

ДВУСТОРОННЯЯ ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ЛЕГКИХ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ В УСЛОВИЯХ ЭКСТРАКОРПОРАЛЬНОЙ МЕМБРАННОЙ ОКСИГЕНАЦИИ

Ш.З. Шарипов¹, Е.В. Котов¹, В.А. Шило¹, Е.А. Вилькоцкий¹, М.Ю. Гурова¹, В.В. Ерохов¹, М.В. Качук¹, А.В. Щербо¹, Д.В. Корчемкин¹, А.М. Дзядзько¹, О.О. Руммо¹, Н.П. Митьковская², С.В. Головинский³

Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии, г. Минск, Республика Беларусь¹

Белорусский государственный медицинский университет, г. Минск, Республика Беларусь²

Научно-исследовательский институт пульмонологии Федерального медико-биологического агентства, г. Москва, Российская Федерация³

E-mail: lungtranspl@gmail.com

УДК 616.24-089.843:616.131-008.331.1

Ключевые слова: первичная легочная артериальная гипертензия, трансплантация легких, экстракорпоральная мембранная оксигенация.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ. Ш.З. Шарипов, Е.В. Котов, В.А. Шило, Е.А. Вилькоцкий, М.Ю. Гурова, В.В. Ерохов, М.В. Качук, А.В. Щербо, Д.В. Корчемкин, А.М. Дзядзько, О.О. Руммо, Н.П. Митьковская, С.В. Головинский. Двусторонняя трансплантация легких при первичной легочной артериальной гипертензии в условиях экстракорпоральной мембранной оксигенации. *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски*, 2020, Т. 4, № 1, С. 893–897.

Двусторонняя трансплантация легких является операцией выбора для хирургического лечения пациентов с терминальными стадиями первичной легочной артериальной гипертензии. Для обеспечения адекватной системной гемодинамики и газообмена в периоперационном периоде трансплантации легких у таких пациентов эффективно и безопасно может быть использована вено-артериальная экстракорпоральная мембранная оксигенация. Представлен

клинический случай успешной трансплантации легких в условиях системы вено-артериальной экстракорпоральной мембранной оксигенации центрального подключения пациенту 22 лет с идиопатической легочной артериальной гипертензией, осложненной правожелудочковой сердечной недостаточностью с кардиомегалией за счет расширения правых отделов сердца и застойной гепатопатией. Данный клинический случай является первым в практике белорусской трансплантологии.

DOUBLE LUNG TRANSPLANTATION FOR PRIMARY PULMONARY ARTERIAL HYPERTENSION UNDER EXTRACORPOREAL MEMBRANE OXYGENATION SUPPORT

Sh.Z. Sharipov¹, E.V. Kotov¹, V.A. Shilo¹, E.A. Vilkotski¹, M.Ju. Gurova¹, V.V. Erohov¹, M.V. Kachuk¹, A.V. Sherbo¹, D.V. Korchemkin¹, A.M. Dziadzko¹, O.O. Rummo¹, N. P. Mitkovskaya², S.V. Golovinskiy³

Minsk Medical Research Center of Surgery, Transplantology and Hematology, Minsk, Belarus¹

Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus²

Research Institute of Pulmonology of Federal medical and biological agency, Moscow, Russia³

Key words: primary pulmonary arterial hypertension, lung transplantation, extracorporeal membrane oxygenation.

FOR REFERENCES. Sh.Z. Sharipov, E.V. Kotov, V.A. Shilo, E.A. Vilkotski, M.Ju. Gurova, V.V. Erohov, M.V. Kachuk, A.V. Sherbo, D.V. Korchemkin, A.M. Dziadzko, O.O. Rummo, N. P. Mitkovskaya, S.V. Golovinskiy. Double lung transplantation for primary pulmonary arterial hypertension under extracorporeal membrane oxygenation support. *Neotlozhnaya kardiologiya i kardiovaskulyarnye riski* [Emergency cardiology and cardiovascular risks], 2020, vol. 4, no. 1, pp. 893–897.

The surgical procedure of choice for treatment of patients with end stage of primary pulmonary arterial hypertension is double lung transplantation. Adequate systemic hemodynamics and gas exchange during the perioperative period of lung transplantation for such patients can be effectively and safely provided by veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation. The article presents a case report

of successful lung transplantation under veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation (central cannulation) to 22-year old patient with idiopathic pulmonary arterial hypertension complicated by right-ventricular heart failure with cardiomegalia due to expansion of the right chambers and congestive hepatopathy. This clinical case is the first one in the practice of Belarusian transplantology.

Несмотря на стремительное развитие комплексной и доказательно обоснованной терапии первичной (идиопатический) легочной артериальной гипертензии (ПЛАГ), это заболевание, занимающее особое место как в кардиологии, так и в пульмонологии, до настоящего времени остается одной из причин развития фатальной правожелудочковой сердечной недостаточности и инвалидизирующей дыхательной недостаточности у пациентов работоспособного возраста [1, 2]. При исчерпанности возможностей лекарственной терапии и/или паллиативных лечебных технологий (например, атриосептостомия) единственной возможностью спасения пациента является трансплантация сердечно-легочного комплекса (СЛК) или изолированная трансплантация легких (ТЛ). После первой успешной трансплантации СЛК при ПЛАГ в 1981 году и вплоть до 1990 года этот вариант трансплантации оставался наилучшим методом радикального лечения пациентов с сосудистыми заболеваниями легких. В последующие десятилетия, ввиду совершенствования хирургической техники и появления новых иммуносупрессивных лекарственных препаратов, с одной стороны, и повсеместно сохраняющегося дефицита донорских органов – с другой, наметилась тенденция увеличения количества изолированной ТЛ, с достижением к сегодняшнему дню абсолютного превалирования этой операции над трансплантацией СЛК [3]. При сравнении эффективности двух вариантов трансплантации – СЛК и ТЛ – на современном этапе развития мировой медицины нужно отметить, что комплексная пересадка уступает изолированной по показателю выживаемости во всех временных интервалах: 1- и 3-месячная – 84,4% и 77,7% против 85,4% и 80,5%; 5- и 10-летняя – 50,7% и 36,9% против 56,1% и 41,4% [4]. Таким образом, двустороннюю ТЛ можно обоснованно считать процедурой выбора хирургического лечения пациентов с терминальной стадией первичной легочной артериальной гипертензии.

Учитывая наличие у пациентов с ПЛАГ тяжелой сердечной и дыхательной недостаточности, часто осложненных печеночной и/или почечной дисфункцией, а также кардинальным изменением гемодинамических условий работы сердца тотчас после реперфузии легочных трансплантатов, интраоперационный и ранний послеоперационный периоды у таких реципиентов сопряжены с необходимостью использования вспомогательных методов поддержки кровообращения и оксигенации: искусственное кровообращение (ИК) или экстракорпоральная мембранная оксигенация (ЭКМО), равно как и других специализированных технологий анестезиолого-реанимационного обеспечения. На сегодняшний день абсолютное большин-

ство исследователей из мировых трансплантационных центров сходятся во мнении о приоритетном использовании ЭКМО вместо ИК для интраоперационного обеспечения трансплантации легких, в связи с менее значимой системной гепаринизацией, меньшим объемом заполнения экстракорпорального контура, менее выраженной системной воспалительной реакцией при применении ЭКМО, а также наличием возможности пролонгации вспомогательного кровообращения в раннем послеоперационном периоде без проведения дополнительных манипуляций, что особенно важно для пациентов с ПЛАГ, сердцу которых необходимо время (до 3-5 дней) для ремоделирования [5, 6].

С целью демонстрации возможности эффективного применения вено-артериального ЭКМО для безопасного обеспечения периоперационного периода двусторонней трансплантации легких у молодого пациента с тяжелой формой ПЛАГ приводим наше клиническое наблюдение, которое является первым в практике белорусской трансплантологии.

Пациент – мужчина, 22 лет, обратился в ГУ «Минский научно-практический центр хирургии, трансплантологии и гематологии» с жалобами на одышку при минимальной физической нагрузке (3 балла по шкале mMRC), отеки ног, синюшный цвет кожи. Анамнез заболевания в течение 3 лет, дебют в виде синкопального состояния на фоне физической и эмоциональной нагрузки, после чего был обследован (в другом лечебном учреждении), проведена катетеризация правых камер сердца с выполнением острых фармакологических проб, на основании чего установлен диагноз идиопатической легочной артериальной гипертензии, тест на вазореактивность отрицательный. На момент обращения пациент получал комбинированную ЛАГ-специфическую терапию – амбризентан 10 мг/сут и тадалафил 40 мг/сут – на фоне которой сохранялась крайне низкая толерантность к физической нагрузке, тяжелая одышка, отеки ног до нижней трети бедра. Пациент был обследован в условиях стационара по протоколу обследования реципиентов в лист ожидания трансплантации легких.

Выполнена **трансторакальная эхокардиография (ЭхоКГ)**, по данным которой:

- левый желудочек (ЛЖ) уменьшен в объеме: конечный диастолический объем (КДО) – 69 мл, конечный систолический объем (КСО) – 20 мл, ударный объем (УО) – 49 мл, фракция выброса (ФВ) – 71% (SIMPSON), нарушений сократительной функции левого желудочка не выявлено, митральный и аортальные клапаны – без особенностей, выявлено асинхронное движение межжелудочковой перегородки;

- полость правого предсердия расширена до 54 на 60 мм, площадь 29 см², нижняя полая вена на вдохе не спадается;

- полость правого желудочка (ПЖ) расширена до 50 на 70 мм; створки трикуспидального клапана не изменены, регургитация на клапане 3 степени, TAPSE – 17 мм;

- ствол легочной артерии расширен до 28 мм, регургитация на клапане легочной артерии 1-2 степени, систолическое давление в легочной артерии 94 мм рт. ст., среднее – 59,3 мм рт. ст.

Прямая ангиопульмонография и прямая тонометрия не выявили признаков тромбоза в системе легочной артерии, среднее давление в правом предсердии составило 28 мм рт. ст., среднее давление в правом желудочке – 42 мм рт. ст., среднее давление в стволе легочной артерии – 70 мм рт. ст.

По данным **ультразвукового исследования органов брюшной полости и забрюшинного пространства** выявлена застойная гепатопатия, гепатоспленомегалия: переднезадний размер правой доли печени – 162 мм, косой вертикальный размер правой доли – 170 мм, толщина левой доли – 47 мм, размер селезенки – 141 на 46 мм; ультразвуковая плотность паренхимы печени по эластометрии – 5,98 кПа; минимальное количество свободной жидкости в брюшной полости толщиной до 6 мм.

Компьютерная томография органов грудной клетки с внутривенным контрастированием не выявила очаговой и/или инфильтративной патологии легких; обнаружено значительное увеличение размеров сердца за счет правых отделов, отношение поперечного размера ПЖ/ЛЖ > 0,9.

Спирометрия не выявила патологических изменений скоростных и объемных характеристик функции внешнего дыхания.

Тест 6-минутной ходьбы – общая пройденная дистанция составила 262,5 метра, с десатурацией по данным пальцевой пульсоксиметрии с 90% до 78%.

По данным **лабораторных исследований** выявлены следующие патологические изменения:

- напряжение кислорода и диоксида углерода в артериальной крови в покое при дыхании атмосферным воздухом составили: pO_2 – 59,5 мм рт. ст., pCO_2 – 25,3 мм рт. ст.;

- в общеклиническом анализе крови – эритроцитоз до $4,89 \times 10^{12}/л$, уровень гемоглобина – 132,1 г/л, легкая тромбоцитопения до $130 \times 10^9/л$;

- в биохимическом анализе крови – гипербилирубинемия до 40,5 мкмоль/л за счет обеих фракций, без повышения уровня печеночных трансаминаз.

Таким образом, пациент был включен в лист ожидания трансплантации легких со следующим клиническим диагнозом: первичная легочная артериальная гипертензия, 3 функциональный класс (по классификации ВОЗ); хроническая дыхательная недостаточ-

ность 2 степени, гипоксемическая форма; хроническая сердечная (правожелудочковая) недостаточность, 2А стадия (по классификации Стражеско-Василенко), 3 функциональный класс (по классификации NYHA); функциональная недостаточность трикуспидального клапана с регургитацией 3 степени, функциональная недостаточность клапана легочной артерии 1-2 степени; застойная гепатопатия, фиброз печени 1 степени (по эластометрии).

При помощи калькулятора Eurotransplant был рассчитан показатель срочности выполнения трансплантации (LAS – Lung Allocation Score), который составил 47,5 балла.

Длительность ожидания трансплантации составила 7 месяцев. Донором стал мужчина 54 лет, причиной смерти которого было нарушение мозгового кровообращения по геморрагическому типу. Длительность искусственной вентиляции легких (ИВЛ) у донора составила 3 суток, показатели газового состава артериальной крови: pO_2 – 647,3 мм рт. ст., pCO_2 – 44,5 мм рт. ст., – при объемной ИВЛ с дыхательным объемом 8 мл/кг, положительным давлением в конце выдоха (ПДКВ) 5 см вод. ст. и фракцией кислорода во вдыхаемой газовой смеси (FiO_2) 100%; по данным рентгенографии органов грудной клетки патологических изменений не выявлено; по данным фибробронхоскопии выявлены только признаки эндобронхита 1 степени воспаления.

Трансплантация легких выполнена из, так называемого, ракушкообразного доступа – двусторонней переднебоковой торакотомии по 4 межреберным промежуткам, дополненной поперечной стернотомией. Первое что обратило на себя внимание после выполнения хирургического доступа – выраженная кардиомегалия, сердце занимало 2/3 поперечного размера грудной полости реципиента, за счет расширенных правого предсердия, правого желудочка и легочного артериального ствола. Несмотря на комбинацию кардиотонических (добутамин и левосимендан) и вазопрессорных (норэпинефрин) лекарственных препаратов, работа по выделению элементов корней легких была сопряжена с нестабильной гемодинамикой и оксигенацией. Выполнена частичная продольная перикардотомия, через ушко правого предсердия установлена двухступенчатая венозная канюля диаметром 36/46 Fr, в восходящую аорту установлена артериальная канюля диаметром 24 Fr, начата работа вено-артериального ЭКМО с производительностью 4,6 л/мин, что позволило продолжить операцию в условиях стабильной гемодинамики и оксигенации.

Общая продолжительность операции составила 11 часов, длительность фармако-холодовой ишемии первого легочного трансплан-

тата составила 7 часов 40 минут, второго – 10 часов 15 минут. В связи с превышением размеров донорских легких над размерами плевральных полостей реципиента была выполнена неанатомическая редукция объемов трансплантатов путем широких аппаратных резекций 3-4-5 сегментов с обеих сторон. На момент окончания операции у пациента имела место выраженная левожелудочковая сердечная недостаточность, несмотря на применение умеренных доз кардиотонических и вазопрессорных лекарственных препаратов и вспомогательное кровообращение: системное артериальное давление – 85/65 мм рт. ст., частота сердечных сокращений – 86 ударов в минуту, при центральном венозном давлении +6 мм рт. ст. и давлении в легочной артерии 19/13 мм рт. ст., что не позволило отключить или редуцировать производительность ЭКМО. Операция закончена наложением провизорных швов на послеоперационную рану с сохранением центральной конфигурации подключения и выведением магистралей ЭКМО через рану.

В течение 3 дней пациент проходил лечение в отделении реанимации и интенсивной терапии в условиях медикаментозной седации на ИВЛ и в условиях продолженной работы вено-артериального ЭКМО, при этом, учитывая большую объемную скорость работы ЭКМО, системная гепаринизация не проводилась, что позволило полностью избежать геморрагических хирургических осложнений. Контроль ремоделирования сердца и разрешения левожелудочковой сердечной недостаточности проводился путем пробного снижения производительности ЭКМО до 1-1,5 л/мин с контролем показателей системной гемодинамики и эхокардиографических показателей работы сердца по данным транспищеводной ЭхоКГ. На 3 послеоперационный день (ПОД) реципиент был транспортирован в операционную, где выполнено отключение ЭКМО, удаление сосудистых канюль, ревизия и санация грудной полости и легочных трансплантатов, после чего послеоперационная рана ушита послойно наглухо. Таким образом, общая продолжительность работы вено-артериального ЭКМО с учетом интраоперационного периода составила 2 дня 10 часов 58 минут.

Индукционная иммуносупрессивная терапия состояла из базиликсимаба 20 мг (стандартный режим дозирования), а также по 500 мг метилпреднизолона непосредственно перед реперфузией каждого легочного трансплантата. Поддерживающая иммуносупрессивная терапия заключалась в продолженном применении метилпреднизолона в прогрессивно снижающейся дозировке до достижения базового уровня (1 – 1,5 мг/кг при использовании внутривенной формы или 0,2 мг/кг при приеме таблетированной формы), а также назначении такролимуса

с 3 ПОД и мофетила микофенолата с 7 ПОД, однако в связи с выраженной нейротоксичностью, такролимус был заменен на циклоспорин (рисунки 1).

Противомикробная терапия включала в себя парентеральную антибактериальную (пиперациллин + тазобактам и линезолид) и ингаляционную антибактериальную и противогрибковую (гентамицин и амфотерицин В) терапию, а также профилактику пневмоцистной и цитомегаловирусной инфекции (ко-тримоксазол и валганцикловир).

В раннем послеоперационном периоде (0 – 1 ПОД) у реципиента отмечался незначительный вираж сывороточной концентрации билирубина (максимально до 67,3 мкмоль/л) и печеночных трансаминаз (аланинаминотрансфераза до 52,7 Ед/л, аспаратаминотрансфераза до 126,4 Ед/л) без признаков печеночно-клеточной недостаточности. На 3 – 4 ПОД также отмечался рост азотистых шлаков в крови (креатинина максимально до 149,2 мкмоль/л, мочевины максимально до 21,3 ммоль/л) с тенденцией к олигурии, но с быстрым восстановлением мочевыделительной и фильтрационной функции почек на фоне стандартной диуретической терапии сразу после отключения ЭКМО. Системная воспалительная реакция в раннем послеоперационном периоде проявлялась повышенным уровнем сывороточной концентрации прокальцитонина до 50,93 нг/мл на 1 ПОД и сывороточной концентрации С-реактивного белка до 124,4 мг/л на 1 ПОД, но с быстрым их снижением до референсного уровня в последующие дни.

Общая продолжительность ИВЛ у реципиента составила 8,5 дней, что было обусловлено, с одной стороны, невозможностью активизации пациента в первые 72 часа из-за наличия вено-артериального ЭКМО центрального подключения, магистралей которого были выведены через послеоперационную рану, а с другой стороны, невозможностью активизации пациента в последующие послеоперационные дни из-за снижения уровня сознания на фоне нейротоксичности такролимуса, несмотря на адекватное восстановление газообменной функции легочных трансплантатов к этому времени.

Длительность пребывания пациента в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии составила 13 дней. Перед переводом в госпитальное отделение по данным контрольной трансторакальной ЭхоКГ (9 ПОД) зафиксировано:

- восстановление нормальных объемных характеристик левого желудочка: КДО – 93 мл, КСО – 41 мл, УО – 52 мл, ФВ – 56% (SIMPSON), нарушений сократительной функции левого желудочка не выявлено;
- уменьшение размеров полости правого предсердия до 45 на 51 мм;
- уменьшение размеров полости правого желудочка (ПЖ) до 44 на 60 мм, регургита-

	операция (operation)	Послеоперационные дни (ПОД) / Postoperative days (POD)											
		0*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Базиликсимаб, мг (Basiliximab, mg)	20	-			20			-					
Метилпреднизолон, мг (Methylprednisolone, mg)	500 + 500 IV bol	-	500 IV bol	250 IV bol	125 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	75 IV bol	12 p.o.
Такролимус, мг (Tacrolimus, mg)	-	-			2,0 b.i.d. p.o.	2,0 b.i.d. p.o.	2,0 b.i.d. p.o.	1,0 b.i.d. p.o.	отменен (cancelled)				
С0 концентрация, нг/мл (C0 concentration, ng/ml)		-					10,3	17,4	9,4	7,7	-	-	2,9
Циклоспорин (Cyclosporin)	Старт терапии (25 мг b.i.d. p.o.) после снижения С0 концентрации такролимуса ниже 2,0 нг/мл (15 ПОД) Therapy was started (25 mg b.i.d. p.o.) after the C0 tacrolimus concentration's fallen below 2.0 ng/ml (15 POD)												
Микофенолата мофетил, мг (Mycophenolate mofetil, mg)		-							250 b.i.d. p.o.	250 b.i.d. p.o.	500 b.i.d. p.o.	750 b.i.d. p.o.	750 b.i.d. p.o.

Примечания: С0 концентрация – концентрация такролимуса в крови через 12 часов после приема последней дозы препарата; IV bol (лат.) – внутривенно болюсно; b.i.d. (лат.) – дважды в день; p.o. (лат.) – внутрь; (*) 0 ПОД – календарные (послеоперационные) сутки, в которые закончилась операция; ИВЛ – искусственная вентиляция легких; ЭКМО – экстракорпоральная мембранная оксигенация.

Notes: C0 concentration – the lowest whole blood level of tacrolimus 12 hours after the last dose was taken; IV bol (Lat.) – intravenously bolus; b.i.d. (Lat.) – twice daily; p.o. (Lat.) – orally; (*) 0 POD – the calendar (postoperative) day on which the operation was ended; MV – a mechanical lung ventilation; ECMO – an extracorporeal membrane oxygenation.

Рисунок 1. Схема иммуносупрессивной терапии в контексте особенностей течения раннего послеоперационного периода

Figure 1. The scheme of immunosuppressive therapy in the context of features of the early postoperative period

ция на трикуспидальном клапане не более 1 степени, TAPSE – 13 мм;

- диаметр ствола легочной артерии 24 мм, регургитация на клапане легочной артерии не более 1 степени, систолическое давление в легочной артерии 33 мм рт. ст.

Пациент был выписан на амбулаторное наблюдение в удовлетворительном состоянии без признаков дыхательной и сердечной недостаточности на 27 день после операции.

Вывод: двусторонняя трансплантация легких – эффективный вариант хирургического лечения пациентов с тяжелыми формами ПЛАГ, даже в условиях выраженной правожелудочковой сердечной недостаточности и кардиомегалии, обусловленной рас-

ширением и/или гипертрофией правых отделов сердца. При этом ЭКМО является, с одной стороны, достаточным методом для обеспечения надежного вспомогательного кровообращения и оксигенации в периоперационном периоде трансплантации легких, а с другой стороны, обладает высоким уровнем безопасности в плане развития возможных геморрагических хирургических осложнений, полиорганной дисфункции и/или системной воспалительной реакции у реципиентов в раннем послеоперационном периоде.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

- Galiè N., Humbert M., Vachiery J., Gibbs S., Lang I., Torbicki A., Simonneau G., Peacock A., Vonk Noordegraaf A., Beghetti M., Ghofrani A., Gomez Sanchez M.A. [et al.] 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J*, 2016, vol. 37, iss. 1, pp. 67-119. doi: 10.1093/eurheartj/ehv317.
- Sultan S., Tseng S., Stanzola A.A., Hodges T., Saggarr R., Saggarr R. Pulmonary Hypertension the role of lung transplantation. *Heart Failure Clin*, 2018, vol. 14, iss. 3, pp. 327-331. doi: 10.1016/j.hfc.2018.02.007
- Avdeev S.N. eds. *Legochnaya gipertenziya: rukovodstvo dlya vrachej* [Pulmonary hypertension: guide for physicians]. Moscow, GEOTAR-Media, 2019, 608 p. (in Russian).
- Khush K.K., Cherikh W.S., Chambers D.C., Harhay M.O., Don Hayes J., Hsieh E., Meiser B., Potena L., Robinson A., Rossano J.W., Sadavarte A., Singh T.P., Zuckerman A., Stehlik J., International Society for Heart and Lung Transplantation. The International thoracic organ transplant registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-sixth adult lung and heart-lung transplantation report – 2019. *J Heart Lung Transplant*, 2019, vol. 38, iss. 10, pp. 1042-1055. doi: 10.1016/j.healun.2019.08.001.
- Ius F., Tudorache I., Warnecke G. Extracorporeal support, during and after lung transplantation: the history of an idea. *J Thorac Dis*, 2018, vol. 10, no. 8, pp. 5131-5148. doi: 10.21037/jtd.2018.07.43
- 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, vol. 149, no. 4, pp. 1152-1157. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.11.039.

Поступила 26.03.2020