

Роботизированная хирургия в аспекте трансплантации печени

К.О. Сёмаш

Национальный детский медицинский центр,
100016, Узбекистан, Ташкент, Яшнабадский р-н, Паркентская ул., д. 294

Автор, ответственный за переписку: Константин Олесьевич Сёмаш, канд. мед. наук, врач хирург трансплантолог отделения общей хирургии, куратор программы трансплантации печени Национального детского медицинского центра, mail@doctorsemash.com

Аннотация

Введение. С момента первой трансплантации печени, проведенной Томасом Старзлом, прошло практически 60 лет. За это время медицинские технологии постепенно совершенствовались, что дало возможность использовать все новые методы и подходы в данном виде медицинской помощи. Одной из новых методик последних десятилетий является роботизированная хирургия, которая постепенно внедряется в медицинскую практику, в том числе и в направление трансплантологии.

Цель. Целью написания данного обзора являлись обобщения знаний и описание текущего статуса развития направления роботизированной хирургии в аспекте трансплантации печени, а именно: резекции печени у доноров, а также имплантации трансплантата реципиенту.

Материал и методы. В обзор включены иностранные и отечественные публикации по мини-инвазивной донорской хирургии печени. Также были обработаны публикации по тематике роботизированной хирургии печени в аспекте трансплантации печени.

Заключение. Роботическая хирургия, использующая передовые роботизированные системы, представляет собой следующий этап в развитии мини-инвазивных технологий в трансплантации печени. Роботизированные системы обеспечивают более точное и маневренное управление инструментами, что позволяет хирургам выполнять сложные процедуры с большей точностью и меньшим риском для пациентов. Однако роботизированный подход по-прежнему очень ограничен в географическом распространении и требует гораздо большего опыта, чем лапароскопия. Предстоящее внедрение новых роботизированных систем, поддерживающих тактильную обратную связь, или кавитронных ультразвуковых хирургических диссекторов будет способствовать дальнейшему распространению роботизированной резекции печени у доноров и у реципиентов печени.

Ключевые слова: трансплантация печени, мини-инвазивная хирургия, роботизированная хирургия, печень

Конфликт интересов Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов
Финансирование Исследование проводилось без спонсорской поддержки

Для цитирования: Сёмаш К.О. Роботизированная хирургия в аспекте трансплантации печени. *Трансплантология*. 2024;16(3):373–382. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-3-373-382>

Robotic surgery in the aspect of liver transplantation

K.O. Semash

National Children's Medical Center,

294 Parkentskaya St., Tashkent, Yashnabad district 100016 Uzbekistan

Corresponding author: Konstantin O. Semash, Cand. Sci. (Med.), Transplant Surgeon, Department of General Surgery, Curator of the Liver Transplantation Program, National Children's Medical Center, mail@doctorsemash.com

Abstract

Introduction. Almost 60 years have passed since the first liver transplant performed by Thomas Starzl. During this time, medical technologies have gradually improved, which has made it possible to use more and more new methods and approaches in this type of medical care. One of the new techniques of recent decades is robotic surgery, which is gradually being introduced into medical practice, including in the field of transplant medicine.

Objective. The purpose of writing this review was to summarize knowledge and describe the current status of development of robotic surgery in the aspect of liver transplantation, namely: liver resection in donors, as well as graft implantation in the recipient.

Material and methods. The review includes foreign and domestic publications on minimally invasive donor liver surgery. Publications on the topic of robotic liver resection in the aspect of liver transplantation were also processed.

Conclusion. Robotic surgery using advanced robotic systems represents the next step in the development of minimally invasive technologies in liver transplantation. Robotic systems provide more precise and dexterous control of instruments, allowing surgeons to perform complex procedures with greater precision and less risk to patients. However, the robotic approach is still very limited in geographical distribution and requires much more experience than laparoscopy. The upcoming introduction of new robotic systems that support haptic feedback or cavitronic ultrasonic surgical aspirators will further promote a widespread adoption of robotic liver resection in liver donors and liver recipients.

Keywords: liver transplantation, minimally invasive surgery, robotic surgery, liver

CONFLICT OF INTERESTS

Author declares no conflict of interest

FINANCING

The study was performed without external funding

For citation: Semash KO. Robotic surgery in the aspect of liver transplantation. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2024;16(3):373–382. (In Russ.). <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2024-16-3-373-382>

ЛД – левая доля

ЛЛС – левый латеральный сектор

ПД – правая доля

C-D – Clavien–Dindo (классификация осложнений)

Введение

Минимально инвазивная хирургия печени развивается, в России накапливается опыт роботизированной хирургии, а Европа перенимает опыт Азии и Ближнего Востока [1, 2]. В аспекте трансплантации печени за последние 20 лет стала широко использоваться техника лапароскопического изъятия фрагментов печени для последующей трансплантации. Впервые полностью лапароскопическое изъятие левого латерального сектора (ЛЛС) у прижизненного донора было выполнено французским хирургом Даниелем Черки в 2002 году. При этом несмотря на то что мини-инвазивная резекция печени развивалась с использованием различных вариантов (мануально-ассистированная, лапароскопически-ассистированная, полностью лапароскопическая), процедура по изъятию ЛЛС у живого донора исходно была продемонстрирована исключи-

тельно как полностью лапароскопический метод. Все этапы операции (мобилизация, выделение сосудов, рассечение паренхимы) проводились лапароскопически без мануальной ассистенции, а трансплантат изымался через небольшой надлобковый разрез [3]. Лапароскопическая левосторонняя гемигепатэктомия у живого донора была продемонстрирована R.I. Troisi в 2013 году [4]. Полностью лапароскопическая правосторонняя гемигепатэктомия у прижизненного донора впервые была продемонстрирована в 2010 году в Южной Корее, однако результаты работы были представлены только в 2014 году [5], поэтому считается, что первая правосторонняя гемигепатэктомия была выполнена французским хирургом O. Soubrane в 2013 году, поскольку корейский хирург H.S. Han не публиковал свои результаты [6, 7]. Тем не менее техника данной операции была успешно реализована в азиатских странах, прежде всего в Японии и Южной Корее, где при-

жизненное донорство традиционно превалирует над посмертным [6–8]. При этом хирургическая техника от госпиталя к госпиталю сильно отличалась как по расстановке троакаров, так и по самой последовательности хирургических этапов [9, 10]. Также исследования показали, что мини-инвазивная хирургическая техника изъятия фрагментов печени не влияла на количество осложнений у реципиентов [6, 11]. В Российской Федерации лапароскопическое изъятие фрагмента печени у донора было впервые проведено в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. акад. В.И. Шумакова» Минздрава России в 2016 году [12–14]. Лапароскопическое изъятие правой доли печени у родственного донора в РФ впервые продемонстрировал С.Э. Восканян в 2017 году [10]. В настоящее время в РФ накоплен весомый опыт (более 300 операций) лапароскопических резекций печени у прижизненных доноров [6, 10, 12–15]. Также в РФ впервые в мире выполнено симультанное лапароскопическое изъятие почки и фрагмента печени у одного и того же родственного донора [16].

Роботизированная резекция в донорстве печени гораздо менее распространена, чем лапароскопическая, но она считается безопасной и осуществимой в руках опытных специалистов. Однако помимо роботической резекции печени стали появляться сообщения об успешной роботизированной гепатэктомии и имплантации трансплантатов печени. В данном обзоре описан текущий статус развития направления роботизированной хирургии в аспекте трансплантации печени.

Роботизированная резекция печени у доноров

Первое изъятие трансплантата печени с использованием робота было произведено итальянским хирургом P.C. Giulianotti et al. в 2012 году. Операцию провели с использованием аппарата Da Vinci Robotic Surgical System (Intuitive Surgical, США) 53-летнему мужчине, у которого изъяли правую долю печени для последующей трансплантации его 61-летнему брату [19]. Операция прошла успешно, и донор был выписан без осложнений с нормальной функцией левой доли печени на 8-е послеоперационные сутки. Таким образом, P.C. Giulianotti показал осуществимость данной процедуры, хотя в хирургическом сообществе были активные дебаты по поводу широкого внедрения данного метода в рутинную практику [19, 20].

В 2017 году M.H. Liao et al. сообщили о первом успешном случае роботизированной латеральной секторэктомии у живого донора для трансплан-

тации 7-месячному мальчику, страдавшему атрезией желчевыводящих путей [21]. В 2021 году R.I. Troisi сравнил 25 роботических изъятий ЛЛС у прижизненных доноров с лапароскопическими. Кровопотеря, потребность в послеоперационном обезболивании и пребывание в стационаре были меньше в группе доноров, которых оперировали при помощи робота, при этом количество осложнений оставалось таким же, как и в лапароскопической группе [22].

В 2016 году P.D. Chen et al. описали свои результаты первой небольшой серии из 13 робот-ассистированных правосторонних гемигепатэктомий, показав, что роботизированный подход безопасен и осуществим. Количество послеоперационных осложнений было аналогично таковому, как при открытой операции [23].

Более интересное исследование провели D.C. Broering et al. Они сопоставили результаты открытой и робот-ассистированной правосторонней гемигепатэктомии у живых доноров, устранив систематические различия сравниваемых групп с использованием метода псевдослучайного сопоставления (propensity score matching). В период с 2015 по 2019 год было проведено 35 роботизированных и 70 открытых операций. Псевдорандомизация позволила уменьшить неоднородность между двумя группами и избежать систематической ошибки выбора анатомически благоприятного донора для группы роботических резекций. При сходном количестве послеоперационных осложнений по классификации Clavien–Dindo в группе доноров, которых оперировали при помощи робота, наблюдалось более короткое пребывание в стационаре после этой операции. Также было показано, что интраоперационная кровопотеря в группе робот-ассистированных операций была значительно ниже. Было отмечено меньшее использование анальгетиков у доноров, перенесших робот-ассистированную операцию. Однако в группе робот-ассистированных операций среднее время операции у доноров было больше. Тем не менее авторы отмечали, что время операции значительно уменьшалось от операции к операции, что свидетельствовало о наработке опыта [24].

Аналогичные результаты были получены в 2020 году S.Y. Rho et al. В исследовании авторы сравнивали доноров, которым проводилась правосторонняя гемигепатэктомия тремя способами: открытым, лапароскопическим и роботизированным. Исследование показало более длительное время роботической операции по сравнению с

остальными подходами, но меньшую кровопотерю и меньшие показатели послеоперационной боли. Также авторы проанализировали кривую обучения в зависимости от количества выполненных операций, показав, что общее время операции с наработкой навыка уменьшалось. Время первичной тепловой ишемии в группе робот-ассистированных резекций было значительно больше, но авторы объясняют это тем, что в исследование постепенно включались доноры с более сложными анатомическими особенностями [25].

По сравнению с лапароскопическим подходом эволюция роботизированной хирургии в донорской хирургии печени происходит медленно. Потенциальными преимуществами роботизированного метода являются расширенный и более стабильный обзор хирургического поля, а также более высокая точность движений. Хирургические манипуляторы системы Da Vinci могут вращаться во всех направлениях, что обеспечивает более широкий диапазон движений по сравнению с человеческой рукой. Это позволяет проводить манипуляции и накладывать швы в подпеченочном пространстве под углами, которые невозможны с помощью обычных инструментов [26]. Из минусов – у хирурга отсутствует тактильная обратная связь, хотя в последнем, 5-м поколении системы Da Vinci, обещают решить эту проблему [27]. Также успех операции зависит от уровня обучения ассистента, который меняет инструменты у робота во время рассечения паренхимы [26].

Последние исследования показали, что роботизированная резекция печени у доноров осуществима и дает такие же краткосрочные результаты, как и лапароскопическая операция, но при этом с более высокими затратами, поскольку медицинское страхование обычно не покрывает такие высокотехнологические операции [28]. Еще одним препятствием для распространения этой методики является необходимость высокой специализации центра и наличия хирургических инструментов, поскольку во время роботизированной хирургии печени можно использовать только ультразвуковые скальпели, клипсы Hem-o-lock и степлеры, нет возможности использовать кавитронные ультразвуковые диссекторы [29].

Два исследования, в которых сравнивали роботическую резекцию печени с открытой донорской резекцией, показали неменьшую эффективность робот-ассистированного подхода с точки зрения осложнений и интраоперационной кровопотери [22, 29].

В настоящее время нет данных, указывающих на превосходство роботизированного подхода по сравнению с открытым или лапароскопическим доступом. R.I. Troisi et al. не обнаружили какого-либо сверхъестественного результата, оправдывающего более высокую стоимость роботизированного подхода по сравнению с лапароскопическим [22]. Они также подчеркнули, что конверсия при роботизированной резекции занимает больше времени, чем при лапароскопическом подходе. Поэтому крайне важно применить все имеющиеся в арсенале роботические методы для остановки неожиданного кровотечения перед конверсией.

Что касается кривой обучения в роботической донорской хирургии, D.C. Broering et al. утверждают, что роботизированная гемигепатэктомия занимает короткое время обучения: этап освоения достигается за 15 процедур [30]. P.D. Chen et al. подошли более размеренно к обучению и разделили кривую на три фазы: начинающий хирург (1–15 операций); обученный хирург (15–25 операций); и опытный хирург (25–52 операций). Эффект обучения был продемонстрирован сокращением времени операции и сокращением пребывания доноров в стационаре после первой фазы обучения. После второй фазы обучения уменьшалась кровопотеря. Также авторы отмечают, что наличие двойной консоли управления роботом предлагает безопасную форму обучения, поскольку куратор (учитель) может помогать хирургу во время операции и брать на себя управление, если это необходимо [23, 29].

Самый большой опыт по робот-ассистированной резекции печени у доноров был продемонстрирован хирургом M. Schulze et al. Было доложено о 177 изъятиях ЛЛС, 112 изъятиях левой доли и 212 изъятиях правой доли при помощи роботизированной техники [2]. Суммарный опыт представлен в таблице.

При этом метаанализ, проведенный E.P. Lincango Naranjo et al., показал, что роботизированная донорская резекция печени может быть безопасным подходом к донорству печени от живого донора по сравнению традиционным и лапароскопическим методом. Однако результаты этого исследования следует интерпретировать с осторожностью, поскольку число исследуемых работ было небольшим, а все исследования, вошедшие в метаанализ, включали преимущественно азиатских пациентов [32]. Авторы отмечают, что для дальнейшего подтверждения этих результатов и получения надежных выводов

Таблица. Результаты робот-ассистированного изъятия фрагментов печени в различных трансплантологических центрах

Table. Results of robot-assisted removal of liver fragments in various transplant centers

Автор	Количество операций, n	Фрагмент изъятия	Продолжительность операции, минут (диапазон)	Кровопотеря, мл	Конверсии, n (%)	Кривая обучения, количество операций или эффект	Осложнения (C-D), количество	Срок госпитализации, дни (диапазон)
P.D. Chen et al., 2016 [23]	16	ПД	596 (353–753)	169 (50–500)	0	15	IIIa – 1	7 (6–8)
D.C. Broering et al., 2020 [24]	35	ПД	504±73,5	250 (100–800)	0	15	I и II – 2	5,3 (3–12)
S.T. Binoj et al., 2020 [31]	51	ПД	536,8±73,4	530,39±222,72	0	Не описано	Не описано	8,27±3,0
S.Y. Rho et al., 2020 [25]	52	ПД	493,6	109,8	2 (3,8%)	Ускорение времени операции	I и II – 8 IIIa и IIIb – 2	5±3,0
D.C. Broering et al., 2020 [30]	175	ЛЛС – 61 ЛД – 34 ПД – 80	424 (177–693)	138,1 (20–1000)	2 (1,14%)	15	I и II – 12	4,3 (2–22)
R.I. Troisi et al., 2021 [22]	25	ЛЛС	290	100	0	Ускорение времени операции	0	3±0,3
M. Schulze et al., 2022 [2]	501	ЛЛС – 177 ЛД – 112 ПД – 212	406 (176–692)	60 (20–800)	0	Не описано	I и II – 31 IIIa – 1	4 (2–22)

Примечания: ЛЛС – левый латеральный сектор; ЛД – левая доля; ПД – правая доля; C-D – Clavien–Dindo (классификация осложнений)

необходимы дальнейшие исследования в этой области.

Применение малоинвазивных методик у прижизненных доноров печени никак не влияет на число доступных для трансплантации органов от посмертных доноров. Однако применение роботической и лапароскопической техник может потенциально привести к увеличению числа живых доноров. По данным, которые приводят в своих работах К.О. Сёмаш и А.Р. Монахов, сообщается, что при общении с потенциальными донорами они более охотно соглашались на донорство, когда узнавали о возможности мини-инвазивной операции [6, 14]. Статистически значимых данных о влиянии мини-инвазивных техник на увеличение количества родственных доноров в литературе не описано. При этом L. Tran в своей работе делает заключение, что несмотря на потенциал более быстрого послеоперационного восстановления и дополнительную привлекательность для потенциальных живых доноров за счет хорошего косметического эффекта при мини-инвазивном подходе, порог вхождения для медицинских учреждений с точки зрения затрат на оборудование и обучения хирургов слишком

высок по сравнению с традиционными методами изъятия трансплантатов печени, что, в свою очередь, может представлять препятствие для роста количества родственных трансплантаций печени [17]. В то же время N.A. Vijai в своей работе сообщает, что к преимуществам мини-инвазивной операции у доноров относятся косметический эффект, уменьшение послеоперационной боли и меньшая длительность госпитализации после хирургического вмешательства, что является важным с точки зрения реабилитации доноров, и эти преимущества потенциально могут привести к росту количества трансплантаций печени от живого донора [18].

Роботизированная гепатэктомия и имплантация трансплантата

Гепатэктомия – это первый подготовительный этап трансплантации печени, который подразумевает полное удаление печени у реципиента. На протяжении многих лет это была сложная и инвазивная процедура, как правило, технически трудоемкая для хирурга. Первым шагом к робот-ассистированной гепатэктомии была лапароскопическая гепатэктомия. Так, хирург S. Dokmak в

2020 году первым доложил об успешной лапароскопической гепатэктомии у пациентки 52 лет, которой в дальнейшем был выполнена трансплантация печени традиционным способом по поводу метастазов нейроэндокринной опухоли. Послеоперационный период был без осложнений [33, 34].

Корейские хирурги, обладающие наибольшим опытом в лапароскопической донорской резекции печени (более 500 правосторонних донорских гемигепатэктомий), решили постепенно развивать роботизированную хирургию в трансплантации печени. Так, основываясь на своем опыте выполнения донорских лапароскопических операций, а также знаниях о мобилизации печени и сохранении гепатодуоденальных сосудистых структур и желчных протоков, они начали выполнять попытки лапароскопической мобилизации печени реципиентам. Затем в 2021 году была выполнена лапароскопическая гепатэктомия с последующей имплантацией трансплантата традиционным способом [35]. После этого авторы сообщили, что приняли решение расширить свою хирургическую технику до имплантации трансплантата гибридным способом (роботизированным и лапароскопическим методами). Так, кавальный и порталный анастомозы были выполнены при помощи лапароскопической техники, а артериальный и билиарный анастомозы – при помощи робота [36]. Далее группа этих же авторов продемонстрировала свой первый опыт робот-ассистированной имплантации трансплантата печени после полностью лапароскопической гемигепатэктомии [37]. Время операции составило 12 часов и 20 минут, а кровопотеря составила 3600 мл. Авторы сообщают, что интенсивность кровотечения при подобных операциях зависит от таких факторов, как тяжесть состояния пациента на момент трансплантации, а также от хирургических факторов. Большая часть кровопотери в вышеописанных случаях по заявлению авторов была результатом диффузного подкравливания, связанного с цирротической коагулопатией. Однако авторы полагают, если бы хирургическая процедура была более быстрой и время операции было бы сокращено, кровопотеря была бы меньше.

В 2024 году D.C. Broering et al. продемонстрировали первую мини-серию роботических гепатэктомий у троих пациентов с последующей роботизированной имплантацией трансплантата. У двоих из этих пациентов показанием к трансплантации была жировая болезнь печени, а у одного –

цирроз печени в исходе вирусного гепатита С [38]. Авторы отмечают, что столкнулись с некоторыми техническими трудностями во время этих операций. Так, было отмечено, что цирротическую печень труднее мобилизовать и осуществлять ее тракцию. Хирурги использовали специальные мягкие губки для мобилизации и извлечения такой печени, чтобы избежать травм и кровотечений, вызванных инструментами. Также авторы заявляют, что конфигурация зажима для нижней полой вены была неидеальна, и в настоящее время они работают над разработкой прочных и надежных полностью роботизированных зажимов для нее. Другая проблема заключалась в том, что воротная вена трансплантата правой доли печени была относительно короткой, и, чтобы избежать натяжения анастомоза, для более конгруэнтного расположения анастомозируемых сосудов, позади трансплантата помещали специальные губки. Несмотря на все описанные технические трудности, реабилитация пациентов прошла без особенностей, и все они были выписаны без осложнений на 13-е послеоперационные сутки.

Все случаи мини-инвазивной гепатэктомии и имплантации трансплантата, которые были описаны выше, касались трансплантации от прижизненных доноров. Однако американские хирурги продемонстрировали полностью лапароскопическую гепатэктомию и имплантацию целой трупной печени в марте 2024 года. Операция была выполнена 62-летнему мужчине с циррозом печени в исходе гепатита С, осложненного гепатоцеллюлярной карциномой. Общее время операции составило 8 часов 30 минут, а гепатэктомия заняла 3 часа 30 минут. Выздоровление пациента прошло без ранней дисфункции трансплантата или хирургических осложнений [39].

G. Iuppa et al. описали рекомендации для хирургов, которые планируют начать программу роботизированной трансплантации печени. Так, хирург и его команда должны иметь достаточный опыт в открытой и лапароскопической гепатобилиарной хирургии, а также большой опыт резекций печени у родственных доноров и опыт в трансплантации печени [40]. При этом авторы отмечают, что нет убедительных доказательств того, что значимый опыт в лапароскопической хирургии является необходимым предварительным шагом для умелого использования робота. Также по мнению авторов важным аспектом развития данного направления будет являться стандартизация хирургической техники.

Роботизированная гепатэктомия и имплантация осуществимы в руках хирургов с высоким опытом в лапароскопической и роботизированной хирургии, особенно при наличии большого опыта гепатобилиарной хирургии. Однако еще рано говорить о безопасности, так как данный подход находится только на этапе имплементации. Первоначальные данные показали, что по сравнению с открытым и лапароскопическим подходом, роботизированная техника операции у реципиентов связана с уменьшением послеоперационной боли. Пока не удалось показать значимых хирургических преимуществ для реципиента, таких как сокращение кровопотери. Однако эти результаты необходимо оценивать в контексте прогрессивной и продолжающейся кривой обучения, поскольку количество подобных операций очень ограничено и нет данных об отдаленных результатах.

В то же время субоптимальность отдаленных результатов трансплантации печени имеет непосредственную связь с малоинвазивной техникой имплантации печени, которая связана с усилением реперфузионной травмы трансплантата вследствие пролонгирования вторичной тепловой ишемии, что может быть причиной билиарных стенозов и иных осложнений в отдаленном послеоперационном периоде. Единственные данные об отдаленных результатах при лапароскопической имплантации печени сообщили S. Dokmak et al. [34]. Так, у реципиентов за период наблюдения, медиана которого составила 8 месяцев, отдаленных осложнений не возник-

ло. Что касается реципиентов, которым трансплантация печени была выполнена при помощи роботической техники, в настоящий момент нет масштабных исследований данных об отдаленных результатах, а все публикации на данную тему охватывают только послеоперационный период, который во всех случаях протекал без осложнений. Существует единственная работа A.S. Khan et al. по этому поводу, которая охватывает период наблюдения в 6 месяцев у одного пациента. За этот период наблюдения у реципиента не развилось посттрансплантационных осложнений [39].

Заключение

Роботическая хирургия, использующая передовые роботизированные системы, представляет собой следующий этап в развитии мини-инвазивных технологий в трансплантации печени. Роботизированные системы обеспечивают более точное и маневренное управление инструментами, что позволяет хирургам выполнять сложные процедуры с большей точностью и меньшим риском для пациентов. Однако роботизированный подход по-прежнему очень ограничен в географическом распространении и требует гораздо большего опыта, чем лапароскопия. Предстоящее внедрение новых роботизированных систем, поддерживающих тактильную обратную связь, или кавитронных ультразвуковых хирургических диссекторов, будет способствовать дальнейшему распространению роботизированной резекции печени у доноров и у реципиентов печени.

Список литературы / References

- Ефанов М.Г., Брицкая Н.Н., Тараканов П.В., Королева А.А., Ванькович А.Н., Коваленко Д.Е. и др. Робот-ассистированные резекции печени при местно-распространенной внутрипеченочной холангиокарциноме. *Анналы хирургической гепатологии*. 2023;28(4):61–70. Efanov MG, Britskaia NN, Tarakanov PV, Koroleva AA, Vankovich AN, Kovalenko DE, et al. Robot-assisted liver resections in locally advanced intrahepatic cholangiocarcinoma. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery*. 2023;28(4):61–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2023-4-61-70>
- Schulze M, Elsheikh Y, Boehnert MU, Alnema Y, Alabbad S, Broering DC. Robotic surgery and liver transplantation: a single-center experience of 501 robotic donor hepatectomies. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2022;21(4):334–339. PMID: 35613993 <https://doi.org/10.1016/j.hbpd.2022.05.006>
- Cherqui D, Soubrane O, Husson E, Barshasz E, Vignaux O, Ghimouz M, et al. Laparoscopic living donor hepatectomy for liver transplantation in children. *Lancet*. 2002;359(9304):392–396. PMID: 11844509 [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)07598-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(02)07598-0)
- Troisi RI, Wojcicki M, Tomassini F, Houtmeyers P, Vanlander A, Berrevoet F, et al. Pure laparoscopic full-left living donor hepatectomy for calculated small-for-size LDLT in adults: proof of concept. *Am J Transplant*. 2013;13(9):2472–2478. PMID: 23914734 <https://doi.org/10.1111/ajt.12362>
- Soubrane O, Perdigo Cotta F, Scatton O. Pure laparoscopic right hepatectomy in a living donor. *Am J Transplant*. 2013;13(9):2467–2471. PMID: 23865716 <https://doi.org/10.1111/ajt.12361>
- Сёмаш К.О. Лапароскопическое изъятие левого латерального сектора печени у прижизненного донора: дис... канд. мед. наук. Москва, 2020, 113 с. <https://transpl.ru/upload/media-library/6e0/6e0c856df3d949993d45bd9ea816ee6f.pdf> [Дата обращения 27 июня 2024 г.]. Semash KO. *Laparoskopicheskoe izyatie levogo lateral'nogo sektora pecheni u prizhiznennogo donora [Laparoscopic harvesting of left lateral section of the liver in living donors: Cand. med. sci. diss.]*. Moscow, 2020. 113 p. (In Russ.). <https://transpl.ru/upload/medialibrary/6e0/6e0c856df3d949993d45bd9ea816ee6f.pdf> [Accessed June 27, 2024]. <https://doi.org/10.61726/5567.2024.63.97.001>
- Han HS, Cho JY, Yoon YS, Hwang DW, Kim YK, Shin HK, et al. Total laparoscopic living donor right hepatectomy. *Surg Endosc*. 2015;29(1):184. PMID: 24993170 <https://doi.org/10.1007/s00464-014-3649-9>
- Lin NC, Nitta H, Wakabayashi G. Laparoscopic major hepatectomy: a systematic literature review and comparison of 3 techniques. *Ann Surg*. 2013;257(2):205–213. PMID: 23263192 <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31827da7fe>
- Сёмаш К.О., Готье С.В. Обзор хирургической техники выполнения лапароскопических донорских резекций фрагментов печени. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2020;22(4):149–153. Semash KO, Gautier SV. Review of surgical techniques for performing laparoscopic donor hepatectomy. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2020;22(4):149–153. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2020-4-149-153>
- Восканян С.Э., Артемьев А.И., Забежинский Д.А., Шабалин М.В., Башков А.Н. Лапароскопическая донорская правосторонняя гемигепатэктомия (первый опыт в Российской Федерации). *Эндоскопическая хирургия*. 2017;23(3):37–40. Voskanyan SAE, Artem'ev AI, Zabezinskiyi DA, Shabalin MV, Bashkov AN. Laparoscopic donor right hemihepatectomy (first experience in Russia). *Endoscopic Surgery*. 2017;23(3):37–40. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/endoskop201723337-40>
- Сёмаш К.О., Джанбеков Т.А., Акбаров М.М. Сосудистые осложнения после трансплантации печени – современные методы диагностики и лечения. Обзор мировой литературы. *Вестник трансплантологии и искусственных органов*. 2023;25(4):46–72. Semash KO, Dzhambekov TA, Akbarov MM. Vascular complications after liver transplantation: contemporary approaches to detection and treatment. A literature review. *Russian Journal of Transplantation and Artificial Organs*. 2023;25(4):46–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2023-4-46-72>
- Gautier S, Monakhov A, Gallyamov E, Tsirulnikova O, Zagaynov E, Dzhambekov T, et al. Laparoscopic left lateral section procurement in living liver donors: a single center propensity score-matched study. *Clin Transplant*. 2018;32(9):e13374. <https://doi.org/10.1111/ctr.13374>
- Готье С.В., Монахов А.Р., Галлямов Э.А., Загайнов Е.В., Цирульников О.М., Сёмаш К.О. и др. Лапароскопический забор фрагментов печени от живого родственного донора для трансплантации детям. *Анналы хирургической гепатологии*. 2018;23(1):13–18. Gautier SV, Monakhov AR, Gallyamov EA, Zagaynov EV, Tsirulnikova OM, Semash KO, et al. Laparoscopic approach in liver harvesting from living donors for transplantation in children. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB Surgery*. 2018;23(1):13–18. (In Russ.). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2018-1-13-18>
- Monakhov A, Gautier S, Tsirulnikova O, Semash O, Latypov R, Dzhambekov T, et al. Living donor left lateral sectionectomy: Should the procedure still be performed open? *Journal of Liver Transplantation*. 2021;1:100001. <https://doi.org/10.1016/j.liver.2020.100001>
- Monakhov A, Semash K, Boldyrev M, Mescheryakov S, Gautier S. Laparoscopic donor hepatectomy in settings of pediatric living donor liver transplantation: single center experience. *Korean J Transplant*. 2022;36(Suppl 1):S354. <https://doi.org/10.4285/ATW2022.F-4979>
- Gautier S, Monakhov A, Miloserdov I, Arzumanov S, Tsirulnikova O, Semash K, et al. Simultaneous laparoscopic left lateral sectionectomy and nephrectomy in the same living donor: The first case report. *Am J Transplant*. 2019;19(6):1847–1851. PMID: 30768839 <https://doi.org/10.1111/ajt.15318>
- Tran L, Humar A. Expanding living donor liver transplantation in the Western world: changing the paradigm. *Digestive Medicine Research*. 2020;3. <https://doi.org/10.21037/dmr-20-87>
- Vijai NA, Senthilnathan P, Annamaneni V, Sabnis SC, Sooin AS, Palanivelu C. Laparoscopic donor hepatectomy: first experience from Indian sub-continent. *J Minim Access Surg*. 2019;15(2):170–173. PMID: 30106023 https://doi.org/10.4103/jmas.JMAS_134_18
- Giulianotti PC, Tzvetanov I, Jeon H, Bianco F, Spaggiari M, Oberholzer J, et al. Robot-assisted right lobe donor hepatectomy. *Transpl Int*. 2012;25(1):e5–9. PMID: 22029717 <https://doi.org/10.1111/ctr.13374>

org/10.1111/j.1432-2277.2011.01373.x

20. Rotellar F, Ciria R, Wakabayashi G, Suh KS, Cherqui D. World survey on minimally invasive donor hepatectomy: a global snapshot of current practices in 2370 cases. *Transplantation*. 2022;106(1):96–105. PMID: 33586922 <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000003680>
21. Liao MH, Yang JY, Wu H, Zeng Y. Robot-assisted living-donor left lateral sectionectomy. *Chin Med J (Engl)*. 2017;130(7):874–876. PMID: 28345554 <https://doi.org/10.4103/0366-6999.202745>
22. Troisi RI, Elsheikh Y, Alnmary Y, Zidan A, Sturdevant M, Alabbad S, et al. Safety and feasibility report of robotic-assisted left lateral sectionectomy for pediatric living donor liver transplantation: a comparative analysis of learning curves and mastery achieved with the laparoscopic approach. *Transplantation*. 2021;105(5):1044–1051. PMID: 32467479 <https://doi.org/10.1097/TP.0000000000003332>
23. Chen PD, Wu CY, Hu RH, Ho CM, Lee PH, Lai HS, et al. Robotic liver donor right hepatectomy: a pure, minimally invasive approach. *Liver Transpl*. 2016;22(11):1509–1518. PMID: 27509325 <https://doi.org/10.1002/lt.24522>
24. Broering DC, Elsheikh Y, Alnmary Y, Zidan A, Elsarawy A, Saleh Y, et al. Robotic versus open right lobe donor hepatectomy for adult living donor liver transplantation: a propensity score-matched analysis. *Liver Transpl*. 2020;26(11):1455–1464. PMID: 32542956 <https://doi.org/10.1002/lt.25820>
25. Rho SY, Lee JG, Joo DJ, Kim MS, Kim SI, Han DH, et al. Outcomes of robotic living donor right hepatectomy from 52 consecutive cases: comparison with open and laparoscopy-assisted donor hepatectomy. *Ann Surg*. 2022;275(2):e433–e442. PMID: 32773621 <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004067>
26. Salloom C, Lim C, Lahat E, Gavara CG, Levesque E, Compagnon P, et al. Robotic-assisted versus laparoscopic left lateral sectionectomy: analysis of surgical outcomes and costs by a propensity score matched cohort study. *World J Surg*. 2017;41(2):516–524. PMID: 27743071 <https://doi.org/10.1007/s00268-016-3736-2>
27. Intuitive.com. Да Винчи 5-го поколения. URL: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/5> [Дата обращения 27 июня 2024 г.]. Intuitive.com. Da Vinci 5th generation. Available at: <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci/5> [Accessed June 27, 2024].
28. Lei HJ, Lin NC, Chen CY, Chou SC, Chung MH, Shyr BU, et al. Safe strategy to initiate total laparoscopic donor right hepatectomy: a stepwise approach from a laparoscopy-assisted method. *World J Surg*. 2020;44(9):3108–3118. PMID: 32415466 <https://doi.org/10.1007/s00268-020-05572-5>
29. Chen PD, Wu CY, Hu RH, Chen CN, Yuan RH, Liang JT, et al. Robotic major hepatectomy: is there a learning curve? *Surgery*. 2017;161(3):642–649. PMID: 27884614 <https://doi.org/10.1016/j.surg.2016.09.025>
30. Broering DC, Zidan A. Advancements in robotic living donor hepatectomy, review of literature and single-center experience. *Curr Transpl Rep*. 2020;7:324–331. <https://doi.org/10.1007/s40472-020-00311-0>
31. Binoj ST, Mathew JS, Nair K, Mallick S, Chandran B, Menon R, et al. 260 Robotic donor right hepatectomy: is it just flaunting the scar? *Gastroenterology*. 2020;158:S–1263. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(20\)33815-4](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(20)33815-4)
32. Lincango Naranjo EP, Garcés-Delgado E, Siepmann T, Mirow L, Solís-Pazmino P, Alexander-Leon H, et al. Robotic living donor right hepatectomy: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Med*. 2022;11(9):2603. PMID: 35566727 <https://doi.org/10.3390/jcm11092603>
33. Dokmak S, Cauchy F, Sepulveda A, Choinier PM, Dondéro F, Aussilhou B, et al. Laparoscopic liver transplantation: dream or reality? The first step with laparoscopic explant hepatectomy. *Ann Surg*. 2020;272(6):889–893. PMID: 31977512 <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003751>
34. Dokmak S, Cauchy F, Aussilhou B, Dondero F, Sepulveda A, Roux O, et al. Laparoscopic-assisted liver transplantation: a realistic perspective. *Am J Transplant*. 2022;22(12):3069–3077. PMID: 35704274 <https://doi.org/10.1111/ajt.17118>
35. Suh KS, Hong SK, Hong K, Han ES, Hong SY, Suh S, et al. Minimally invasive living donor liver transplantation: pure laparoscopic explant hepatectomy and graft implantation using upper midline incision. *Liver Transpl*. 2021;27(10):1493–1497. PMID: 33837663 <https://doi.org/10.1002/lt.26066>
36. Suh KS, Hong SK, Lee S, Hong SY, Suh S, Han ES, et al. Pure laparoscopic living donor liver transplantation: dreams come true. *Am J Transplant*. 2022;22(1):260–265. PMID: 34331746 <https://doi.org/10.1111/ajt.16782>
37. Lee KW, Choi Y, Hong SK, Lee S, Hong SY, Suh S, et al. Laparoscopic donor and recipient hepatectomy followed by robot-assisted liver graft implantation in living donor liver transplantation. *Am J Transplant*. 2022;22(4):1230–1235. PMID: 34971490 <https://doi.org/10.1111/ajt.16943>
38. Broering DC, Raptis DA, Elsheikh Y. Pioneering fully robotic donor hepatectomy and robotic recipient liver graft implantation – a new horizon in liver transplantation. *Int J Surg*. 2024;110(3):1333–1336. PMID: 38181111 <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000001031>
39. Khan AS, Scherer M, Panni R, Cullinan D, Martens G, Kangarga I, et al. Total robotic liver transplant: the final frontier of minimally invasive surgery. *Am J Transplant*. 2024;29(S):1600–1613(24)00240–5. PMID: 38556089 <https://doi.org/10.1016/j.ajt.2024.03.030>
40. Iuppa G, Aucejo F, Miller C. Living donor robotic right hepatectomy is the future: or is it? *Liver Transpl*. 2016;22(11):1461–1462. PMID: 27658242 <https://doi.org/10.1002/lt.24642>

Информация об авторе

Константин Олесяевич
Сёмаш

канд. мед. наук, врач хирург-трансплантолог отделения общей хирургии, куратор программы трансплантации печени Национального детского медицинского центра, <https://orcid.org/0000-0001-5830-5235>, mail@doctorsemash.com

Information about the author

Konstantin O. Semash

Cand. Sci. (Med.), Transplant Surgeon, Department of General Surgery, Curator of the Liver Transplantation Program, National Children's Medical Center, <https://orcid.org/0000-0001-5830-5235>, mail@doctorsemash.com

Статья поступила в редакцию 15.04.2024;
одобрена после рецензирования 07.05.2024;
принята к публикации 26.06.2024

The article was received on April 15, 2024;
approved after reviewing on May 7, 2024;
accepted for publication on June 26, 2024