МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕРДЦА У АСИСТОЛИЧЕСКИХ ДОНОРОВ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ НА МЕЛКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Полещенко Я. И.¹, Процак Е. С.¹, Дружининский Д. А.²,
Галагудза М. М.^{1,2}, Минасян С. М.^{1,2}, Борщев Ю. Ю.¹,
Курилов А. Б.³, Сонин Д. Л.^{1,2}.

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И. П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

³ Государственное бюджетное учреждение «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи имени И. И. Джанелидзе», Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Процак Егор Сергеевич,
ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова»
Минздрава России,
ул. Аккуратова, д. 2, Санкт-Петербург,
Россия, 197341.
E-mail: egor-protsak@yandex.ru

*Статья поступила в редакцию 19.11.2021
и принята к печати 08.12.2021.*

Резюме

В трансплантологии всегда остро стояла проблема несоответствия количества донорских органов числу реципиентов, включая донорские сердца. Возможны различные способы увеличения пула донорских органов, одним из них является использование асистолических доноров, у которых наступила необратимая остановка кровообращения. Из-за плохой переносимости миокардом ишемии в течение периода асистолии и трудностей диагностики кардиологических заболеваний, являющихся препятствием к трансплантации, требуется углубленное исследование состояния миокарда у асистолических доноров. В настоящее время общепринятый протокол работы с асистолическими донорами сердца отсутствует. Для его разработки, в том числе методов кондиционирования такого донора, и методов оценки состояния сердца на предмет пригодности к трансплантации необходимы экспериментальные, в частности поисковые и доклинические исследования. Предлагается протокол такого исследования. Моделирование асистолического донора с использованием крыс описывается на основе экспериментальных работ, проведенных коллективом авторов. В статье дано описание следующих технических аспектов: анестезиологическое пособие, критерий констатации асистолии, поддержание температуры тела крысы в соответствии с температурой тела человека при остановке сердца, хирургические аспекты выполнения основной экспериментальной модели.

В качестве основной модели, позволяющей оценить состояние миокарда мелкого лабораторного животного, выбрана модель изолированной перфузии сердца по Лангендорфу. В качестве критериев оценки состояния донорского сердца выбраны такие параметры, как внутрилевожелудочковое давление, объем коронарного кровотока, частота сердечных сокращений и наличие постреперфузионных аритмий. Оценка объема повреждения донорского сердца проводится с помощью окраски срезов донорского органа трифенилтетразолием хлоридом.

Ключевые слова: асистолическое донорство, сердце, экспериментальные исследования органной донации.

Для цитирования: Поляченко Я.И., Протсак Е.С., Дружининский Д.А. и др. Методика исследования состояния сердца у асистолических доноров в эксперименте на мелких лабораторных животных. Трансляционная медицина. 2021;8(5):50-56. DOI 10.18705/2311-4495-2021-8-5-50-56

METHODOLOGY OF ASYSTOLIC DONOR HEART'S CONDITION STUDY IN AN EXPERIMENT USING SMALL LABORATORY ANIMALS

Poleschenko Ya. I.¹, Protsak E. S.¹, Druzhininsky D. A.², Galagoudza M. M.^{1,2}, Minasian S. M.^{1,2}, Borshchev Yu. Yu.¹, Kurilov A. B.³, Sonin D. L.^{1,2}

¹ Academician I. P. Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, Saint Petersburg, Russia

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

³ Polenov Russian Scientific Research Institute of Neurosurgery, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Protsak Egor S.,
Almazov National Medical Research Centre,
Akkuratova str. 2, Saint Petersburg, Russia,
197341.

E-mail: egor-protsak@yandex.ru

Received 19 November 2021; accepted 08 December 2021.

Abstract

In transplantation, there has always been an acute problem of the discrepancy between the number of donor organs and the number of recipients, including donor hearts. There are various ways to increase the pool of donor organs, one of them is the use of asystolic or non-heart-beating donors. Due to poor myocardial tolerance of ischemia during the asystole period, as well as because of the difficulties in diagnosing cardiac diseases of the asystolic donor, which can be contraindication to transplantation. Therefore, an in-depth study of the state of the myocardium in asystolic donors is required. Currently, there is no generally accepted protocol for working with asystolic heart donors. This protocol should include methods of heart conditioning and assessing of myocardium state. For its development we need more experimental and preclinical studies. A protocol for such a study is proposed. The modeling of an asystolic donor using rats is described on the basis of experimental work carried out by a team of authors. The article describes the following technical aspects: anesthetic guidance, asystole detection criterion, maintaining the rat body temperature in accordance with the human body temperature during cardiac arrest, surgical aspects of performing the main experimental model.

The Langendorff model of isolated cardiac perfusion was chosen as the main model for assessing the state of the myocardium of a small laboratory animal. Intra-left ventricular pressure, volume of coronary blood flow, heart rate and the presence of post-reperfusion arrhythmias were selected as criteria for assessing the state of donor hearts. Assessment of the volume of damage to the donor heart is carried out using triphenyltetrazolium chloride staining of the donor organ.

Key words: asystolic donation, experimental studies of organ donation, heart.

For citation: Poleschenko YaI, Protsak ES, Druzhininsky DA, et al. Methodology of asystolic donor heart's condition study in an experiment using small laboratory animals. Translyatsionnaya meditsina=Translational Medicine. 2021;8(5):50-56. (In Russ.) DOI 10.18705/2311-4495-2021-8-5-50-56

Введение

В настоящее время органы доноры с необратимой остановкой кровообращения (далее асистолические доноры) крайне редко используются для донации сердца. Немногочисленные успешные результаты такой процедуры относятся исключительно к донорам 3 категории по Маастрихтской классификации [1], то есть к донорам с запланированной остановкой кровообращения [2, 3]. Трансплантация сердца от асистолических доноров других категорий (включая доноров с внегоспитальной смертью) крайне затруднительна из-за многих препятствий. К ним, в частности, относится тяжелое ишемическое повреждение миокарда во время тепловой ишемии непосредственно в теле донора после наступления асистолии, отсутствие общепризнанного и утвержденного протокола работы с такими донорами, диагностика состояния сердца для определения его пригодности к пересадке. Для разрешения этих проблем необходимы масштабные исследования. Анализ возможности использования донорского сердца от асистолических доноров на основе крайне скудного клинического опыта представляется затруднительным. Зачастую в клинических исследованиях трудно оценить время ишемии сердца, что является критически важным для подобных исследований. Так, в части работ указано, что декларация смерти пациента требует от 2 до 20 мин., что не дает возможности оценить пределы нахождения сердца в состоянии ишемии. Кроме того, в данных работах возникает вопрос оценки времени общей ишемии вследствие отсутствия стандартизации начала отсчета периода ишемии. Так, в Австралии моментом отсчета времени ишемии считается момент отключения пациента от аппарата искусственной вентиляции легких, а в Великобритании началом ишемии считают снижение систолического давления ниже 50 мм рт. ст., хотя некоторые экспериментальные исследования показывают, что сердце подвергается ишемическому повреждению при систолическом давлении на уровне 50 мм рт. ст., что предполагает необходимость пересмотра подобного критерия [4, 5, 6]. Таким образом, отсутствие возможности однозначно оценить имеющиеся литературные данные приводит к необходимости проведения стандартизированных экспериментов для дальнейшей работы в данном направлении.

Экспериментальные исследования, посвященные данной тематике, стали проводиться в последние 5-10 лет. Большинство из них осуществляется с использованием крупных животных, из-за чего могут возникать сложности этического и материального характера. Обзор всех применяемых мето-

дик не входит в задачи данной статьи, посвященной использованию лабораторных грызунов. Их особенностью является невозможность выполнить на завершающем этапе эксперимента ортотопическую трансплантацию сердца с последующей оценкой его морфофункционального состояния методами, аналогичными используемым в клинике у человека.

Цель

Описать разработанную нами оригинальную методику исследования состояния сердца у асистолических доноров в эксперименте на мелких лабораторных животных, в том числе для исследования потенциальных методов кардиопротекции применительно к таким сердцам и оценки их эффективности.

Анестезия

Животное наркотизируется до стадии хирургического наркоза с применением рекомендованных для мелких лабораторных животных препаратов. Выбор конкретного анестетика остается за авторами исследования. Мы предлагаем использовать ингаляционный наркоз изофлюраном, осуществляемый при нахождении животного в индукционной камере, в которую подается атмосферный воздух с содержанием паров изофлюрана 5 %. Животное не получает премедикации и во время наркотизации дышит спонтанно. Такая анестезия сама по себе безболезненна для животного, нет необходимости выполнять инъекции препаратов. После наступления хирургической стадии наркоза животное изымается из камеры и подвергается цервикальной дислокации, о чем будет сказано ниже. Несмотря на то что данная манипуляция, согласно международным рекомендациям и руководствам, допустима и без анестезии у мелких животных массой до 200 г [7], мы настоятельно рекомендуем осуществлять введение животного в наркоз с целью недопущения его страданий, а также для снятия ограничений по массе тела животного. Известным кардиопротективным действием изофлюрана в данном случае можно пренебречь, учитывая крайне незначительное время экспозиции животного в наркозной камере, а также рутинность его применения во всех экспериментальных группах.

Моделирование необратимой остановки кровообращения (асистолии)

Вопрос об оптимальном способе моделирования необратимой остановки кровообращения у животного дискуссионен. При проведении исследований на крупных животных для этого зачастую используется и рекомендуется прекращение

искусственной вентиляции легких у предварительно интубированного животного, находящегося под действием миорелаксантов. Авторы обычно не описывают причины избрания именно такого метода, но при анализе сложившейся ситуации с асистолическими органами донорами в западных странах выбор способа моделирования необратимой остановки кровообращения становится понятным. В настоящее время в клинике имеется скудный опыт пересадки сердца от доноров 3 категории, у которых остановка кровообращения возникает вследствие прекращения интенсивной терапии, в том числе искусственной вентиляции легких. Это и объясняет соответствующий выбор в эксперименте. Поскольку работа с донорами 3 категории авторами не рассматривается из-за способа возникновения таких доноров, данный способ необратимой остановки кровообращения у животного мы также не рекомендуем. Понимая, что наиболее подходящими для донорства сердца после остановки кровообращения являются доноры 4 категории, у которых повреждение головного мозга является первичным, и прекращение сердечной деятельности в ходе их кондиционирования является, в конечном итоге, также следствием первичного повреждения мозга, мы решили и в эксперименте осуществить то же. Цервикальная дислокация в этом плане является просто выполнимой и разрешенной к применению, а для исключения возможных страданий животного осуществлять ее рекомендуется в условиях анестезии.

Констатация смерти животного вследствие необратимой остановки кровообращения

Формально непосредственно после осуществления цервикальной дислокации электрическая и сократительная активность сердца продолжают еще некоторое время. Согласно нашим наблюдениям, этот период продолжается не более минуты. Сердечный выброс при этом постепенно снижается до нуля, но это происходит не мгновенно. Артериальное давление, измеряемое при этом инвазивным способом (катетеризация общей сонной артерии), снижается до величины 1015 мм рт. ст. приблизительно за 30–40 секунд. Частота сердечных сокращений также постепенно уменьшается до нуля, причем за счет электромеханической диссоциации прекращение электрической и механической активности миокарда иногда происходит одновременно. К настоящему времени не существует общепринятых пограничных значений показателей центральной гемодинамики (прежде всего среднего артериального давления и сердечного выброса), достижение которых позволяло бы одно-

значно констатировать факт остановки кровообращения. Так, некоторые исследователи рекомендуют считать моментом остановки кровообращения среднее артериальное давление 50 мм рт. ст., другие 25 мм рт. ст. При этом такие параметры, как величина сердечного выброса, сатурации артериальной крови, нарушения газового состава крови и кислотно-щелочного равновесия, концентрация лактата, не учитываются. Однако учет этих показателей в данной ситуации и невозможен с практической точки зрения, принимая во внимание скоротечность их изменения до уровня, при котором организм становится нежизнеспособным. Внешнее дыхание при этом отсутствует. Это, пожалуй, единственный объективный параметр, который прекращается в строго определенную временную точку. Мы предлагаем использовать именно его как момент начала отсчета времени гибели животного, понимая, что циркуляция крови после него продолжается некоторое непродолжительное время, но при этом не только из-за остановки внешнего дыхания сразу же наступают необратимые изменения метаболизма, приводящие к биологической смерти.

Предупреждение спонтанного охлаждения тела животного в предэксплантационном периоде

За счет естественного остывания трупа снижается температура его тканей, что оказывает выраженный антиишемический эффект. Скорость остывания тела мелких животных за счет более высокого отношения поверхности тела к массе выше, чем у крупных животных и у человека, благодаря чему их ткани могут оказаться более сохранными спустя определенный период времени с момента смерти, чем у человека, несмотря на исходно более высокие значения температуры и основного обмена. Известно, что тело умершего человека при комнатной температуре (22 °C) остывает со скоростью примерно 0,51,0 °C в час. Для того чтобы скорость остывания тела крысы оказалась сопоставимой, его приходится сразу же после смерти помещать в воздушную термостатируемую камеру. Были проведены тестовые эксперименты, по результатам которых было установлено, что температура ядра тела крысы, измеренная в прямой кишке, снижается на 0,50,7 °C в случае помещения тела крысы в воздушную термостатируемую камеру с температурой воздуха, поддерживаемой на уровне $37,5 \pm 0,5$ °C. При этом скорость остывания тела крысы ускорялась в 2,53,0 раза при снижении температуры воздуха в камере до $33,5 \pm 0,5$ °C. Мы не рекомендуем рутинно измерять ректальную или

пищеводную температуру тела крысы в таких экспериментах, однако периодическая «калибровка» и проверка работоспособности тепловой камеры необходима. Также важен ее небольшой объем, сопоставимый с размерами тела животного. Еще раз подчеркиваем, что даже незначительные технические погрешности при термостатировании тела мертвого животного при его небольших размерах могут существенно повлиять на скорость его остывания и кардинально изменить получаемые в эксперименте результаты [6].

Диапазон времени от момента индукции асистолии до эксплантации сердца

Выбор временного интервала, в течение которого животное будет находиться в состоянии биологической смерти, зависит от дизайна конкретного исследования и выбирается экспериментатором. Очевидно, что этот период должен иметь разумную продолжительность. Слишком длительная его продолжительность приведет к необратимым изменениям в миокарде, после чего дальнейшие этапы эксперимента будут бессмысленными. Собственно, исследование продолжительности данного временного интервала является самостоятельным исследованием, позволяющим ответить на важный вопрос — по прошествии какого времени с момента прекращения кровообращения сердце еще можно рассматривать как пригодное к пересадке. Собственные данные [8] показывают, что относительно безопасный период (конкретно для сердца крысы) продолжается не более 10 мин., далее состояние миокарда начинает ухудшаться, а по прошествии 15 мин. динамика ухудшения еще более возрастает. Однако мы не исследовали никаких кардиопротективных воздействий применительно к этой ситуации, в их присутствии указанные временные интервалы могут изменяться. Кроме того, этот безопасный период может различаться в зависимости от исходного состояния животного (возраст, пол, наличие хронических заболеваний).

Еще раз повторимся, что выбор оптимальной продолжительности асистолии — это лишь в небольшой степени методический аспект. В большей мере — это исследуемый показатель.

Эксплантация сердца и его экстракорпоральная перфузия на аппарате Лангендорфа

Методика перфузии сердца по Лангендорфу хорошо зарекомендовала себя для исследования ишемически-реперфузионного повреждения сердца мелких животных, поэтому и была внедрена для данной задачи [9].

Процесс эксплантации сердца и его подключение к аппарату Лангендорфа принципиально не отличаются от таковых при проведении стандартной ретроградной перфузии сердца через аорту. Правда, в данном случае от оператора требуется еще более четко соблюдать временной регламент и действовать с максимальной скоростью.

Вопрос о необходимости и допустимости введения гепарина животному перед проведением цервикальной дислокации должен решаться индивидуально. Проблема свертывания крови в коронарных сосудах сердца и его полостях при извлечении сердца из живой наркотизированной крысы обычно отсутствует, и превентивная гепаринизация животного не является рутинным мероприятием перед изъятием сердца. В то же время посмертное свертывание крови после наступления асистолии не является редкостью и может дополнительно ухудшить состояния сердца в периоде реперфузии. Однако, интерполируя дизайн эксперимента на клиническую ситуацию, необходимо подразумевать допустимость или недопустимость введения гепарина при еще сохраненном кровообращении. Очевидно, что гепаринизация допустима только в случае донора 4 категории, когда донор уже признан умершим, и категорически неприемлема при работе с остальными категориями асистолических доноров.

Особенности перфузии сердец от асистолических животных-доноров по Лангендорфу

Во время перфузии на аппарате Лангендорфа таких сердец возникает непреодолимая сложность в случае введения в полость левого желудочка баллона для создания адекватной пред- и постнагрузки, и также для мониторингования в течение всего времени перфузии внутрилевожелудочкового давления, с помощью значений которого оценивается сократительная функция сердца. Рутинная и хорошо отработанная процедура регистрации давления в изоволюмическом режиме применима при перфузии исходно интактного сердца без диастолической дисфункции. В случае сердца, полученного от асистолического донора, диастолическая дисфункция очень вероятна, и объективно оценить ее во время начала перфузии невозможно. Следовательно, должный объем жидкости для нагнетания в баллон, находящийся в полости левого желудочка, неизвестен. Пренебрегая абсолютными значениями систолического и диастолического давления в его полости, можно лишь оценить максимально развиваемое левым желудочком пульсовое давление. При этом следует понимать,

что неадекватно раздутый баллон может перерастянуть миокард желудочка, причиняя ему тем самым дополнительное повреждение и способствуя усилению феномена невосстановления кровотока в период реперфузии. Это, в свою очередь, может приводить к увеличению объема необратимого повреждения миокарда, внося дополнительный источник погрешности в результат эксперимента.

Возможные оценочные критерии состояния сердца

Во время перфузии сердца по Лангендорфу возможна оценка его функциональных и морфологических показателей. Среди функциональных внутрилевожелудочковое давление (его регистрация возможна только в случае установки баллона, которая имеет описанные выше особенности), величина коронарной перфузии (далее коронарный кровоток), частота сердечных сокращений. Последний показатель также требует либо баллона, либо регистрации электрограммы изолированного сердца. Ценность данного параметра для изолированного сердца, вероятно, самая последняя по значимости, хотя тоже подлежит анализу. Коронарный кровоток показывает выраженность феномена невосстановления кровотока, который может быть обусловлен эндотелиальной дисфункцией, диастолической дисфункцией, а также, в случае перфузии сердца от асистолического донора, тромбозом микрососудов либо коронарных артерий более крупного калибра.

Чтобы установка баллона в полость левого желудочка не влияла на морфологию миокарда после реперфузии и чтобы экспериментатор не лишался такого важного показателя, как внутрилевожелудочковое давление, мы рекомендуем опытные группы делить на 2 подгруппы: половина сердец перфузируется без баллона, при этом осуществляется измерение коронарного кровотока, а затем выполняются морфологические исследования миокарда, а другая половина сердец из экспериментальной группы перфузируется с установленным баллоном для регистрации максимально возможного пульсового давления, но последующий морфологический анализ сердца не осуществляется.

Среди множества морфологических оценочных критериев состояния сердца по окончании перфузии экспериментатор имеет возможность выбора последних в зависимости от цели исследования. Наиболее часто используемый вариант — это гистохимическое окрашивание миокарда трифенилтетразолием хлоридом с целью количественной оценки объема необратимого повреждения миокарда (абсолютный эквивалент некроза). Однако

этот вариант не является единственно возможным.

С применением описанной методики уже получены некоторые экспериментальные данные, и исследования в этом направлении продолжают. Предварительные данные демонстрируют в том числе пригодность и адекватность заявленной методики для данных целей [8].

Варианты оценки морфофункционального состояния сердца от асистолического донора в эксперименте *in vivo*

В настоящее время описанный протокол уже опробован авторами с получением предварительных результатов [8]. Однако он не является единственно возможным. Предстоит разрабатывать, тестировать и внедрять и другие подходы для работы с асистолическими донорами сердца в эксперименте на мелких лабораторных животных. В частности, представляется перспективным внедрить методику гетеротопической трансплантации таких сердец с разработкой оптимального режима и способа введения кардиоконсервирующего раствора. Также требуется совершенствовать и расширять оценочные критерии, включая диагностику состояния сосудистого, в том числе микроциркуляторного русла миокарда, отдаленные изменения сердца в результате ремоделирования (в хроническом опыте с применением гетеротопической трансплантации), а также определение места молекулярных и клеточных диагностических технологий применительно к данной категории сердец.

Заключение

Использование в клинической практике донорских сердец, полученных от доноров с необратимой остановкой кровообращения, может способствовать увеличению количества доступных для трансплантации сердец. Вероятно, это увеличение будет небольшим, однако в условиях имеющегося острого дефицита донорских сердец даже очень скромное увеличение их количества (на 12 %) может обеспечить значимый результат. Для более широкого внедрения методики трансплантации сердца, полученного от асистолического донора, требуется четкое понимание предельных сроков нормотермической остановки кровообращения, после которых целесообразно обсуждать вопрос о трансплантации, а также разработка способов прекращения прогрессирования ишемического повреждения сердца в теле донора, экспресс-методов оценки пригодности сердца к трансплантации и, возможно, способов рекондиционирования сердца. Решение этих задач требует экспериментальных исследований, в том числе на мелких лабораторных

животных. Описанная методика позволяет приблизиться к решению данной комплексной проблемы.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциально-го конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

Благодарности / Acknowledgments

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований, проект №20-015-00552 А «Исследование механизмов влияния гипотермического кондиционирования на состояние миокарда и микроциркуляторного русла донорского сердца, полученного от асистолического донора». / The study is supported by the grant of the Russian Scientific Foundation No 20-015-00552 А «Investigation of the mechanisms of the influence of hypothermic conditioning on the state of the myocardium and the microcirculation of the donor heart, obtained from an asystolic donor».

Список литературы / References

1. Thuong M, Ruiz A, Evrard P, et al. New classification of donation after circulatory death donors definitions and terminology. *Transpl Int.* 2016; 29(7): 749759. DOI: 10.1111/tri.12776.
2. Page A, Messer S, Large SR. Heart transplantation from donation after circulatory determined death. *Ann Cardiothorac Surg.* 2018 Jan; 7(1): 7581. DOI: 10.21037/acs.2018.01.08.
3. Smith M, Dominguez-Gil B, Greer DM, Manara AR, Souter MJ. Organ donation after circulatory death: current status and future potential. *Intensive Care Med.* 2019; 45(3): 310321. DOI: 10.1007/s00134-019-05533-0.
4. Brant SM, Cobert ML, West LM, Shelton JM, Jessen ME, Peltz M. Characterizing cardiac donation after circulatory death: implications for perfusion preservation. *Ann Thorac Surg.* 2014; 98(6): 21072113; discussion 21132114. DOI: 10.1016/j.athoracsurg.2014.05.091.
5. Boucek MM, Mashburn C, Dunn SM, Frizell R, Edwards L, Pietra B, Campbell D; Denver Children's Pediatric Heart Transplant Team. Pediatric heart transplantation after declaration of cardiocirculatory death. *N Engl J Med.* 2008; 359(7): 709714. DOI: 10.1056/NEJMoa0800660.
6. Longnus SL, Mathys V, Dornbierer M, et al. Heart transplantation with donation after circulatory determination of death. *Nat Rev Cardiol.* 2014; 11(6): 354363. DOI: 10.1038/nrcardio.2014.45.
7. American Veterinary Medical Association. 2020. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals, 2020 edition.
8. Protsak ES, Galagoudza MM, Borshchev YuYu, et al. Evaluation of the suitability of a donor heart for transplantation after various asystole periods in experiment. Regional blood circulation and microcirculation. 2020; 19(4): 7075. In Russian [Процак Е.С., Галагудза М.М., Борщев Ю.Ю., и соавт. Оценка пригодности донорского сердца для трансплантации после различных периодов асистолии в эксперименте. Регионарное

кровообращение и микроциркуляция. 2020; 19(4): 7075]. doi.org/10.24884/1682-6655-2020-19-4-70-75.

9. Galagudza MM, Protsak ES, Borschev YuYu, et al. Pathophysiological aspects of heart donation from asystolic donors. Regional blood circulation and microcirculation. 2020; 19(4): 411. In Russian [Галагудза М.М., Процак Е.С., Борщев Ю.Ю., и соавт. Патофизиологические аспекты донорства сердца от асистолических доноров. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2020; 19(4): 411]. doi.org/10.24884/1682-6655-2020-19-4-4-11.

Информация об авторах:

Полещенко Яна Игоревна, младший научный сотрудник, ординатор, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Процак Егор Сергеевич, лаборант-исследователь, ординатор, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Дружининский Дмитрий Александрович, студент, ФГБОУ ВО «СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова» Минздрава России;

Галагудза Михаил Михайлович, д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, директор Института экспериментальной медицины, главный научный сотрудник НИО микроциркуляции и метаболизма миокарда, заведующий кафедрой патологии Института медицинского образования, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Минасян Саркис Минасович, к.м.н., старший научный сотрудник, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Борщев Юрий Юрьевич, к.б.н., заведующий НИО токсикологии, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Курилов Александр Борисович, к.м.н., научный сотрудник, ГБУ «СПб НИИ скорой помощи им. И. И. Джanelidze»;

Сонин Дмитрий Леонидович, к.м.н., заведующий НИО микроциркуляции и метаболизма миокарда, ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Author information:

Poleschenko Yana I., junior researcher, Almazov National Medical Research Centre;

Protsak Egor S., laboratory assistant, Almazov National Medical Research Centre;

Druzhininsky Dmitry A., student, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University;

Galagoudza Mikhail M., MD, DrSci., prof., director of Institute of Experimental Medicine, Almazov National Medical Research Centre;

Minasian Sarkis M., PhD, senior researcher, Almazov National Medical Research Centre;

Borshchev Yuri Yu., PhD, Head of toxicology laboratory, Almazov National Medical Research Centre;

Kurilov Alexander B., PhD, researcher, St. Petersburg I. I. Dzhanelidze Research Institute of Emergency Medicine;

Sonin Dmitry L., PhD, Head of the Microcirculation and myocardium metabolism laboratory, Almazov National Medical Research Centre.