наук, 05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях. – СПб.: ВЦЭРМ, 2022- 617 с.
3. Белевитин А.Б. и др. Авиационная медицинская эвакуация на современном этапе // Военно-медицинский журнал. – 2010. – Т. 331, № 1. – С. 41-48.
4. Борисенко Л.В., Гармаш О.А., Попов А.В. Медицинская эвакуация с применением авиационного транспорта и ее роль в службе медицины катастроф // Медицина катастроф. – 2011. – № 1(73). – С.10 -14.
5. Гармаш О.А. и др. Организация оказания экстренной консультативной медицинской помощи и проведения медицинской эвакуации [Текст] : методические

рекомендации / О.А. Гармаш и др. – Москва : ФГБУ "Всероссийский центр медицины катастроф "Защита", 2015. – 173 с.; ISBN 978-5-93064-159-2

6. Гончаров С.Ф. Проблемы организации и оказания медицинской помощи пострадавшим в догоспитальном периоде // Врач скорой помощи. –2008. – № 1. – С. 26-30.

7. Гуменюк С.А. Концепция и организационно-методическое обеспечение санитарно-авиационной (вертолетной) эвакуации пострадавших в чрезвычайных ситуациях и тяжелобольных в условиях мегаполиса. Дисс. док. мед. наук, 3.2.6 – безопасность в чрезвычайных ситуациях. – СПб.: ВЦЭРМ, 2022. – 312 с.

8. Якиревич И.А., Алексанин С.С. Методические рекомендации по проведению массовых медицинских эвакуаций пострадавших из зон чрезвычайных ситуаций с применением модулей медицинских самолетных и модулей медицинских вертолетных / Государственный центральный аэромобильный спасательный отряд («Центроспас») МЧС России, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России [и др.]. – Жуковский ; СПб. : Политехника сервис., 2012. –28 с.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Тесты

1. Для патогенеза РДС характерно

- А) Нарушение проницаемости альвеоло-капелярной мембраны
- Б) Нарушение синтеза сурфактанта
- В) Формирование легочной гипертензии
- Г) Все ответы правильные \*

2. РДС относится к следующему виду гипоксии

- А) Гипоксическая \*
- Б) Гемическая
- В) Циркуляторная
- Г) Клеточная

3. Патопатология РДС подразумевает следующие последовательные стадии

- А) Экссудативная, Проллиферативная, Фиброзная \*
- Б) Отечная, Деструктивная, Фиброзная
- В) Ишемическая, Геморрагическая, Фиброзная
- Г) Гипоксическая, Гиперкапническая, Полиорганных нарушений (MOF)

4. В большинстве случаев развитие всех стадий РДС занимает

- А) 10-14 дней \*
- Б) 3-5 дней
- В) 1 месяц
- Г) 3 месяца

5. По шкале Murrey оценки тяжести функциональных изменений учитывают следующие параметры

- А)  $PaO_2/FiO_2$ , Рентгенография, РЕЕР, Комплаинс \*
- Б)  $SvO_2$ , КТ – грудной клетки, РЕЕР,  $FiO_2$
- В)  $PaO_2/FiO_2$ ,  $SvO_2$ , рН венозной крови,  $P_{reak}$
- Г)  $SaO_2$ ,  $SvO_2$ , ER O<sub>2</sub>, GEDI

6. По Берлинским критериям 2012 г. к тяжелой форме РДС следует отнести пациента с респираторным отношением ( $P_{aO_2}/F_{iO_2}$ ) меньше

- А) 300
- Б) 200
- В) 100 \*
- Г) 80

7. Механизм баротравмы и формирования сотового легкого в жестких режимах ИВЛ сопряжен с

- А) Перераздуванием здоровых альвеол \*
- Б) Деструкцией воспаленной паренхимы легких
- В) Избыточным давлением манжеты интубационной трубки
- Г) Суммарным кинетическим повреждением легких

8. Протокол ARDSnet подразумевает использование оптимального дыхательного объема для протективной ИВЛ

- А) 6 мл/кг \*
- Б) 8 мл/кг
- В) 10 мл/кг
- Г) 12 мл/кг

9. Протокол ARDSnet подразумевает использование высокой фракции кислорода  $F_{iO_2}$  100% при РЕЕР более

- А) 18 см водн.ст. \*
- Б) 16 см. водн.ст.
- В) 14 см.водн.ст.
- Г) 10 см водн.ст.

10. Показанием к проведению рекрутмента может быть

- А) Оценка рекрутабельности и подбор РЕЕР
- Б) Разгерметизация контура
- В) Критические нарушения оксигенации
- Г) Все перечисленное \*



11. Капиллярное кровообращение было открыто

- А) Марчелло Мальпигии 1661 г. \*
- Б) Вильям Гарвей 1628 г.
- В) Рудольф Вирхов 1892 г.
- Г) Теодор Шванн 1882 г.

12. Нормальная физиология подразумевает соотношение доставки / потребления кислорода  $DO_2/VO_2$  в организме

- А) 5:1 \*
- Б) 3:1
- В) 2:1
- Г) 1:1

13. Расчет доставки кислорода производится по формуле

- А)  $DO_2 = CI \text{ л/мин/м}^2 * (1,36 * Hb \text{ г/л} * SaO_2\%) * 0,01 *$
- Б)  $DO_2 = CI \text{ л/мин/м}^2 * (SaO_2\% - SvO_2\%) * 0,01$
- В)  $DO_2 = CI \text{ л/мин/м}^2 * ER O_2 * 0,01$
- Г)  $DO_2 = CI \text{ л/мин/м}^2 * Hb \text{ г/л} * SaO_2\%$

14. ОЦК можно рассчитать по формуле

- А) ОЦК женщины =  $2,37 * M^2$
- Б) ОЦК мужчины =  $2,72 * M^2$
- В) ОЦК =  $70 \text{ мл} * \text{массу тела кг}$
- Г) Все ответы правильные \*

15. Модель Эрнста Старлинга фильтрации и резорбции жидкости из сосудистого русла в условиях нормального гомеостаза за сутки подразумевает у взрослого человека следующий объем

- А) 20 л. \*
- Б) 8 л.
- В) 4 л.
- Г) 0,5 л.

16. Коронарное кровообращение определяется разностью давлений между

- А) АД диаст. и ДЗЛК \*
- Б) АД среднее и ДЗЛК
- В) АД систолическое и ДЗЛК
- Г) Рар сист. и КДД в ЛЖ

17. Транспульмональная термомоделиция позволяет определить индекс внесосудистой жидкости в легких, который в норме составляет

- А) 8 мл/кг \*
- Б) 12 мл/кг
- В) 22 мл/кг
- Г) 40 мл/кг

18. Вариабельность пульсового давления свидетельствует о

- А) Гиповолемии \*
- Б) Недостаточности насосной функции правого желудочка
- В) Недостаточности функции левого желудочка
- Г) Измененном сосудистом тоне на периферии

19. Оценка волемического статуса может быть произведена с помощью

- А) Функциональной пробы с положением Тренделенбурга
- Б) GEDI
- В) ЭХО-кардиографии и конечнодиастолического объема камер сердца
- Г) Все ответы правильные \*

20. Какой из параметров отражает тканевая оксиметрия

- А) SvO<sub>2</sub> \*
- Б) SpO<sub>2</sub>
- В) SaO<sub>2</sub>
- Г) PvO<sub>2</sub>

21. Создатель первого аппарата для искусственного кровообращения

- А) С.С. Брюхоненко 1924 г. \*
- Б) Ле Галлоиз 1812 г.

В) Де Бейки 1934 г.

Г) Гиббон 1951 г.

22. Первая операция на открытом сердце в условиях искусственного кровообращения

А) Гиббон 1953 г. \*

Б) Де Бейки 1934 г.

В) Д.В. Колесов 1964 г.

Г) Хилл 1972 г.

23. Первое успешное ЭКМО на пациенте с ОРДС

А) Хилл 1972 г. \*

Б) Бартлет 1976 г.

В) Рашкинд 1965 г.

Г) Дорсон 1969 г.

24. Первое успешное ЭКМО у новорожденного при ОРДС

А) Бартлет 1976 г. \*

Б) Дорсон 1969 г.

В) Хилл 1972 г.

Г) Колобов 1962 г.

25. Полное кровообращение в отличие от параллельного подразумевает

А) Бивентрикулярный обход сердца \*

Б) Скорость перфузии аппарата ИК больше сердечного выброса

В) Забор крови из нижней и верхней полой вены

Г) Индуцированную асистолию

26. Классический контур ИК для взрослых пациентов состоит из

А) Заборной магистрали 1/2 дюйма и жесткого венозного резервуара

Б) Насосного сегмента роликового насоса

В) Оксигенатора и возвратной магистрали 3/8 дюйма

Г) Все ответы правильные \*

27. Какой из типов привода насоса использовался в аппарате Автожект

- А) Поршневой \*
- Б) Роликовый
- В) Центрифужный
- Г) Роторный

28. На продолжительность работы оксигенатора для ЭКМО влияют

- А) Тип оксигенатора
- Б) Антикоагулянтная терапия
- В) Скорости перфузии
- Г) Все перечисленные ответы правильны \*

29. Какие из перечисленных расчетных скоростей для взрослого оптимальны

- А) 60-80 мл/кг/мин \*
- Б) 80-100 мл/кг/мин
- В) 100-120 мл/кг/мин
- Г) 120-140 мл/кг/мин

30. В определении номинальной мощности оксигенатора должна быть кровь на входе в него со следующими параметрами

- А) SvO<sub>2</sub> 75% и Hb 120 г/л \*
- Б) SvO<sub>2</sub> 70% и Hb 130 г/л
- В) SvO<sub>2</sub> 80% и Hb 110 г/л
- Г) SvO<sub>2</sub> 50% и Hb 150 г/л

31. ЭКМО это технология временного замещения функции

- А) Легких
- Б) Сердца
- В) Плаценты
- Г) Все ответы могут быть правильными \*

32. Термин ECPР означает

- А) Экстракорпоральная сердечно-легочная реанимация \*
- Б) Экстракорпоральная продленная легочная поддержка

- В) Неотложная сердечно-легочная реанимация
- Г) Эфферентная церебро-протективная реанимация

33. В трансплантологии ЭКМО может применяться

- А) На пациенте в качестве моста
- Б) На трупе для создания изолированной региональной перфузии части тела
- В) На органе для его защиты и оценки функционального состояния
- Г) Все ответы правильные \*

34. При гиперкапнической дисфункции у взрослого человека производительность ЭКМО с большей вероятностью будет

- А) Менее 2.5 л/мин \*
- Б) Более 2.5 л/мин
- В) Более 5 л/мин
- Г) Менее 0.5 л/мин

35. Вено-венозное ЭКМО применяется при

- А) Дыхательной недостаточности \*
- Б) Сердечной недостаточности
- В) Дыхательной и сердечной недостаточности
- Г) Все ответы правильные

36. Синдром Арлекина возникает при сочетании

- А) Дыхательной, сердечной недостаточности и периферическом VA-ЕСМО \*
- Б) Дыхательной, сердечной недостаточности и центральном VA-ЕСМО
- В) Изолированной сердечной недостаточности и периферическом VA-ЕСМО
- Г) Изолированной дыхательной недостаточности и периферическом VV-ЕСМО

37. Градиентная AV-ЕСМО больше подходит для коррекции

- А) Тяжелой Гиперкапнии \*
- Б) Тяжелой Гипоксии
- В) Тяжелой циркуляторной недостаточности
- Г) Все ответы правильные

38. Увеличение оборотов центрифужного насоса ЭКМО способствует

А) Разрушению форменных элементов крови

Б) Созданию избыточного отрицательного давления на заборной канюли и ее присасыванию

В) Нагреву крови

Г) Все ответы правильные \*

39. Градиент оксигенатора больше 70 мм рт. ст. может свидетельствовать о

А) Тромбозе оксигенатора \*

Б) Тромбозе головки центрифужного насоса

В) Тромбозе возвратной канюли

Г) Тромбозе заборной канюли

40. Выберите оптимальные параметры коагуляционной системы при неосложненном ЭКМО

А) АЧТВ 60-70, АВС 160-180, угол Альфа 45-60 \*

Б) АЧТВ 40-50, АВС 140-160, угол Альфа 60-75

В) АЧТВ 80-90, АВС 200-220, угол Альфа 30-45

Г) АЧТВ 100-110, АВС 300-400, угол Альфа 15-30

41. Какие сосуды у взрослого пациента оптимальны для периферического подключения VA-ЕСМО

А) a.femoralis и v.femoralis \*

Б) a.subclavia и v. jugularis

В) a.carotis и v.jugularis

Г) Все ответы могут быть правильными

42. Какие сосуды у ребенка массой менее 10кг оптимальны для периферического подключения VA-ЕСМО

А) a.carotis и v.jugularis \*

Б) a.femoralis и v.femoralis

В) a.subclavia и v. jugularis

Г) Все ответы могут быть правильными

43. Двухпросветная канюля подходит для

А) VV-ЕСМО \*

Б) VA-ЕСМО

В) V-VA ЕСМО

Г) Все ответы правильные

44. Что означает номенклатура канюли PAL 1723

А) артериальная длинная, 17Fr, 23cm \*

Б) артериальная короткая, 17cm, 23Fr

В) легочная длинная, 17cm, 23Fr

Г) легочная короткая, 17Fr, 23cm

45. Увеличение производительности VV-ЕСМО может быть сопряжено с

А) эффектом рециркуляции

Б) более быстрым исчерпанием ресурса оксигенатора

В) травмой форменных элементов крови (анемия, тромбоцитопения)

Г) Все ответы могут быть правильными \*

46. Эффект рециркуляции между заборной и возвратной канюлями можно диагностировать с помощью

А) Контрастного рентгенологического исследования

Б) Динамической денсофлоуметрией

В) Пузырьковой пробы

Г) Все ответы могут быть правильными \*

47. При VA ЕСМО важно оценить состояние

А) Аортального клапана \*

Б) Митрального клапана

В) Трикуспидального клапана

Г) Клапана легочной артерии

48. Какой из методов наиболее информативен для оценки дистальной ишемии нижней конечности при периферическом VA ЕСМО

А) Тканевая оксиметрия \*

- Б) Пульсоксиметрия
- В) Термометрия
- Г) Реография

49. Чтобы избежать развития критической ишемии нижней конечности при периферическом VA ECMO необходимо

- А) Пунктировать сосуд большего диаметра
- Б) Использовать канюлю меньшего диаметра
- В) Обеспечить антеградный или ретроградный кровоток сосудов нижней конечности с помощью дистального шунта
- Г) Все ответы могут быть правильными \*

50. Дренаж левого желудочка сердца обеспечивает

- А) Профилактику образования тромбов в полости ЛЖ
- Б) Оптимальные условия коронарного кровообращения
- В) Увеличение производительности ЭКМО
- Г) Все ответы могут быть правильными \*

51. При каком возрасте по международным рекомендациям противопоказано ЭКМО

- А) Старше 75 лет \*
- Б) Старше 80 лет
- В) Старше 85 лет
- Г) При сроках гистации менее 35 недель

52. Какая продолжительность ИВЛ в жестких режимах вентиляции РЕЕР  $> 15$  FiO<sub>2</sub>  $> 90\%$  у взрослых является противопоказанием к ЭКМО

- А) Более 7 суток \*
- Б) Более 24 часов
- В) Более 48 часов
- Г) Более 10 суток

53. Какая масса ребенка является противопоказанием для подключения ЭКМО

- А) Менее 2 кг \*
- Б) Менее 3,5 кг



- В) Менее 1 кг
- Г) Менее 0,5 кг

54. Трисомия какой хромосомы не является противопоказанием к подключению ЭКМО

- А) 21 \*
- Б) 18
- В) 13
- Г) Все ответы могут быть правильными

55. Критериями тяжелого РДС по шкале Murray являются

- А) Индекс оксигенации менее 100, РЕЕР более 15 см водн.ст. \*
- Б) Индекс оксигенации менее 80, РЕЕР более 20 см водн.ст.
- В) Индекс оксигенации менее 150, РЕЕР более 12 см водн.ст.
- Г) Индекс оксигенации менее 200, РЕЕР более 10 см водн.ст.

56. Какой из постулатов верный

- А) Гипоксия увеличивает легочную гипертензию \*
- Б) Гипоксия уменьшает легочную гипертензию
- В) Гипоксия не влияет на легочную гипертензию
- Г) Ацидоз уменьшает легочную гипертензию

57. Исследование CESAR сравнивало

- А) Выживаемость пациентов на ИВЛ и ЭКМО \*
- Б) Выживаемость пациентов на HNF1 и ЭКМО
- В) Продолжительность ЭКМО у больных с разными индексами оксигенации
- Г) Выживаемость пациентов в зависимости от продолжительности ЭКМО

58. В какой из возрастных групп по данным международного регистра выше выживаемость на ЭКМО при дыхательной недостаточности

- А) Новорожденные \*
- Б) Дети
- В) Взрослые
- Г) Пожилые

59. Выживаемость на ЭКМО при свином гриппе H1N1 выше в возрастной группе

- А) Взрослые \*
- Б) Новорожденные
- В) Дети
- Г) Пожилые

60. У детей при врожденной диафрагмальной грыжи и индексе Липшец менее 0,6 выживаемость без ЭКМО против выживаемости на ЭКМО составляет

- А) 0% vs 25% \*
- Б) 0% vs 100%
- В) 25% vs 50%
- Г) 50% vs 75%

61. Расположите правильно ЭКМО в векторе эскалации терапии при сердечной недостаточности

- А) Медикаменты, ВАБК, Импелла, ЭКМО, VAD, Трансплантация \*
- Б) ВАБК, Медикаменты, Трансплантация, ЭКМО, VAD
- В) Медикаменты, ЭКМО, ВАБК, Импелла, VAD, Трансплантация
- Г) ВАБК, Импелла, ЭКМО, Трансплантация, VAD, Медикаменты

62. При каких состояниях сопряженных с сердечной недостаточностью может применяться ЭКМО

- А) Синдром малого сердечного выброса \*
- Б) Хроническая сердечная недостаточность. ПИКС.
- В) Парасизмальная брадиаритмия
- Г) Недостаточность Аортального клапана

63. Для чего применяется ЭКМО во время транскутанных вмешательствах на коронарных артериях

- А) У пациентов с тяжелым кардиогенным шоком
- Б) Рефрактерные жизнеугрожающие нарушения ритма
- В) Манипуляции на стволе ЛКА
- Г) Все ответы могут быть правильными \*

64. Выберите в чем нет отличия между традиционным контуром СРВ и миниинвазивным контуром МЕСС

- А) Продолжительность работы оксигенатора \*
- Б) Площадь контакта крови с поверхностью контура
- В) Объем первичного заполнения
- Г) Наличие фазы контакта крови с воздухом в контуре

65. Ретроградная перфузия при периферическом VA ЕСМО может привести к

- А) Перегрузке ЛЖ
- Б) Дисфункции Митрального клапана
- В) Образованию тромбов в полости ЛЖ
- Г) Все ответы могут быть правильными \*

66. Необходимо выполнять декомпрессию ЛЖ при спонтанном ЭХО контрастировании его полости какой степени

- А) 2ст. \*
- Б) 1ст.
- В) 3ст.
- Г) 4ст.

67. Какая из шкал оценивает выживаемость при VA ЕСМО

- А) SAVE \*
- Б) RESP
- В) APACHE
- Г) SOFA

68. Выживаемость по данным международного регистра при VA ЕСМО у пациентов с сердечной недостаточностью

- А) 40% \*
- Б) 60%
- В) 80%
- Г) 25%

69. Каким способом можно осуществить декомпрессию ЛЖ

А) Эндоваскулярно через бедренную вену пункцией межпредсердной перегородки и проведением катетера в полость ЛЖ

Б) Трансторакально через легочную вену, ЛП или ЛЖ

В) Через Аортальный клапан с помощью Импелла или ПульсКат

Г) Все ответы могут быть правильными \*

70. Пациент с EF LV менее 15% что является абсолютным противопоказанием для начала VA ECMO

А) Декомпенсированная ХСН \*

Б) Возраст старше 60 лет

В) Повторный ОИМ

Г) Сахарный диабет

71. По данным мультицентрового исследования эффективности применения ЭКМО в сочетании с методами ПЗПТ при СЕПСИСЕ у детей летальность достигает

А) 58% \*

Б) 48%

В) 39%

Г) 32%

72. По данным регистра РосЭКМО инфекционно-токсический шок в качестве причины летальных исходов у пациентов при ЭКМО поддержке достигает

А) 35% \*

Б) 48%

В) 10%

Г) 7%

73. Гемосорбционная колонка CytoSorb адсорбирует молекулы в диапазоне их молекулярной массы

А) 5-65 кДа \*

Б) 0-10 кДа

В) 30-50 кДа

Г) 70-200 кДа

74. Гемосорбционная колонка CytoSorb адсорбирует
- А) Прокальцитонин
  - Б) Миоглобин
  - В) Свободный гемоглобин
  - Г) Все ответы могут быть правильными \*
75. Гемосорбционная колонка CytoSorb уменьшает дозы катехоламинов при СЕПСИСе на
- А) 67% \*
  - Б) 85%
  - В) 14%
  - Г) 0%
76. Гемосорбцию не рекомендуется проводить при уровне тромбоцитов менее
- А)  $20 \cdot 10^9/\text{л}$  \*
  - Б)  $50 \cdot 10^9/\text{л}$
  - В)  $70 \cdot 10^9/\text{л}$
  - Г)  $100 \cdot 10^9/\text{л}$
77. Продолжительность применения колонки в контуре ЭКМО ограничена
- А) 24 часа \*
  - Б) 3 часа
  - В) 48 часов
  - Г) 72 часа
78. Что ассоциируется практически со 100% летальностью при СЕПСИСе
- А) Инициация ЭКМО через 30 часов от начала септического шока \*
  - Б) Гр+ сепсис
  - В) Гр- сепсис
  - Г) Грибковый сепсис
79. Какой уровень эндотоксина при ЕАА тесте говорит о вероятности Гр- СЕПСИСа
- А) 0,4 \*
  - Б) 0,2

В) 0,1

Г) 1

80. По данным регистра РосЭКМО частота применения ЗПТ у пациентов на ЭКМО

А) 52% \*

Б) 100%

В) менее 30%

Г) более 70%

81. Три попытки пункции центральной вены увеличивают частоту осложнений в

А) 6 раз \*

Б) 3 раза

В) 2 раза

Г) 9 раз

82. Использование УЗИ при пункции сосудов уменьшает вероятность осложнений, уровень доказательства

А) I A \*

Б) II B

В) III C

Г) IV D

83. Для УЗИ навигации сосудистого доступа лучше использовать датчик

А) Линейный \*

Б) Конвексный

В) Фазированный

Г) Микро-конвексный

84. Короткая ось имеет обозначение

А) SAX \*

Б) LAX

В) DEX

Г) SIN

85. Синий цвет в режиме цветного картирования показывает

- А) Направление тока крови от датчика \*
- Б) Направление тока крови к датчику
- В) Вена
- Г) Артерия

86. Расположение IJV относительно СА в 49% случаев

- А) Lateral \*
- Б) Medial
- В) Anterior
- Г) Posterior

87. Оптимальное место пункции бедренной артерии

- А) Ниже паховой связки до отхождения глубокой артерии бедра \*
- Б) Выше паховой связки
- В) После отхождения глубокой артерии бедра
- Г) Все ответы могут быть правильными

88. Частота постановки ПИК-катететеров в США более

- А) 700 000 в год \*
- Б) 70 000 в год
- В) 7 000 в год
- Г) 700 в год

89. ПИК катетер может использоваться до

- А) 1 года \*
- Б) 3 дней
- В) 1 дня
- Г) 2 лет

90. EхастTrack позволяет уменьшить количество осложнений при пункции сосудов за счет

- А) Визуализации вектора продвижения иглы на экране УЗИ аппарата \*
- Б) Специального типа ультразвукового датчика
- В) Специальных игл для пункции сосудов
- Г) Все ответы могут быть правильными

91. Протокол быстрой ультразвуковой оценки при шоке называется

- А) RUSH \*
- Б) FAST
- В) ABCDE
- Г) EFAST

92. Быстрая фокусированная ЭХО-КГ должна помочь оценить

- А) Перикардальный выпот, сократимость ЛЖ, размер ПЖ \*
- Б) ДМПП, Баталов проток, ДМЖП
- В) Аортальный клапан, Митральный клапан, Трикуспидальный клапан
- Г) Состояние аорты, коронарный кровоток, тредмил тест

93. Стандартная фокусированная ЭХО-КГ подразумевает выполнение исследования из  
какого кол-ва точек визуализации

- А) 5 \*
- Б) 3
- В) 7
- Г) 10

94. Расчет объемов ЛЖ методом дисков в двух плоскостях называется метод

- А) Симпсон \*
- Б) Тейхольц
- В) Тредмил
- Г) Бенгл

95. Для СЕПСИСа чаще характерен тип кровообращения

- А) Гипердинамический \*
- Б) Гиподинамический
- В) Нормодинамический
- Г) Все ответы могут быть правильными

96. В кармане Морисона это пространство между

- А) Правой долей печени и правой почкой \*
- Б) Левоы долей печени и поджелудочной железой



- В) Селезенкой и левой почкой
- Г) Прямой кишкой и мочевым пузырем

97. Спадение НПВ на вдхое более 50% является признаком

- А) Гиповолемии \*
- Б) ТЭЛА
- В) Тампонады сердца
- Г) Цироза

98. При УЗИ легких Б-линии указывают на

- А) Интерстициальный отек \*
- Б) Пневмоторакс
- В) Гидроторакс
- Г) Плеврит

99. При УЗИ легких «Бар-код признак» указывает на

- А) Пневмоторакс \*
- Б) Гидроторакс
- В) Интерстициальный отек
- Г) Плеврит

100. При УЗИ легких «Морской берег признак» указывает на

- А) Нормальное скольжение легкого \*
- Б) Гидроторакс
- В) Пневмоторакс
- Г) Ателектаз

### Ситуационные задачи:

1. Пациент 65 лет с ХОБЛ с прогрессирующим течением заболевания в течении последних 6 мес., отмечается нарастание критической гиперкапнии ( $P_{aCO_2}$  110 мм.рт.ст.) на фоне проводимой ИВЛ. Резко отрицательная динамика последние 4 часа: гипотензия требующая адренергической поддержки (Адреналин 0.1 мкг/кг\*мин, выраженный ацидоз (рН 7.1, ВЕ -12), анурия. Выбор дальнейшей тактики? Критерии целесообразности проведения ЭКМО? Какая из схем ЭКМО была бы предпочтительна в данной клинической ситуации?

2. Пациент 6 мес. с диагнозом посткардиотомический синдром, ОСН находится на V-A ЭКМО производительностью 900мл/мин. Внезапно производительность аппарата снижается до 350мл/мин, вы обращаете на снижение артериального давления, снижение сатурации. Возможные причины? Ваши действия?

3. В приемный покой доставлен пациент 76 лет с продолжающейся СЛР по причине внезапной смерти (аритмогенного генеза?) на догоспитальном этапе. Продолжительность реанимационных мероприятий 22 мин. Врачи скорой помощи сообщают Вам о рефрактерности проводимой СЛР. Ваши дальнейшие действия? Какая бы схема была бы оптимальна при подключении ЭКМО?

4. Пациент с тяжелой формой свиного гриппа H1N1 потребовавшей инициации ЭКМО. Вы выбрали периферическую схему подключения V-A ЭКМО через 15 мин выйдя на полную производительность обращаете внимание, что сатурация на правой и левой руке значительно отличается  $SpO_2$  dex. 72% vs  $SpO_2$  sin. 99%. Что происходит с пациентом и какие Ваши дальнейшие действия?

5. Пациент находится на V-A ЭКМО по причине выраженной ЛЖ недостаточности после перенесенного инфаркта миокарда. Внезапно возникает пароксизм наджелудочковой тахикардии с ЧСЖ до 200/мин, при этом САД остается в пределах целевых значений 90 мм.рт.ст. Ваши дальнейшие действия? Зачем нужна ЭХО-КГ? Что возможно потребует изменения схемы проведения ЭКМО?

6. Пациент на V-V ЭКМО и ИВЛ в течении 21 суток, Вы обращаете внимание, что уровень  $SvO_2$  снизился до 55%, при стабильных показателях гемодинамики за исключением умеренного нарастания тахикардии ЧСС до 110/мин. При этом  $P_{aO_2}$  300 мм.рт.ст.,  $SaO_2$  94%. Какие еще показатели Вам необходимы, чтобы правильно определить причину нарастания системной гипоксии? И какие Ваши дальнейшие действия по преодолению сложившейся ситуации?

7. Вы эвакуируете пациента в ЭКМО центр в условиях V-V ЭКМО авиационным транспортом на расстояние 1500 км. В первичном госпитале после стабилизации состояния пациента параметры ЭКМО 4л/мин, FiO<sub>2</sub> 80%, параметры ИВЛ V 5л/мин, FiO<sub>2</sub> 80%. Что Вам необходимо знать, чтобы правильно рассчитать необходимый запас O<sub>2</sub> предстоящей эвакуации в условиях ЭКМО.

8. У пациента в ходе проведения экстракорпоральной СЛР (ECPR) через 20 мин отмечается критическая ишемия правой нижней конечности. Что может являться причиной этого жизнеугрожающего состояния и какие Ваши дальнейшие действия?

9. У пациента с посткардиотомическим синдромом на 2-е сутки проведения периферического V-A ЭКМО отмечается отрицательная динамика по утренней ЭКГ в виде снижения с.ST на 4 мм ниже изолинии во всех грудных V1-V6 отведениях. А так же снижением системного артериального давления потребовавшего от персонала в ночное время увеличить производительность ЭКМО с 2.5 л/мин до 3.5 л/мин. Что могло привести к отрицательной динамике и какие Ваши дальнейшие действия?

10. Пациент ранее неоднократно лечившийся в стационаре по поводу ТЭЛА находится на V-V ЭКМО по причине развития тяжелой пневмонии. На 14 сутки проведения ЭКМО вы обращаете внимание на выраженное снижение тромбоцитов WBC до  $30 \cdot 10^9/\text{л}$ . Ваши предположения причин возникновения тромбоцитопении, что необходимо сделать в этой ситуации, чтобы уменьшить риски развития фатальных осложнений.

11. Пациент находится 8 сутки на V-V ЭКМО по причине развития РДС. Внезапно заборная магистраль начала демпфировать и Вы обратили внимание на снижение производительности ЭКМО на 50%, при этом так же отмечается снижение сатурации SpO<sub>2</sub> до 80%. Вы измеряете ЦВД, на мониторе +10 мм.рт.ст. Что может быть причиной отрицательной динамики в состоянии пациента? И что необходимо сделать в алгоритме диагностики и лечебных мероприятий направленных на преодоление сложившейся клинической ситуации?

12. У пациента в результате ятрогенных действий на догоспитальном этапе получили линейный разрыв трахеи с переходом на главных правый бронх. Пациент находится на ИВЛ в условиях медикаментозной седации Пропофолом 1мг/кг\*час, периодически доступен вербальному контакту, но Вы обращаете внимание на усиление эмфиземы верхней части туловища в динамике последних 12 часов. Хирурги предлагают Вам дренировать средостение и попытаться заинтубировать двухпросветной интубационной трубкой для проведения раздельной ИВЛ правого и левого легкого. Какие при этом дополнительные риски Вы можете получить и какая бы тактика была оптимальной в сложившейся клинической ситуации?