

DOI: 10.15825/1995-1191-2020-2-125-131

## РОБОТ-АССИСТИРОВАННАЯ ТРАНСПЛАНТАЦИЯ ПОЧКИ. ПЕРВЫЙ ОПЫТ

*С.В. Щекатуров<sup>1</sup>, И.В. Семенякин<sup>2</sup>, А.К. Зокоев<sup>1</sup>, Т.Б. Махмудов<sup>1</sup>,  
Р.Р. Погосян<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

Аллотрансплантация почки в настоящее время во всем мире является предпочтительным методом заместительной терапии у пациентов с терминальной стадией поражения почечной функции. Классические хирургические принципы сосудистой реконструкции и создания мочевого оттока при пересадке почки полностью изучены и стандартизированы. Несмотря на это, эволюция хирургической техники все же является непрерывным процессом. Целью данного клинического сообщения является акцентирование внимания хирургов-трансплантологов и специалистов, занятых в лечении реципиентов почек, на отражающем современные тенденции развития хирургии виде робот-ассистированной трансплантации почки (РАТП), как на щадящем методе оперативного лечения пациентов с терминальной стадией поражения почек. Результаты первого опыта в виде хорошей первичной функции трансплантата почки демонстрируют возможность использования РАТП как варианта хирургического вмешательства. Накопление же достаточного пула проведенных операций в значительной степени улучшит результаты использования такого метода лечения.

*Ключевые слова: робототехника, минимально-инвазивная хирургия, роботизированная хирургия, почка, хроническая почечная недостаточность, терминальная стадия поражения почек, трансплантация почки, робот-ассистированная трансплантация почки.*

## ROBOT-ASSISTED KIDNEY TRANSPLANTATION. FIRST EXPERIENCE

*S.V. Shchekaturov<sup>1</sup>, I.V. Semeniakin<sup>2</sup>, A.K. Zokoev<sup>1</sup>, T.B. Makhmudov<sup>1</sup>,  
R.R. Poghosyan<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup> Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russian Federation

Kidney transplantation is the preferred renal replacement therapy for patients with end-stage renal disease. Traditional surgical approaches consisting of vascular and urinary outflow reconstruction during kidney transplant have been sufficiently studied and standardized. However, surgical techniques are still evolving. The objective of this clinical report is to focus the attention of kidney transplant surgeons and specialists on the currently trending robot-assisted kidney transplantation (RAKT) as a minimally invasive procedure for surgical treatment of patients with end-stage renal disease. In our first experience, good primary graft function was achieved. This shows that RAKT is a surgical option. With considerable number of surgeries and experience, RAKT outcomes would be improved significantly.

*Keywords: robotics, minimally invasive surgery, robotic surgery, kidney, chronic kidney disease, end-stage renal disease, kidney transplantation, robot-assisted kidney transplantation.*

**Для корреспонденции:** Щекатуров Станислав Вячеславович. Адрес: 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2. Тел. (977) 339-97-01, факс (499) 766-46-85. E-mail: stas.shchekaturov@gmail.com

**Corresponding author:** Stanislav Shchekaturov. Address: 2, Aprikosovsky Pereulok, Moscow, 119991, Russian Federation. Tel. (977) 339-97-01, fax (499) 766-46-85. E-mail: stas.shchekaturov@gmail.com

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на то что открытая хирургия является методом выбора при трансплантации почки у взрослых реципиентов, малоинвазивные хирургические методики продолжают завоевывать свою нишу. Так, лапароскопическая и роботассистированная нефрэктомии у живого родственного донора в значительной степени заменили обычную хирургию, начиная с конца 1990-х гг. [1]. Они зарекомендовали себя в качестве стандартного подхода, при котором обеспечивается одинаковая функция трансплантата, одинаковая частота отторжения, одинаковые урологические осложнения, равная выживаемость пациента и трансплантата, снижается количество эпизодов анальгезии для купирования послеоперационной боли, достигается хороший косметический результат, короткое время нахождения в стационаре [2–4].

Впервые РАТП выполнил András Hoznek [5]. В настоящее время в мире описано более 500 подобных операций [6], в России опыт выполнения РАТП минимален [7–9]. РАТП обладает следующими преимуществами: лучшая визуализация, удобство манипулирования инструментами, прецизионная точность, минимальные хирургические и инфекционные послеоперационные осложнения, особенно у пациентов с ожирением [10, 11], однако может иметь более длительное время операции и тепловой ишемии [12, 13], что в итоге может влиять на усугубление реперфузионной травмы и восстановление функции трансплантата [14].

В период с января по апрель 2020 года в Российском научном центре хирургии имени академика Б.В. Петровского выполнено 4 РАТП: от умершего донора – 3, от родственного – 1.

В данной статье мы представляем технику проведения операции и описание одного из клинических примеров.

Использованная методика является на сегодняшний день достаточно стандартной при проведении подобных вмешательств. Полученный же результат впервые выполненных роботических операций со-

поставим с таковыми при открытой хирургии и требует дальнейшего наблюдения.

*Пациент, мужчина 50 лет с терминальной стадией поражения почек в исходе гломерулонефрита. Заболевание выявлено во время обследования по поводу двусторонней пневмонии в феврале 2017 года. Постепенное ухудшение почечной функции привело к развитию терминальной стадии, и 17.08.2017 была начата плановая почечная заместительная терапия через артериовенозную фистулу, а 17.12.2019 выполнена роботическая аллотрансплантация почки от умершего человека. Донор – женщина 50 лет, причина смерти – ОНМК по геморрагическому типу. Селекционный блок представлен в табл. 1.*

**ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА**

*Пациент был фиксирован в положении Тренделенбурга с углом наклона головного конца в 20–30° и разворотом стола с наклоном влево также на 20–30°. Станция с манипуляторами «patient cart» («da Vinci System», Intuitive Surgical, USA) располагалась справа от операционного стола у ног пациента. В качестве основы было выбрано наиболее подходящее расположение точек для портов, подобно тому, как они устанавливаются для выполнения радикальной простатэктомии. При этом имелись все же некоторые отличия, в том числе от методики, разработанной в ходе исследования IDEAL (Innovation, Development, Exploration, Assessment, Long-term study) [15], и схожесть с методикой, описанной Ugo Boggi et al. [16]. Так, порт для камеры (12 мм) был установлен несколько выше и левее пупка. Рабочие порты (8 мм) располагались по дуге, отклоненной влево, на расстоянии 8 см друг от друга. Ассистентский порт был установлен в левой подвздошной области. Через 7-см разрез по Пфаненштилю был введен ассистентский порт в виде ретрактора с ирисовой диафрагмой (Seal Cap Assembly «Dextrus», Ethicon, USA) (рис. 1).*

*Интраоперационно: первым этапом были выделены подвздошные сосуды (наружная подвздошная вена и наружная подвздошная артерия) справа. Да-*

Таблица 1

**Селекционный блок донора и реципиента: группа крови, HLA-генотип, несовместимость по HLA, перекрестная проба на совместимость (cross-match)**

**Donor and recipient selection: blood group, HLA genotype, HLA incompatibility, cross-compatibility test (crossmatch testing)**

Селекционный блок	Реципиент	Донор
Пол	Мужчина	Женщина
Возраст	50 лет	50 лет
Группа крови	0(I) Rh(+)	0(I) Rh(-)
HLA-фенотип	A 2,10 B 15,15 Dr 6,6	A 2,19 B 15,16 Dr 4, 2
Несовместимость	A 19 B 16 Dr 4,2 (MM4)	
Реакция «cross-match»	Отрицательно	

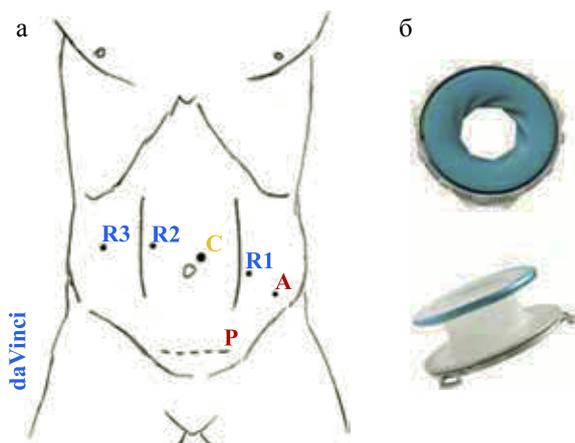


Рис. 1. Роботическая трансплантация почки: а – схема расположения портов; б – ретрактор Seal Cap «Dextrus». С – 12-мм порт для камеры; R1, R2, R3 – 8-мм порты для манипуляторов системы «da Vinci System», соответствующей нумерации; А – 10-мм ассистентский порт; Р – надлобковый разрез для ретрактора с герметизирующей крышкой; da Vinci – расположение станции с манипуляторами

Fig. 1. Robotic kidney transplantation: a – illustration of port placement; б – retractor with sealing cap (Seal Cap «Dextrus»). С – 12-mm camera port; R1, R2, R3 – 8-mm robotic ports, corresponding original numbering of da Vinci manipulators; А – 10-mm assistant port; Р – suprapubic incision for retractor with sealing cap; da Vinci – patient cart placement

лее через ассистентский ручной порт в брюшную полость на ледяную подушку в салфетке была уложена донорская почка (рис. 2).

Трансплантат (левая почка), имеющий 1 артерию и 1 вену, помещен в правую подвздошную ямку без краниальнокаудальной инверсии. Сформированы анастомозы: вена трансплантата «конец в бок» наружной подвздошной вены с использованием Пролена 5/0, артерия трансплантата «конец в бок» наружной подвздошной артерии также Проленом 5/0 (рис. 3).

После пуска кровотока трансплантат равномерно заполнился кровью, окрасился в розовый цвет, тургор удовлетворительный. Сформирован экстравезикальный анастомоз мочеточника с мочевым пузырем на JJ-стенке по Личу–Грегуару с использованием ПДС 5/0. Последним этапом выполнена экстраперитонеализация трансплантата. При контрольном эндо-ультразвуковом (УЗИ) исследовании с цветным доплеровским картированием (ЦДК) при помощи датчика robotic drop-in ultrasound transducer (BK medical, Denmark) кровотоков в трансплантате распределен равномерно (рис. 4).

Консольное время составило 140 мин, длительность формирования сосудистых анастомозов – 45 мин, кровопотеря – 20 мл.

Индукционная терапия базиликсимабом. Назначенная иммуносупрессивная терапия: такролимусом

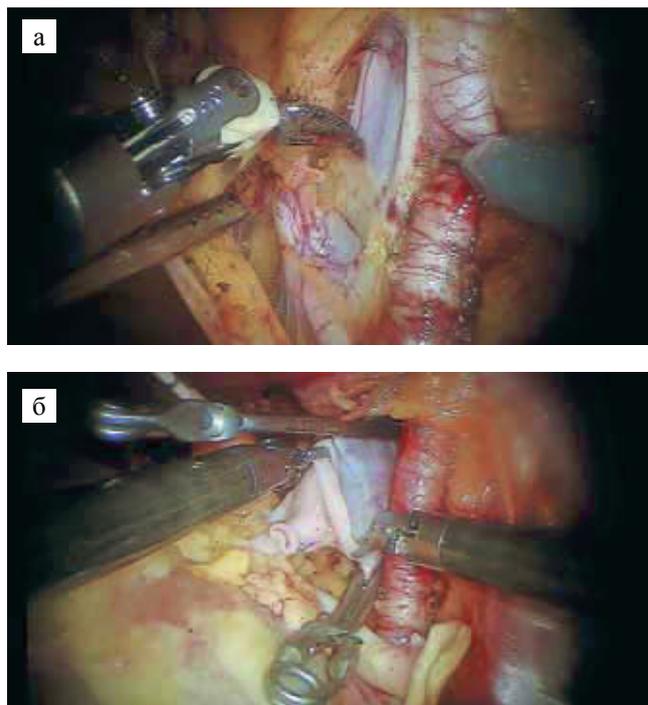


Рис. 2. Начальный этап операции (выделение и подготовка к будущим анастомозам подвздошных сосудов): а – скелетированы наружные подвздошные сосуды (артерия и вена); б – пережата наружная подвздошная вена зажимами типа «Бульдог», выполнена примерка размера венотомии

Fig. 2. The initial stage of the operation (preparation for future iliac vessels anastomoses): а – skeletonized iliac vessel bed (artery and vein); б – external iliac vein clamped with a robotic bulldog clamp, try-on before venotomy

с 1-х суток, преднизолоном с 1-х суток, микофенолата мофетиллом с 3-х суток. В течение первых суток выделилось 5400 мл мочи. Креатинин в первые сутки: 629 мкмоль/л (7,1 мг%), скорость клубочковой фильтрации (СКФ-EPDI) 8,15 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>. Субоптимизация креатинина (<3 мг%) на 5-е сутки. Выписан на 14-е сутки с креатинином 109 мкмоль/л (1,2 мг%), СКФ-EPDI 67,6 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>. При УЗИ: толщина трансплантата 6,2 см, толщина коркового слоя от 0,68 до 0,8 см, синус 3,1 см. Пирамидки не изменены. Полость лоханки 1,4 см. Паренхима не изменена. Корковый слой не изменен. Скопление жидкости вокруг почки не определялось. При цветном доплеровском картировании показатели кровотока удовлетворительные – табл. 2.

При обследовании через 2,5 мес. после операции функция трансплантата удовлетворительная: креатинин 111,7 мкмоль/л (1,3 мг%), СКФ-EPDI 66,35 мл/мин/1,73 м<sup>2</sup>. Пациент продолжает получать трехкомпонентную иммуносупрессивную терапию в виде такролимуса, микофенолата мофетила и преднизолона. По данным УЗИ (рис. 5): толщина трансплантата 6,2 см, толщина корко-

вого слоя 0,7 см, синус 2,9 см. Пирамидки не изменены. Умеренное расширение лоханки. Паренхима не изменена. Корковый слой не изменен. Скопление

жидкости вокруг почки не определялось. Показатели кровотока при цветном доплеровском картировании представлены в табл. 3.

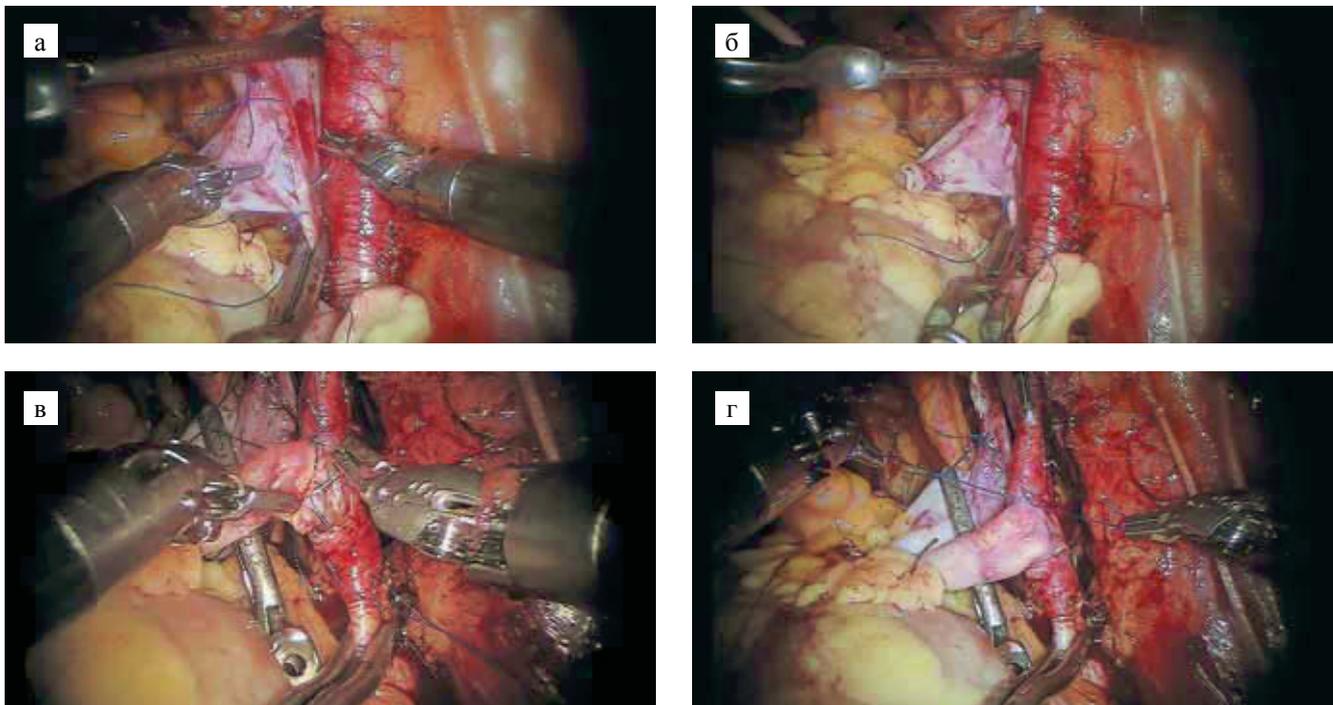


Рис. 3. Этап формирования сосудистых анастомозов: а, б – венозный анастомоз «конец в бок» (наружная подвздошная вена пережата зажимами типа «Бульдог»): вена трансплантата – наружная подвздошная вена; в, г – артериальный анастомоз «конец в бок» (наружная подвздошная артерия пережата зажимами типа «Бульдог»): артерия трансплантата – наружная подвздошная артерия

Fig. 3. Stage of vascular anastomoses: а, б – end-to-side venous anastomosis (the external iliac vein clamped with a robotic bulldog clamp): the graft vein – the external iliac vein; в, г – arterial anastomosis end to side (the external iliac artery clamped with a robotic bulldog clamp): the graft artery – the external iliac artery

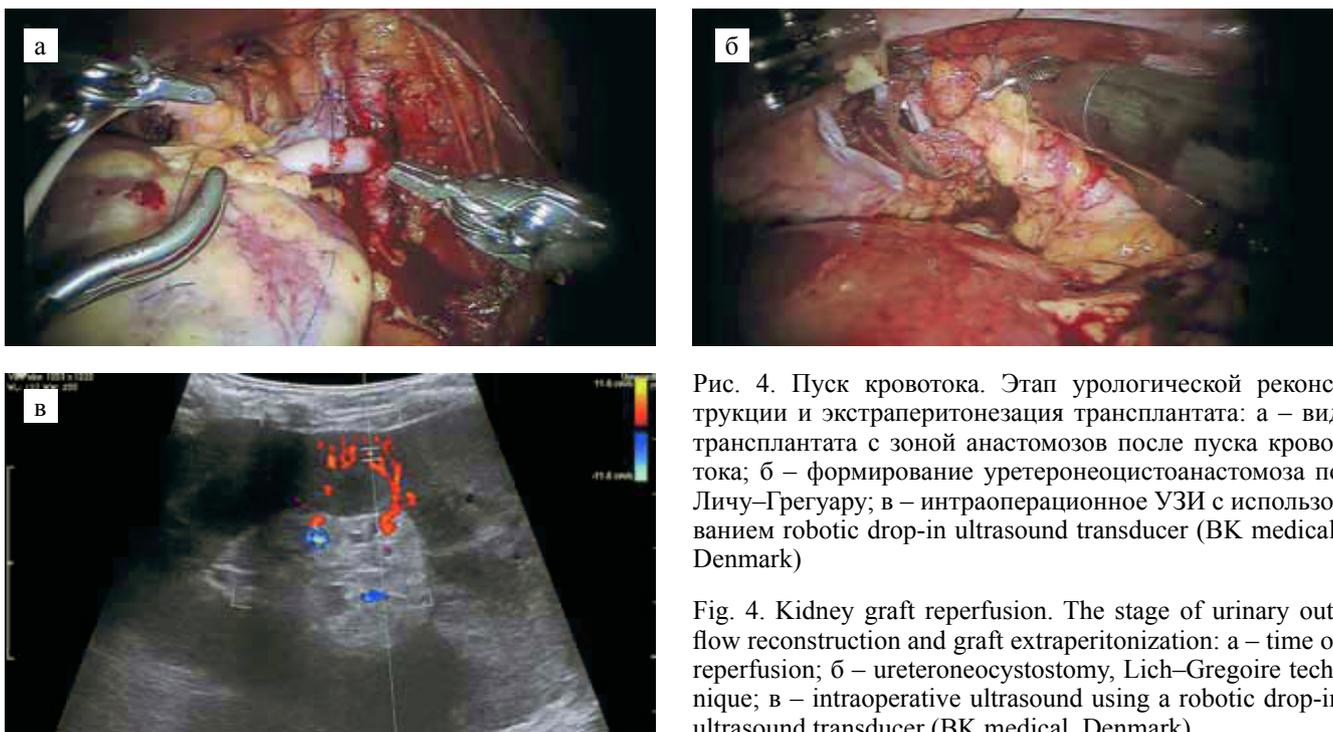


Рис. 4. Пуск кровотока. Этап урологической реконструкции и экстраперитонеализация трансплантата: а – вид трансплантата с зоной анастомозов после пуска кровотока; б – формирование уретеронеоцистоанастомоза по Личу–Грегуару; в – интраоперационное УЗИ с использованием robotic drop-in ultrasound transducer (BK medical, Denmark)

Fig. 4. Kidney graft reperfusion. The stage of urinary out-flow reconstruction and graft extraperitonization: а – time of reperfusion; б – ureteroneocystostomy, Lich–Gregoire technique; в – intraoperative ultrasound using a robotic drop-in ultrasound transducer (BK medical, Denmark)

По данным компьютерной томографии отмечается низкое расположение трансплантата в полости таза, равномерное распределение контрастного препарата в артериальную фазу. Выполненная

ретроградная цистография не выявила признаков пузырно-мочеточникового рефлюкса (рис. 6).

Все операции были выполнены по аналогичной методике. В одном из случаев отмечен тромбоз ве-

Таблица 2

**Параметры кровотока в трансплантате после операции (14-е сутки)**  
**Doppler indices in the graft after surgery (14 days)**

	Vs, м/с	Vd, м/с	Ri
Почечная артерия	0,72	0,13	0,82
Междолевая артерия	0,27	0,06	0,78
Дуговая артерия	0,21	0,04	0,81

Таблица 3

**Параметры кровотока в трансплантате после операции (2,5 месяца)**  
**Doppler indices in the graft after surgery (2.5 month)**

	Vs, м/с	Vd, м/с	Ri
Почечная артерия	0,76	0,16	0,79
Междолевая артерия	0,4	0,1	0,75
Дуговая артерия	0,14	0,03	0,8

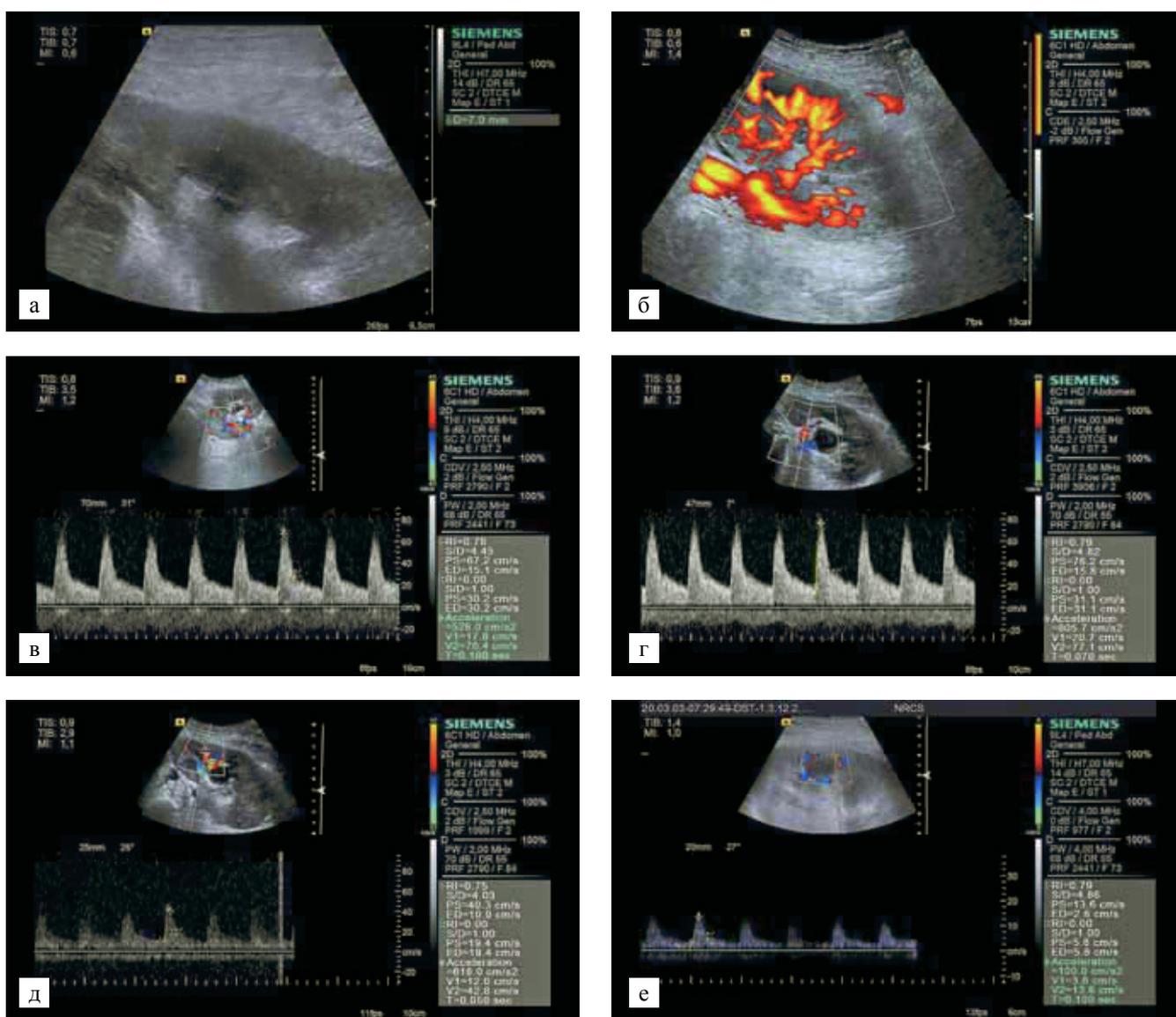


Рис. 5. Ультразвуковое исследование. Доплерография сосудов почечного трансплантата через 2,5 месяца после трансплантации: а – кора; б – картина в режиме энергетического доплера; в, г – почечная артерия; д – междолевая артерия; е – дуговая артерия

Fig. 5. Ultrasonography, vascular Doppler of the renal transplant 2.5 months after transplantation: а – renal cortex; б – a picture in the power doppler mode; в, г – renal artery; д – interlobar artery; е – arc artery

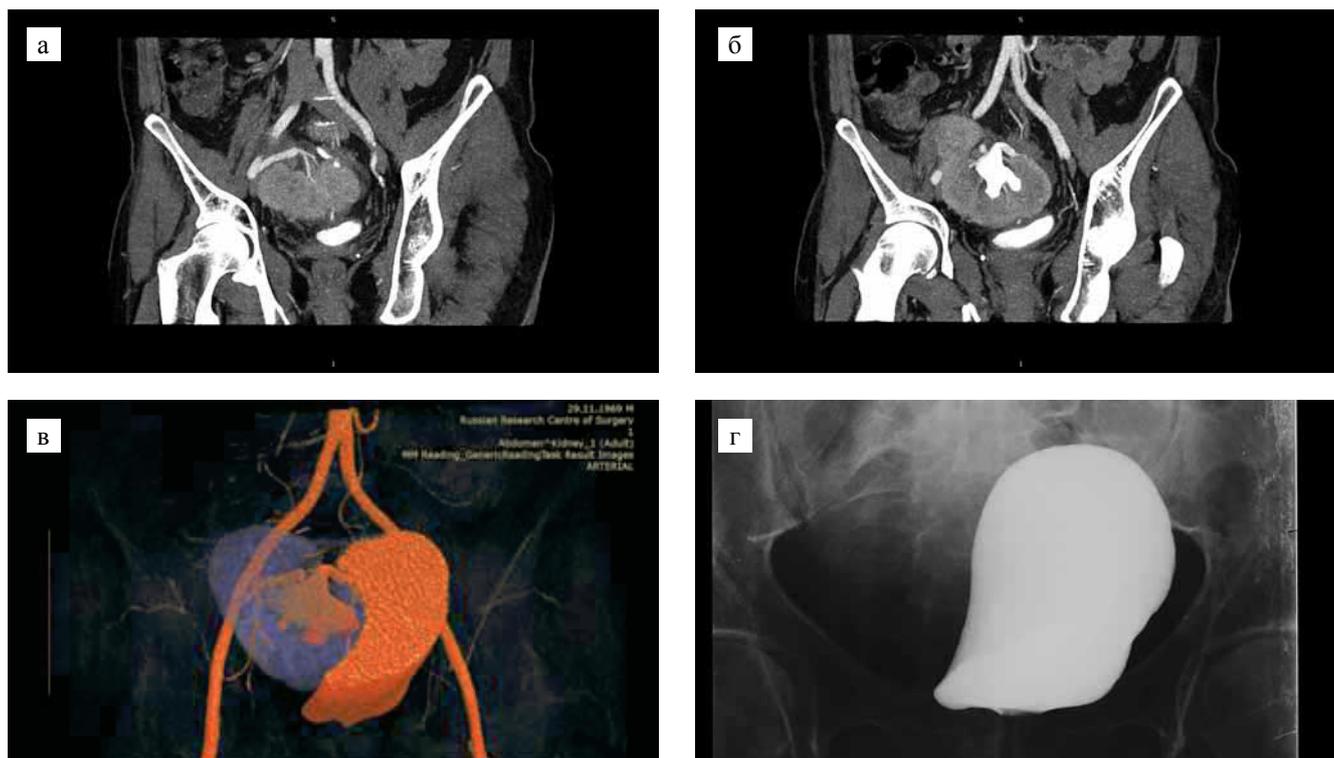


Рис. 6. Рентгенодиагностическое обследование: а, б – сканы компьютерной томографии с артериальной и урофазой; в – 3d-реконструкция; г – ретроградная цистограмма

Fig. 6. X-ray diagnostic examination: а, б – computed tomography scans of arterial and uro phase; в – 3d-reconstruction; г – retrograde cystography

нозного анастомоза после пуска кровотока, по поводу чего выполнена венотомия и тромбэктомия без конверсии.

**ОБСУЖДЕНИЕ**

В последнее десятилетие одновременно с ростом интереса к минимально-инвазивной хирургии с использованием роботических систем увеличивается и эффективность ее использования. Не остается в стороне и трансплантация органов. Так, наряду с вошедшей в повседневную практику лапароскопической донорской нефрэктомией набирает популярность РАТП. Выполнение подобного оперативного вмешательства как с технической, так и с логистической точки зрения возможно и от умерших, и от живых доноров, как при стандартной ситуации, так и при наличии различных аномалий донорского органа [17]. При этом некоторые исследования отмечают, что у хирургов с большой практикой в роботической хирургии кривая обучения для РАТП минимальна или вообще отсутствует вне зависимости от их предыдущего опыта в открытой трансплантации в отличие от опытных коллег-хирургов, владеющих методами традиционной трансплантации [18]. Для традиционного же хирурга, как и во многих других роботизированных процедурах, кривая обучения

может быть существенным ограничением для широкомасштабного освоения сложной техники. Однако несмотря на то что в настоящее время, согласно данным современной литературы, обобщенные результаты открытой и роботической трансплантации могут быть сопоставимы, данная проблема требует дальнейшего изучения.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Приведенное клиническое наблюдение сопоставимо с ранним опытом внедрения РАТП в других трансплантационных центрах [19]. Отсутствие послеоперационных осложнений, минимальное использование анальгетиков, ранняя активизация, выписка пациента, и прежде всего удовлетворительная функции трансплантата, являются хорошим результатом первого опыта применения такой высокотехнологичной операции.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.  
The authors declare no conflict of interest.*

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES**

1. Martin GL, Guise AI, Bernie JE, Bargman V, Gogins W, Sundaram CP. Laparoscopic Donor Nephrectomy: Effects of Learning Curve on Surgical Outcomes.

- Transplant Proc.* 2007 Jan-Feb; 39 (1): 27–29. PMID: 17275468. doi: 10.1016/j.transproceed.2006.10.006.
2. Ahmed A Shokeir. Open Versus Laparoscopic Live Donor Nephrectomy: A Focus on the Safety of Donors and the Need for a Donor Registry. *J Urol.* 2007 Nov; 178 (5): 1860–1866. PMID: 17868736. doi: 10.1016/j.juro.2007.07.008.
  3. Horgan S, Galvani C, Gorodner MV, Jacobsen GR, Mosser F, Manzelli A et al. Effect of Robotic Assistance on the «Learning Curve» for Laparoscopic Hand-Assisted Donor Nephrectomy. *Surg Endosc.* 2007 Sep; 21 (9): 1512–1517. PMID: 17287916. doi: 10.1007/s00464-006-9140-5.
  4. Janki S, Klop KWJ, Hagen SM, Terkivatan T, Betjes MGH, Tran TCK et al. Robotic surgery rapidly and successfully implemented in a high volume laparoscopic center on living kidney donation. *Int J Med Robot.* 2017 Jun; 13 (2). PMID: 26987773. doi: 10.1002/rcs.1743.
  5. Hoznek A, Zaki SK, Samadi DB, Salomon L, Lobontiu A, Lang P et al. Robotic assisted kidney transplantation: an initial experience. *J Urol.* 2002 Apr; 167 (4): 1604–1606. PMID: 11912372.
  6. Stiegler P, Schemmera P. Robot-Assisted Transplant Surgery – Vision or Reality? A Comprehensive Review. *Visc Med.* 2018 Feb; 34 (1): 24–30. PMID: 29594166. doi: 10.1159/000485686.
  7. Медведев ВЛ, Волков СН, Палагута ГА, Чернов КЕ. Первый опыт аллотрансплантации трупной почки с использованием роботизированной системы «Da Vinci». *Дайджест урологии.* 2016; 2: 2–6. Medvedev VL, Volkov SN, Palaguta GA, Chernov KE. Pervyyu opyt allotransplantatsii trupnoy pochki s ispol'zovaniem robotizirovannoy sistemy «Da Vinci». *Daydzhest urologii.* 2016; 2: 2–6.
  8. Медведев ВЛ, Волков СН, Палагута ГА, Чернов КЕ. Аллотрансплантация трупной почки с использованием роботизированной системы «Da Vinci» с трансвагинальным заведением трансплантата (Первоначальный отечественный опыт). *XVI Конгресс Российского общества урологов.* 2016; 296–297. Medvedev VL, Volkov SN, Palaguta GA, Chernov KE. Allotransplantatsiya trupnoj pochki s ispol'zovaniem robotizirovannoj sistemy «Da Vinci» s transvaginal'nym zavedeniem transplantata (Pervonachal'nyj otechestvennyj opyt). *XVI Kongress Rossijskogo obshhestva urologov.* 2016; 296–297.
  9. Медведев ВЛ, Волков СН, Палагута ГА, Чернов КЕ. Аллотрансплантации трупной почки с использованием роботизированной системы «Da Vinci». *Вестник Башкирского государственного университета.* 2019; 5: 173–176. Medvedev VL, Volkov SN, Palaguta GA, Chernov KE. Allotransplantatsii trupnoj pochki s ispol'zovaniem robotizirovannoj sistemy «Da Vinci». *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2019; 5: 173–176.
  10. Tzvetanov I, Bejarano-Pineda L, Giulianotti PC, Jeon H, Garcia-Roca R, Bianco F et al. State of the art of robotic surgery in organ transplantation. *World J Surg.* 2013; 37: 2791–2799. PMID: 24101021. doi: 10.1007/s00268-013-2244-x.
  11. Giulianotti P, Gorodner V, Sbrana F, Tzvetanov I, Jeon H, Bianco F et al. Robotic transabdominal kidney transplantation in a morbidly obese patient. *Am J Transplant.* 2010; 10: 1478–1482. PMID: 20486912. doi: 10.1111/j.1600-6143.2010.03116.x.
  12. Oberholzer J, Giulianotti P, Danielson KK, Spaggiari M, Bejarano-Pineda L, Bianco F et al. Minimally invasive robotic kidney transplantation for obese patients previously denied access to transplantation. *Am J Transplant.* 2013; 13: 721–728. PMID: 23437881. doi: 10.1111/ajt.12078.
  13. Territo A, Mottrie A, Abaza R, Rogers C, Menon M, Bhandari M et al. Robotic kidney transplantation: current status and future perspectives. *Minerva Urol Nefrol.* 2017; 69: 5–13. PMID: 28009142. doi: 10.23736/S0393-2249.16.02856-3.
  14. Weissenbacher A, Oberhuber R, Cardini B, Weiss S, Ulmer H, Bosmuller C et al. The faster the better: anastomosis time influences patient survival after deceased donor kidney transplantation. *Transpl Int.* 2015; 28: 535–543. PMID: 25557890. doi: 10.1111/tri.12516.
  15. Sood A et al. Ontogeny of a surgical technique: Robotic kidney transplantation with regional hypothermia. *International Journal of Surgery.* 2016; 25: 158–161. doi: 10.1016/j.ijso.2015.12.061.
  16. Boggi U, Vistoli F, Signori S, D'Imporzano S, Amorese G, Consani G et al. Robotic renal transplantation: first European case. *Transplant International.* 2011; 24: 213–218. PMID: 21091963. doi: 10.1111/j.1432-2277.2010.01191.x.
  17. Siena G, Campi R, Decaestecker K, Tuğcu V, Sahin S, Alcaraz A et al. Robot-assisted Kidney Transplantation with Regional Hypothermia Using Grafts with Multiple Vessels After Extracorporeal Vascular Reconstruction: Results from the European Association of Urology Robotic Urology Section Working Group. *Eur Urol Focus.* 2018 Mar; 4 (2): 175–184. PMID: 30049659. doi: 10.1016/j.euf.2018.07.022.
  18. Sood A, Ghani KR, Ahlawat R, Modi P, Abaza R, Jeong W et al. Application of the statistical process control method for prospective patient safety monitoring during the learning phase: robotic kidney transplantation with regional hypothermia (IDEAL phase 2a-b). *Eur Urol.* 2014 Aug; 66 (2): 371–378. PMID: 24631408. doi: 10.1016/j.eururo.2014.02.055.
  19. Breda A, Territo A, Gausa L, Tuğcu V, Alcaraz A, Musquera M et al. Robot-assisted Kidney Transplantation: The European Experience. *Eur Urol.* 2018 Feb; 73 (2): 273–281. PMID: 28916408. doi: 10.1016/j.eururo.2017.08.028.

Статья поступила в редакцию 21.04.2020 г.  
The article was submitted to the journal on 21.04.2020