

Новое в хирургии и трансплантации печени
New in liver surgery and transplantation

ISSN 1995-5464 (Print); ISSN 2408-9524 (Online)

<https://doi.org/10.16931/1995-5464.2020460-70>

**Робот-ассистированные и открытые резекции
печени и желчных протоков при воротной
холангиокарциноме. Сравнительный анализ
ближайших результатов**

*Ефанов М.Г. *, Алиханов Р.Б., Казаков И.В., Ванькович А.Н., Мелехина О.В.,
Кулезнева Ю.В., Елизарова Н.И., Королева А.А., Коваленко Д.Е., Цвиркун В.В.*

*ГБУЗ “Московский клинический научный центр им. А.С. Логинова” ДЗМ; 111123, Москва,
шоссе Энтузиастов, д. 86, Российская Федерация*

Цель. Сравнительная оценка первоначального опыта робот-ассистированных и открытых резекций печени и желчных протоков по поводу воротной холангиокарциномы.

Материал и методы. Анализировали опыт одного центра, накопленный с 2014 по 2018 г. Робот-ассистированные операции выполняли в стандартном объеме обширной резекции печени и удаления хвостатой доли с резекцией внепеченочных желчных протоков и регионарной лимфаденэктомией. Противопоказанием к операции считали необходимость резекции и реконструкции магистральных сосудов печени.

Результаты. Выполнено 13 робот-ассистированных резекций. Диагноз воротной холангиокарциномы подтвержден у 10 пациентов. Для сравнения ближайших результатов использована группа из 88 открытых операций. Не выявлено достоверных отличий по основным периоперационным показателям, включая объем кровопотери, частоту тяжелых осложнений и летальность, продолжительности стационарного лечения. Продолжительность робот-ассистированных резекций была достоверно больше.

Заключение. Анализ первоначального опыта оправдывает применение роботического комплекса для радикальной резекции у селективных пациентов.

Ключевые слова: *печень, желчные протоки, воротная холангиокарцинома, резекция, робот-ассистированная резекция, роботические технологии*

Ссылка для цитирования: Ефанов М.Г., Алиханов Р.Б., Казаков И.В., Ванькович А.Н., Мелехина О.В., Кулезнева Ю.В., Елизарова Н.И., Королева А.А., Коваленко Д.Е., Цвиркун В.В. Робот-ассистированные и открытые резекции печени и желчных протоков при воротной холангиокарциноме. Сравнительный анализ ближайших результатов. *Анналы хирургической гепатологии.* 2020; 25 (4): 60–70. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2020460-70>.

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

**Robot-assisted and open resections for perihilar cholangiocarcinoma.
Comparative analysis of the immediate outcomes**

*Efanov M.G. *, Alikhanov R.B., Kazakov I.V., Vankovich A.N., Melekhina O.V.,
Kulezneva Yu.V., Elizarova N.I., Koroleva A.A., Kovalenko D.E., Tsvirkun V.V.*

*Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow; 86, Shosse Entuziastov,
111123, Russian Federation*

Background. Minimally invasive radical surgery for perihilar cholangiocarcinoma is in its early stages.

Aim. A comparative analysis of the initial experience of robot-assisted and open resections for perihilar cholangiocarcinoma.

Material and methods. The single-center experience, accumulated over the period from 2014 to 2018, is analyzed. Robot-assisted procedures included major liver resection and caudate lobectomy with extrahepatic bile duct resection and lymphadenectomy. The need for vascular reconstruction was considered a contraindication to surgery.

Results. Thirteen robot-assisted resections were performed. The perihilar cholangiocarcinoma was confirmed by pathologic examination in 10 patients. The immediate outcomes were compared with that in 88 open procedures. There were no significant differences in blood loss, the rate of severe morbidity, mortality, and hospital stay. The duration of the robot-assisted surgical resections was significantly longer.

Conclusion. Analysis of initial experience justifies the robotic approach for radical resection in highly selected patients.

Keywords: *perihilar cholangiocarcinoma; robot-assisted resection*

For citation: Efanov M.G., Alikhanov R.B., Kazakov I.V., Vankovich A.N., Melekhina O.V., Kulezneva Yu.V., Elizarova N.I., Koroleva A.A., Kovalenko D.E., Tsvirkun V.V. Robot-assisted and open resections for perihilar cholangiocarcinoma. Comparative analysis of the immediate outcomes. *Annaly khirurgicheskoy gepatologii = Annals of HPB surgery*. 2020; 25 (4): 60–70. (In Russian). <https://doi.org/10.16931/1995-5464.2020460-70>.

There is no conflict of interests.

● Введение

Радикальная хирургия воротной холангиокарциномы остается одним из наиболее сложных разделов абдоминальной хирургии и связана с наиболее высоким риском развития тяжелых и фатальных осложнений. Неполный перечень факторов, определяющих сложность хирургии этой опухоли, включает многоэтапность лечения, контакт опухоли с магистральными сосудами печени у большинства пациентов, частое наличие резистентных микробных ассоциаций на дорезекционном этапе, необходимость сложной билиарной реконструкции после удаления местнораспространенных опухолей, риск печеночной недостаточности после обширной резекции и многие другие. В связи с этим внедрение минимально инвазивных резекционных технологий в лечение больных воротной холангиокарциномой представляется далеким от реальной клинической практики. Действительно, применение минимально инвазивной резекции печени без резекции и реконструкции желчных протоков как стандартного варианта лечения может обсуждаться только для высокопоточного специализированного центра гепатобилиарной хирургии, являющегося учреждением экспертного уровня в открытой и лапароскопической хирургии. Согласно рекомендациям экспертов и текущей клинической практике, лапароскопический доступ может быть рекомендован в качестве рутинного только для резекций легкодоступных боковых и передних сегментов печени [1]. Обширные резекции и резекции труднодоступных сегментов остаются недостаточно стандартизованными вмешательствами и должны выполняться только в специализированных центрах. Примечательно, что холангиокарцинома вообще не является предметом обсуждения экспертов, за исключением применения лапароскопических технологий в резекции IV, V сегментов при раке желчного пузыря. В связи с этим минимально инвазивная хирургия воротной холангиокарциномы в настоящее время находится на начальных стадиях освоения (*idea, development*), согласно системе оценки новых хирургических технологий IDEAL. Поэтому излишне упоминать, что опыт применения лапароскопических и робот-ассистированных операций в радикальном лечении воротной холангиокарциномы имеют отдельные мировые центры, а общее число всех выполненных операций не превышает нескольких десятков.

Робот-ассистированные вмешательства в гепатобилиарной хирургии, по данным нескольких

международных консенсусов, не имеют доказанных преимуществ по сравнению с традиционными лапароскопическими технологиями [1]. При этом следует подчеркнуть, что сравнение проведено только в отношении резекции печени. Поскольку одним из основных достоинств роботического комплекса является большая свобода движений инструментами в ограниченном пространстве, это преимущество может быть реализовано в реконструктивном этапе операции. Эффективность и необходимость применения роботического комплекса в хирургии печени и желчных протоков до настоящего времени не имели возможности получить компетентную международную оценку.

Цель исследования – сравнение непосредственных результатов робот-ассистированных и открытых резекций печени и желчных протоков по поводу воротной холангиокарциномы на основании анализа начального опыта специализированного центра хирургической гепатологии.

● Материал и методы

Работа носит характер ретроспективного одностороннего обсервационного сравнительного исследования. В качестве контрольной группы взяты пациенты с тем же заболеванием, перенесшие традиционные открытые операции с октября 2013 по декабрь 2018 г. Робот-ассистированные операции выполнены с марта 2014 по декабрь 2018 г. Всем пациентам с подозрением на воротную холангиокарциному выполняли МСКТ брюшной полости с внутривенным контрастированием до дренирования желчных протоков. Билиарную декомпрессию осуществляли чрескожной чреспеченочной холангиостомией (ЧЧХС). Целевым вариантом дренирования считали наружновнутреннее супрапапиллярное. Также ЧЧХС выполняли при наличии холангита. Дренирование удаляемого фрагмента печени проводили при неадекватно разрешающейся желтухе и холангите. Обширную резекцию выполняли только при объеме будущего остатка печени (*future liver remnant, FLR*) не менее 40%. В противном случае применяли хирургические методы стимуляции гипертрофии FLR: портальную венозную эмболизацию (ПВЭ) и модифицированный вариант ALPPS (PRALPPS). Детальная информация о преимуществах и недостатках метода эмболизации изложена в предыдущих публикациях [2]. При отсутствии гипертрофии FLR и свободных от опухолевой инвазии магистральных сосудах печени выполняли

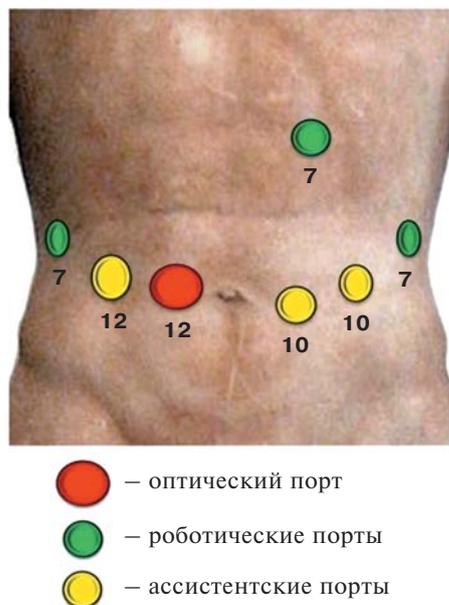


Рисунок. Схема расстановки троакаров.

один из вариантов редуцированной по объему резекции печени (типа Тадж-Махал и др.). Накопленный опыт послужил основанием для отказа от радикальной операции до момента полного разрешения клинических и лабораторных признаков холангита. Нюансы тактики, а также распределение предоперационных факторов, влиявших на частоту и тяжесть осложнений, представлены в публикации текущего года [3].

Возможность выполнения робот-ассистированной резекции обсуждали только для пациентов без местнораспространенной опухоли, вовлекающей крупные сосуды и требующей протяженной резекции протоков с необходимостью формирования мультигепатикоеюноанастомоза. Операцию считали противопоказанной пациентам с заболеваниями, исключающими возможность проведения лапароскопической операции, тем более продолжительной. Объем резекции при робот-ассистированных операциях по умолчанию предполагал выполнение обширной резекции печени и каудальной лобэктомии. Не удаляли I сегмент, если это приводило к уменьшению объема FLR <40% после выполненной ПВЭ, а также при наличии других факторов риска (холангит в предоперационном периоде, желтуха тяжелой степени и др.). Показанием к изолированной резекции желчных протоков служила локальная форма опухоли, тип I по Bismuth–Corlette, без сосудистой инвазии и метастазирования в лимфатические узлы.

Пациента располагали на спине с приподнятым до 30° головным концом стола. Расстановка портов представлена на рисунке, такую схему использовали для право- и левосторонней гемигепатэктомии. Коррекцию позиции портов осуществляли с учетом морфометрических параме-

тров пациента. Операцию выполняли полностью в лапароскопическом варианте без применения “руки помощи”. Гибридную технику использовали при трудностях с перемещением петли тощей кишки к воротам печени. В таких ситуациях выполняли срединную лапаротомию 10 см, через разрез извлекали резецированный органокомплекс, формировали межкишечный анастомоз на петле по Ру, а отводящую петлю подвели к воротам печени. После восстановления целостности брюшной стенки формировали гепатикоеюноанастомоз роботическими инструментами. Лимфаденэктомию проводили в стандартном для открытых операций варианте: иссекали лимфоузлы 8 а, р, 12 а, b, с, р и 13а групп, согласно номенклатуре Японского панкреатологического общества [4].

Для статистической обработки применяли программу SPSS 23.0 (IBM SPSS). Непрерывные данные, представленные в виде медиан, сравнивали с помощью U-критерия Манна–Уитни. Двусторонний точный критерий Фишера использовали для сравнения категориальных переменных. Р-значение <0,05 считали статистически значимым.

● Результаты

Оперирован 101 пациент. Диагноз воротной холангиокарциномы подтвержден у 98% больных. Робот-ассистированные операции выполнены 13 больным. Патоморфологическое подтверждение диагноза воротной холангиокарциномы получено у 10 пациентов. У 2 больных причиной билиарной обструкции оказалась доброкачественная рубцовая стриктура, у одного пациента – саркома желчного пузыря. В анализ ближайших результатов хирургического лечения включены данные всех 13 пациентов, поскольку технология вмешательства была одинаковой. Периоперационные онкологические результаты оценили у 10 пациентов. Характеристика оперированных пациентов представлена в табл. 1. Отличия выявлены только при оценке физического статуса по шкале Американского анестезиологического общества (ASA), которая была более благоприятной в группе робот-ассистированных резекций. Из 10 пациентов с гистологически подтвержденной воротной холангиокарциномой I тип опухолевого блока по классификации Bismuth–Corlette выявлен в 1 наблюдении, II – в 1, IIIa – в 4, IIIb – в 3, IV – в 1 наблюдении. У трех пациентов с другими диагнозами уровень блока соответствовал II ($n = 1$) и IIIb ($n = 2$) типам. Обширные резекции выполнены 12 больным, из них правосторонняя гемигепатэктомия – 7 пациентам. Каудальная лобэктомия выполнена 11 пациентам. Гибридная техника в описанном выше варианте применена у 2 пациентов. Двум больным выполнена конверсия

Таблица 1. Характеристика оперированных пациентов

Параметр	Операция		P
	робот-ассистированная	открытая	
Возраст, лет	61 (43–79)	61 (35–80)	0,879
Мужчин/женщин, абс.	6/7	47/41	0,625
ИМТ, кг/м ²	27 (20–32)	25 (16–35)	0,096
ASA	3 (2–4)	4 (3–4)	0,049
Стадия по TNM, I–II/III–IV	4/7	17/70	0,200

Таблица 2. Периоперационные параметры оперированных пациентов

Параметр	Операция		P
	робот-ассистированная	открытая	
Число расширенных/правосторонних гемигепатэктомий, абс.	7/6	28/60	0,119
Объем кровопотери, мл	392 (50–950)	561 (50–5000)	0,247
Продолжительность операции, мин	727 (490–985)	542 (40–835)	<0,001
Число осложнений >II по Clavien–Dindo, абс. (%)	10 (77)	69 (78)	0,096
90-дневная летальность, абс. (%)	1 (8)	15 (17)	0,255
Продолжительность стационарного лечения, дней	22 (11–37)	26 (3–101)	0,723

вследствие сосудистой инвазии, потребовавшей резекции воротной вены с ее реконструкцией. Резекция в объеме R0 выполнена 9 пациентам с воротной холангиокарциномой. У одного пациента при плановом исследовании среза воротной вены обнаружены комплексы аденокарциномы (R1). Среднее число удаленных лимфатических узлов составило 9 (4–20). Периоперационные данные приведены в табл. 2. Не выявлено существенных отличий по основным параметрам периоперационного периода, за исключением продолжительности операции, которая была больше в группе робот-ассистированных резекций. Летальный исход отмечен у одного пациента 79 лет, перенесшего правостороннюю гемигепатэктомию с каудальной лобэктомией при объеме FLR 41%. До операции потребовалось длительное дренирование желчных протоков в связи с тяжелой механической желтухой (общий билирубин >600 мкмоль/л). Послеоперационный период осложнился асцитическим синдромом, рефрактерным к консервативной терапии. Смерть наступила от инфицирования асцита с последовавшей печеночной и полиорганной недостаточностью при отсутствии признаков несостоятельности анастомозов или холангита.

● Обсуждение

Робот-ассистированные резекции печени вошли в практику отделений хирургической гепатологии, специализировавшихся в минимально инвазивной хирургии с 2002 г. Несмотря на ряд очевидных преимуществ роботического комплекса, накопление опыта применения робот-ассистированных резекций печени происходило существенно медленнее, чем лапароскопических резекций, в силу объективных причин,

связанных прежде всего с дороговизной оборудования. Авторы метаанализа результатов лапароскопических и робот-ассистированных резекций, опубликованного в 2015 г., отмечали отсутствие стандартизации робот-ассистированных резекций, ограниченное число мировых центров, развивающих это направление, большинство из которых не преодолели на момент публикации период обучения [5]. Три консенсуса по лапароскопической хирургии печени, включая принятый в 2017 г., не обнаружили принципиальных различий в результатах робот-ассистированных и лапароскопических резекций [6].

В связи с этим логичным представляется поиск областей применения роботического комплекса, где преимущества большей свободы движений в сложных и ограниченных пространственных условиях были бы очевидны. В хирургической гепатологии преимущества роботической технологии можно ожидать при операциях с реконструктивным этапом, в частности в хирургии воротной холангиокарциномы. Помимо заключительного восстановления оттока желчи, зачастую требующего формирования анастомоза с двумя и более протоками минимального диаметра, операция включает сложный резекционный этап, предполагающий помимо обширной резекции мобилизацию и удаление хвостатой доли, диссекцию элементов ворот печени в условиях близости опухоли к магистральным сосудам печени и не менее сложную лимфадэктомию. Тем не менее за прошедшие 10 лет после появления первой публикации о применении роботического комплекса для резекции печени и желчных протоков при воротной холангиокарциноме мировой опыт накапливается медленно

[7]. Помимо сложной техники операции развития направления препятствует отсутствие единого понимания роли минимально инвазивных резекций в лечении больных холангиоцеллюлярным раком вообще. В некоторых странах лапароскопический доступ не применяется для лечения этой группы опухолей.

В обзоре, опубликованном в 2018 г., упомянуто 8 оригинальных публикаций, анализировавших результаты лапароскопических вмешательств, и 4 статьи, посвященных оценке опыта робот-ассистированных резекций при воротной холангиокарциноме [8]. Общее число лапароскопических и робот-ассистированных резекций составило 32 и 51 соответственно. Авторы обзора отмечают, что подавляющее большинство робот-ассистированных операций при воротной холангиокарциноме выполнено в объеме парциальной резекции печени или изолированной резекции протоков. Это обстоятельство существенно ограничивает возможность сравнения результатов минимально инвазивных операций с традиционными вмешательствами. В наиболее крупной серии, включавшей 39 пациентов, обширные резекции выполнены только 3 пациентам в объеме левосторонней гемигепатэктомии с одной конверсией [9]. Билиарная реконструкция выполнена только 19 пациентам, причем в это число не вошли пациенты с обширными резекциями.

В обзорную статью 2019 г. включено 14 исследований, обобщивших результаты лечения 82 пациентов [10]. Как и в предыдущем обзоре, все крупные серии были представлены преимущественно пациентами, перенесшими резекцию внепеченочных желчных протоков с отдельными обширными резекциями печени. В одной из наиболее крупных серий, отсутствовавшей в предыдущем обзоре и включившей 36 пациентов, только 3 пациентам выполнена левосторонняя гемигепатэктомия [11].

Существует единственное опубликованное сравнительное исследование открытых и минимально инвазивных резекций, включившее 10 обширных робот-ассистированных резекций с удалением хвостатой доли и 32 аналогичных открытых вмешательства. Авторы обнаружили худшие непосредственные и отдаленные результаты после робот-ассистированных операций [12]. Авторы двух упомянутых выше обзоров пришли к заключению, что минимально инвазивная хирургия воротной холангиокарциномы в настоящее время находится на стадии становления. Предварительные результаты свидетельствуют о технической возможности применения минимально инвазивных технологий в радикальном лечении больных воротной холангиокарциномой. Во многих опубликованных сериях показаны результаты, свидетельствующие о меньшей

частоте осложнений по сравнению с известными данными из открытой хирургии, а также о наличии тенденции к сокращению продолжительности стационарного лечения. Тем не менее эти результаты не имеют весомой аргументации, в том числе в силу наличия единственного сравнительного исследования, показавшего обратные результаты.

Обсуждая недостатки роботической платформы, авторы отдельных исследований и систематического обзора отмечают дороговизну оборудования, громоздкость роботических манипуляторов, часто конфликтующих друг с другом как вне, так и внутри брюшной полости. Последнее обстоятельство заслуживает отдельного внимания. Несмотря на большую свободу движений рабочей части роботических инструментов, роботические манипуляторы обладают определенной инертностью в перемещении. В англоязычных статьях это свойство описано определением “bulky”, смысл которого в равной мере можно перевести как “громоздкий” или “неуклюжий”. На некоторых этапах операций, связанных с необходимостью смены анатомических областей, указанная особенность инструментария создает серьезные помехи. В связи с этим некоторые авторы полагают, что современная конструкция роботического комплекса не вполне удовлетворяет необходимым требованиям и дальнейшее развитие в этом направлении возможно после ее технического усовершенствования [8, 12].

Анализируя результаты робот-ассистированных резекций по поводу воротной холангиокарциномы, нельзя не упомянуть первый опыт лапароскопических резекций при этом заболевании. Несмотря на большее число публикаций, серии наблюдений включают 1–5 пациентов. В наиболее крупной серии из 14 пациентов операции выполнялись при типах I–II по Bismuth–Corlette. Ни у одного из пациентов не было выполнено обширной резекции печени и удаления хвостатой доли. Только 6 пациентам выполнена парциальная резекция печени [13].

В обсуждаемой работе 12 из 13 робот-ассистированных операций выполнены в объеме обширных резекций (включая 7 правосторонних гемигепатэктомий), в том числе с удалением хвостатой доли у 11 пациентов. Сопоставимость групп по объему хирургического лечения послужила основанием для корректного сравнения и обоснованных выводов. В отличие от опыта обширных резекций, представленного в предыдущих публикациях, анализируемая серия операций не выявила ухудшения результатов лечения в группе робот-ассистированных резекций.

Обсуждая технические аспекты операции, необходимо отметить ряд преимуществ роботического комплекса перед традиционной лапароскопией, касающихся сложных манипуляций

в ограниченном пространстве. Указанные преимущества сложно выразить и оценить в цифровом эквиваленте, но косвенным отражением этой ситуации является отсутствие отличий в частоте осложнений по сравнению с открытыми операциями.

Недостатками исследования были малая численность основной группы и ретроспективный характер исследования.

● Заключение

Текущий этап освоения робот-ассистированных резекций в гепатобилиарной хирургии позволяет сделать предположение, что эти технологии можно считать оправданными в лечении селективных пациентов с воротной холангиокарциномой. Необходимым условием для этого является организация помощи в специализированных отделениях хирургической гепатологии с большим потоком пациентов, располагающих достаточным опытом традиционного радикального хирургического лечения при этом заболевании, экспертным уровнем минимально инвазив-

ной хирургии. Выводы являются предварительными, требуется дальнейшее накопление опыта. Перспектива расширения показаний к применению робот-ассистированных операций связана в том числе с улучшением эргономики роботических манипуляторов.

Участие авторов

Ефанов М.Г. — концепция и дизайн исследования, редактирование.

Алиханов Р.Б. — ответственность за целостность всех частей статьи.

Казаков И.В. — сбор и обработка материала.

Ванькович А.Н. — сбор и обработка материала.

Мелехина О.В. — сбор и обработка материала.

Кулезнева Ю.В. — утверждение окончательного варианта статьи.

Елизарова Н.И. — статистическая обработка данных, написание текста.

Королева А.А. — сбор и обработка материала.

Коваленко Д.Е. — сбор и обработка материала.

Цвиркун В.В. — утверждение окончательного варианта статьи.

● Background

Radical surgery for perihilar cholangiocarcinoma (PHCC) remains one of the most challenging fields in abdominal surgery, associated with the highest risk of severe and fatal complications. An incomplete list of factors that determine the complexity of surgery for PHCC is the multistage treatment, proximity of the tumor to the large hepatic vessels, the resistant microbial associations at the pre-resection stage in the majority of patients, the need for complex biliary reconstruction after resection of the locally advanced tumor, the risk of developing liver failure after major resection, etc. In this regard, the implementation of minimally invasive resection for PHCC seems far from being realized as regular clinical practice. Indeed, the use of minimally invasive liver resection without bile duct resection and reconstruction as a standard option for liver tumors may be considered only for a high-volume specialized hepatobiliary surgery center expertized in open and laparoscopic surgery. According to expert's recommendations and the current clinical practice, the laparoscopic approach can be recommended as a routine approach only for resections of lateral and anterior liver segments [1]. Major resection and difficult-to-reach segments resection remain not been standardized and should be restricted for specialized centers. It is noteworthy that cholangiocarcinoma was not a subject of discussion by experts, with the exception of the use of the laparoscopic approach in resection of 4, 5 segments for gallbladder cancer. In this regard, minimally invasive surgery for PHCC is currently at the initial stages

of mastering the technique (idea, development) according to the IDEAL paradigm for evaluation of surgical innovation. Therefore, it is needless to mention that a restricted number of centers have the experience of laparoscopic and robot-assisted resection for PHCC, and the total number of all procedures does not exceed several dozen.

According to international consensuses, the robot-assisted approach has no proven advantages over conventional laparoscopy in liver resection [1]. Since one of the main advantages of the robotic complex is the great freedom of movement of instruments in a confined space, this advantage can be realized in the reconstructive stage of the operation. This kind of benefits from robotics application has not been yet evaluated in hepatobiliary surgery.

The aim of this study was to compare the immediate outcomes of the robot-assisted and open liver and bile duct resections for PHCC based on the single HPB center initial experience.

● Material and methods

The current series was analyzed in a retrospective single-center observational comparative study. The control group included patients treated for PHCC by traditional open surgery from October 2013 to December 2018. Robot-assisted resection was performed from March 2014 to December 2018.

Examination and perioperative management of patients consisted of the following stages. All patients with suspected PHCC underwent CT before biliary drainage. Biliary decompression was performed by

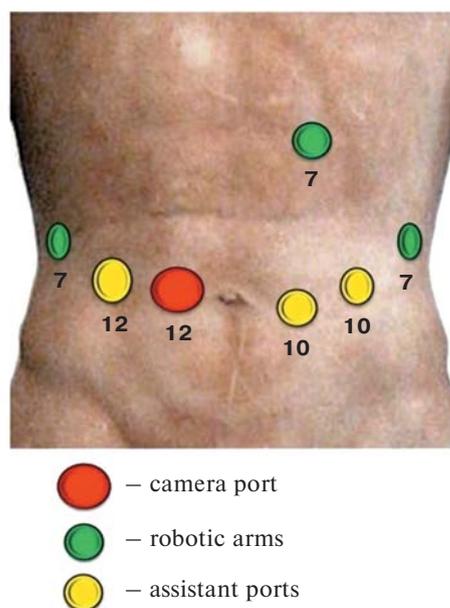


Figure. Trocars position.

means of percutaneous transhepatic biliary drainage (PTBD). External-internal suprapapillary drainage was considered the target drainage option. PTBD was also performed in the presence of cholangitis. Drainage of the removed part of the liver was performed in the case of inadequately resolving jaundice and cholangitis. Major liver resection was considered only if the volume of the future liver remnant (FLR) was not less than 40%. Otherwise, surgical methods were used for hypertrophy of the FLR: portal venous embolization (PVE) and a modified version of ALPPS (PRALPPS). Detailed information on the advantages and disadvantages of the embolization methods is presented in our previous publication [2]. In the lack of hypertrophy of the FLR in patients without major vascular tumor invasion, one of the variants of the partial liver resection was performed (such as Taj Mahal, etc.).

During the current study period, the management was changed given the high morbidity associated with cholangitis. The radical surgery is not considered until the complete resolution of the clinical and laboratory signs of cholangitis [3].

A robotic approach was contraindicated for the treatment of a locally advanced tumor with major vascular involvement requiring vascular reconstruction and extended resection of the bile duct followed by multihepaticojejunostomy. The robotic procedure has not been considered in patients with the presence of background diseases that exclude the possibility of a laparoscopic operation, especially time-consuming. The standard type of liver resection with the robotic approach included major liver resection and caudate lobectomy. Caudate lobectomy was not performed if this led to a decrease in the volume of the FLR of less than 40% after PVE, as well as in the presence of other risk factors (cholangitis in the pre-

operative period, severe jaundice, etc.). The indication for isolated resection of the bile ducts was a local tumor, type I according to Bismuth-Corlette, without vascular invasion and the lymph nodes metastasis. The patient was treated in the supine position with the head end of the table raised to 30°. The port's position is presented in Fig. 1. This scheme was used for right and left hepatectomy. The port position might be changed taking into account the morphometric parameters of the patient. The robotic resection was performed as a pure laparoscopic procedure without the use of a hand-assisted technique. The hybrid technique was used in case of difficulties with moving the loop of jejunum to the liver hilum when a 10 cm middle incision was used for the extraction of a specimen and Roux-and-Y jejunostomy. After middle incision closing, hepaticojejunostomy was performed with the robotic approach. During robotic resection, lymphadenectomy was performed in the same standard extension as for open procedures and included removal of nodes 8a, p; 12 a, b, c, p, and 13a groups according to the nomenclature of the Japanese Pancreatological Society [4].

● Statistical analysis

Continuous data presented as median values were compared using the Mann–Whitney U test. Two-tailed Fisher's Exact Test was used for comparing categorical variables. A P-value of less than 0.05 was considered statistically significant. SPSS version 23.0 (IBM SPSS, Inc., Chicago, IL) software package was applied for data analysis.

● Results

At the time of publication, more than 130 patients underwent resection for PHCC. During the analyzed period, 101 patients were operated. The diagnosis of PHCC was confirmed by pathological examination in 98 (98%) of patients. Robot-assisted resection was performed in 13 patients. The pathological confirmation was obtained in 10 patients after robotic procedure. In other patients, the benign biliary stricture (2) and a gallbladder sarcoma (1) were found. The analysis of immediate surgical outcomes included data from all 13 patients since the technology of procedure was the same. The perioperative oncological parameters were evaluated in 10 patients. The demographic data of patients in the compared groups are presented in Table 1. The difference was found only in the assessment of physical status according to the American Society of Anesthesia (ASA) scale, which was more favorable in the group of robot-assisted resections. In 10 patients with a confirmed histological diagnosis of PHCC, the distribution by tumor type according to the Bismuth-Corlette classification was as follows: I - 1, II - 1, IIIa - 4, IIIb - 3, 4 - 1. In three patients with other diagnoses, the level of biliary obstruction corresponded to type II (1) and IIIb (2). Major liver resections were performed in 12 patients,

Table 1. Demographic data

Parameters	Type of approach		P
	robotic	open	
Age	61 (43–79)	61 (35–80)	0.879
Gender (m/f)	6/7	47/41	0.625
BMI	27 (20–32)	25 (16–35)	0.096
ASA	3 (2–4)	4 (3–4)	0.049
TNM stage (I–II/III–IV)	4/7	17/70	0.200

Table 2. Perioperative parameters

Parameters	Type of approach		P
	robotic	open	
Extended or right hepatectomy	7/6	28/60	0.119
Blood loss (mL)	392 (50–950)	561 (50–5000)	0.247
Time of operation (min)	727 (490–985)	542 (40–835)	<0.001
Major morbidity (>II, Clavien–Dindo)	10 (77)	69 (78)	0.096
Mortality	1 (8)	15 (17)	0.255
Hospital stay, day	22 (11–37)	26 (3–101)	0.723

including right hepatectomy in seven patients. Caudate lobectomy was performed in 11 patients. The hybrid technique described above was used in two patients. The conversion was performed in two patients due to vascular invasion, which required portal vein resection and reconstruction. R0 resection was performed in nine patients with PHCC. In one patient, postoperative pathologic examination of the portal vein section revealed adenocarcinoma complexes (R1). The mean number of removed lymph nodes was 9 (4–20). Intra- and postoperative outcomes are presented in Table 2. The significant difference was found only in the duration of the procedure, which was longer for robot-assisted resections. In the robotic group, the in-hospital death was observed in one patient, 79 years old, who underwent right hepatectomy and caudate lobectomy with the volume of the FLR of 41%. In the preoperative period, long-term biliary drainage was required due to severe obstructive jaundice (more than 600 $\mu\text{mol/l}$). The postoperative period was complicated by ascitic syndrome refractory to conservative therapy. The death occurred from ascitic fluid infection followed by hepatic and multiple organ failures without signs of anastomotic leakage or cholangitis.

● Discussion

Robot-assisted liver resections have entered the practice of surgical hepatology departments specialized in minimally invasive surgery since 2002. Despite a number of obvious advantages of the robotic complex, the accumulation of experience in robot-assisted liver resections proceeded slower than that for laparoscopic resections due to objective reasons related primarily to the high cost of equipment. According to a meta-analysis, published in 2015, very few centers in the world were specialized in robotic

liver surgery with a limited number of resections on highly selected patients. The technique of robotic resection had not been standardized and most of these centers hardly had gone through the learning curve [5]. Three consensuses on laparoscopic liver surgery did not find any advantages of the robotic approach over conventional laparoscopy in liver resections [6].

In this regard, it seems logical to search for areas in HPB surgery, where the advantages of the robotic complex would be obvious. The benefits of robotic technology can be expected in reconstructive surgery, which is an intrinsic part of PHCC treatment. The radical procedure for perihilar biliary cancer includes several technically challenging stages as mobilization and removal of the caudate lobe, dissection of the elements of the hepatic hilum, complex lymphadenectomy, and finally biliary reconstruction with two or more ducts, often of tiny diameter. Nevertheless, over the past 10 years after the first publication on a robotic complex application in the radical treatment of PHCC, world experience has been slowly accumulating [7]. In addition to the complex surgery, the development in this field is hindered by the lack of comprehension of how far the minimally invasive surgery may be applied in the treatment of cholangiocarcinomas. In some countries, the laparoscopic approach is not allowed to be used in cholangiocarcinomas surgery.

In a review published in 2018 included eight original publications for laparoscopic procedures outcomes and four articles evaluating the experience of robot-assisted resections [8]. The total number of laparoscopic and robot-assisted resections was 32 and 51, respectively. In the review, published in 2018, the authors drew attention to a lack or a limited number of major liver resection [9]. This is a significant

limitation for comparing minimally invasive and open surgery. In the largest series of Liu, which included 39 patients, major liver resection was performed in only three patients (left hepatectomy) with one conversion. Biliary reconstruction was performed in only 19 patients, and this number did not include patients with major liver resections [9].

The recent review, published in 2019, included 82 patients treated for PHCC with minimally invasive resection [10]. As in the previous review, all large series were represented mainly by patients who underwent resection of the extrahepatic bile ducts with a few cases of major liver resection. One of the largest series which were not analyzed in the previous review included 36 patients with only three cases of left hepatectomy [11].

To date, there is the only published comparative study of open and minimally invasive resections, which included 10 major robot-assisted liver resections with caudate lobectomy and 32 similar open procedures. The authors found the worst immediate and long-term outcomes after robot-assisted surgery [12].

The authors of the two reviews mentioned above concluded that minimally invasive surgery for PHCC is currently in its infancy. Preliminary results indicate the technical feasibility of using minimally invasive technologies in the radical treatment of PHCC. Many published series revealed a lower incidence of complications compared to the known data from open surgery, as well as a tendency towards a reduction in the length of hospital stay. Nevertheless, these findings are not evidence-based due to the lack of comparative studies and large heterogeneity of published series.

The most cited shortcomings of the robotic platform are the high cost of equipment and the bulkiness of robotic manipulators, which often conflict with each other, both outside and inside the abdominal cavity. Despite the great freedom of movement of the working part of robotic instruments, robotic manipulators have certain inertia in movement. When changing anatomical regions, bulky instruments create serious interference. In this regard, some of the authors believe that the present version of the robotic complex does not fully meet the necessary requirements and further development in this field is possible after the technical improvement of the equipment [8, 12].

It should be noted, that the series of laparoscopic resections also had limitations. The case number in the majority of published series did not exceed five. The largest series of 14 patients included cases of only

type I, II according to Bismuth-Corlette classification. None of the patients underwent major liver resection and caudate lobectomy. Only six patients were treated with partial liver resection [13].

In the relatively small current series, 12 of 13 patients underwent major liver resection (seven right hepatectomy) with caudate lobectomy in 11 cases. This served as the basis for a correct comparison with open resections and a reasonable conclusion. Unlike the experience of robotic major liver resections presented in previous publications, the analysis of the current series did not reveal inferior outcomes in the robotic group.

Considering the technical aspects of the operation, it is necessary to note a number of advantages of a robotic complex over traditional laparoscopy in terms of complex manipulations in a confined space. These benefits are difficult to quantify, but an indirect reflection of the robotic approach advantages is the lack of differences in major morbidity when compared to open surgery.

The shortcomings of the current study were the small number of patients in the robotic group and the retrospective design of the study

● Conclusion

The current stage of development of robot-assisted resections in hepatobiliary surgery suggests that these technologies can be justified for the treatment of highly selective patients with PHCC in high-volume specialized HPB departments that are expertized in minimally invasive surgery. These conclusions are preliminary and require the accumulation of further experience. The possibility to expand the indications for the robotic approach depends on, among other items, improving the ergonomics of robotic arms.

Authors participation

Efanov M.G. — concept and design of the study, editing.

Alikhanov R.B. — responsibility for the integrity of all parts of the article.

Kazakov I.V. — collection and analysis of data.

Vankovich A.N. — collection and analysis of data.

Melekhina O.V. — collection and analysis of data.

Kulezneva Y.V. — approval of the final version of the article.

Elizarova N.I. — statistical analysis, writing text.

Koroleva A.A. — collection and analysis of data.

Kovalenko D.E. — collection and analysis of data.

Tsvirkun V.V. — approval of the final version of the article.

● Список литературы [References]

1. Abu Hilal M., Aldrighetti L., Dagher I., Edwin B., Troisi R.I., Alikhanov R., Aroori S., Belli G., Besselink M., Briceno J., Gayet B., D'Hondt M., Lesurtel M., Menon K., Lodge P., Rotellar F., Santoyo J., Scatton O., Soubrane O., Sutcliffe R., Van Dam R., White S., Halls M.C., Cipriani F., Van der Poel M., Ciria R., Barkhatov L., Gomez-Luque Y., Ocana-Garcia S., Cook A., Buell J., Clavien P.A., Dervenis C., Fusai G., Geller D., Lang H., Primrose J., Taylor M., Van Gulik T., Wakabayashi G., Asbun H., Cherqui D. The Southampton Consensus Guidelines for laparoscopic liver surgery: from indication to implementation. *Ann. Surg.* 2018; 268 (1): 11–18. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002524>.
2. Melekhina O., Efanov M., Alikhanov R., Tsvirkun V., Kulezneva Y., Kazakov I., Vankovich A., Koroleva A., Khatkov I. Percutaneous radiofrequency-assisted liver partition versus portal vein embolization before hepatectomy for perihilar cholangiocarcinoma. *BJS Open.* 2020; 4 (1): 101–108. <https://doi.org/10.1002/bjs5.50225>
3. Efanov M., Alikhanov R., Zamanov E., Melekhina O., Kulezneva Y., Kazakov I., Vankovich A., Koroleva A., Tsvirkun V. Combining E-PASS model and disease specific risk factors to predict severe morbidity after liver and bile duct resection for perihilar cholangiocarcinoma. *HPB (Oxford).* 2020; S1365-182X(20)31101-1. <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2020.07.009>
4. Tol J.A., Gouma D.J., Bassi C., Dervenis C., Montorsi M., Adham M., Andrén-Sandberg A., Asbun H.J., Bockhorn M., Büchler M.W., Conlon K.C., Fernández-Cruz L., Fingerhut A., Friess H., Hartwig W., Izbicki J.R., Lillemoe K.D., Milicevic M.N., Neoptolemos J.P., Shrikhande S.V., Vollmer C.M., Yeo C.J., Charnley R.M.; International Study Group on Pancreatic Surgery. Definition of a standard lymphadenectomy in surgery for pancreatic ductal adenocarcinoma: a consensus statement by the International Study Group on Pancreatic Surgery (ISGPS). *Surgery.* 2014; 156 (3): 591–600. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2014.06.016>.
5. Montalti R., Berardi G., Patrìti A., Vivarelli M., Troisi R.I. Outcomes of robotic vs laparoscopic hepatectomy: a systematic review and meta-analysis. *World J. Gastroenterol.* 2015; 21 (27): 8441–8451. Published online 2015 Jul 21. <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i27.8441>
6. Liu R., Wakabayashi G., Kim H.J., Choi G.H., Yiengpruksawan A., Fong Y., He J., Boggi U., Troisi R.I., Efanov M., Azoulay D., Panaro F., Pessaux P., Wang X.Y., Zhu J.Y., Zhang S.G., Sun C.D., Wu Z., Tao K.S., Yang K.H., Fan J., Chen X.P. International consensus statement on robotic hepatectomy surgery in 2018. *World J. Gastroenterol.* 2019; 25 (12): 1432–1444. <https://doi.org/10.3748/wjg.v25.i12.1432>
7. Giulianotti P.C., Sbrana F., Bianco F.M., Addeo P. Robot-assisted laparoscopic extended right hepatectomy with biliary reconstruction. *J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A.* 2010; 20 (2): 159–163. <https://doi.org/10.1089/lap.2009.0383>.
8. Hu H.J., Wu Z.R., Jin Y.W., Ma W.J., Yang Q., Wang J.K., Liu F., Li F.Y. Minimally invasive surgery for hilar cholangiocarcinoma: state of art and future perspectives. *ANZ J. Surg.* 2019; 89 (5): 476–480. <https://doi.org/10.1111/ans.14765>.
9. Liu Q.D., Chen J.Z., Xu X.Y., Zhang T., Zhou N.X. Incidence of port-site metastasis after undergoing robotic surgery for biliary malignancies. *World J. Gastroenterol.* 2012; 18 (40): 5695–5701. <https://doi.org/10.3748/wjg.v18.i40.5695>.
10. Franken L.C., van der Poel M.J., Latenstein A.E.J., Zwart M.J., Roos E., Busch O.R., Besselink M.G., van Gulik T.M. Minimally invasive surgery for perihilar cholangiocarcinoma: a systematic review. *J. Robot. Surg.* 2019; 13 (6): 717–727. <https://doi.org/10.1007/s11701-019-00964-9>
11. Chen D., Zhu A., Zhang Z. Total laparoscopic roux-en-Y cholangiojejunostomy for the treatment of biliary disease. *JSLs.* 2013; 17 (2): 178–187. <https://doi.org/10.4293/108680813X13654754535232>
12. Xu Y., Wang H., Ji W., Tang M., Li H., Leng J., Meng X., Dong J. Robotic radical resection for hilar cholangiocarcinoma: perioperative and long-term outcomes of an initial series. *Surg. Endosc.* 2016; 30 (7): 3060–3070. <https://doi.org/10.1007/s00464-016-4925-7>
13. Yu H., Wu S.D., Chen D.X., Zhu G. Laparoscopic resection of Bismuth type I and II hilar cholangiocarcinoma: an audit of 14 cases from two institutions. *Dig. Surg.* 2011; 28 (1): 44–49. <https://doi.org/10.1159/000322398>

Сведения об авторах [Authors info]

Ефанов Михаил Германович — доктор мед. наук, руководитель отдела гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0003-0738-7642>. E-mail: m.efanov@mknc.ru

Алиханов Руслан Богданович — канд. мед. наук, заведующий отделением гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0002-8602-514X>. E-mail: r.alikhanov@mknc.ru

Казakov Иван Вячеславович — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0001-7211-8313>. E-mail: i.kazakov@mknc.ru

Ванькович Андрей Николаевич — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0001-6240-1588>. E-mail: a.vankovich@mknc.ru

Мелехина Ольга Вячеславовна — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела лучевых методов диагностики и лечения ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <http://orcid.org/0000-0002-3280-8667>. E-mail: melekhina530@gmail.com

Кулезнева Юлия Валерьевна — доктор мед. наук, профессор, заведующая отделом лучевых методов диагностики и лечения ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <http://orcid.org/0000-0001-5592-839X>. E-mail: kulezniova@yandex.ru

Елизарова Наталья Ивановна — научный сотрудник отделения гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0003-3527-6878>. E-mail: n.elizarova@mknc.ru

Королева Анна Александровна — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отделения гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0001-6623-326X>. E-mail: a.koroleva@mknc.ru

Коваленко Дмитрий Евгеньевич – научный сотрудник отделения гепатопанкреатобилиарной хирургии ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0002-9234-8041>. E-mail: d.kovalenko@mknc.ru

Цвиркун Виктор Викторович – доктор мед. наук, профессор, главный научный сотрудник ГБУЗ МКНЦ им. А.С. Логинова ДЗМ. <https://orcid.org/0000-0001-5169-2199>. E-mail: v.tsvirkun@mknc.ru

Для корреспонденции *: Ефанов Михаил Германович – 11123, Москва, шоссе Энтузиастов, д. 86, Российская Федерация. Тел.: 8-916-105-88-30. E-mail: m.efanov@mknc.ru

Mikhail G. Efanov – Doct. of Sci. (Med.), Head of the Department of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-0738-7642>. E-mail: m.efanov@mknc.ru

Ruslan B. Alikhanov – Cand. of Sci. (Med.), Head of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-8602-514X>. E-mail: r.alikhanov@mknc.ru

Ivan V. Kazakov – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-7211-8313>. E-mail: i.kazakov@mknc.ru

Andrey N. Vankovich – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6240-1588>. E-mail: a.vankovich@mknc.ru

Olga V. Melekhina – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Department of Interventional Radiology, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <http://orcid.org/0000-0002-3280-8667>. E-mail: o.melekhina@mknc.ru

Yulia V. Kulezneva – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Interventional Radiology, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <http://orcid.org/0000-0001-5592-839X>. E-mail: kulezniova@yandex.ru

Natalia I. Elizarova – Researcher of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0003-3527-6878>. E-mail: n.elizarova@mknc.ru

Anna A. Koroleva – Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-6623-326X>. E-mail: a.koroleva@mknc.ru

Dmitry E. Kovalenko – Researcher of the Division of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0002-9234-8041>. E-mail: d.kovalenko@mknc.ru

Victor V. Tsvirkun – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Chief Researcher, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Department of Health of Moscow. <https://orcid.org/0000-0001-5169-2199>. E-mail: v.tsvirkun@mknc.ru

For correspondence *: Mikhail G. Efanov – Department of Hepatopancreatobiliary Surgery, Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Shosse Entuziastov, 86, Moscow, 11123, Russian Federation. Phone: +7-916-105-88-30. E-mail: m.efanov@mknc.ru

Статья поступила в редакцию журнала 30.08.2020.
Received 30 August 2020.

Принята к публикации 29.09.2020.
Accepted for publication 29 September 2020.