

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСЕРВАЦИИ ЛЕГКИХ АСИСТОЛИЧЕСКОГО ДОНОРА

Н.С. Буненков¹⁻³, И.А. Завьялов⁶, А.Л. Акопов², А.А. Карпов^{1, 7}, С.М. Минасян^{1, 2}, А.А. Кутенков², С.В. Попов³⁻⁵, Р.Г. Гусейнов^{3, 4}, В.И. Пан¹, Д.Ю. Ивкин⁸, М.М. Галагудза^{1, 2}

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ СПб ГБУЗ «Клиническая больница Свяителя Луки» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁴ ЧОУВО «Санкт-Петербургский медико-социальный институт», Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁵ ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны, Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁶ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁷ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)», Санкт-Петербург, Российская Федерация

⁸ ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Минздрава России, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Цель: оценить эффективность консервации легких асистолических доноров бесперфузионным методом.

Материалы и методы. Эксперименты проведены на 8 свиньях-самцах породы Ландрас массой от 40 до 60 кг в трех группах наблюдения: 1) группа ЦЛС – консервация легких раствором, приготовленным по рецепту Celsior (n = 3); 2) группа РСР – консервация легких раствором собственной разработки (n = 3); 3) группа ФЗР – консервация легких физиологическим раствором (n = 2). **Результаты.** В исследуемых группах (ЦЛС, РСР) индекс оксигенации после реперфузии кровью превышал 350, в контрольной группе (ФЗР) был менее 350. **Выводы.** Описанная методика оценки эффективности новых консервирующих растворов для легких является технически простой и экономически эффективной, так как позволяет быстро провести эксперименты с достаточно большим количеством наблюдений. Несмотря на то что данная методика не может в полной мере решить все задачи экспериментальной трансплантологии, она может быть использована для первичного тестирования консервирующих растворов.

Ключевые слова: модель трансплантации легких, бесперфузионный метод, консервация легких.

Для корреспонденции: Буненков Николай Сергеевич. Адрес: 197022, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, 6-8. Тел. (812) 338-62-79. E-mail: bunenkov2006@gmail.com

Corresponding author: Nikolay Bunenkov. Address: 6-8, Lva Tolstogo str., St. Petersburg, 197022, Russian Federation. Phone: (812) 338-62-79. E-mail: bunenkov2006@gmail.com

PROTOCOL FOR ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF LUNG PRESERVATION SOLUTIONS IN DONATION AFTER CIRCULATORY DEATH DONORS

N.S. Bunenkov¹⁻³, I.A. Zavjalov⁶, A.L. Akopov², A.A. Karpov^{1, 7}, S.M. Minasyan^{1, 2},
A.A. Kutenkov², S.V. Popov³⁻⁵, R.G. Gusejnov^{3, 4}, V.I. Pan¹, D.Yu. Ivkin⁸, M.M. Galagudza^{1, 2}

¹ Almazov National Medical Research Centre, St. Petersburg, Russian Federation

² Pavlov University, St. Petersburg, Russian Federation

³ St. Luke's Clinical Hospital, St. Petersburg, Russian Federation

⁴ St. Petersburg Medical and Social Institute, St. Petersburg, Russian Federation

⁵ Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg, Russian Federation

⁶ St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russian Federation

⁷ St. Petersburg Electrotechnical University (LETI), St. Petersburg, Russian Federation

⁸ St. Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, St. Petersburg, Russian Federation

Objective: to evaluate the effectiveness of lung preservation in donation after circulatory death (DCD) using a non-perfusion-based preservation method. **Materials and methods.** The study was conducted on eight healthy male Landrace pigs (weight range: 40–60 kg), divided into three groups based on the preservation solution used: Celsior group (n = 3), lungs preserved using a solution prepared according to the Celsior formulation.; NewSolution group (n = 3), lungs preserved using a custom-formulated solution developed in-house; NaCl group (n = 2), lungs preserved using saline (control group). **Results.** In the study groups (Celsior and NewSolution), the oxygenation index after reperfusion exceeded 350, while the control group (NaCl) exhibited an oxygenation index of less than 350. **Conclusions.** The method described for evaluating the effectiveness of new lung preservation solutions is technically simple and cost-effective, as it enables rapid experimentation with a sufficiently large number of observations. While this approach may not address all challenges in experimental transplantology, it provides a practical and efficient tool for preliminary screening of lung preservation strategies.

Keywords: lung transplantation model, non-perfusion method, lung preservation.

ВВЕДЕНИЕ

Подавляющее большинство хронических заболеваний легких в терминальных стадиях сопровождается прогрессирующей дыхательной недостаточностью и гипоксией жизненно важных органов. Заболевания легких занимают одну из ведущих позиций среди наиболее часто встречающихся причин смерти [6, 11]. Пандемия COVID-19 сопровождалась высокими показателями летальности вследствие поражения легких и с новой силой привлекла внимание мировой научной общественности к разработке методов лечения заболеваний легких. В такой ситуации радикальным методом лечения является трансплантация легких. Однако данный метод лечения имеет ограниченное распространение, что обусловлено такими факторами, как сложность и высокая стоимость лечения, дефицит доноров и высокая уязвимость донорских легких к повреждающим воздействиям [4]. Вследствие такой подверженности легких к повреждению количество пригодных для трансплантации донорских легких уменьшается до 15–20% против 69% для печени и 90% для почек [6]. В результате летальность в листе ожидания составляет от 20 до 40% за период до 2 лет [6]. Одним из возможных подходов может быть разработка нового консервирующего

раствора с лучшими защитными свойствами. Новые консервирующие растворы требуют доклинических исследований с использованием экспериментальных моделей на животных. Очевидно, что наиболее убедительные данные об эффективности нового консервирующего раствора можно получить в ходе ортотопической трансплантации легких в экспериментах на крупных животных (свиньи, собаки, обезьяны), однако такие эксперименты не только сложны с технической точки зрения, но и требуют больших расходов. Дополнительному увеличению затрат способствует необходимость использования для одного эксперимента двух животных, т. е. пары «донор–реципиент». Послеоперационное сопровождение и содержание животного-реципиента также является дорогостоящим мероприятием. Таким образом, представляется рациональным использовать более простые модели, например, консервацию легких донора с последующей реперфузией кровью *ex vivo* и оценкой эффективности оксигенации крови, взятой из легочных вен.

Цель: отработать модель консервации легких от асистолических доноров с последующей оценкой эффективности консервации путем *ex vivo* перфузии легких свиньи для доклинических исследований новых консервирующих растворов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на 8 свиньях-самцах породы Ландрас массой от 40 до 60 кг в трех группах наблюдения: 1) группа ЦЛС – консервация легких раствором, приготовленным по рецепту Celsior ($n = 3$); 2) группа РСР – консервация легких раствором собственной разработки ($n = 3$); 3) группа ФЗР – консервация легких физиологическим раствором ($n = 2$). Раствор собственной разработки приготовлен с изменениями составляющих и концентраций ранее представленной рецептуры [9]. Распределение животных по группам производилось случайным образом. Все животные содержались в стандартизированных условиях, имели доступ к полнорационному корму и воде *ad libitum*. Работа одобрена локальным этическим комитетом.

В асептических условиях под общей анестезией и искусственной вентиляцией легких (ИВЛ, фракция кислорода 21%), выполняли канюляцию бедренной вены. Через канюлю в контейнеры с CPDA собирали 2 литра венозной крови, внутривенно вводили гепарин в дозе 300 Ед/кг, после чего внутривенно вводили 10 мл лидокаина 2% до достижения асистолии по данным ЭКГ, выполняли стернотомию, вскрывали перикард, выполняли канюляцию легочного ствола, вскрывали ушко левого предсердия. Под давлением столба жидкости высотой 180 см перфузировали легкие консервирующим раствором. Объем перфузии составлял 2 литра, среднее время – 15 мин. После появления прозрачного раствора из ушка левого предсердия перфузию останавливали, выполняли эксплантацию комплекса легких. На отдельном столе в асептических условиях продолжали перфузию легких консервирующим раствором в объеме 1 литр в

течение 10 мин, после чего перфузию останавливали, выполняли канюляцию легочных вен и проводили ретроградную перфузию легких в объеме 1 литр. По завершении перфузии легкие, а также запасенную в пакетах кровь помещали в холодильник для хранения при температуре +4 °С в течение 4 часов. Через 4 часа легкие и кровь извлекали из холодильника, оставляли на 15 минут при комнатной температуре для предварительного согревания, после чего начинали ИВЛ (фракция кислорода 21%) и перфузию легких запасенной кровью через легочный ствол под давлением столба жидкости высотой 180 см. После появления крови в легочных венах были взяты образцы для анализа на кислотно-основное состояние (в том числе уровень лактата) и для определения парциального давления кислорода и углекислого газа. Также рассчитывали индекс оксигенации как отношение парциального давления кислорода в крови к фракции кислорода во вдыхаемом воздухе (аппарат ABL800, Radiometer, Дания). Указанные параметры оценивали в трех точках: до начала перфузии легких кровью (точка 0), а также через 10 и 20 мин после начала перфузии. Индекс оксигенации свыше 350 после реперфузии легких кровью расценивался как критерий эффективной консервации легких. По завершении эксперимента образцы легочной ткани помещали в 10% раствор формалина с последующим гистологическим исследованием. Полученные данные обрабатывали с помощью программы Statistica 12 и R.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Парциальное давление кислорода в венозной крови перед перфузией легких кровью в точке 0 не превышало 53 мм рт. ст. (табл., рис., в). Через 10 мин

Таблица

Показатели газообмена легких после консервации при реперфузии кровью через 4 часа холодового хранения

Lung gas exchange parameters after preservation and blood reperfusion following 4 hours of cold storage

Время, мин	Раствор	IO	pCO ₂	pO ₂	Lac
0	Celsior	225,2 [225,2; 225,2]	95,20 [95,2; 95,2]	47,30 [47,3; 47,3]	3,80 [3,8; 3,8]
0	NaCl	250,5 [250,0; 250,0]	94,9 [94,9; 94,9]	52,6 [52,6; 52,6]	4,0 [4,0; 4,0]
0	NewSolution	184,3 [175,2; 221,0]	83,6 [66,3; 83,6]	38,7 [36,8; 46,4]	3,6 [1,4; 5,9]
10	Celsior	504,8 [504,8; 504,8]	18,7 [18,7; 18,70]	106,0 [106,0; 106,0]	6,6 [6,6; 6,6]
10	NaCl	266,67 [249,5; 283,8]	56,4 [32,8; 79,9]	56,0 [52,4; 59,6]	5,1 [1,5; 8,7]
10	NewSolution	466,4 [432,9; 500,0]	36,05 [25,4; 46,7]	97,9 [90,9; 105,0]	5,2 [3,2; 7,2]
20	Celsior	590,5 [590,5; 590,5]	19,4 [19,4; 19,4]	124,0 [124,0; 124,0]	7,1 [7,1; 7,1]
20	NaCl	252,9 [252,9; 252,9]	50,0 [50,0; 50,0]	53,1 [53,1; 53,1]	5,4 [5,4; 5,4]
20	NewSolution	625,2 [384,5; 954,8]	36,6 [21,3; 60,2]	131,3 [80,8; 200,5]	6,2 [2,8; 11,1]

Примечание. NewSolution – раствор собственной разработки; Celsior – раствор, приготовленный по рецепту Celsior; NaCl – физиологический раствор; IO – индекс оксигенации (фракция кислорода 21%); pO₂ – парциальное давление кислорода (фракция кислорода 21%) в мм рт. ст.; pCO₂ – парциальное давление углекислого газа в мм рт. ст.; Lac – концентрация лактата в ммоль/л.

Note. NewSolution – a preservation solution developed in-house; Celsior – a preservation solution prepared according to the Celsior formula; NaCl – saline; IO – oxygenation index (measured at 21% oxygen fraction); pO₂ – partial pressure of oxygen (at 21% oxygen fraction) in mmHg; pCO₂ – partial pressure of carbon dioxide in mmHg; Lac – lactate level in mmol/L.

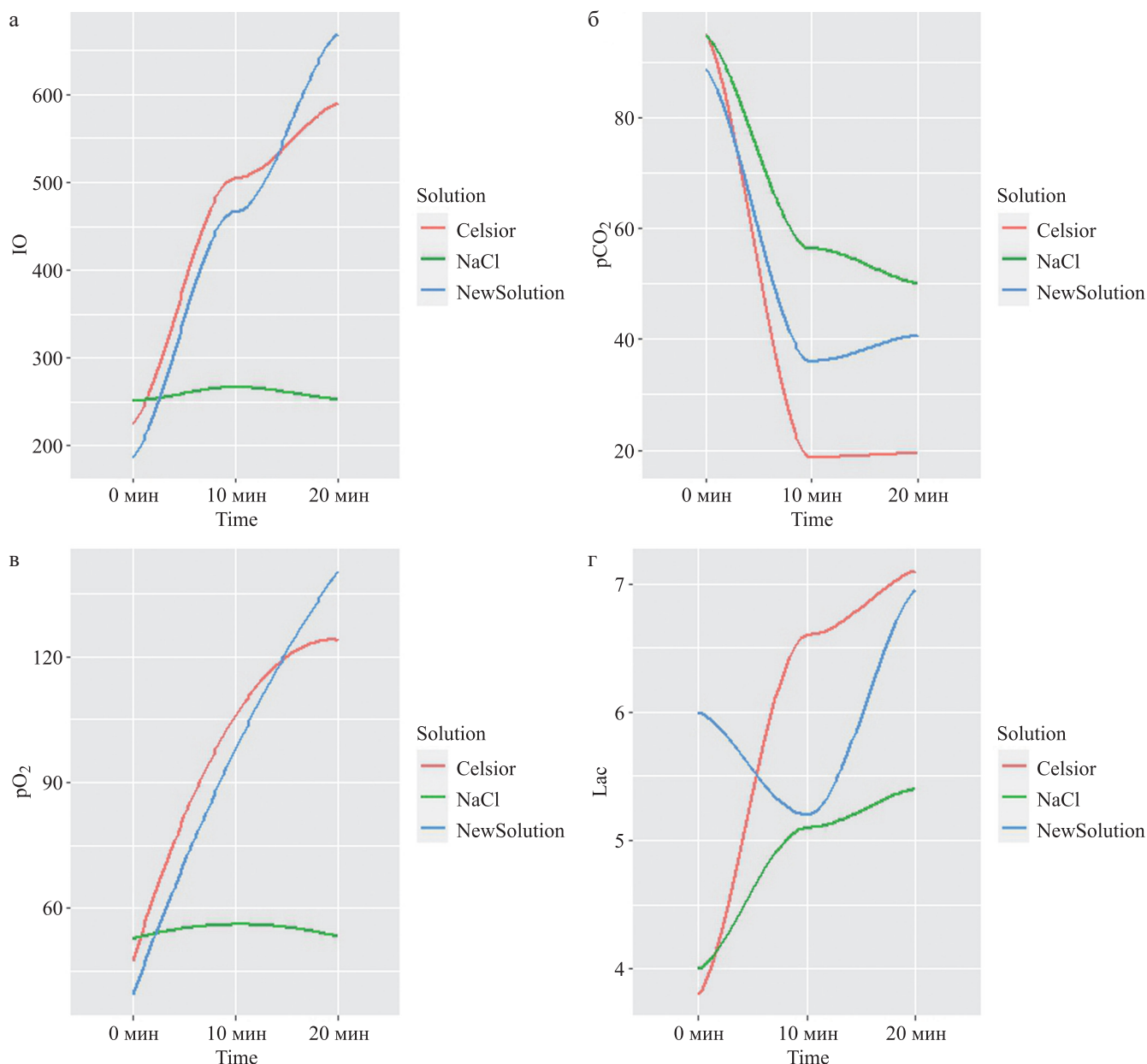


Рис. Показатели функции легких после консервации при реперфузии кровью через 4–10 часов холодового хранения. NewSolution – раствор собственной разработки; Celsior – раствор, приготовленный по рецепту Celsior; NaCl – физиологический раствор; IO – индекс оксигенации (фракция кислорода 21%); pO₂ – парциальное давление кислорода (фракция кислорода 21%) в мм рт. ст.; pCO₂ – парциальное давление углекислого газа в мм рт. ст.; Lac – концентрация лактата в ммоль/л

Fig. Lung function indicators after preservation during blood reperfusion after 4–10 hours of cold storage. NewSolution – a preservation solution developed in-house; Celsior – a preservation solution prepared according to the Celsior formula; NaCl – saline; IO – oxygenation index (measured at 21% oxygen fraction); pO₂ – partial pressure of oxygen (at 21% oxygen fraction) in mmHg; pCO₂ – partial pressure of carbon dioxide in mmHg; Lac – lactate level in mmol/L

после начала реперфузии кровью в легочных венах парциальное давление кислорода в группах консервирующих растворов приближалось к 100 мм рт. ст., а индекс оксигенации приближался к 500 (табл., рис., а).

В контрольной группе консервации физиологическим раствором индекс оксигенации ожидаемо был значительно меньше 350 в течение всего времени реперфузии.

После реперфузии в группах консервации легких отмечался рост показателей индекса оксигенации, парциального кислорода и лактата (рис., а, в, г), в то время как концентрация углекислого газа в крови имела отрицательную динамику (рис., б).

ОБСУЖДЕНИЕ

Ограниченный пул доноров и уязвимость ткани к ишемически-реперфузионному повреждению яв-

ляются серьезными проблемами, сдерживающими развитие трансплантологии [12, 14].

Так, согласно Global Observatory on Donation and Transplantation, за 2023 год в мире было выполнено 102 090 пересадок почки, в то время как в листе ожидания находилось 361 197 пациентов [13]. Таким образом, из-за нехватки донорских органов помощь смогли получить не более трети нуждающихся пациентов. В России из 8378 пациентов, нуждающихся в пересадке органов, лишь 2555 человек из листа ожидания получили трансплантацию [13]. В клинической практике идеальный донор – донор с мозговой смертью, однако количество таких доноров ограничено. Одним из новых направлений в зарубежной клинической трансплантологии является расширение пула донорских органов за счет пациентов, подвергшихся эвтаназии [13]. Согласно данным литературы, в Бельгии за 2022 год было совершено 2966 эвтаназий, в Нидерландах за период с 2002-го по 2021 г. – 82 963. Представленные данные говорят о том, что проблема нехватки донорских органов стоит очень остро. Несмотря на расширение пула донорских органов за счет пациентов, подвергшихся эвтаназии, представляется целесообразным изучение возможности использования органов от субоптимальных доноров либо использования методики улучшения функционального состояния донорских органов субоптимального качества, которые на данный момент не могут быть пересажены, в том числе за счет новых консервирующих растворов [1]. Данная проблема может быть изучена в эксперименте на животных. Расширение критериев оптимальных донорских органов, в том числе за счет улучшения их состояния в ходе *ex vivo* перфузии и использование новых консервирующих растворов могут быть многообещающими направлениями [5, 6, 11].

Следует отметить, что обозначенные проблемы особенно актуальны в случае трансплантации легких. Современное состояние пересадки легких как в России, так и во всем мире определяет значительную роль доклинических и экспериментальных исследований в решении проблем трансплантологии. Использование органов от асистолических доноров могло бы несколько сгладить проблему нехватки органов [8, 10]. В данной работе представлены результаты экспериментов на модели асистолического донора, так как представляется важным изучение методов получения и оценки пригодности органов асистолических доноров к пересадке. Методика оценки эффективности консервации легких асистолического донора в эксперименте на крупных животных может помочь в решении клинических задач.

Существует ряд моделей трансплантации легких и методов оценки функционального состояния

легких, которые были описаны в ранее вышедшей публикации.

Модель для изучения ишемически-реперфузионного повреждения легких, предполагающая изоляцию легких *ex vivo* или *in situ* с постоянной перфузией синтетической средой и заданной температурой, поддерживаемой теплообменником, является признанной методикой, которая может рассматриваться как некоторый компромисс между трансплантацией на крупных животных и экспериментах на мелких грызунах [3, 5–7, 11].

В представленной работе не использовалась аппаратная перфузия легких (использовался бесперфузионный метод оценки консервации легких с применением официального раствора для консервации, собственный раствор и в качестве контроля физиологический раствор), так как не предполагалось изучать возможность рекондиционирования легких с помощью специальных растворов. В ходе реперфузии кровью отмечался постепенный рост показателей функционирования легких в группах исследуемых растворов, в то время как в контрольной группе (консервация физиологическим раствором) показатели функционирования легких свидетельствовали об отсутствии газообмена. Следует отметить, что гистологическая картина легочной ткани после реперфузии была идентичной во всех группах сравнения, соответствовала гистологической картине живого легкого и не была связана с показателями парциального давления газов в крови. Таким образом, оценка функционального состояния легких по данным гистологических исследований неинформативна.

Представленные результаты исследования растворов в модели изолированных легких асистолического донора согласуются с данными, полученными в ходе подобных исследований, согласно которым одним из признаков эффективной консервации и сохранности легких является нарастающая динамика оксигенации по мере увеличения длительности реперфузии [2, 6, 11]. В группах консервации легких после реперфузии кровью индекс оксигенации превысил 350, что свидетельствует об эффективности консервации легких.

Полученные результаты свидетельствуют об эффективности консервирующих растворов, как собственной разработки, так и приготовленного по рецепту Celsior. Эффективность консервирующего раствора собственной разработки не уступала Celsior.

Следует отметить, что ограничениями исследования являются малая выборка животных (не более трех наблюдений в каждой группе), а также длительность реперфузии кровью до 30 минут. Также консервации подвергались практически «идеальные» легкие, поскольку какой-либо существенной экспозиции тепловой ишемии после остановки кровообращения

не производилось, эксплантация осуществлялась практически сразу же.

Описанная в статье методика оценки эффективности новых консервирующих растворов для легких является технически простой и экономически эффективной, т. к. позволяет быстро провести эксперименты с достаточно большим количеством наблюдений. Несмотря на то что данная методика не может в полной мере решить все задачи экспериментальной трансплантологии, она может быть использована для первичного тестирования консервирующих растворов.

ВЫВОДЫ

1. Методика оценки эффективности консервации легких асистолического донора в эксперименте на крупных животных с определением ключевых параметров газообменной функции легких в ходе их перфузии кровью *ex vivo* может использоваться как первый этап в доклинических исследованиях новых консервирующих растворов и может рассматриваться как альтернатива ортотопической трансплантации легких в хроническом эксперименте.
2. Для оценки функционального состояния легких в эксперименте релевантными показателями являются парциальное давление кислорода и углекислого газа, индекс оксигенации.
3. Гистологическая картина нефункционирующей легочной ткани идентична гистологической картине функционирующей ткани. Гистологические исследования мало пригодны для определения функционального состояния легких в эксперименте их изолированной перфузии (в условиях холодового хранения в течение 4 часов).

Работа выполнена в рамках приоритетного государственного задания 720000Ф.99.1.БН62АБ22000 «Разработка универсального метода мультиорганной консервации донорских органов».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Akeely YY, Al Otaibi MM, Alesa SA, Bokhari NN, Alghamdi TA, Alahmari MS et al. Organ Donation in the Emergency Department: Awareness and Opportunities. *Cureus*. 2023; 15 (11): e49746.
2. Bribriescu AC. Experimental models of lung transplantation. *Frontiers in Bioscience*. 2013; E5 (1): 266–272.
3. Есипова ОЮ, Богданов ВК, Есипов АС, Кулешов АП, Бучнев АС, Волкова ЕА. Разработка нового малообъемного оксигенатора и создание гидродинамического стенда для *ex vivo* перфузии легких на мелких животных. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2023; 25 (3): 106–112. Esipova OY, Bogdanov VK, Esipov AS, Kuleshov AP, Buchnev AS, Volkova EA. Development of a new low-volume oxygenator and creation of a hydrodynamic test bench for *ex vivo* lung perfusion in small animals. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2023; 25 (3): 106–112. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2023-3-106-112>.
4. Готье СВ, Хомяков СМ. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2022 году. XV сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2023; 25 (3): 8–30. Gautier SV, Khomyakov SM. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2022. 15th Report from the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2023; 25 (3): 8–30. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2023-3-8-30>.
5. Готье СВ, Цирульникова ОМ, Пашков ИВ, Грудинин НВ, Олешкевич ДО, Бондаренко ДМ. Оценка эффективности разработанного перфузионного раствора для нормотермической *ex vivo* перфузии легких по сравнению со Steen Solution™ (экспериментальное исследование). *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2021; 23 (3): 82–89. Gautier SV, Tsirulnikova OM, Pashkov IV, Grudin NV, Oleshkevich DO, Bondarenko DM. Evaluation of the efficacy of a novel perfusion solution for normothermic *ex vivo* lung perfusion compared with Steen solution™ (animal experimental study). *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2021; 23 (3): 82–89. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2021-3-82-89>.
6. Готье СВ, Цирульникова ОМ, Пашков ИВ, Олешкевич ДО, Филатов ИА, Богданов ВК. Нормотермическая *ex vivo* перфузия изолированных легких в эксперименте с использованием отечественного перфузионного аппаратного комплекса. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2022; 24 (2): 94–101. Gautier SV, Tsirulnikova OM, Pashkov IV, Oleshkevich DO, Filatov IA, Bogdanov VK. Normothermic *ex vivo* perfusion of isolated lungs in an experiment using a russian-made perfusion system. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2022; 24 (2): 94–101. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-2-94-101>.
7. Lama VN, Belperio JA, Christie JD, El-Chemaly S, Fishbein MC, Gelman AE. Models of Lung Transplant Research: a consensus statement from the National Heart, Lung, and Blood Institute workshop. *JCI Insight*. 2017; 4 (2): 9.
8. Louca JO, Manara A, Messer S, Ochsner M, McGiffin D, Austin I. Getting out of the box: the future of the UK donation after circulatory determination of death heart programme. *EClinicalMedicine*. 2023; 66: 102320.

9. Minasian SM, Galagudza MM, Dmitriev YV, Karpov AA, Vlasov TD. Preservation of the donor heart: from basic science to clinical studies. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2015; 20 (4): 510–519.
10. Morrison LJ, Sandroni C, Grunau B, Parr M, Macneil F, Perkins GD. Organ Donation After Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Scientific Statement From the International Liaison Committee on Resuscitation. *Circulation*. 2023; 48 (10): e120–e146.
11. Готье СВ, Пашков ИВ, Богданов ВК, Олешкевич ДО, Бондаренко ДМ, Можейко НП. Ex vivo перфузия донорских легких с использованием разработанного раствора с последующей ортотопической левосторонней трансплантацией легкого (экспериментальное исследование). *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2023; 25 (2): 158–166. Gautier SV, Pashkov IV, Bogdanov V K, Oleshkevich DO, Bondarenko DM, Mozheiko NP. Normothermic ex vivo lung perfusion using a developed solution followed by orthotopic left lung transplantation (experimental study). *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2023; 25 (2): 158–166. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2023-2-158-166>.
12. Qu Z, Oedingen C, Bartling T, Schrem H, Krauth C. Factors influencing deceased organ donation rates in OECD countries: a panel data analysis. *BMJ Open*. 2024; 21 (14, 2): e077765.
13. Резник ОН. Донорство органов после эвтаназии. Обзор и критика зарубежной практики. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2024; 26 (1): 149–159. Reznik ON. Organ donation after euthanasia. Review and criticism of foreign practice. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2024; 26 (1): 149–159. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2024-1-149-159>.
14. Semenova Y, Shaisultanova S, Beyembetova A, Asanova A, Sailybayeva A, Novikova S et al. Examining a 12-year experience within Kazakhstan’s national heart transplantation program. *Sci Rep*. 2024; 4 (14, 1): 10291.

Статья поступила в редакцию 22.09.2024 г.
The article was submitted to the journal on 22.09.2024