

DOI:10.23873/2074-0506-2019-11-2-107-115

## Факторы прогноза применения экстракорпоральной мембранной оксигенации при трансплантации легких

М.Ш. Хубутя, Е.А. Тарабрин, С.В. Журавель, В.Г. Котанджян\*, Н.А. Карчевская, Э.И. Первакова,  
Ш.Н. Даниелян, Т.Э. Каллагов, А.А. Саприн, И.У. Ибавов, А.Г. Петухова, А.М. Гасанов

ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»,  
129090, Россия, Москва, Большая Сухаревская площадь, д. 3

\* Контактная информация: Вазген Гагикович Котанджян, научный сотрудник отделения неотложной  
торакоабдоминальной хирургии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского,  
e-mail: dr.kotanjjan@yandex.ru

Дата поступления статьи: 06.02.2019

Принята в печать: 11.03.2019

**Актуальность.** Трансплантация легких при заболеваниях легких в терминальной стадии – единственный радикальный метод лечения. Во время операции в качестве метода протезирования дыхательной функции в последние годы используется экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), которая также не лишена недостатков: наличие экстракорпорального контура, необходимость гепаринизации, потенциальная тромбогенность, которые лежат в основе рисков развития специфических осложнений, ухудшающих прогноз трансплантации. В связи с этим актуальным является изучение факторов, позволяющих прогнозировать интраоперационное применение ЭКМО, чтобы избежать необоснованных применений этой методики.

**Цель.** Выявить факторы прогноза интраоперационного применения ЭКМО при трансплантации легких.

**Материал и методы.** Ретроспективно были рассмотрены истории болезни пациентов, перенесших трансплантацию легких в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского с мая 2011 г. по июль 2017 г. Выполнили 49 двусторонних трансплантаций легких, из них 15 пациентам (30,6%) трансплантацию легких без применения ЭКМО, а 34 (69,4%) – с применением ЭКМО. У всех пациентов проводили его центральное веноартериальное подключение. В данном исследовании были проанализированы различные факторы исходного состояния пациентов. Выявлены наиболее значимые из них, по которым можно с высокой степенью вероятности прогнозировать применение ЭКМО во время операции, не допуская эпизодов газообменных и гемодинамических нарушений и не увеличивая продолжительности выполнения операции, и, следовательно, длительности ишемии трансплантата.

**Результаты.** В данном исследовании единственным фактором, при оценке которого отмечено увеличение вероятности использования ЭКМО, явилась легочная гипертензия. Статистически значимо вероятность использования ЭКМО повышается у пациентов с систолическим давлением в легочной артерии более 50 мм рт.ст. ( $p < 0,05$ ).

**Вывод.** Наличие легочной гипертензии более 50 мм рт.ст. определяет превентивное применение ЭКМО при трансплантации легких, что должно уменьшить количество экстренных неконтролируемых ситуаций во время проведения основных этапов хирургического вмешательства, во всех остальных случаях ЭКМО подключают по результатам пробы с пережатием легочной артерии либо по факту возникновения показаний.

**Ключевые слова:** ЭКМО, трансплантация легких, легочная артериальная гипертензия

**Конфликт интересов** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов  
**Финансирование** Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Хубутя М.Ш., Тарабрин Е.А., Журавель С.В. и др. Факторы прогноза применения экстракорпоральной мембранной оксигенации при трансплантации легких. Трансплантология. 2019;11(2):107–115. DOI:10.23873/2074-0506-2019-11-2-107-115

## Predictors of using extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation

M.Sh. Khubutiya, E.A. Tarabrin, S.V. Zhuravel, V.G. Kotandzhyan\*, N.A. Karchevskaya, E.I. Pervakova, Sh.N. Danielyan, T.E. Kallagov, A.A. Saprin, I.U. Ibayov, A.G. Petukhova, A.M. Gasanov  
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,  
3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., Moscow 129090 Russia

\* Correspondence to: Vazgen G. Kotandzhyan, Researcher, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine,  
e-mail: dr.kotjan@yandex.ru

Received: February 6, 2019

Accepted for publication: March 11, 2019

**Rationale.** Lung transplantation is the only definitive treatment in end-stage pulmonary disease. Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) has been used during surgery in recent years as a replacement for respiratory function; ECMO, however, has some drawbacks: the presence of an extracorporeal circuit, the need for heparinization, potential thrombogenicity that underlies the risks of developing specific complications that worsen the transplantation prognosis. In this regard, it is relevant to study the factors that make it possible to predict the need in intraoperative ECMO in order to avoid its unjustified use.

**Purpose.** To identify predictors for intraoperative use of ECMO in lung transplantation.

**Material and methods.** The medical records of patients who underwent lung transplantation in the Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine from May 2011 to July 2017 were retrospectively reviewed. Forty nine bilateral lung transplantations were made where 15 patients (30.6%) had lung transplantation performed without ECMO, and 34 (69.4%) underwent lung transplantation and ECMO. A central veno-arterial connection was used in all patients. The study analyzed various factors of patient condition at baseline and identified the most significant of them that enabled to predict the need of ECMO use at surgery with a high degree of probability, avoiding episodes of gas exchange and hemodynamic impairments, the prolongation of surgery, and, therefore, the graft ischemia time.

**Results.** As assessed in this study, pulmonary hypertension was the only predictor of an increased likelihood of using ECMO. The probability of connection to ECMO statistically significantly increased in the patients with systolic pulmonary artery pressure higher 50 mm Hg ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion.** The presence of pulmonary hypertension  $> 50$  mm Hg determines the preventive use of ECMO during lung transplantation, which should reduce the number of uncontrolled emergencies during the main stages of surgical intervention; in all other cases, ECMO should be connected basing either on the pulmonary artery compression test results or when indicated.

**Keywords:** ECMO, lung transplantation, pulmonary arterial hypertension

**CONFLICT OF INTERESTS** Authors declare no conflict of interest

**FINANCING** The study was performed without external funding

Khubutiya M.Sh., Tarabrin E.A., Zhuravel S.V., et al. Predictors of using extracorporeal membrane oxygenation in lung transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2019;11(2):107–115. (In Russian). DOI:10.23873/2074-0506-2019-11-2-107-115

ЖЕЛ – жизненная емкость легких  
ИК – искусственное кровообращение  
ИМТ – индекс массы тела  
КОС – кислотно-основное состояние  
СД в ЛА – систолическое давление в легочной артерии  
СКФ – скорость клубочковой фильтрации

ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка  
ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация  
DLCO – диффузионная способность легких  
PaO<sub>2</sub> – парциальное давление кислорода  
PaCO<sub>2</sub> – парциальное давление углекислого газа

### Актуальность

Трансплантация легких при их заболеваниях в терминальной стадии – единственный радикальный метод лечения [1, 2]. Нозологический спектр показаний к пересадке легких включает в себя хроническую обструктивную болезнь лег-

ких, идиопатический легочный фиброз, муковисцидоз, идиопатическую легочную гипертензию, лимфангиолейомиоматоз легких, гистиоцитоз Х, интерстициальные пневмонии с исходом в фиброз и другие заболевания [3]. Состояние кардиореспираторной системы у таких пациентов характеризуется тяжелыми нарушениями газо-

обмена, которые могут усугубляться при хирургическом вмешательстве. Использование искусственного кровообращения (ИК) для коррекции газообменных нарушений позволяет повысить безопасность операции, однако высокая степень гепаринизации увеличивает риск кровотечения [4]. В качестве альтернативного метода протезирования дыхательной функции в последние годы используется экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), которая также не лишена недостатков: наличие экстракорпорального контура, необходимость гепаринизации (хоть и менее интенсивной, чем при ИК), потенциальная тромбогенность, которые лежат в основе рисков развития специфических осложнений, ухудшающих прогноз трансплантации. В связи с этим актуальным является изучение факторов, позволяющих прогнозировать интраоперационное применение ЭКМО, чтобы использовать ее только для пациентов, которым без протезирования дыхательной системы трансплантация легких невозможна.

### Цель

Выявить факторы прогноза интраоперационного применения ЭКМО при трансплантации легких.

### Материал и методы

Ретроспективно были рассмотрены истории болезни пациентов, перенесших трансплантацию легких в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского с мая 2011 г. по июль 2017 г. Выполнили 49 двусторонних трансплантаций легких, из них 15 пациентам (30,6%) трансплантацию легких без применения, а 34 (69,4%) – с применением ЭКМО. У всех пациентов проводили центральное веноартериальное подключение (рис. 1).

Подключение ЭКМО осуществляли при возникновении неконтролируемых газообменных или гемодинамических (неконтролируемая гипотония, аритмия, в том числе фибрилляция) нарушений в экстренном порядке либо по результатам пробы с пережатием легочной артерии. После выполнения доступа к сердцу и корням легких выделяли легочную артерию – общий ствол и отдельно передний и нисходящий стволы. Лигатуру на общем стволе использовали как турникет, затягивая который проводили пробу с пережатием легочной артерии. Фиксировали время пережатия легочной артерии, пробу про-

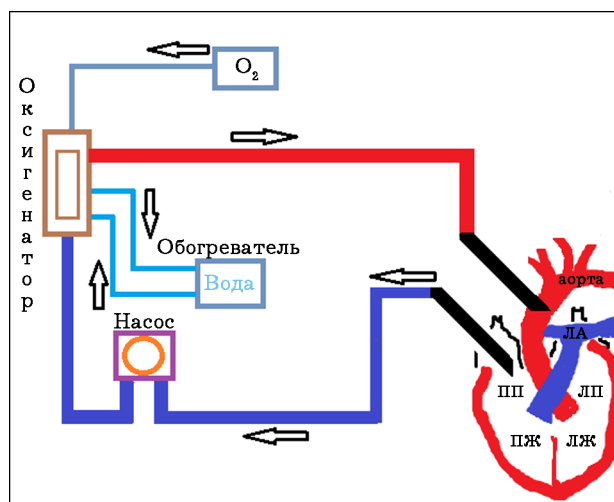


Рис. 1. Схема подключенного контура аппарата экстракорпоральной мембранной оксигенации

Fig. 1. The scheme of the connected extracorporeal membrane oxygenation circuit

водили не менее 7 мин, по истечении которых отмечали состояние гемодинамики и газообменной функции легких по показателям анестезиологического монитора и напряжению кислорода и углекислого газа в артериальной крови (уменьшение индекса оксигенации менее 100 единиц; pH менее 7,2, вызванный ухудшением элиминации  $CO_2$ ) [5].

В данном исследовании были проанализированы различные факторы исходного состояния пациентов (индекс массы тела – ИМТ, парциальное давление кислорода ( $PaO_2$ ) и углекислого газа ( $PaCO_2$ ) в артериальной крови, жизненная емкость легких (ЖЕЛ), диффузионная способность легких (DLCO), фракция выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ), систолическое давление в легочной артерии (СД в ЛА), скорость клубочковой фильтрации (СКФ), наличие предшествующих операций на органах грудной клетки; по клинико-лабораторным показателям были также подвергнуты анализу нозологические группы больных с различными этиологическими причинами конечной стадии заболеваний легких: группа А – обструктивные заболевания, группа В – сосудистые заболевания, группа С – муковисцидоз и синдром иммунодефицита, группа D – рестриктивные заболевания), выявлены наиболее значимые из них, по которым можно с высокой степенью вероятности прогнозировать применение ЭКМО во время операции, не допуская эпизодов газообменных и гемодинамических нарушений и не увеличивая продолжительность

выполнения операции, и, следовательно, длительность ишемии трансплантата (табл. 1).

Мы не рассматривали другие показатели функции сердца, так как их уровень был в пределах референтных значений, а отклонения размеров камер правых отделов сердца коррелировали с изменением давления в легочной артерии.

### Результаты

При проведении анализа оказалось, что ни вид дыхательной недостаточности (гипоксемическая, гиперкапническая), ни показатели функции внешнего дыхания, то есть преобладание бронхообструктивного либо рестриктивного компонента в составе причин дыхательной недостаточности не коррелировали с необходимостью проведения ЭКМО интраоперационно. Также ни характер нозологии группа, ни наличие проведенных ранее хирургических вмешательств на органах груди не оказывали значимого влияния на принятие решения об использовании экстракорпоральных систем поддержания гемодинамики и оксигенации.

Единственный фактор, при оценке которого отмечено увеличение вероятности использования ЭКМО – легочная гипертензия. Статистически значимо вероятность подключения ЭКМО повысилась у пациентов с СД в ЛА более 50 мм рт.ст. ( $p < 0,05$ ). Из исследованной группы пациентов лишь у одного пациента с легочным давлением более 50 мм рт.ст. удалось провести операцию без подключения ЭКМО, в остальных случаях ЭКМО проводили интраоперационно (рис. 2, табл. 2) и в 47,06% из них потребовалось продолжение ее в послеоперационном периоде.

### Обсуждение

При наличии интраоперационных гемодинамических и газообменных нарушений для стабилизации состояния пациента прибегают к установке аппарата ИК. Однако в ряде работ [6–9] продемонстрированы лучшие результаты трансплантаций легких при использовании ЭКМО в сравнении с использованием ИК. Так, в группе пациентов, перенесших трансплантацию легких с использованием ИК, чаще развивается первичная дисфункция трансплантата [10, 11]. Показания к проведению ЭКМО возникают по результатам пробы с пережатием легочной артерии и при возникновении экстренных ситуаций (десатурация, неконтролируемая гипотония). Известны иссле-

Таблица 1. Сравнение групп пациентов, у которых во время операции применялась или не применялась экстракорпоральная мембранная оксигенация, по количественным переменным

Table 1. Comparing the quantitative variables between the patient groups where the extracorporeal membrane oxygenation was used or was not used during surgery

Показатель	Без использования ЭКМО (n = 15)	С использованием ЭКМО (n = 34)	Значение P
Возраст (лет)	35,1 ± 9,3	35,5 ± 11,4	0,9307
ИМТ, кг/м <sup>2</sup>	20,5 ± 4,9	20,3 ± 3,9	0,8198
PaO <sub>2</sub> , мм рт.ст.	54,7 ± 17,4	44,4 ± 17,3	0,0668
PaCO <sub>2</sub> , мм рт.ст.	50,7 ± 14,1	53,2 ± 16,5	0,4655
Объем форсированного выдоха за первую секунду, % от должн.	21,0 ± 9,8	30,1 ± 21,6	0,0890
ЖЕЛ, % от должн.	44,9 ± 9,6	43,1 ± 20,5	0,3919
DLCO, % от должн.	24,9 ± 14,0	22,7 ± 19,5	0,3424
ФВ ЛЖ, %	64,7 ± 8,1	64,0 ± 6,6	0,9913
СД в ЛА, мм рт.ст.	37,1 ± 8,5	58,4 ± 36,1	0,1329
СКФ, мл/мин/1,73 м <sup>2</sup>	97,1 ± 16,0	98,9 ± 23,3	0,4671



Рис. 2. Подключение периферического веноартериовенозного контура аппарата экстракорпоральной мембранной оксигенации (интраоперационное фото)

Fig. 2. Connection of peripheral veno-arteriovenous circuit of the extracorporeal membrane oxygenation machine (intraoperative photo)

Таблица 2. Сравнение групп пациентов, у которых во время операции применялась или не применялась экстракорпоральная мембранная оксигенация, по бинарным переменным

Table 2. Comparing the binary variables between the patient groups where the extracorporeal membrane oxygenation was used or was not used during surgery

Показатель	Без использования ЭКМО (n = 15)	С использованием ЭКМО (n = 34)	Всего (%)	Значение p (df = 1)
Пол (МУЖ, %)	9 (60,0%)	15 (44,1%)	24	0,3054
Нозологическая группа А	8 (53,3%)	10 (29,4%)	18	0,1094
Нозологическая группа В	0 (0,0%)	3 (8,8%)	3	0,2351
Нозологическая группа С	4 (26,7%)	12 (35,3%)	16	0,5528
Нозологическая группа D	3 (20,0%)	9 (26,5%)	12	0,6274
СКФ (%СКФ2)*	4 (26,7%)	6 (17,6%)	10	0,4703
Группа PaO <sub>2</sub> -PaCO <sub>2</sub> (КОС2, %)**	2 (13,3%)	9 (26,5%)	11	0,3097
Группа PaO <sub>2</sub> -PaCO <sub>2</sub> (КОС3, %)**	6 (40,0%)	20 (58,8%)	26	0,2237
СД в ЛА (СД в ЛА2, %)#	11 (73,3%)	8 (23,5%)	19	0,0010
СД в ЛА (СД в ЛА3, %)#	1 (6,7%)	14 (41,2%)	15	0,0157
Хронические системные заболевания	2 (13,3%)	5 (14,7%)	7	0,8993
Ранее выполненные операции 1-й категории**	6 (42,9%)	10 (33,3%)	16	0,5408
Ранее выполненные операции 2-й категории**	3 (21,4%)	4 (13,3%)	7	0,4941

Примечания:

КОС – кислотно-основное состояние.

\* пациенты, имеющие снижение показателя СКФ ниже 90 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>

\*\* пациенты, у которых при исследовании газового состава артериальной крови получены результаты: PaO<sub>2</sub> не более 60 мм рт.ст., PaCO<sub>2</sub> не более 46 мм рт.ст.

\*\*\* пациенты, у которых при исследовании газового состава артериальной крови получены результаты: – PaO<sub>2</sub> любое, PaCO<sub>2</sub> более 46 мм рт.ст.

# пациенты, у которых СД в ЛА было в пределах 31–50 мм рт.ст.

## пациенты, у которых СД в ЛА более 50 мм рт.ст.

\*\* дренажирование, диагностическая видеоторакоскопия, биопсия легкого, хирургическая редукция объема легкого

\*\* химический плевродез, плеврэктомия, сегментэктомия, лобэктомия, трансплантация легких

дования факторов прогнозирования применения ЭКМО. По данным D.J. Hoechter, L.C. Hinske [4, 12, 13], вероятность проведения ЭКМО оценивалась по двум факторам: среднее давление в легочной артерии и LAS [lung allocation score] – показатель для определения относительного приоритета распределения донорских легких для трансплантации; и пороговым значением СД в ЛА, свыше которого показано проведение интраоперационного ЭКМО, в качестве которого определено давление в 35 мм рт.ст. [7, 14], что также соответствует проведенному анализу выполненных двусторонних трансплантаций легких в нашей серии наблюдений<sup>1</sup>. Однако имеются исследования, подтверждающие лучшие результаты выживаемости у пациентов, которым выполняли трансплантацию легких при подключении ЭКМО «по умолчанию» [15]. В работе T. Pettenuzzo [16] пациентам, которым проведена трансплантация легких в условиях ЭКМО, был выполнен больший объем трансфузий, однако выживаемость паци-

ентов существенно не отличается от группы пациентов без интраоперационной экстракорпоральной поддержки. Учитывая расходящиеся данные в результатах трансплантации с подключением ЭКМО и без, мы придерживаемся мнения о дифференцированном подходе к выбору этого способа экстракорпоральной поддержки.

## Выводы

1. Наличие легочной артериальной гипертензии более 50 мм рт.ст. определяет превентивное применение экстракорпоральной мембранной оксигенации при трансплантации легких, что должно уменьшить количество экстренных неконтролируемых ситуаций во время проведения основных этапов хирургического вмешательства.

2. Во всех остальных случаях экстракорпоральную мембранную оксигенацию используют по результатам пробы с пережатием легочной артерии либо по факту возникновения показаний.

<sup>1</sup> В нашем исследовании сравнение проводилось по показателю систолического давления в легочной артерии

Литература

1. Vigneswaran W., Garrity E., Odell J. (eds.) Lung Transplantation: Principles and Practice. CRC Press, 2016. 442 p.
2. Чучалин А.Г. (ред.) Пульмонология. Национальное руководство. Краткое издание. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 800 с.
3. Triantafyllou A.N., Pasque M.K., Huddleston C.B., et al. Predictors, frequency, and indications for cardiopulmonary bypass during lung transplantation in adults. *Ann. Thorac. Surg.* 1994;57(5):1248–1251. PMID:8179394
4. Hoechter D.J., von Dossow V., Winter H., et al. The Munich Lung Transplant Group: Intraoperative extracorporeal circulation in lung transplantation. *Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;63(8):706–714. PMID:26291747 DOI:10.1055/s-0035-1556873
5. Курилова О.А., Журавель С.В., Романов А.А. и др. Опыт применения экстракорпоральной мембранной оксигенации для обеспечения двусторонней трансплантации легких. Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2014;(2):66–74. DOI:10.15825/1995-1191-2014-2-66-74
6. Biscotti M., Yang J., Sonett J., Bacchetta M. Comparison of extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass for lung transplantation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2014;148(5):2410–2415. PMID:25444203 DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.07.061
7. Bermudez C.A., Shiose A., Esper S.A., et al. Outcomes of intraoperative venoarterial extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass during lung transplantation. *Ann. Thorac. Surg.* 2014;98(6):1936–1942. PMID:25443002 DOI:10.1016/j.athoracsur.2014.06.072
8. Machuca T.N., Collaud S., Mercier O., et al. Outcomes of intraoperative extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass for lung transplantation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2015;149(4):1152–1157. PMID:25583107 DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.11.039
9. Ius F., Kuehn C., Tudorache I., et al. Lung transplantation on cardiopulmonary support: venoarterial extracorporeal membrane oxygenation outperformed cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2012;144(6):1510–1516. PMID:22944092 DOI:10.1016/j.jtcvs.2012.07.095
10. McRae K. Con: lung transplantation should not be routinely performed with cardiopulmonary bypass. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2000;14(6):746–750. PMID:11139122 DOI:10.1053/jcan.2000.18601
11. Van Raemdonck D., Hartwig M.G., Hertz M.I., et al. Report of the ISHLT Working Group on primary lung graft dysfunction Part IV: Prevention and treatment: A 2016 Consensus Group statement of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J. Heart Lung Transplant.* 2017;36(10):1121–1136. PMID:28784325 DOI:10.1016/j.healun.2017.07.013
12. Hoechter D.J., Shen Y.M., Kammerer T., et al. Extracorporeal circulation during lung transplantation procedures: a meta-analysis. *ASAIO J.* 2017;63(5):551–561. PMID:28257296 DOI:10.1097/MAT.0000000000000549
13. Hinske L.C., Hoechter D.J., Schröerer E., et al. Predicting the necessity for extracorporeal circulation during lung transplantation: a feasibility study. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2017;31(3):931–938. PMID:28366711 DOI:10.1053/j.jvca.2017.02.005
14. Shah P.R., Boisen M.L., Winger D.G., et al. Extracorporeal support during bilateral sequential lung transplantation in patients with pulmonary hypertension: Risk Factors and Outcomes. *J. Cardiothorac. Vasc. Anesth.* 2017;31(2):418–425. PMID:27842947 DOI:10.1053/j.jvca.2016.08.021
15. Hoetzenecker K., Schwarz S., Muckenhuber M., et al. Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation and the possibility of postoperative prolongation improve survival in bilateral lung transplantation. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2018;155(5):2193–2206. PMID:29653665 DOI:10.1016/j.jtcvs.2017.10.144
16. Pettenuzzo T., Faggi G., Di Gregorio G., et al. Blood products transfusion and mid-term outcomes of lung transplanted patients under extracorporeal membrane oxygenation support. *Prog. Transplant.* 2018;28(4):314–321. PMID:29879861 DOI:10.1177/1526924818765816

References

1. Vigneswaran W., Garrity E., Odell J., eds. *Lung Transplantation: Principles and Practice*. CRC Press, 2016. 442 p.
2. Chuchalin A.G., ed. *Pulmonology National leadership*. Brief Edition. Moscow: GEOTAR-Media Publ., 2016. 800 p. (In Russian).
3. Triantafillou A.N., Pasque M.K., Huddleston C.B., et al. Predictors, frequency, and indications for cardiopulmonary bypass during lung transplantation in adults. *Ann Thorac Surg*. 1994;57(5):1248–1251. PMID:8179394
4. Hoechter D.J., von Dossow V., Winter H., et al. The Munich Lung Transplant Group: Intraoperative extracorporeal circulation in lung transplantation. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;63(8):706–714. PMID:26291747 DOI:10.1055/s-0035-1556873
5. Kurilova O.A., Zhuravel S.V., Romanov A.A., et al. Experience with application of extracorporeal membrane oxygenation in double lung transplantation. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2014;16(2):66–74. (In Russian). DOI:10.15825/1995-1191-2014-2-66-74
6. Biscotti M., Yang J., Sonett J., Bacchetta M. Comparison of extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass for lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(5):2410–2415. PMID:25444203 DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.07.061
7. Bermudez C.A., Shiose A., Esper S.A., et al. Outcomes of intraoperative venoarterial extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass during lung transplantation. *Ann Thorac Surg*. 2014;98(6):1936–1942. PMID:25443002 DOI:10.1016/j.athoracsur.2014.06.072
8. Machuca T.N., Collaud S., Mercier O., et al. Outcomes of intraoperative extracorporeal membrane oxygenation versus cardiopulmonary bypass for lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;149(4):1152–1157. PMID:25583107 DOI:10.1016/j.jtcvs.2014.11.039
9. Ius F., Kuehn C., Tudorache I., et al. Lung transplantation on cardiopulmonary support: venoarterial extracorporeal membrane oxygenation outperformed cardiopulmonary bypass. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012;144(6):1510–1516. PMID:22944092 DOI:10.1016/j.jtcvs.2012.07.095
10. McRae K. Con: lung transplantation should not be routinely performed with cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2000;14(6):746–750. PMID:11139122 DOI:10.1053/jcan.2000.18601
11. Van Raemdonck D., Hartwig M.G., Hertz M.I., et al. Report of the ISHLT Working Group on primary lung graft dysfunction Part IV: Prevention and treatment: A 2016 Consensus Group statement of the International Society for Heart and Lung Transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 2017;36(10):1121–1136. PMID:28784325 DOI:10.1016/j.healun.2017.07.013
12. Hoechter D.J., Shen Y.M., Kammerer T., et al. Extracorporeal circulation during lung transplantation procedures: a meta-analysis. *ASAIO J*. 2017;63(5):551–561. PMID:28257296 DOI:10.1097/MAT.0000000000000549
13. Hinske L.C., Hoechter D.J., Schröer E., et al. Predicting the necessity for extracorporeal circulation during lung transplantation: a feasibility study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31(3):931–938. PMID:28366711 DOI:10.1053/j.jvca.2017.02.005
14. Shah P.R., Boisen M.L., Winger D.G., et al. Extracorporeal support during bilateral sequential lung transplantation in patients with pulmonary hypertension: Risk Factors and Outcomes. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2017;31(2):418–425. PMID:27842947 DOI:10.1053/j.jvca.2016.08.021
15. Hoetzenecker K., Schwarz S., Muckenhuber M., et al. Intraoperative extracorporeal membrane oxygenation and the possibility of postoperative prolongation improve survival in bilateral lung transplantation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;155(5):2193–2206. PMID:29653665 DOI:10.1016/j.jtcvs.2017.10.144
16. Pettenuzzo T., Faggi G., Di Gregorio G., et al. Blood products transfusion and mid-term outcomes of lung transplanted patients under extracorporeal membrane oxygenation support. *Prog Transplant*. 2018;28(4):314–321. PMID:29879861 DOI:10.1177/1526924818765816

**Информация об авторах**

<b>Могели Шалвович Хубутя</b>	акад. РАН, проф., д-р мед. наук, президент ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-0746-1884
<b>Евгений Александрович Тарабрин</b>	канд. мед. наук, заведующий научным отделением неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-9616-1161
<b>Сергей Владимирович Журавель</b>	д-р мед. наук, заведующий научным отделением анестезиологии и реанимации для трансплантации органов ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-9992-9260
<b>Вазген Гагикович Котанджян</b>	научный сотрудник отделением неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0001-7838-4890
<b>Наталья Анатольевна Карчевская</b>	врач-пульмонолог торакального хирургического отделения ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0001-8368-1056
<b>Эльза Ибрагимовна Первакова</b>	канд. мед. наук, заведующая отделением реанимации и интенсивной терапии с методами диализа для больных после трансплантации органов ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-2163-5537
<b>Шаген Николаевич Даниелян</b>	д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0001-6217-387X
<b>Таймураз Эльбрусович Каллагов</b>	научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0003-4532-6437
<b>Артем Анатольевич Саприн</b>	врач-торакальный хирург торакального хирургического отделения ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0003-2199-8829
<b>Ибрагим Уллубиевич Ибавов</b>	младший научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0001-5989-5505
<b>Анжелика Геннадьевна Петухова</b>	младший научный сотрудник отделения неотложной торакоабдоминальной хирургии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-7966-7320
<b>Али Магомедович Гасанов</b>	канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения неотложной хирургии, эндоскопии и интенсивной терапии ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», ORCID: 0000-0002-1994-2052



**Information about authors**

<b>Mogeli Sh. Khubutiya</b>	Acad. of RAS, Prof., Dr. Med. Sci., President of N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-0746-1884
<b>Evgeniy A. Tarabrin</b>	Cand. Med. Sci., Head of the Scientific Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-9616-1161
<b>Sergey V. Zhuravel</b>	Dr. Med. Sci., Head of the Scientific Department of Anesthesiology and Intensive Care for Organ Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-9992-9260
<b>Vazgen G. Kotandzhyan</b>	Researcher, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0001-7838-4890
<b>Natal'ya A. Karchevskaya</b>	Pulmonologist of the Thoracic Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0001-8368-1056
<b>El'za I. Pervakova</b>	Cand. Med. Sci., Head of the Intensive Care Unit with Dialysis Methods for Patients after Organ Transplantation, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-2163-5537
<b>Shagen N. Danielyan</b>	Dr. Med. Sci., Leading Researcher, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0001-6217-387X
<b>Taymuraz E. Kallagov</b>	Researcher, Department of Urgent Thoracoabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0003-4532-6437
<b>Artem A. Saprin</b>	Thoracic Surgeon of the Thoracic Surgery Department, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0003-2199-8829
<b>Ibragim U. Ibayov</b>	Junior Researcher, Department of Urgent Thoracicabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0001-5989-5505
<b>Angelika G. Petukhova</b>	Junior Researcher, Department of Urgent Thoracicabdominal Surgery, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-7966-7320
<b>Ali M. Gasanov</b>	Cand. Med. Sci., Senior Researcher of the Department for Urgent Surgery, Endoscopy, and Intensive Therapy, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine, ORCID: 0000-0002-1994-2052