

DOI: 10.15825/1995-1191-2022-1-143-150

# ПЕРВЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОЙ ХОЛОДОВОЙ ОКСИГЕНИРОВАННОЙ ПЕРФУЗИИ ПОЧЕЧНОГО ТРАНСПЛАНТАТА ОТ ДОНОРОВ С РАСШИРЕННЫМИ КРИТЕРИЯМИ

А.В. Шабунин<sup>1, 2</sup>, М.Г. Минина<sup>1</sup>, П.В. Дроздов<sup>1</sup>, И.В. Нестеренко<sup>1</sup>, Д.А. Макеев<sup>1</sup>,  
О.С. Журавель<sup>2</sup>, Л.Р. Карапетян<sup>1</sup>, С.А. Астанович<sup>3</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

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Российская Федерация

**Цель:** оценить безопасность и эффективность машинной холодной оксигенированной перфузии почечных трансплантатов от доноров с расширенными критериями. **Материалы и методы.** С июня 2018 года по июнь 2021 года в хирургической клинике Боткинской больницы выполнено 200 трансплантаций почки от посмертного донора. Из них 123 – мужчинам (61,5%) и 77 – женщинам (38,5%). Средний возраст составил  $47,62 \pm 11,69$  (20–73) года. В 102 случаях почечный трансплантат был изъят у донора с расширенными критериями. У 92 реципиентов (90,2%) почечного трансплантата от донора с расширенными критериями для сохранения органа использовалась статическая холододовая консервация по стандартной методике, эти пациенты составили I группу наблюдения. У 10 реципиентов (9,8%) выполнялась постхолодовая машинная оксигенированная перфузия, эти пациенты составили II группу наблюдения. **Результаты.** В обеих группах наблюдения не зафиксировано 30-дневной летальности. Среднее время статической холододовой консервации у пациентов первой группы составило  $612,33 \pm 178,88$  (133–1180) минуты. Общая частота отсроченной функции почечного трансплантата составила 26,5% (53/200). При использовании органа от стандартного донора с применением статической холододовой консервации частота развития отсроченной функции трансплантата составила 19,3% (19/98), от донора с расширенными критериями – 35,8% (33/92). Послеоперационные осложнения зафиксированы у 25 пациентов (12,5%). Послеоперационные осложнения при развитии отсроченной функции трансплантата диагностированы у 12 больных, что составило 22,6% (12/53), с немедленной функцией – у 13 больных, что составило 8,8% (13/147). Среднее время холододовой консервации у пациентов II группы составило  $319,11 \pm 110,24$  (311–525) минуты. Среднее время машинной холодной оксигенированной перфузии –  $202,34 \pm 21,48$  (150–210) минуты. У 1 пациента (10%) II группы наблюдения зафиксирована отсроченная функция трансплантата. Осложнений, в том числе связанных с перфузией, в этой группе больных не зафиксировано. **Заключение.** Оригинальная методика Боткинской больницы по машинной холодной оксигенированной перфузии почечного трансплантата безопасна. Ее проведение ассоциируется с низким риском развития отсроченной функции почечного трансплантата от доноров с расширенными критериями.

*Ключевые слова:* пересадка почки, доноры с расширенными критериями, машинная оксигенированная холододовая перфузия.

**Для корреспонденции:** Дроздов Павел Алексеевич. Адрес: 117148, Москва, ул. Брусилова, дом 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

# EARLY EXPERIMENTS WITH HYPOTHERMIC OXYGENATED MACHINE PERFUSION OF KIDNEY GRAFTS FROM EXTENDED CRITERIA DONORS

A.V. Shabunin<sup>1, 2</sup>, M.G. Minina<sup>1</sup>, P.V. Drozdov<sup>1</sup>, I.V. Nesterenko<sup>1</sup>, D.A. Makeev<sup>1</sup>, O.S. Zhuravel<sup>2</sup>, L.R. Karapetyan<sup>1</sup>, S.A. Astapovich<sup>3</sup>

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

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

<sup>3</sup> Sechenov University, Moscow, Russian Federation

**Objective:** to evaluate the safety and efficacy of hypothermic oxygenated machine perfusion (HOPE) for kidney grafts obtained from expanded criteria donors (ECD). **Materials and methods.** From June 2018 to June 2021, 200 surgeries involving kidney transplants from deceased donors were performed at Botkin City Clinical Hospital. Of these, 123 were men (61.5%) and 77 were women (38.5%). The mean age was  $47.62 \pm 11.69$  (20–73) years. In 102 cases, kidney grafts were procured from ECD. In 92 recipients (90.2%) of kidney transplants from an expanded criteria donor, static cold storage done according to the standard technique was used to preserve the organ; these patients constituted observation group 1. In 10 recipients (9.8%), hypothermic oxygenated perfusion was used in addition to static cold preservation; these patients formed observation group 2. **Results.** No 30-day mortality was recorded in both observation groups. The mean static cold storage time in group 1 patients was  $612.33 \pm 178.88$  (133–1180) minutes. Overall incidence of delayed graft function was 26.5% (53/200). Incidence of delayed graft function was 19.3% (19/98) for organs from standard donors using static cold storage and 35.8% (33/92) for ECD organs. Twenty-five patients (12.5%) had postoperative complications. Postoperative complications with delayed graft function were diagnosed in 12 patients, which was 22.6% (12/53), with immediate function in 13 patients, which was 8.8% (13/147). Mean cold storage time in group 2 patients was  $319.11 \pm 110.24$  (311–525) minutes. Mean HOPE time was  $202.34 \pm 21.48$  (150–210) minutes. Delayed graft function was recorded in 1 group 2 patient (10%). No complications, including perfusion-related one, were recorded in this group. **Conclusion.** The unique technique used at Botkin City Clinical Hospital for HOPE in kidney transplant is safe. It provides a low risk of delayed graft function for ECD kidneys.

*Keywords: kidney transplant, expanded criteria donors, hypothermic oxygenated machine perfusion.*

## ВВЕДЕНИЕ

Отдаленные результаты трансплантации почки постоянно улучшаются – в настоящее время 10-летняя выживаемость трансплантатов почки составляет более 80% [1]. Эффективность трансплантации как метода лечения терминальных форм хронической органной недостаточности способствовала прогрессивному росту численности «листов ожидания» как во всем мире, так и в РФ [2, 3]. Нарастание дефицита донорских органов побуждает к поиску новых путей решения данной проблемы. Наибольшее распространение во всем мире получила практика расширения критериев донорства того или иного органа [4]. Необходимо отметить, что отдаленные результаты трансплантации солидных органов от стандартного донора и донора с расширенными критериями несколько отличаются. Так, 1- и 5-летняя выживаемость почечного трансплантата от стандартного донора составляют 92 и 70% соответственно, а от донора с расширенными критериями – 80 и 44% соответственно [5]. Это различие объясняется худшей переносимостью холодовой ишемии органов от доноров с расширенными критериями. Потребление кислорода

в тканях значительно снижается при температуре 4–10 °С, однако соответствующий метаболизм все еще наблюдается. Дополнительный кислород может поддерживать митохондриальный синтез АТФ и, в свою очередь, сдерживать процесс повреждения [6].

В доклинических испытаниях было установлено, что машинная холодовая оксигенированная перфузия снижает частоту повреждения клеток и активацию макрофагов [7, 8]. Полученные экспериментальные данные позволяют предположить, что данная технология в клинических условиях должна улучшить результаты трансплантации почки. В настоящее время проводится несколько клинических исследований по оценке эффективности данной технологии при трансплантации печени и почки в мире.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С июня 2018 года по июнь 2021 года в хирургической клинике Боткинской больницы выполнено 200 трансплантаций почки от посмертного донора. Из них 123 – мужчинам (61,5%) и 77 – женщинам (38,5%). Средний возраст составил  $47,62 \pm 11,69$  (20–73) года. В 102 случаях почечный трансплантат был изъят у донора с расширенными критериями.

У 92 реципиентов (90,2%) почечного трансплантата от донора с расширенными критериями для сохранения органа использовалась статическая холододовая консервация по стандартной методике, эти пациенты составили I группу наблюдения. У 10 реципиентов (9,8%) в дополнение к статической холододовой консервации использовалась оксигенированная холододовая перфузия, эти пациенты составили II группу наблюдения.

Доноров с расширенными критериями определяли в соответствии с дефиницией UNOS 2003 г. [Metzger R.A., Delmonico F.L., Fenf S. et al. Expanded criteria donors for kidney transplantation. Am J of Transplantation. 2003; 3 (suppl. 4): 114–125], когда у донора 50–59 лет отмечались все или любые два фактора из представленных – причина смерти цереброваскулярная болезнь (ЦВБ), гипертоническая болезнь (ГБ), креатинин более 133 мкмоль/л, или у донора ≥60 лет отмечались все, любые два фактора, любой один фактор или ни один из представленных выше факторов.

*Протокол применения машинной оксигенированной холододовой перфузии почечного трансплантата:* перфузия почечного трансплантата выполнялась в условиях операционной при строгом соблюдении правил асептики. При помощи бесконтактного термометра Testo 805 фиксировалась температура консервирующего раствора, целевой уровень составляет 4–8 °С. Извлекали упакованный почечный трансплантат из транспортного контейнера. Выполнялась пункционная биопсия почки. Проводился осмотр трансплантата с оценкой внешнего вида, сосудис-

той анатомии. В устье почечной артерии вводилась мягкая силиконовая канюля, прикрепленная ранее к артериальной магистрали, и фиксировалась к аортальной площадке при помощи 2–3 узловых швов (рис. 1).

Если почечных артерий две или более – канюлировали каждую при помощи Y-образного переходника.

Канюлю подключали к контуру из роликового насоса аппарата АИК стационарного типа, оксигенатора, встроенного в АИК датчика давления (рис. 2). Необходимая объемная скорость циркуляции консерванта зависит от гидростатического давления в артериальной магистрали. Скорость подачи консерванта постепенно увеличивалась регулятором, пока не достигалось целевое давление – 40 мм рт. ст. Процедура проводилась под постоянным контролем врача-хирурга. Постоянно контролировалась герметичность соединения артериальной канюли и почечной артерии, температура почечного трансплантата определялась каждые 15 минут, КЩС перфузата для оценки насыщения кислородом – каждые 30 минут. По мере необходимости производили замену подтаявших хладагентов. При снижении давления в системе, что косвенно указывает на уменьшение сопротивления в микроциркуляторном русле почки, проводилась коррекция скорости подачи консерванта для поддержания целевого уровня давления – 40 мм рт. ст. Индекс сосудистого сопротивления рассчитывали как отношение давления в системе к скорости объемного кровотока.

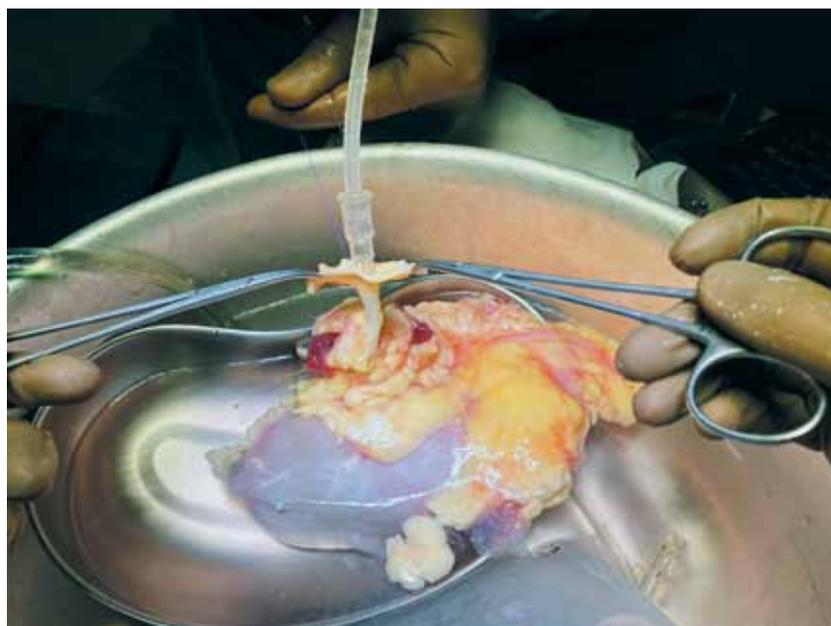


Рис. 1. Канюляция артерии почечного трансплантата для проведения оксигенированной холододовой перфузии

Fig. 1. Cannulation of kidney graft artery for oxygenated cold perfusion

Перфузия завершалась в момент подачи реципиента в операционную. Перед включением почки в кровоток реципиента выполнялась повторная биопсия почки из места первичной пункционной биопсии. Перед ушиванием операционной раны выполнялось интраоперационное ультразвуковое исследование с определением индекса резистентности. В первую неделю послеоперационного периода проводилась ежедневная оценка следующих показателей: объем суточного диуреза, мочевины, креатинина,  $K^+$ , концентрации ингибиторов кальциневрина крови, оценивался индекс резистентности при УЗ-исследовании, на основании чего принималось решение о необходимости проведения заместительной почечной терапии, оценивалось развитие послеоперационных осложнений.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

В обеих группах наблюдения не зафиксировано 30-дневной летальности. Среднее время статической холодной консервации у пациентов первой группы составило  $612,33 \pm 178,88$  (133–1180) минуты. Общая частота отсроченной функции почечного трансплантата составила 26,5% (53/200). При использовании органа от стандартного донора с применением статической холодной консервации частота развития отсроченной функции трансплантата составила

19,3% (19/98), от донора с расширенными критериями – 35,8% (33/92). Послеоперационные осложнения зафиксированы у 25 пациентов (12,5%). Послеоперационные осложнения при развитии отсроченной функции трансплантата диагностированы у 12 больных, что составило 22,6% (12/53), с немедленной функцией у 13 больных, что составило 8,8% (13/147).

Среднее время холодной консервации у пациентов II группы составило  $319,11 \pm 110,24$  (311–525) минуты. Среднее время холодной оксигенированной перфузии –  $202,34 \pm 21,48$  (150–210) минуты. Средняя температура почечного трансплантата во время перфузии варьировала от 4,7 до 6,8 °C (рис. 3).

Среднее парциальное давление кислорода в перфузате варьировало от 323 до 574 мм рт. ст. (рис. 4).

В одном случае индекс сосудистого сопротивления в процессе перфузии вырос на 0,02 (табл. 1).

У одного пациента (10%) II группы наблюдения зафиксирована отсроченная функция трансплантата. Осложнений, в том числе связанных с перфузией в этой группе больных, не зафиксировано.

При электронной микроскопии нефробиоптатов пациентов I группы наблюдалась выраженная отрицательная динамика, выражающаяся в деструкции митохондрий (рис. 5).

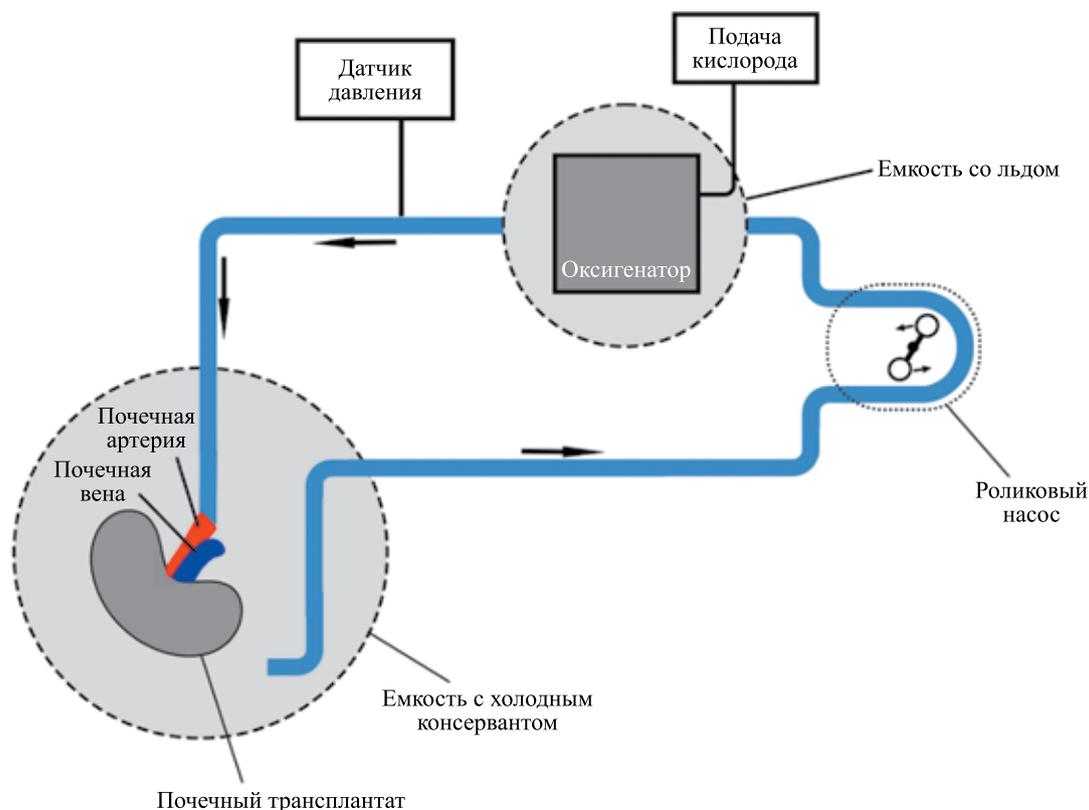


Рис. 2. Схема проведения оксигенированной холодной перфузии почечного трансплантата

Fig. 2. Schematic layout of oxygenated cold perfusion of a kidney graft

При электронной микроскопии нефробиоптатов пациентов II группы зафиксировано сохранение митохондрий после проведения перфузии (рис. 6).

### ОБСУЖДЕНИЕ

Дефицит донорских органов – проблема, ограничивающая число выполняемых трансплантаций реципиентам. Одним из путей решения является расширение показаний к донорству, что приводит к увеличению использования почечных трансплантатов от доноров с расширенными критериями. По нашим

данным, использование почечных трансплантатов от доноров с расширенными критериями достоверно повышает вероятность развития отсроченной функции (35,8 vs 19,3%,  $p = 0,021$ ). Развитие отсроченной функции, в свою очередь, ассоциируется с достоверно более высокой частотой послеоперационных осложнений (22,6 vs 8,8%,  $p = 0,015$ ), что приводит к увеличению средней длительности нахождения больного в стационаре и увеличивает расходы на лечение. При оценке нашего опыта применения органов от доноров с расширенными критериями по-

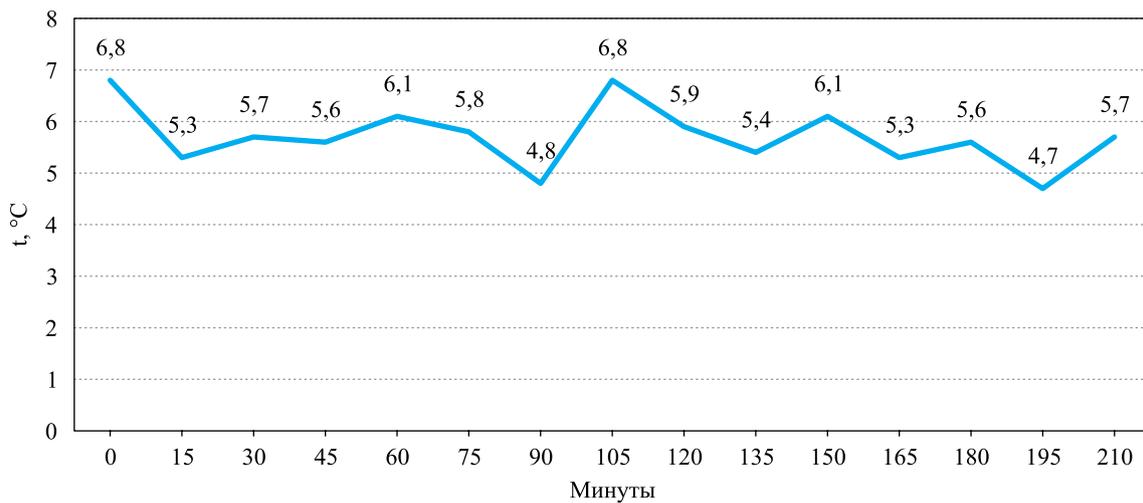


Рис. 3. Динамика средней температуры почечного трансплантата в процессе оксигенированной холодной перфузии

Fig. 3. Dynamics of average renal graft temperature during oxygenated cold perfusion

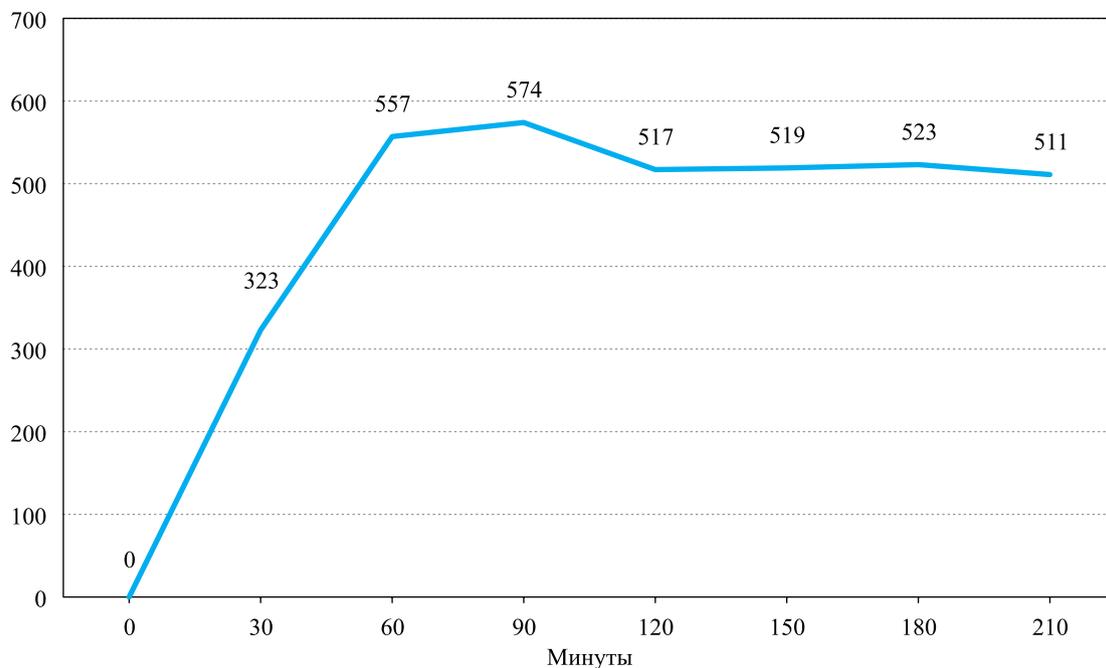


Рис. 4. Динамика среднего парциального давления кислорода в перфузате в процессе оксигенированной холодной перфузии.

Fig. 4. Dynamics of mean partial pressure of oxygen in perfusate during oxygenated cold perfusion

лучены данные о влиянии высокого индекса массы тела (ИМТ) донора и времени холодовой ишемии донорской почки на частоту развития отсроченной функции (табл. 2).

В большинстве случаев сокращение времени статической холодовой консервации представляется трудно выполнимой задачей. Пациенту необходимо явиться в трансплантационный центр, пройти предоперационное обследование, в ряде случаев необходимо проведение диализа – все это приводит к тому, что среднее время холодовой консервации в Боткинской больнице составляет более 10 часов. Органы от

стандартных доноров удовлетворительно переносят длительный период холодовой ишемии, органы от доноров с расширенными критериями – достоверно хуже. Решением данной проблемы, по нашему мнению, является замещение статической холодовой консервации машинной холодовой оксигенированной перфузией. Теоретическим преимуществом данной технологии является доставка кислорода, растворенного в консервирующем растворе, к клеткам при сохранной низкой температуре. Кислород поддерживает аэробный метаболизм в клетках, который резко замедляется, но полностью не прекращается в

Таблица 1

**Показатели оксигенированной холодовой перфузии почечного трансплантата**  
**Indicators of oxygenated cold perfusion of the renal graft**

№ п/п	Давление в начале перфузии	Объемная скорость кровотока в начале перфузии	Индекс сосудистого сопротивления в начале перфузии	Давление в конце перфузии	Объемная скорость кровотока в конце перфузии	Индекс сосудистого сопротивления в конце перфузии
1	41	70	0,58	42	90	0,46
2	40	120	0,33	40	150	0,26
3	42	110	0,38	40	120	0,30
4	39	90	0,43	41	90	0,45
5	42	60	0,70	40	70	0,57
6	40	120	0,33	42	140	0,3
7	41	100	0,41	41	120	0,34
8	42	90	0,46	40	90	0,44
9	40	80	0,50	39	100	0,39
10	40	90	0,44	41	100	0,41

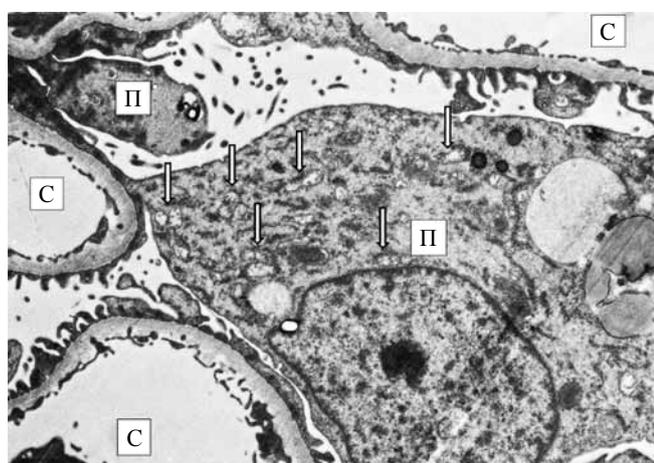


Рис. 5. Фрагмент почечного клубочка до начала машинной холодовой оксигенированной перфузии. В цитоплазме подоцита (П): мелкие митохондрии с частично сохраненными кристами (стрелки); короткие профили гранулярной цитоплазматической сети. С – капилляры. ×9000

Fig. 5. Renal glomerulus fragment before HOPE. The podocyte (П) cytoplasm contains: small mitochondria with partially preserved cristae (arrows); short profiles of granular endoplasmic reticulum. С – capillaries. ×9000

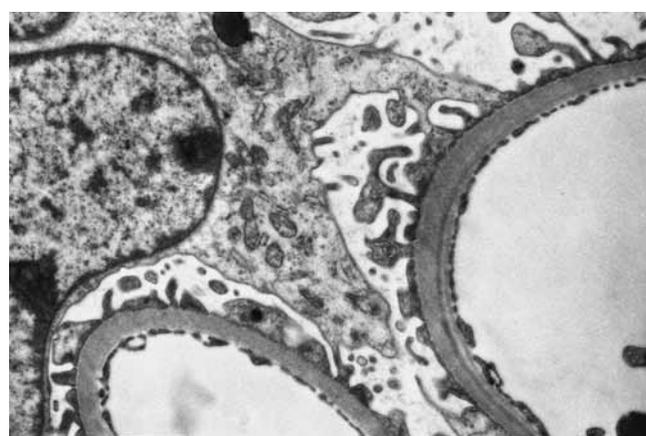


Рис. 6. Фрагмент почечного клубочка. В цитоплазме подоцита находятся: мелкие митохондрии с частично сохраненными кристами, короткие профили гранулярной цитоплазматической сети. ×12 000

Fig. 6. Renal glomerulus fragment. The podocyte cytoplasm contains: small mitochondria with partially preserved cristae, short profiles of granular endoplasmic reticulum. ×12 000

Таблица 2

**Влияние факторов риска донора с расширенными критериями на развитие отсроченной функции почечного трансплантата**

**Impact of expanded criteria donor risk factors on delayed renal graft function**

Фактор риска	Немедленная функция (n = 59)	Отсроченная функция (n = 33)	p
Возраст донора:			
55–65 лет	42	23	0,65
>65 лет	17	10	
Пол донора:			
Мужской	27	16	0,73
Женский	32	17	
ИМТ донора:			
<25	26	12	0,04
>25	33	21	
ИМТ реципиента:			
<25	29	15	0,63
>25	30	18	
Время нахождения донора в стационаре:			
<72 часов	44	22	0,29
>72 часов	15	11	
Время холодовой ишемии:			
<10 часов	26	12	0,03
>10 часов	33	21	

холодной среде. Аэробный метаболизм исключает разобщение дыхательной цепи митохондрий с образованием активных форм кислорода, предотвращает развитие внутриклеточного ацидоза, а также поддерживает на нормальном уровне активность Na/K АТФ-азы, что, в свою очередь, снижает риск апоптоза клеток.

Предлагаемый нами аппарат искусственного кровообращения для проведения оксигенированной холодовой перфузии обладает всеми качествами, необходимыми для машинной перфузии трансплантатов: возможность контроля давления и объемной скорости кровотока и возможность оксигенации консервирующего раствора. Важной проблемой, с которой мы столкнулись при разработке протокола перфузии, стало обеспечение и поддержание необходимой температуры раствора. Дело в том, что в процессе перфузии идет нагревание раствора в контуре, поэтому, с одной стороны, необходим тщательный контроль температуры почечного трансплантата, а с другой – эффективное постоянное охлаждение раствора. Для динамического измерения температуры почечного трансплантата мы используем дистанционный термометр. Для постоянного охлаждения Кустодиола мы применяем специальные стерильные

хладагенты, которые располагаются рядом с почечным трансплантатом, не касаясь его и не смешиваясь с консервантом, и обкладываем льдом оксигенатор, как элемент контура с наибольшей площадью соприкосновения с раствором. Эти мероприятия позволяют на протяжении всего времени перфузии поддерживать температуру трансплантата в диапазоне 4–8 °С.

Добавление кислорода в перфузирующий раствор – самая важная часть протокола. Кислород хорошо растворяется в Кустодиоле – нам удалось добиться среднего парциального давления кислорода в перфузате на уровне 500 мм рт. ст. при скорости подачи 4 литра в минуту.

Для оценки эффективности проводимой перфузии в сохранении митохондрий клеток мы проводили электронную микроскопию нефробиоптатов до начала и после окончания машинной холодовой оксигенированной перфузии. Во всех случаях после завершения машинной холодовой перфузии в митохондриях клеток почечного клубочка, дистального и проксимального фрагментов нефрона определялись сохранные митохондрии с кристами.

Таким образом, разработанная методика позволяет поддерживать энергетический баланс клеток на протяжении длительного времени и профилактировать разрушение митохондрий, что неминуемо происходит в процессе статической холодовой консервации.

Выявленные морфологические преимущества машинной холодовой оксигенированной перфузии коррелируют и с клиническими проявлениями. Из 10 пациентов, кому выполнена пересадка почки от посмертного донора с расширенными критериями с применением используемой перфузии, отсроченная функция трансплантата наблюдалась у 1 пациента (10%), что достоверно ниже по сравнению с группой I (p = 0,035). Именно в этом случае в процессе перфузии наблюдался рост индекса сосудистого сопротивления с 0,43 до 0,45, в остальных случаях индекс снижался в среднем на  $0,07 \pm 0,04$  (0,02–0,13). Это говорит о том, что данный параметр может рассматриваться как предиктор развития отсроченной функции почечного трансплантата.

Первый опыт применения собственного протокола машинной холодовой оксигенированной перфузии почечного трансплантата от донора с расширенными критериями показал его безопасность и эффективность. Дальнейшие исследования позволят уточнить оптимальные параметры перфузии, выявить предикторы отсроченной функции органа и первично нефункционирующих трансплантатов. Дальнейшее снижение частоты отсроченной функции возможно за счет внедрения транспортных систем для оксигенированной холодовой перфузии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оригинальная методика Боткинской больницы по оксигенированной холодной перфузии почечного трансплантата безопасна. Ее проведение ассоциируется с низким риском развития отсроченной функции почечного трансплантата от доноров с расширенными критериями. Дальнейшие исследования позволят расширить показания к применению данной методики.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflict of interest.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Lee HS, Kang M, Kim B, Park Y. Outcomes of kidney transplantation over a 16-year period in Korea: An analysis of the National Health Information Database. *Plos one*. 2021; 16 (2): e0247449.
2. Готье СВ, Хомяков СМ. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2016 году. IX сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2017; 19 (2): 6–26. Gauthier SV, Khomyakov SM. Donorstvo i transplantatsiya organov v Rossiyskoy Federatsii v 2016 godu. IX soobshchenie registra Rossiyskogo transplantologicheskogo obshchestva. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*. 2017; 19 (2): 6–26.
3. Готье СВ, Хомяков СМ. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2019 году. XII сообщение регистра Российского трансплантологического общества. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2020; 22 (2): 8–34. Gauthier SV, Khomyakov SM. Donorstvo i transplantatsiya organov v Rossiyskoy Federatsii v 2019 godu. XII soobshchenie registra Rossiyskogo transplantologicheskogo obshchestva. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*. 2020; 22 (2): 8–34.
4. Wang Z, Durai P, Tiong HY. Expanded criteria donors in deceased donor kidney transplantation – An Asian perspective. *Indian journal of urology: IJU: journal of the Urological Society of India*. 2020; 36 (2): 89.
5. Gondos A, Döhler B, Brenner H, Opelz G. Kidney graft survival in Europe and the United States: strikingly different long-term outcomes. *Transplantation*. 2013; 95 (2): 267–274.
6. Saat TC, van den Akker EK, IJzermans JN, Dor FJ, de Bruin RW. Improving the outcome of kidney transplantation by ameliorating renal ischemia reperfusion injury: lost in translation? *Journal of translational medicine*. 2016; 14 (1): 1–9.
7. Kaminski J, Delpech PO, Kaaki-Hosni S, Promeyrat X, Hauet T, Hannaert P. Oxygen consumption by warm ischemia-injured porcine kidneys in hypothermic static and machine preservation. *Journal of Surgical Research*. 2019; 242: 78–86.
8. Cannon RM, Franklin GA. Machine perfusion for improving outcomes following renal transplant: current perspectives. *Transplant Research and Risk Management*. 2016; 8: 1–7.

*Статья поступила в редакцию 15.10.2021 г.  
The article was submitted to the journal on 15.10.2021*