

DOI: 10.15825/1995-1191-2022-2-102-107

## АСИСТОЛИЧЕСКОЕ ДОНОРСТВО ПОЧЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОМПРЕССИИ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ И МАШИННОЙ ОКСИГЕНИРОВАННОЙ ХОЛОДОВОЙ ПЕРФУЗИИ (ПЕРВЫЙ ОПЫТ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)

*А.В. Шабунин<sup>1, 2</sup>, М.Г. Минина<sup>1</sup>, П.А. Дроздов<sup>1</sup>, В.М. Севостьянов<sup>1</sup>, И.В. Нестеренко<sup>1</sup>,  
Д.А. Макеев<sup>1</sup>, О.С. Журавель<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ГБУЗ «Городская клиническая больница имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

**Цель:** на клиническом примере продемонстрировать первый успешный опыт совместного использования автоматизированной системы компрессии грудной клетки и машинной оксигенированной гипотермической перфузии при использовании почечного трансплантата от донора с необратимой остановкой сердечной деятельности. **Материалы и методы.** В представленном клиническом наблюдении успешно применена система автоматизированной компрессии грудной клетки у донора после констатации смерти на основании необратимой остановки кровообращения, что позволило минимизировать время первичной тепловой ишемии. Применение на протяжении 585 минут машинной оксигенированной холодной перфузии почечного трансплантата позволило сократить время статической холодной консервации до 165 минут. **Результаты.** В неосложненном послеоперационном периоде отмечена немедленная функция почечного трансплантата, что позволило добиться быстрой реабилитации и выписки пациента. **Заключение.** Внедрение автоматизированных систем компрессии грудной клетки и машинной оксигенированной холодной перфузии позволит увеличить число донорских органов, преимущественно почек, направляемых на трансплантацию.

*Ключевые слова:* трансплантация почки, автоматизированная система компрессии грудной клетки, донорство органов, машинная оксигенированная холодная перфузия.

## ASYSTOLE KIDNEY DONATION USING AUTOMATED CHEST COMPRESSION SYSTEM AND HYPOTHERMIC OXYGENATED MACHINE PERFUSION (FIRST EXPERIENCE IN THE RUSSIAN FEDERATION)

*A.V. Shabunin<sup>1, 2</sup>, M.G. Minina<sup>1</sup>, P.A. Drozdov<sup>1</sup>, V.M. Sevostianov<sup>1</sup>, I.V. Nesterenko<sup>2</sup>,  
D.A. Makeev<sup>1</sup>, O.S. Zhuravel<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Botkin City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

**Objective:** to demonstrate, using a clinical case, the first successful experience in a combined use of an automated chest compression device (ACCD) and hypothermic oxygenated machine perfusion (HOPE) for kidney transplantation from a donor with irreversible cardiopulmonary arrest. **Materials and methods.** In the presented clinical case, ACCD was successfully used in a donor who was pronounced dead following an irreversible cardiopulmonary arrest. This allowed to minimize the primary warm ischemia time. Kidney graft HOPE for 585 minutes reduced

**Для корреспонденции:** Дроздов Павел Алексеевич. Адрес: 117148, Москва, ул. Брусилова, д. 15, кв. 8.  
Тел. (962) 985-04-41. E-mail: dc.drozdov@gmail.com

**Corresponding author:** Pavel Drozdov. Address: 15/8, Brusilova str., Moscow, 117148, Russian Federation.  
Phone: (962) 985-04-41. E-mail: dc.drozdov@gmail.com

the static cold storage time to 165 minutes. **Results.** In the uneventful postoperative period, there was immediate kidney graft function. This allowed for rapid rehabilitation and discharge from hospital. **Conclusion.** Introduction of ACCD and HOPE will increase the number of donor organs, mainly kidneys intended for transplantation.

*Keywords: kidney transplantation, automated chest compression device, organ donation, hypothermic oxygenated machine perfusion.*

## ВВЕДЕНИЕ

Донорство после остановки сердечной деятельности (donation after circulatory death, DCD) – общепринятая активно развивающаяся практика во многих странах. В настоящее время в 18 из 35 стран Европы используются DCD-доноры, из них 8 используют только DCD-доноров после внезапной остановки сердца, так называемых неконтролируемых асистолических доноров [1]. В то же время потенциал использования таких доноров огромен, например, в США было подсчитано, что использование DCD-доноров после внезапной остановки сердечной деятельности может дополнительно привлечь до 22 000 потенциальных органов в год [2]. Ограничением широкого использования органов от DCD-доноров является достоверное увеличение частоты первично не функционирующих трансплантатов и трансплантатов с отсроченной функцией [3–5]. Кроме того, успех трансплантации почки, полученной от DCD-донора с внезапной остановкой сердечной деятельности, зависит не только от технического исполнения и периоперационного ведения реципиента, но и от эффективной логистики взаимодействия донорских центров и центров трансплантации почки [6]. Современная логистика DCD-донорства довольно сложная, требует высокой организации донорского процесса, использования дополнительных современных возможностей в виде устройств для автоматической компрессии грудной клетки (далее УАК), гипо- или нормотермической перфузии органов *in situ*, а также машинной перфузии донорских органов на заключительном этапе [7]. Указанные ограничения, логистические и технологические трудности привели к тому, что в 2020 году в РФ зарегистрировано только 17 эффективных DCD-доноров [8].

Разработка современных протоколов постишемической реабилитации почечных трансплантатов с использованием новейших технологий позволит расширить пул используемых DCD-доноров с внезапной остановкой сердечной деятельности.

## КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

**Эффективный донор.** Мужчина 43 лет с диагнозом «открытая черепно-мозговая травма, ушиб головного мозга тяжелой степени, острая субдуральная гематома в левой лобно-теменно-височной области объемом 150 см<sup>3</sup>, декомпрессивная трепанация черепа, удаление гематомы от 29.11.2021 г.;

алкогольное опьянение». Время пребывания в стационаре от момента поступления до констатации смерти – 27 часов. В послеоперационном периоде отмечались гипотония, синусовая тахикардия с ЧСС 121 уд./мин, что потребовало адекватной вольюмической поддержки и внутривенного введения норадреналина в дозе 890 нг/кг/мин. Уровень сознания соответствовал 3 баллам по ШКГ, вместе с тем отмечался положительный трахеальный рефлекс, что препятствовало диагностике смерти мозга. К истечению первых суток пребывания в стационаре у пациента отмечалось ухудшение показателей гемодинамики в виде нарастания гипотонии, на фоне чего вазопрессорная поддержка увеличилась до 1700 нг/кг/мин, и 30.11.2021 г. в 16.00 произошла остановка кровообращения, начаты реанимационные мероприятия с применением УАК, которые продолжались 30 минут, без эффекта, ввиду чего была констатирована смерть пациента. После констатации смерти работа УАК была продолжена с целью обеспечения минимальной перфузии органов и тканей в качестве противоишемической защиты, также осуществлялась ИВЛ с FiO<sub>2</sub> 100%. На фоне работы УАК был выполнен хирургический доступ к бедренным сосудам справа, выделены и взяты на держалки бедренные артерия и вена. Просвет бедренной артерии вскрыт и внутрь введен 2-баллонный 3-просветный катетер (DBTL-катетер) с диаметром просвета 22 Fr, в просвет бедренной вены введена венозная канюля размером 24 Fr для слива перфузата. Начата холодовая изолированная перфузия органов брюшной полости консервирующим раствором Кустодиол. На момент начала холодной перфузии остановлены ИВЛ и работа УАК. Общая длительность работы УАК с учетом 30 минут реанимационных мероприятий составила 58 мин. Работа УАК и внешний вид почек после окончания перфузии *in situ* представлены на рис. 1 и 2 соответственно.

**Почечный трансплантат.** Почечный трансплантат в транспортном контейнере был доставлен бригадой Московского центра органного донорства в ГКБ им. С.П. Боткина ДЗМ в 19.00 30 ноября 2021 года. В 19.15 графт извлечен из контейнера, выполнен забор перфузата на микробиологическое исследование. При осмотре левый почечный трансплантат средних размеров, однородной окраски, без опухолевидных образований. Определяется единственная почечная артерия, отходящая от аорты, единственная почечная вена. Выполнена мобили-

зация проксимального отдела почечной артерии, в устье атеросклеротических бляшек не определяется. Принято решение о возможности проведения машинной оксигенированной гипотермической перфузии (МОГП). Подготовлен аппарат искусственного кровообращения Maquet Jostra. Выполнена канюляция почечной артерии (рис. 3), начата МОГП в 19.45 (время статической холодной консервации составило 135 минут).

Температура почечного трансплантата перед началом перфузии составила 8,9 °С, давление перфузионного раствора в почечной артерии – 40 мм рт. ст., объемная скорость перфузирующего раствора – 200 мл/мин, индекс сосудистого сопротивления – 0,2. Время проведения МОГП составило 585 минут. За это время не наблюдалось повышения температуры почечного графта выше 6 °С (рис. 4).

Давление перфорирующего раствора в процессе процедуры поддерживалось на уровне 40 мм рт. ст. Объемная скорость в конце процедуры составила 250 мл/мин, индекс сосудистого сопротивления – 0,16. Парциальное давление кислорода в перфузате колебалось от 337 до 591.

После начала кожного разреза у реципиента машинная перфузия приостановлена. Предтрансплантационная подготовка почечного графта составила 30 минут (общее время статической холодной консервации составило 165 минут).

**Реципиент почечного трансплантата.** После проведения cross-match и типирования донора выполнен подбор пары донор–реципиент в 22.00 – реципиент Б, 41 год, страдающий хронической почечной недостаточностью в исходе IgA нефропатии, получающий программный гемодиализ с июня 2018 года (совпадение по А, В, Dr). Срок нахождения в листе



Рис. 1. Работа УАК после констатации смерти

Fig. 1. ACCD operation after the patient had been declared dead



Рис. 2. Внешний вид донорской почки после окончания холодной перфузии *in situ*

Fig. 2. Donor kidney after *in situ* cold perfusion

ожидания 19 месяцев. Пациент госпитализирован в ГКБ им. С.П. Боткина в 01 ч 00 мин 1 декабря 2021 года, в ходе предоперационного обследования диагностирована гиперкалиемия до 6,9 ммоль/л, что потребовало проведения предоперационного гемодиализа в течение 3 часов.

Оперативное вмешательство начато 1 декабря 2021 года в 5.30 по стандартной методике. После пуска кровотока трансплантат приобрел физиологический тургор, равномерно окрасился в розовый цвет, отмечено поступление мочи по мочеточнику (рис. 5).

После ушивания мышц передней брюшной стенки выполнено интраоперационное ультразвуковое исследование, при котором зафиксировано наличие

удовлетворительного артериального (индекс резистентности 0,77) и венозного кровотоков (рис. 6).

Послеоперационный период протекал без осложнений. Зафиксирована немедленная функция почечного трансплантата. Нормализация уровня креатинина наблюдалась на 6-е послеоперационные сутки. После подбора дозы иммуносупрессивной терапии и удаления внутреннего мочеточникового стента пациент выписан под амбулаторное наблюдение.

### ОБСУЖДЕНИЕ

За последние 5 лет в Москве в 2 раза увеличился показатель количества эффективных доноров на 1 млн населения (11,4 – в 2016 году, 21,4 – в 2020-м). В основном данный рост отмечался за счет увеличения количества доноров со смертью головного мозга. Развитие органного донорства позволило открыть новые центры трансплантации почки в столичном регионе [9].

В то же время активного использования доноров с остановкой сердца за данный период времени не наблюдалось. Это связано с тем, что длительная первичная тепловая ишемия почечных трансплантатов, полученных от доноров с остановкой сердца, а затем и длительная статическая холододовая консервация значительно ухудшают непосредственные и отдаленные результаты трансплантации почки. Поэтому нехватка донорских органов побуждает исследователей к поиску решения проблемы минимизации тепловой и холододовой ишемии и более широкого их использования в трансплантологической практике.

Современные автоматизированные системы компрессии грудной клетки хорошо себя зарекомендовали на догоспитальном и госпитальном этапах как простые и надежные устройства, позволяющие ка-

чественно и на протяжении длительного времени обеспечивать достаточное кровоснабжение жизненно важных органов, позволяя доставить пациентов до медицинской организации. Именно за возможность длительного поддержания кровоснабжения данная система привлекла внимание многих донорских программ в мире, в том числе и Московского городского



Рис. 3. Проведение машинной оксигенированной гипотермической перфузии под наблюдением хирурга-трансплантолога

Fig. 3. HOPE being supervised by a transplant surgeon

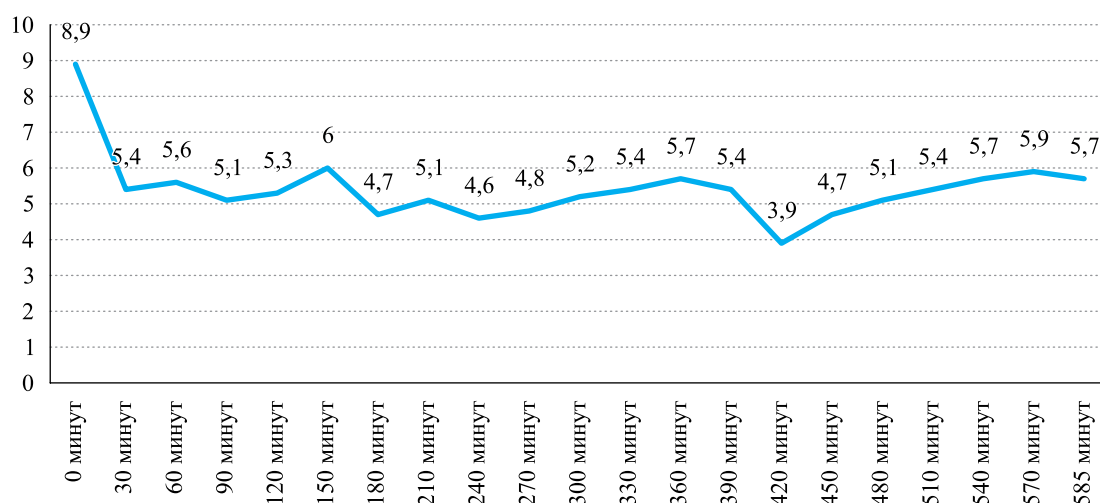


Рис. 4. Динамика температуры почечного трансплантата в процессе проведения машинной оксигенированной гипотермической перфузии

Fig. 4. Dynamics of renal graft temperature during HOPE

центра органного донорства. Применение данной системы у доноров с остановкой сердечной деятельности позволяет минимизировать время первичной тепловой ишемии почечных трансплантатов, выполнить канюляцию магистральных сосудов и начать холодovou перфузию в технологически приемлемых условиях.

После завершения перфузии органа *in situ* в организме донора орган переходит в стадию статической холодной консервации и находится в этом состоянии вплоть до включения в кровоток реципиента. В течение периода холодной консервации выполняется вирусологическое и генетическое обследование донора, которое может занимать 6 и более часов. Таким образом, суммарное время статической холодной

консервации чаще всего находится в промежутке от 12 до 18 часов, а в ряде случаев может и превышать данный временной период. Как известно, уже к 4-му часу статической холодной консервации в клетках истощается до 95% АТФ и последние переходят на анаэробный метаболизм [10]. Это приводит к накоплению активных форм кислорода, развитию внутриклеточного ацидоза, снижению Na/K АТФазы, что в итоге вызывает апоптоз клеток.

Внедрение в широкую клиническую практику машинной оксигенированной перфузии почечных трансплантатов в ГКБ им. С.П. Боткина, технологии, которая позволяет доставлять необходимый для поддержания минимальных метаболических процессов кислород в течение длительного времени, может позволить минимизировать данные негативные аспекты использования почечных графтов от доноров с остановкой кровообращения.

Наш первый опыт продемонстрировал положительные моменты совместного применения современных технологий для минимизации ишемического повреждения почек. Система компрессии грудной клетки позволила снизить негативный эффект первичной тепловой ишемии, а применение машинной оксигенированной холодной перфузии – сократить время статической консервации до 165 минут и провести его постишемическую реабилитацию. Немедленная функция почечного трансплантата, неосложненное течение послеоперационного периода и ранняя реабилитация реципиента убеждают сотрудников центра органного донорства и центра трансплантации Боткинской больницы продолжить и тщательно анализировать новую практику асистологического донорства почек.

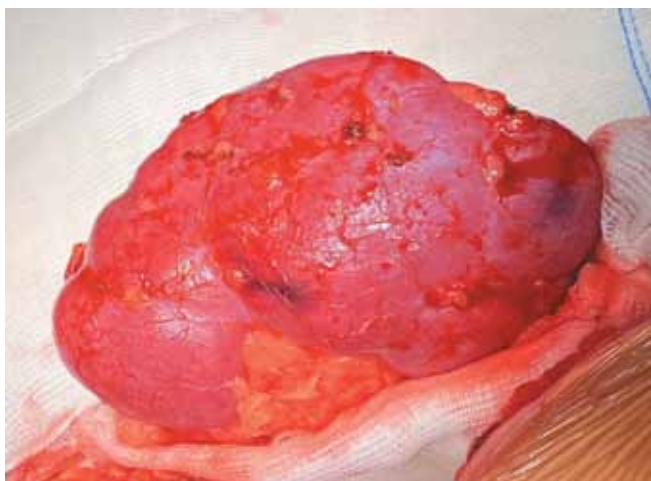


Рис. 5. Почечный трансплантат после реперфузии

Fig. 5. Renal graft after reperfusion

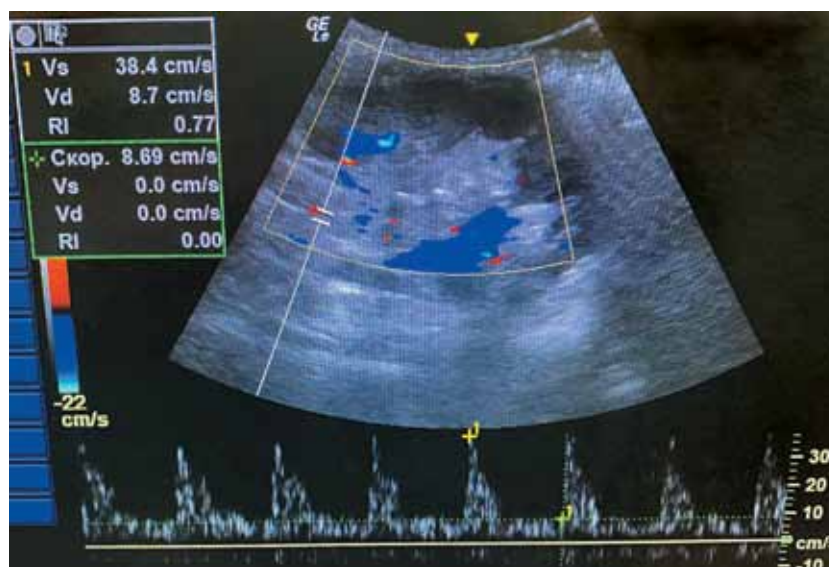


Рис. 6. Интраоперационное ультразвуковое исследование почечного трансплантата

Fig. 6. Intraoperative kidney graft ultrasound

Успех трансплантации почки зависит от работы медицинского персонала – от этапа кондиционирования донора до периоперационного ведения реципиента почечного трансплантата. Мультидисциплинарный подход позволяет минимизировать возможные риски трансплантации почки, что дополнительно является весомым аргументом для предпочтения реципиентами трансплантации почки другим методам заместительной почечной терапии. Внедрение современных методик на каждом из этапов только помогает в реализации данной задачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместное применение автоматизированных систем компрессии грудной клетки и машинной оксигенированной перфузии почечных трансплантатов при использовании органов от донора с остановкой кровообращения позволяет минимизировать время первичной тепловой ишемии и статической холодной консервации, тем самым минимизировать их негативные эффекты на функцию почечного трансплантата. Дальнейшее применение данного протокола позволяет обоснованно ожидать увеличения числа донорских органов для целей трансплантации.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflict of interest.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Lomero M, Gardiner D, Coll E, Haase-Kromwijk B, Proccaccio F, Immer F et al. Donation after circulatory death today: an updated overview of the European landscape. *Transplant International*. 2020; 33 (1): 76–88. <https://doi.org/10.1111/tri.13506>.
2. Dominguez-Gil B, Duranteau J, Mateos A, Núñez JR, Cheisson G, Corral E et al. Uncontrolled donation after circulatory death: European practices and recommendations for the development and optimization of an effective programme. *Transplant International*. 2016; 29 (8): 42–859. <https://doi.org/10.1111/tri.12734>.
3. Miranda-Utrera N, Medina-Polo J, Pamplona M, de la Rosa F, Rodríguez A, Duarte JM et al. Donation after cardiac death: results of the SUMMA 112 – Hospital 12 de Octubre Program. *Clin Transplant*. 2013; 27: 283. <https://doi.org/10.1111/ctr.12071>.
4. Hoogland ER, van Smaalen TC, Christiaans MH, van Heurn LW. Kidneys from uncontrolled donors after cardiac death: which kidneys do worse? *Transpl Int*. 2013; 26: 477–484. <https://doi.org/10.1111/tri.12067>.
5. Hanf W, Codas R, Meas-Yedid V, Berthiller J, Buron F, Chauvet C et al. Kidney graft outcome and quality (after transplantation) from uncontrolled deceased donors after cardiac arrest. *Am J Transplant*. 2012; 12: 1541–1550. <https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2011.03983.x>.
6. Fondevila C, Hessheimer AJ, Flores E, Ruiz A, Messtres N, Calatayud D et al. Applicability and results of Maastricht type 2 donation after cardiac death liver transplantation. *Am J Transplant*. 2012; 12: 162–170. <https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2011.03834.x>.
7. Kron P, Schlegel A, de Rougemont O, Oberkofler CE, Clavien PA, Dutkowski P et al. Short, cool, and well oxygenated – HOPE for kidney transplantation in a rodent model. *Annals of surgery*. 2016; 264 (5): 815–822. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001766>.
8. Готье СВ, Хомяков СМ. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2020 году. XIII сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2021; 23 (3): 8–34. Gauthier SV, Khomyakov SM. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2020. 13th Report from the Registry of the Russian Transplant Society. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2021; 23 (3): 8–34. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2021-3-8-34>.
9. Шабунин АВ, Парфенов ИП, Минина МГ, Дроздов ПА, Нестеренко ИВ, Макеев ДА и др. Программа трансплантации Боткинской больницы: опыт 100 трансплантаций солидных органов. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2020; 22 (1): 55–58. [In Russ, English abstract]. Shabunin AV, Parfenov IP, Minina MG, Drozdov PA, Nesterenko IV, Makeev DA et al. Botkin Hospital Transplant Program: 100 solid organ transplantations. *Russian Journal of Transplantology and Artificial Organs*. 2020; 22 (1): 55–58. [In Russ, English abstract]. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-1-55-58>.
10. Urbanellis P, Mazilescu L, Kollmann D, Linares-Cervantes I, Kathis JM, Ganesh S et al. Prolonged warm ischemia time leads to severe renal dysfunction of donation-after-cardiac death kidney grafts. *Scientific Reports*. 2021; 11 (1): 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97078-w>.

*Статья поступила в редакцию 23.05.2022 г.  
The article was submitted to the journal on 23.05.2022*