

СОДЕРЖАНИЕ

Участники издания	6
Предисловие	8
Список используемых сокращений.	10
Глоссарий.	11
Раздел 1. Введение	14
1.1. История развития экстракорпоральной мембранной оксигенации	14
1.2. Определение, понятие экстракорпоральной мембранной оксигенации	18
Литература	19
Тестовые задания	20
Раздел 2. Устройство системы для проведения экстракорпоральной мембранной оксигенации	23
2.1. Канюли и магистрали для экстракорпоральной мембранной оксигенации	25
2.2. Электропривод насоса, резервный привод, головка насоса	27
2.3. Оксигенаторы.	29
2.4. Газовый смеситель	31
2.5. Теплообменник и терморегулирующее устройство	32
2.6. Блок управления и контроля	33
2.7. Датчики контроля процедуры экстракорпоральной мембранной оксигенации	35
2.8. Заполнение контура	38
Литература	40
Тестовые задания	41
Раздел 3. Процедура экстракорпоральной мембранной оксигенации	45
3.1. Канюляция	45
3.2. Варианты экстракорпоральной мембранной оксигенации и принятие решения о начале процедуры экстракорпоральной мембранной оксигенации	52
3.3. Противопоказания для проведения экстракорпоральной мембранной оксигенации	55
3.4. Вено-венозная экстракорпоральная мембранная оксигенация	56

3.5. Веноартериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация	66
Литература	86
Тестовые задания	89
Раздел 4. Осложнения процедуры экстракорпоральной мембранной оксигенации	105
4.1. Кровотечение	105
4.2. Гемолиз	106
Литература	108
Тестовые задания	109
Раздел 5. Мониторинг при экстракорпоральной мембранной оксигенации	111
5.1. Проверка пациента	111
5.2. Проверка экстракорпоральной мембранной оксигенации ..	112
5.3. Оценка гемодинамики	112
5.4. Проверка респираторной поддержки	112
5.5. Проверка функций висцеральных органов, кровоснабжения нижних конечностей, инфекционный мониторинг	113
Литература	113
Тестовые задания	114
Раздел 6. Антикоагулянтная терапия	116
6.1. Гепарин-индуцированная тромбоцитопения	121
6.2. Гепаринорезистентность	122
6.3. Применение антиагрегантной терапии	123
6.4. Фибринолитическая терапия	124
6.5. Проведение экстракорпоральной мембранной оксигенации без антикоагулянтной терапии	124
Литература	125
Тестовые задания	126
Раздел 7. Применение эфферентных методик при экстракорпоральной мембранной оксигенации	128
Литература	134
Тестовые задания	134
Раздел 8. Ведение пациентов на экстракорпоральной мембранной оксигенации	136
8.1. Мероприятия по уходу за пациентами на экстракорпоральной мембранной оксигенации	137
Литература	140
Тестовые задания	140

Раздел 9. Применение экстракорпоральной мембранной оксигенации при рефрактерной остановке кровообращения	142
Литература	146
Тестовые задания	147
Раздел 10. Транспортировка пациентов на экстракорпоральной мембранной оксигенации	148
10.1. Внутрибольничная транспортировка	154
10.2. Межгоспитальная медицинская эвакуация.	157
10.3. Мониторинг во время эвакуации на экстракорпоральной мембранной оксигенации	159
10.4. Осложнения при медицинской эвакуации	160
10.5. Минимально необходимое оборудование для экстракорпоральной мембранной оксигенации.	160
10.6. Расходные материалы	161
Литература	161
Тестовые задания	162
Раздел 11. Устранение неполадок оборудования и решение проблем при проведении процедуры экстракорпоральной мембранной оксигенации	165
Заключение	179
Приложение 1	180
Дополнительная литература по теме	180
Интернет-ресурсы	182
Нормативно-правовые акты Российской Федерации, в соответствии с профилем специальности и регламентирующие применение методики экстракорпоральной мембранной оксигенации в клинической практике	182
Приложение 2	184
Планируемые результаты обучения	184
Экстракорпоральная мембранная оксигенация при лечении критической сердечной и дыхательной недостаточности.	191

ПРЕДИСЛОВИЕ

Поддержка отказывающихся органов и систем остается в фокусе внимания на протяжении всей истории современной интенсивной терапии. Проблема эта не дает покоя многим поколениям специалистов критической медицины.

Врачи всегда мечтали искусственно корректировать, а подчас и полностью замещать при помощи различных устройств и технологий нарушенные функции органов в ожидании их восстановления. Так, уже не первое десятилетие рутинно применяется заместительная почечная терапия в различных модальностях, а искусственная вентиляция легких давно не рассматривается как из ряда вон выходящая методика — без нее немислима безопасная и эффективная интенсивная терапия. Постоянным предметом исследования и совершенствования технологии остаются средства поддержки и замещения такого многофункционального и сложного органа, как печень. Исследовательский интерес к поддержке нарушенного кровообращения механическими вспомогательными и замещающими устройствами насчитывает более полутора веков, однако период быстрого и плодотворного развития этой технологии вне кардиохирургических операционных гораздо более короток. Сегодня доступны различные варианты поддержки кровообращения — от кратковременной, в течение минут, часов, дней, до длительной, составляющей недели, месяцы, а порой — годы.

Увы, каждая из перечисленных технологий имеет свои патофизиологические аспекты и несет в себе угрозу негативного воздействия на организм пациента в случае применения в режимах вне протективного диапазона. Это делает очевидным и логичным стремление обеспечить любую систему жизнеобеспечения интеллектуальной системой контроля безопасности и эффективности воздействия.

История клинического применения методики экстракорпоральной поддержки при критической дыхательной или сердечной недостаточности вне операционных насчитывает чуть менее полувека. Теперь ранние технологические барьеры, ограничивающие первоначальное применение лишь небольшими периодами времени, выраженный гемолиз, активация гемостаза и системного воспаления уже не кажутся непреодолимыми. Технологически более совершенными и биосовместимыми становятся системы экстракорпорального газообмена, магистралей, насосы, устройства сосудистого доступа, что позволяет добиться увеличения безопасной продолжительности поддержки, повышает доступность методик для специалистов, а значит — и для пациентов.

В последние годы одной из наиболее динамично развивающихся технологий в этой области медицины стала экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), прошедшая трудный путь от меры отчаяния, отведенной для случаев, когда все остальные возможности исчерпаны, до хорошо зарекомендовавшей себя очередной ступени эскалации интенсивной терапии с четкими показаниями и критериями эффективности.

Растущая синхронно с увеличением числа процедур ЭКМО база знаний, описывающая и анализирующая мировой опыт применения, стала серьезной доказательной основой для создания клинических рекомендаций, образовательных программ. И, что не менее важно, указала наиболее перспективные и востребованные направления дальнейших научных исследований. Основой этому служат международные (ELSO) и национальные (РосЭКМО) регистры.

Со временем область применения ЭКМО расширилась не только с точки зрения спектра заболеваний и состояний, но и в связи с прогрессом в понимании возможности сочетания респираторной (вено-венозной) и гемодинамической (веноартериальной) модальностей. Это нашло свое развитие в обосновании применения гибридных вариантов поддержки.

Применяемая в отделениях интенсивной терапии различной специализации, а подчас и за пределами клиники, описываемая в нашем практическом руководстве методика требует серьезной и разносторонней инфраструктурной и ресурсной подготовки, в то же время медикам различных специальностей необходимо действовать одной слаженной командой, обеспечивая наилучшее качество помощи пациенту.

Основной целью нашего практического руководства является предоставление возможности познакомиться с принципами устройства оборудования ЭКМО, физиологическими и патофизиологическими основами процедуры, практическими аспектами инициации и техникой проведения процедуры, мониторинга и ухода за пациентами в отделениях реанимации и интенсивной терапии. Кроме того, освещаются возможности применения ЭКМО в различных клинических ситуациях. Тестовые задания в конце каждого раздела помогут лучше усвоить информацию.

Надеемся, что данное практическое руководство, основанное на принципах доказательной медицины, пациентоориентированности в сочетании с клиническим опытом авторов, окажет поддержку и принесет пользу врачам и медицинским сестрам отделений интенсивной терапии, анестезиологии, сердечно-сосудистой, эндоваскулярной, торакальной хирургии, ординаторам и аспирантам, студентам старших курсов медицинских вузов, а также многим другим специалистам, вовлеченным в процесс лечения пациентов в критическом состоянии с применением технологии ЭКМО.

Раздел 5. Мониторинг при экстракорпоральной мембранной оксигенации

Полноценный мониторинг состояния пациента и параметров ЭКМО в большинстве случаев позволяет предупредить осложнения на ранних этапах лечения. Мониторинг при процедуре ЭКМО состоит из нескольких принципиальных компонентов проверки (**рис. 5.1**) [5, 6, 12, 16, 17].

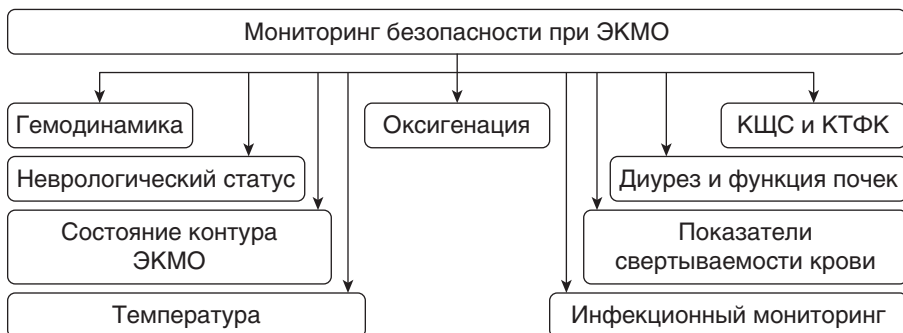


Рис. 5.1. Мониторинг безопасности при проведении экстракорпоральной мембранной оксигенации

5.1. ПРОВЕРКА ПАЦИЕНТА

- Уровень пациента на медицинской кровати должен находиться выше уровня расположения центрифужной головки импеллера. Это облегчает венозный возврат в контур ЭКМО, головной конец приподнять на 15–30°.
- Уровень седации/бодрствования — при необходимости продленной седации и миоплегии 1 раз в сутки осуществляется перерыв в их использовании с оценкой уровня сознания, рефлексов, патологических знаков. Предпочтительный уровень седации –1–2 по шкале RASS (Richmond Agitation-Sedation Scale).

- Геморрагические/ишемические проявления — использование антикоагулянтной терапии во время ЭКМО повышает риски развития геморрагических осложнений со стороны центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта, трахеостомы, мест канюляции, инвазивных линий.
- Оценка риска возникновения пневмоторакса (аускультация легких, рентген органов грудной клетки не реже 1 раза в 2 сут, оценка подвижности грудной клетки, оценка асимметрии).

5.2. ПРОВЕРКА СИСТЕМЫ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ

- Контроль температурного режима перфузии.
- Оценка газотранспортной функции оксигенатора ($P_{postO_2} > 300$ мм рт.ст. при $F_{iO_2} = 1,0$).
- Оценка коэффициента рециркуляции при ВВ ЭКМО и синдрома Арлекина при ВА ЭКМО.
- Визуальный осмотр контура ЭКМО, аускультация импеллера, оценка уровня давлений в контуре, соответствующих параметрам безопасной перфузии.

5.3. ОЦЕНКА ГЕМОДИНАМИКИ

Является комплексной с применением рутинного мониторингового, лабораторного, инструментального наблюдения, инвазивных методов оценки с помощью мониторинга $PiCCO$ или катетера Swan-Ganz. Целесообразность инвазивных методов оправдана при имеющихся проблемах со стороны сократимости миокарда, при управлении дистрибутивным шоком, необходимости мониторинга давления в легочной артерии. Выполняется рутинный ЭхоКГ-мониторинг функции миокарда с оценкой геометрии и сократимости желудочков, функции клапанного аппарата. Проводится оценка метаболизма, определение соответствия доставки потреблению O_2 , уровень лактата в артерии, $Pv-aCO_2$, $ScvO_2$, темп диуреза.

5.4. ПРОВЕРКА РЕСПИРАТОРНОЙ ПОДДЕРЖКИ

Соответствие режиму протективной ИВЛ [дыхательный объем 4–6 мл/кг от идеальной массы тела, $FiO_2 > 70\%$, частота дыхания > 20 в мин, $R_{пик}$ ($R_{плато}$) ≤ 30 см H_2O , driving pressure ($R_{плато}$) — положитель-

ное давление в конце выдоха) ≤ 15 см H₂O]. Ежедневно может выполняться легких (В-линии), рентгенография органов грудной клетки (не реже, чем раз в два дня), при необходимости КТ органов грудной клетки.

5.5. ПРОВЕРКА ФУНКЦИЙ ВИСЦЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ, КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ, ИНФЕКЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ

Ежедневный контроль общеклинических биохимических показателей, контроль функций почек, УЗИ органов брюшной полости с контролем уровня висцерального кровотока, УЗИ плевральных полостей, ультразвуковая доплерография сосудов нижних конечностей. Поддержание диуреза 1 мл/кг/час, умеренного отрицательного баланса, общий объем инфузии без учета препаратов крови должен быть ограничен только необходимостью введения антимикробных препаратов.

Контроль неврологического статуса, как указывалось выше, следует осуществлять не реже 1 раза в сутки – при отрицательной динамике, выполнение КТ головного мозга.

ЛИТЕРАТУРА

1. McMichael A.B.V., Ryerson L.M., Ratano D. et al. 2021 ELSO adult and pediatric anticoagulation guidelines // *ASAIO J.* 2022. Vol. 68. N. 3. P. 303–310. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001652>
2. Aubron C., Cheng A.C., Pilcher D. et al. Factors associated with outcomes of patients on extracorporeal membrane oxygenation support: a 5-year cohort study // *Crit. Care.* 2013. Vol. 17. P. R73. DOI: <https://doi.org/10.1186/cc12681>
3. Bridges B.C., Dhar A., Ramanathan K. et al. Extracorporeal life support organization guidelines for fluid overload, acute kidney injury, and electrolyte management // *ASAIO J.* 2022. Vol. 68. N. 5. P. 611–618. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001702>
4. De Waele J.J., Van Cauwenberghes S., Hoste E., et al. The use of activated clotting time for monitoring heparin therapy in critically ill patients // *Intensive Care Med.* 2003. Vol. 29. P. 325–328.
5. Gajkowski E.F., Herrera G., Hatton L. et al. ELSO guidelines for adult and pediatric extracorporeal membrane oxygenation circuits // *ASAIO J.* 2022. Vol. 68. N. 2. P. 133–152. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001630>
6. Annich G., Lynch W., MacLaren G. et al. ECMO: Extracorporeal Cardiopulmonary Support in Critical Care (The «Red Book»). Extracorporeal Life Support Organization, 2012. 537 p.
7. Gravlee G.P., Davis R.F., Stammers A.H. et al. *Cardiopulmonary Bypass: Principles and Practice.* Lippincott Williams & Wilkins, 2008. 783 p.

8. Douflé G., Ferguson N.D. Monitoring during extracorporeal membrane oxygenation // Curr. Opin. Crit. Care. 2016. Vol. 22. N. 3. P. 230–238. DOI: <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000309>
9. Hodder A. Techniques in Extracorporeal Circulation. 4th ed. 2004.
10. Poonam Malhotra Kapoor. Manual of Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO) in the ICU. Jaypee Brothers Medical Publishers, 2014. 392 p.
11. Lorusso R., Shekar K., MacLaren G. et al. ELSO Interim guidelines for venoarterial extracorporeal membrane oxygenation in adult cardiac patients // ASAIO J. 2021. Vol. 67. N. 8. P. 827–844. DOI: <https://doi.org/10.1097/MAT.0000000000001510>
12. Short B.L., Williams L. ECMO Specialist Training Manual. 3rd ed. Extracorporeal Life Support, 2010. 288 p.
13. Shaheen A., Tanaka D., Cavarocchi N.C., Hirose H. Venovenous extracorporeal membrane oxygenation (VV ECMO) indications, preprocedural considerations, and technique // J. Card. Surg. 2016. Vol. 31. P. 248–252. DOI: <https://doi.org/10.1111/jocs.12690>
14. Tanaka D., Pitcher H.T., Cavarocchi N.C., Hirose H. Can procalcitonin differentiate infection from systemic inflammatory reaction in patients on extracorporeal membrane oxygenation? // J. Heart Lung Transplant. 2014. Vol. 33. P. 1186–1188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.healun.2014.08.015>
15. Дементьева И.И. Лабораторная диагностика и клиническая оценка нарушений гомеостаза у больных в критическом состоянии. М.: УПМ МИПК «Poligrafцентр», 2007, 162 с.
16. Лысенко М.А., Кецкало М.В., Андреев С.С. и др. Экстракорпоральная мембранная оксигенация. Практические рекомендации. СПб.: Экстен Медикал, Технопроект, 2020. 72 с.
17. Руководство по кардиоанестезиологии и интенсивной терапии / Под ред. А.А. Бунятына, Н.А. Трековой, А.А. Еременко. 2-е изд., доп. и перераб. М.: Медицинское информационное агентство, 2015. 70 с.

5.2. ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ

№ п/п	Раздел	Правильный ответ	Вопросы/варианты ответа
68	5		Мониторинг безопасности процедуры ЭКМО включает в себя:
		*	Мониторинг гемодинамики
		*	Мониторинг диуреза
			Эндокринный скрининг
		*	Контроль давлений в контуре ЭКМО

№ п/п	Раздел	Правильный ответ	Вопросы/варианты ответа
69			В контроль эффективности процедуры ЭКМО входит:
		*	Оценка параметров и эффективности ИВЛ
			Оценка состояния конечностей
		*	Оценка показателей газообмена, уровня лактата артериальной крови, уровня VO_2
		*	Оценка функции оксигенатора
70			Для оценки гемодинамики используется:
		*	Мониторинг PiCCO или катетер Swan-Ganz
		*	Эхокардиография
			Ручной тонометр
		*	Оценка метаболизма, определение соответствия доставки потреблению O_2 , уровень лактата в артерии, $Pv-aCO_2$, $ScvO_2$, диурез