

Рохоев М.А., Шароев Т.А.

МЕТОД ВОДОСТРУЙНОЙ ДИССЕКЦИИ ПРИ ОПЕРАЦИЯХ ПО ПОВОДУ СОЛИДНЫХ ОПУХОЛЕЙ У ДЕТЕЙ

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям имени В.Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения города Москвы»

Magomed A. Rokhoyev, Timur A. Sharoyev

WATER-JET DISSECTION METHOD IN SURGERIES FOR SOLID TUMOURS IN CHILDREN

St.Luka's Clinical Research Center for Children, Moscow

Резюме

Научный обзор посвящен изучению применения метода водоструйной диссекции в онкохирургии, который основывается на данных мировой литературы и собственных исследований. Этот хирургический метод диссекции у детей достаточно новый, мало известен широкому кругу читателей Российской Федерации. Авторы осветили разносторонние аспекты применения метода водоструйной диссекции.

Ключевые слова: водоструйная диссекция, дети, хирургия

Abstract

The scientific review is devoted to the study of the water-jet dissection in oncological surgery based on the data of world literature and studies proper. The surgical dissection method in children is rather new and is relatively unknown among a wide range of readers in the Russian Federation.

Key words: water-jet dissection, children, surgery

Введение

Поиск более совершенного и эффективного метода разделения тканей непрерывно продолжается. Современная онкохирургия базируется, с одной стороны, на выполнении максимально органосохраняющих операций, в том числе с применением малоинвазивных методик, а с другой стороны, на расширении объемов оперативных вмешательств с целью повышения их радикальности, особенно при злокачественных новообразованиях. Любая хирургическая операция теснейшим образом связана с разделением тканей, являющимся наиболее травматичным этапом. Несмотря на накопленный опыт выполнения этих операций, стандартизацию и совершенствование техники резекции, летальность остается достаточно высокой, составляя 4–20% [1, 2], что зачастую обусловлено значительной интраоперационной кровопотерей и развитием послеоперационных осложнений. Хирургическая техника является важным фактором, предупреждающим

интра- и послеоперационные осложнения [3]. Создание и внедрение в практику новых технологий разделения тканей, удовлетворяющих современным требованиям хирургии (простота применения, быстрота, минимальная травматизация тканей, сокращение кровопотери), являются важным направлением совместной деятельности инженеров и врачей.

История вопроса

Применение высокочастотного тока в начале 20-х гг. XX века открыло эпоху электрохирургии, изменившей представление хирургов о скальпеле [4], помимо возможности гладко пересекать ткани, обеспечивая дополнительно и гемостаз. Эволюция и развитие высоких технологий привели к внедрению в хирургическую практику лазерного луча для рассечения тканей. Первые научные работы на эту тему появились в начале 60-х годов [5]. В это время был создан источник лазерного излучения, а чуть позже было

установлено, что лазерные лучи с разной длиной волны неодинаково поглощаются тканями, обеспечивая разное качество рассечения [6, 7].

Безусловно, многие оперативные вмешательства можно выполнять, применяя стандартный набор инструментов (скальпель, ножницы, зажимы, шовный материал, высокочастотный коагулятор), однако развитие хирургии выдвигает новые требования к хирургическому оборудованию. Особенно это заметно в хирургии паренхиматозных органов (печени, почек). В связи со структурными особенностями названных органов, имеющих богатую сосудистую архитектуру, рассечение паренхимы нередко сопровождается обильным кровотечением [8]. Известный факт, что минутный кровоток через печень составляет около 1500 мл (практически 1/3 общего объема крови в организме человека), поэтому выполнение таких больших операций, как резекция печени, возможно только в том случае, когда удастся адекватно контролировать интраоперационную кровопотерю и обеспечивать гемостаз [9]. Одним из традиционных методов контроля кровопотери является блокирование кровотока при помощи пережатия сосудистой ножки [10]. Кроме того, пережатие сосудистой ножки добавляет временные ограничения на хирургов [11, 12]. Таким образом, основными проблемами, требующими решения, для хирурга являются:

- предупреждение развития, а также остановка уже возникшего интраоперационного кровотечения;
- ишемия органа;
- создание герметизма в резецированном органе [13].

Особенности строения паренхиматозных органов обуславливают трудности, возникающие при резекции. Так как чрезмерное кровоизлияние и последующее переливание крови тесно связаны с повышением периоперационной заболеваемости и смертности, технические инновации в основном сосредоточены на сведении к минимуму потери крови [14]. Решить эти проблемы можно несколькими путями:

- уделить основное внимание вопросам гемостаза (лигирование, прошивание, электрокоагуляция, клеевые субстанции и т.д.), не придавая особого значения технике диссекции;
- использовать оборудование, позволяющее одновременно рассекать ткани и осуществлять

гемостаз; такими свойствами обладают, например, ультразвуковой и лазерный скальпели;

- применить технику диссекции, позволяющую селективно выделять трубчатые структуры из паренхимы до момента разделения, а затем прецизионно их клипировать или лигировать и пересекать, при необходимости дополняя ее различными методиками достижения окончательного гемостаза раневой поверхности.

Выбор метода диссекции во многом определяет степень травматизации и соответственно объем кровопотери, продолжительность операции и частоту осложнений.

Все способы диссекции, в зависимости от используемого метода, можно разделить на две группы:

- позволяющие производить только диссекцию;
- обеспечивающие рассечение ткани с одновременным гемостазом раневой поверхности резецированного органа.

Рассмотрим варианты выполнения диссекции на примере хирургии печени.

1. Методы, позволяющие рассекать и коагулировать ткани

Существует ряд приборов, позволяющих одновременно рассекать ткани и коагулировать сосуды, что, на первый взгляд, решает сразу две проблемы: проблему диссекции и гемостаза раневой поверхности органа [15]. К группе этих приборов можно отнести различные модификации электроножей, ультразвуковой, лазерный и плазменный скальпели, аргоновый электрокоагулятор.

2. Методы, позволяющие производить только диссекцию

К этой группе относят:

- дигитоклазия (пальцевая сепарация, техника пальцевого раздавливания);
- сепарация (размощение) инструментом;
- сепарация швом;
- ультразвуковая диссекция (ультразвуковой диссектор);
- аспирационная диссекция (аспирующий скальпель).

Любая методика диссекции не является «идеальной» в отношении обеспечения окончательного гемостаза раневой поверхности. При операциях на паренхиматозных органах значительную часть времени хирурги затрачивают на остановку крово-

течения, возникающего при нарушении целостности сосудов [16, 17], поэтому различные методики диссекции паренхимы сочетают с техническими приемами и методиками, способствующими профилактике или остановке кровотечений [18, 19].

Водоструйная диссекция

Энергия воды является одним из немногих инструментов, способных справиться с требованиями хирургов и адаптироваться к тенденции развития инженерных материалов. Первоначально тонкая водная струя, выбрасываемая под большим давлением, нашла свое применение в промышленности для резки различных материалов (древесина, свинец, алюминий). Так, при давлении 1000 бар (около 1000 атм.), соответствующем 1019 кг/см², скорость водной струи равна 559 км/ч, а при давлении 4000 бар она в 2 раза превышает скорость звука. В этих условиях может быть разрезан практически любой материал [21, 22, 23]. Основные преимущества этой технологии включают в себя отсутствие термического воздействия на поверхность обрабатываемого материала.

Медицина – поле, где эта технология очень мало используется, но обладает большим потенциалом использования. Parachristou и Barters в 1982 г. [24] были первыми, кто описал использование водного потока в медицинской практике. Первое применение в клинической практике метода водоструйной диссекции было в 1980 году, когда этот вид технологии был использован для резки кости при выполнении эндопротезирования [25]. В последнее время эта технология также нашла свое активное применение в медицине. В России прибор, производящий водоструйную диссекцию, получил название «водоструйный диссектор» или «водный скальпель».

Принцип действия водной струи

Водоструйный диссектор создает тончайшую ламинарную водную струю со спирально закрученной поверхностью, выбрасываемую под большим давлением из сопла рабочей рукоятки (аппликатора). При ее воздействии на ткани образуется пространство расширения, в которое поступает жидкость под давлением, обеспечивая тем самым рассечение. Трубочатые структуры (сосуды, желчные протоки) остаются неповрежденными, что дает возможность их прецизионно лигировать или клипировать и пересекать.

Физические основы водоструйной диссекции

Существуют определенные закономерности распределения струи жидкости в воздушной среде. В зависимости от скорости, инерции и величины поверхностного натяжения раствора, процесс распространения струи, глубину проникновения в ткани, а также степень рассеивания можно варьировать. Согласно проведенным исследованиям, в центральной зоне формируется непрерывная и закрученная струя. С увеличением расстояния от сопла непрерывная струя распадается на отдельные капли. Наибольший эффект водная струя оказывает в непрерывной (когерентной) фазе. Поэтому чем больше расстояние от наконечника до разрезаемого ткани, тем меньше режущее действие. Кроме того, чем выше давление и меньше диаметр сопла, тем короче зона непрерывности струи и более выражен, но менее селективен режущий эффект [26].

Водоструйный диссектор в клинической практике

Область применения водоструйного диссектора в клинической практике довольно обширна и широко варьирует: оперативные вмешательства на головном мозге, очистка травматических ран, применение в стоматологии и ортопедии.

Использование Weter Jet позволяет:

- оптимизировать доступ к обрабатываемой области;
- минимизировать кровопотерю и время оперативного вмешательства;
- достигнуть большей точности при выполнении резекций, избегая отеков и ишемизации зоны резекции.

Прямое использование водоструйного скальпеля в хирургии паренхиматозных органов имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с другими методами. Важным достоинством водоструйной диссекции является возможность селективного выделения трубчатых структур. Исследования показали, что использование сопла диаметром 0,1 мм и рабочего давления 30–40 бар обеспечивает достаточную селективность (5–10 изолированных трубчатых структур на см² поверхности) при умеренном расходе рабочего раствора, что позволяет хорошо контролировать зону диссекции. В таких условиях удается сохранить сосуды диаметром более 0,7 мм. Другим важным фактором является глубина проникновения водной струи в ткань печени, которая

также определяется диаметром сопла и давлением: при диаметре сопла 0,1 мм и давлении 40 бар жидкость проникает приблизительно на 8 мм, а при давлении 80 бар – приблизительно на 14 мм. На основании проведенных экспериментов оптимальным для диссекции печеночной паренхимы было признано давление 30–40 бар [15, 27].

После пересечения водоструйным диссектором в подлежащих тканях вдоль кровеносных и лимфатических сосудов происходит формирование вакуолей, обусловленное инъецированием рабочего раствора в паренхиму. Нарушения процессов регенерации не отмечено, образование полноценного рубца обычно заканчивалось к концу 4-й недели [28, 29].

В ходе экспериментальных работ были сформулированы некоторые правила работы с водоструйным диссектором [27]. Важно, чтобы в процессе диссекции наконечник аппликатора находился в непосредственном контакте с органом [30]. В противном случае происходит разбрызгивание рабочего раствора и крови из раны, которые могут попасть на незащищенные части тела хирурга (лицо, глаза). Одним из факторов, затрудняющих работу с водоструйным диссектором, было пенообразование в ране в результате смешивания рабочего раствора, крови и тканевого детрита. Эту проблему удалось решить, обеспечив непрерывное удаление жидкости из раны встроенным отсосом.

Вероятность повреждения органов брюшной полости водной струей невелика, но она все же существует, и об этом необходимо помнить. Так, при давлении 100 бар и диаметре сопла 0,1 мм прицельное воздействие на стенку кишки в течение 6–7 сек с расстояния менее 3 см может вызвать перфорацию, однако на практике такого практически не происходит [27]. Тем не менее следует избегать длительного, обычно случайного, воздействия водной струи на органы брюшной полости.

Исследование эффективности различных методик диссекции паренхимы печени в клинической практике проводили с учетом следующих основных показателей: объем кровопотери во время операции, время диссекции, частота послеоперационных осложнений. Резекция печени, в зависимости от локализации и размера опухоли, выраженности склеротических изменений и ряда других факторов, может варьировать от одного пациента к другому по степени сложности, поэтому при сравнении раз-

личных методик объективизировать результаты позволяют следующие показатели: объем кровопотери, время диссекции, послеоперационные осложнения [31, 32, 33].

Основные экспериментальные и единичные клинические работы, посвященные вопросу применения водоструйной диссекции в клинической практике, относятся к концу 80-х и началу 90-х годов XX века [34, 35]. Первое сообщение о применении водоструйной диссекции в хирургии печени относится к 1982 г. [24]. Наибольший опыт использования метода при выполнении операций на печени накоплен немецкими хирургами [36].

Rau H.G. с соавторами в 2001 г. провел сравнительное исследование клинической эффективности нескольких методик диссекции печени. Всего была выполнена 461 резекция печени, из которых 78 с использованием водоструйного диссектора, 153 – с применением ультразвукового диссектора и 230 – с применением техники раздавливания паренхимы. Автор сравнил в эксперименте методику водоструйной диссекции со схожей по характеру воздействия на ткань печени методикой ультразвуковой диссекции. Было продемонстрировано, что оба метода достаточно селективны, однако водоструйный диссектор обеспечивает более быстрое пересечение тканей печени. Не было выявлено достоверной разницы в уровне аминотрансфераз после операции, косвенно отражающих степень травматизации ткани печени. Объем кровопотери в обеих группах также не различался. Отмечено, что ультразвуковой диссектор обеспечивает лучший визуальный контроль. При изучении гистологических изменений выявлена меньшая степень травматизации паренхимы водоструйным диссектором по сравнению с ультразвуковым [36, 37].

Сравнение частоты послеоперационных осложнений не выявило достоверных различий в группах (см. табл. 1) [38].

С мнением Rau H.G. согласен Nata Y. с соавторами, 1994 г., который отмечает, что диссекция печени водоструйным диссектором примерно в 2 раза быстрее, чем ультразвуковым диссектором [39].

Vollmer SM. с соавторами в 2001 г. сравнил две основные методики диссекции печени с применением технических средств: ультразвуковой диссектор (78 резекций печени) и водоструйный диссектор (51 резекция печени). Полученные результаты во многом сходны для обеих групп (вре-

Таблица 1. Эффективность различных методик диссекции паренхимы печени**Table 1.** Efficiency of different methods of dissection of liver parenchyma

Показатель	Метод диссекции			P
	водоструйный диссектор	ультразвуковой диссектор	раздавливание паренхимы	
Кровопотеря, мл/см* поверхности	17,3	28,7	74,6	<0,001
Время диссекции, мин/см ² поверхности	0,35	0,82	1,28	0,001
Осложнения, %				
Желчные свищи	3,8	5,2	3,0	
Абсцессы брюшной полости	2,6	5,9	3,5	
Летальность (госпитальная)	5,1	2,6	3,1	

Таблица 2. Сводные данные статистического анализа результатов анатомических резекций печени в зависимости от методики выполнения операции**Table 2.** Summary of statistical analysis of the results of anatomical liver resections, depending on the procedure for performing the operation

Показатель	Методика выполнения резекции		p
	Традиционная	Водоструйная диссекция	
Время операции в минутах	386,6 ±133,4	375,6 ±107	>0,05
Средний объем кровопотери в мл	3888,9	1460,5	< 0,05
Медиана кровопотери, мл	2250	700	
Маневр Прингла	10 (55,5%)	7 (16,2%)	

мя операции, послеоперационный койко-день, динамика биохимических изменений) [40]. Проведенное исследование подтвердило данные других авторов, демонстрирующие сокращение кровопотери при использовании водоструйного диссектора и уменьшение объема гемотрансфузии [41].

Savier E. с соавторами в 2002 г. получил другие результаты: он не выявил достоверной разницы между водоструйной и ультразвуковой диссекцией печени по длительности операции и объему кровопотери [42]. Тем не менее все исследователи отметили простоту и удобство водоструйного диссектора в работе и пришли к выводу, что прибор может применяться для выполнения любой резекции печени, независимо от плотности паренхимы.

Ряд авторов провели сравнительное исследование клинической эффективности нескольких методик диссекции печени, выполненных по традиционной методике и с применением водоструйного

диссектора. Сравнительный анализ непосредственных результатов анатомических резекций в зависимости от использования стандартной методики либо с применением водоструйного диссектора и выделением гилссоновых пучков показал отсутствие достоверных различий в продолжительности операции (см. табл. 2) [43].

При анализе влияния техники выполнения анатомических резекций печени на объем интраоперационной кровопотери зафиксировано статистически значимое снижение среднего объема и медианы объема кровопотери в группе больных, оперированных с использованием метода водоструйной диссекции модифицированной. В данной группе пациентов медиана объема кровопотери составила 700 мл по сравнению с 2250 мл в группе резекций, выполненных по стандартной методике. Кроме того, в группе больных, оперированных с применением водоструйной диссекции, удалось

Таблица 3. Резекция печени водоструйным диссектором: лапароскопическая и открытая операция
Table 3. Resection of the liver by a waterjet dissector: laparoscopic and open surgery

Показатель	Лапароскопическая резекция (n=17)	Резекция через лапаротомный доступ (n=17)	P
Время операции, мин	183,5±55,1	128,2±37,0	p<0,05
Объем кровопотери, мл	457,6±343,7	555,9±385,8	NS
Послеоперационный койко-день	7,8±8,2	11,6±12,8	p<0,05

существенно уменьшить частоту использования маневра Прингла по сравнению с контрольной группой пациентов (16,2 и 55,5% соответственно). Эти различия могут быть объяснены оптимальной сосудистой изоляцией резецируемых отделов печени, что позволяет выполнять резекцию в пределах истинных анатомических границ сегмента, сектора или доли. С другой стороны, применение водоструйного диссектора на этапе разделения паренхимы после сосудистой изоляции позволяет улучшить визуализацию сосудистых элементов (в первую очередь – ветвей печеночных вен), уменьшить риск травматизации данных структур и обеспечить их уверенную обработку под контролем зрения.

При использовании водоструйного диссектора у пациентов с онкологическими заболеваниями печени возникает вопрос: не способствует ли водная струя диссеминации опухолевых клеток по брюшной полости, ухудшая тем самым прогноз заболевания? Проведенное проспективное рандомизированное исследование на 2 однородных группах пациентов с метастазами колоректальными метастазами, в одной из которых резекция печени была выполнена с применением водоструйного, а в другой – ультразвукового диссектора, не показало достоверных различий 5-летней выживаемости [15].

Начало активного использования водоструйного диссектора, постоянное стремление хирургов к выполнению «сегменториентированных» резекций печени с интрапаренхиматозной обработкой глиссоновых пучков привели к значительному увеличению числа истинных анатомических резекций [43]. Данные изменения сопряжены не только с отказом от выполнения атипичных резекций печени в пользу «истинных» сегментэктомий, но и с возможностью онкологически оправданной редукции объема резекции печени (например, выполнение по поводу солитарного ме-

тастатического очага диаметром до 6 см на границе $S_{VI} - S_{VII}$ не правосторонней гемигепатэктомии, а анатомической бисегментэктомии $S_{VI} - S_{VII}$) [43].

Сравнение результатов резекции печени с применением водоструйного диссектора, выполненной лапароскопически и через лапаротомный доступ, продемонстрировало сокращение времени операции и послеоперационного койко-дня в первой группе (см. табл. 3). Не было отмечено достоверных различий в длительности операции и объеме кровопотери [44].

Интересным и перспективным направлением применения водного скальпеля является хирургическое лечение паразитарных и непаразитарных кист печени. Метод позволяет «идеально» выделять такие кисты, в том числе и расположенные глубоко в паренхиме [45].

Следует отметить, что все вышеуказанные наблюдения выполнены у взрослых пациентов. Нам не удалось найти работ, посвященных использованию водоструйной диссекции в педиатрической практике, в том числе в детской онкологии. Первое сообщение о применении водоструйной диссекции в хирургии печени у детей было опубликовано в 2011 г. [46]. Шароев Т.А. описывает опыт применения водоструйной хирургии при операциях удаления злокачественных опухолей печени у детей. Операции на печени проведены 9 детям в возрасте от 3 месяцев до 4 лет. У всех больных до операции была диагностирована злокачественная опухоль – гепатобластома. Объем операций включал сегментарные резекции (3 детей), резекцию центральных отделов печени (резекция правой и левой долей – 1), гемигепатэктомии (4) и расширенные гемигепатэктомии (1). Автор указывает на то, что уже первые хирургические вмешательства на печени у детей различного возраста (старшему в группе

было 5 лет), выполненные по поводу злокачественных опухолей, показали перспективность и высокую эффективность метода водоструйной диссекции при резекциях печени различного объема. В процессе отработки режимов водоструйной диссекции кровопотерю во время операций удалось свести к минимуму. Так, у пациента возраста 3 мес при резекции правой доли печени была зарегистрирована кровопотеря в объеме всего 50,0 мл (!) [46]. Исходя из особенностей воздействия водной струи на паренхиму печени, о чем говорилось выше, применение данного метода при операциях на печени у детей младшего возраста, особенно у младенцев, представлялось весьма перспективным.

Нельзя не упомянуть степень внедрения водоструйной диссекции в урологию, где также активно выполняются резекции почек при опухолях, кистах, а также при выполнении операций при раке предстательной железы.

Десять лет спустя после выполнения первой операции с использованием водоструйного диссектора, в 1992 году, Pentshev сообщил о первом опыте использования водоструйного диссектора в резекции почки, выполненной у собаки [47]. Автор приводит следующие преимущества метода:

- отсутствие тепловой травмы по краю резекции;
- выполнение деликатной резекции;
- регулировка давления подаваемой воды в сопле;
- возможность сохранения сосудов, нервов (щадя паренхиму по краю резекции) [47, 48, 49, 50].

Водоструйный диссектор позволяет выполнить с точностью рассечение сосудов почечной паренхимы, тем самым может быть сохранена собирающая система почки. При гистологическом исследовании операционного материала выявляется тонкий слой (1 мм) струпа на месте резекции [51].

В хирургии почек наибольший опыт накоплен китайскими хирургами [52].

Gao Y. с соавт с января 2013 г. по июль 2013 г. выполнили резекции почек при раке у 35 пациентов. Давление воды при резекциях почек равнялось 20–30 бар, что, по мнению авторов, является оптимальным [52].

Средний возраст пациентов составил 52,3 года (диапазон 29–72), а средний размер опухоли 2,3 см (диапазон 0,8–3,8). Средняя продолжительность послеоперационного пребывания в стационаре составила 6,5 дня (диапазон 5–13).

Средние показатели и характеристики хирургических этапов выглядят следующим образом:

- продолжительность операции составляла 113,6 мин. (диапазон 72–202). Время резекции почки $20,6 \pm 6,7$ мин. (14–42);
- кровопотеря составила 149,4 мл (диапазон 30–530).

У четырех пациентов (17,1%) выявлены послеоперационные осложнения, которые в дальнейшем не потребовали оперативного вмешательства. Ни у одного пациента в дальнейшем не выявлен локальный рецидив. Сроки наблюдения в среднем составили 6,32 месяца (диапазон 3–9). Применение водоструйной диссекции позволило автору не выполнять пережатие почечной ножки, что дало возможность оптимизировать сохранение почечной функции [52].

Как и в случаях использования водоструйного диссектора при операциях на печени, так и в случаях вмешательств на почках нам не удалось найти работ, посвященных использованию водоструйной диссекции в педиатрической практике, в том числе в детской онкологии.

Заключение: опыт применения водоструйного диссектора в ходе выполнения анатомических резекций печени и почек позволяет говорить о безопасности и эффективности данной методики [27]. Основным преимуществом водоструйной диссекции является возможность прецизионного отделения паренхимы от сосудистых структур на необходимом протяжении без повреждения последних. С другой стороны, применение водоструйного диссектора на этапе разделения паренхимы позволяет улучшить визуализацию сосудистых элементов, уменьшить риск травматизации данных структур, что потенциально ведет к сокращению объема интраоперационной кровопотери и уменьшению числа послеоперационных осложнений.

Безусловно, на современном этапе развития хирургической техники залогом успешного выполнения обширных анатомических резекций паренхиматозных органов является использование широкого арсенала медицинской аппаратуры: современных генераторов, хирургического инструментария, шовных материалов, анестезиологической аппаратуры. С нашей точки зрения, водоструйные диссекторы могут занять свое место в длинном списке оборудования, применяемого в детской хирургии, и в частности в детской онкологии, и внести свой вклад в улучшение результатов лечения пациентов.

Литература

1. *Elias D.* What are the real indications for hepatectomies in metastases of colorectal origin? / Elias D., Ducreux M., Rougier P., Sabourin J.C., Cavalcanti A., Bonvalot S., Debaene B., Antoun S., Pignon J.P., Lasser P. // *Gastroenterologie clinique et biologique.* 1998. Vol. 22 (12). P. 1048–1055.
2. *Багмет Н.Н.* Метод водоструйной диссекции при выполнении резекции печени / Н.Н. Багмет. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. Москва: [б.н.], 2003. С. 85.
3. *Bagmet N.N.* The method of water jet dissection when performing liver resection / N.N. Bagmet The dissertation author's abstract on competition of a scientific degree of the candidate of medical sciences. Moskva: 2003. P.85. (in Russian)
4. *Miyagawa S.* Criteria for safe hepatic resection / Miyagawa S., Makuuchi M., Kawasaki S., Kakazu T. *The American journal of surgery.* 1995. Vol. 169 (6). P. 589–594. DOI:10.1016/S0002–9610 (99) 80227-X.
5. *Nagelschmidt F.* Lehrbuch der Diathermie: für Ärzte und Studierende / F. Nagelschmidt. Berlin: Springer-Verlag, 2013.
6. *Nagelschmidt F.* Diathermy textbook: for physicians and students / F. Nagelschmidt. Berlin: Springer-Verlag, 2013. (in Germany)
7. *Schawlow A.L.* Optical masers / A.L. Schawlow. *Scientific American.* 1961. Vol. 204. P. 52–61. DOI:10.1103/PhysRev.112.1940.
8. *Hall R.* Incision of tissue by carbon dioxide laser / Hall R., Beach A., Baker E., Morrison P. *Nature.* 1971. Vol. (232). P. 131–132.
9. *Joffe N.S.* The neodymium: YAG laser in general surgery / Joffe N.S. *Contemporary Surgery.* 1985. Vol. 27. P. 17.
10. *Khoder W.Y.* Ex vivo comparison of the tissue effects of six laser wavelengths for potential use in laser supported partial nephrectomy / Khoder W.Y., Zilinger K., Waidelich R., Stief C., Becker A.J., Pangratz T., Henning G., Stroka R. *Journal of biomedical optics.* 2012. Vol. 17 (6). DOI:10.1117/1. JBO.17.6.068005.
11. DOI:10.1117/1. JBO.17.6.068005.
12. *Shalimov A.A.* Surgery of the liver and bile ducts / Shalimov A.A. Health. Kiev: 1993. P. 512.
13. *Bermudez H.* Initial experience in laparoscopic partial nephrectomy for renal tumor with clamping of renal vessels / Bermudez H., Guillonneau B., Gupta R., Rosa J., Cathelineau X., Fromont G., Vallancien G. *Journal of endourology.* 2003. Vol. 17 (6). P. 373–378. DOI: 10.1089/089277903767923146.
14. *Godoy G.* Effect of warm ischemia time during laparoscopic partial nephrectomy on early postoperative glomerular filtration rate / Godoy G., Ramanathan V., Kanofsky J., O'Malley R., Tareen B., Samir S. *The Journal of urology.* 2009. Vol. 181 (6). P. 2438–2445. DOI:10.1016/j.juro.2009.02.026.
15. *Becker F.* Assessing the impact of ischaemia time during partial nephrectomy / Becker F., Van Poppel H., Hakenberg O., Stief C., Gille I., Guazzonif G., Montorsig F., Russoh P., Stöckle M. *European urology.* 2009. Vol. 56 (4). P. 625–635. DOI:10.1016/j.eururo.2009.07.016.
16. *Thomas A.* Zero ischemia laparoscopic partial thulium laser nephrectomy / Thomas A., Smyth L., Hennessey D., O'Kelly F., Moran D., Lynch T. *Journal of Endourology.* 2013. Vol. 27 (11). P. 1366–1370. DOI: 10.1089/end.2012.0527.
17. *Lesurte M.* Open hepatic parenchymal transection using ultrasonic dissection and bipolar coagulation / Lesurte M., Belghiti J. *HPB.* 2008. Vol. 10 (4). P. 265–270. DOI: 10.1080/13651820802167961.
18. *Kockerling F.* Liver surgery. Operative techniques and avoidance of complications / Kockerling F., Schwartz S.I. Heidelberg: J.A. Barth, 2001.
19. *Ашрафов А.А.* Современные методы рассечения паренхимы печени / Ашрафов А.А., Байрамов Н.Ю., Меликова М.Д. *Анналы хирургической гепатологии.* 2000 г: Т. 5. С. 54–60.
20. *Ashrafov A.A.* Modern methods of cutting the liver parenchyma/ Ashrafov A.A., Bayramov N. Yu., Melikova M.D. *Annals of surgical hepatology.* 2000. Т. 5 (2). P. 54–60. (in Russian)
21. *Cerwenka H.* Massive liver haemorrhage and rupture caused by HELLP-syndrome treated by collagen fleeces coated with fibrin glue / Cerwenka H., Bacher H., Werkgartner G., El-Shabrawi A., Mischinger H.J. *The European journal of surgery.* 1998. Vol. 164 (4). P. 709–711. DOI: 10.1080/110241598750005516.
22. *Litvin A.A.* Local hemostasis in surgery of liver and spleen injuries/ Litvin A.A., Tsybulyak G.N. *Surgery.* 2000. Vol. 4. P. 74–76.
23. *Bunyatyanyan A.G.* Effectiveness of the application of the wound coating «Tachokomb» with liver resections. / Bunyatyan A.G. Moscow: The author's abstract on competition of a scientific degree of the candidate of medical sciences. 2002. P. 102.

24. Hloch S. Experimental study of surface topography created by abrasive waterjet cutting / Hloch S., Valiček J., Samardžić I., Kozak D., Mullerova J., Gombar M. *Strojarstvo*. 2007. Vol. 49 (2). P. 303–309. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.383.
25. Botak Z. WaterJet Machining / Botak Z., Kondic Z., Maderic D. *Technical Gazette*. 2009. Vol. 16 (3). P. 97–101.
26. Radvanska A. Abrasive water jet cutting technology risk assessment by means of failure modes and effects analysis method / Radvanska A. *Tehnicki Vjesnik – Technical Gazette*. 2000. Vol. 17 (1). P. 121–128.
27. Valicek J. Surface geometric parameters proposal for the advanced control of abrasive waterjet technology / Valicek J., Hloch S., Kozak D. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2009. Vol. 41 (3-4). P. 323–328. DOI 10.1007/s00170-008-1489-2.
28. Papachristou D.N. Resection of the liver with a water jet / Papachristou D.N., Barters R.R. *British Journal of Surgery*. 1982. Vol. 69 (2). P. 93–94. DOI: 10.1002/bjs.1800690212.
29. Honl M. Water jet cutting of bone and bone cement. A study of the possibilities and limitations of a new technique / Honl M., Rentzsch R., Lampe F., Müller V., Dierk O., Hille E., Louis H., Morlock M. *Biomedizinische Technik*. 2000. Vol. 45. P. 222–227. DOI: 10.1515/bmte.2000.45.9.222.
30. Hreha P. Water jet technology used in medicine / Hreha P., Hloch S., Magurová D., Kozak D., Rakin M. *Technical Gazette*. 2010. Vol. 17 (2). P. 237–240.
31. Rau H.G. The use of water-jet dissection in open and laparoscopic liver resection / Rau H.G., Duessel A.P., Wurzbacher S. *HPB*. 2008. Vol. 10 (4). P. 275–280. DOI: 10.1080/13651820802167706.
32. Bulynin V.I. Inkjet dissection of tissues in liver surgery / Bulynin V.I., Parkhisenko Yu.A., Glukhov A.A., Smolyarov B.V., Rogachev V.T. *Surgery*. 1996. Vol. 2. P. 108–109.
33. Schurr M.O. Histologic effects of different technologies for dissection in endoscopic surgery: Nd: YAG laser, high frequency and water-jet / Schurr M.O., Wehrmann M., Kunert W., Melzer A., Lirici M.M., Trapp R., Kanehira E., Buess G. *Endoscopic surgery and allied technologies*. 1993. Vol. 2 (3-4). P. 195–201.
34. Dubcenco E. Feasibility and safety of adhesiolysis using transgastric NOTES approach: a pilot survival study in a porcine model / Dubcenco E., Grantcharov T., Streutker C., Jiang D., Baxter N., Baker J. *Surgical innovation*. 2011. Vol. 18 (2). P. 106–113. DOI:10.1177/1553350610392065.
35. Thompson C.C. Evaluation of a manually driven, multitasking platform for complex endoluminal and natural orifice transluminal endoscopic surgery applications (with video) / Thompson C.C., Ryou M., Soper N.J., Hungess E.S., Rothstein R.I., Swanstrom L.L. *Gastrointestinal endoscopy*. 2009. Vol. 70 (1). P. 121–125. DOI: 10.1177/1553350610392065.
36. Machado M.A. Intrahepatic Glissonian approach for laparoscopic right segmental liver resections / Machado M.A., Makdissi F.F., Galvão F.H., Machado M.C. *The American Journal of Surgery*. 2008. Vol. 196 (4). P. e38 – e42. DOI:10.1016/j.amjsurg.2007.10.027.
37. Yoon Y.S. Total laparoscopic liver resection for hepatocellular carcinoma located in all segments of the liver / Yoon Y.S., Han H.S., Cho J.Y., Ahn K.S. *Surgical endoscopy*. 2010. Vol. 24 (7). P. 1630–1637. DOI 10.1007/s00464-009-0823-6.
38. Une Y. Liver resection using a water jet / Une Y., Uchino J., Horie T., Sato Y., Ogasawara K., Kakita A., Sano F. *Cancer chemotherapy and pharmacology*. 1989. Vol. 23 (1). P. S74 – S77. DOI:10.1007/BF00647245.
39. Rau H.G. Schneiden mit dem wasserstrahl (Jet-Cutting), eine Alternative zum Ultraschellaspirator / Rau H.G., Arnold H., Schildberg F.W. *Chirurg*. 1990. Vol. 61 (10). P. 735–738.
40. Rau H.G. Surgical techniques in hepatic resections: Ultrasonic aspirator versus Jet-Cutter. A prospective randomized clinical trial / Rau H.G., Wichmann M.W., Schinkel S., Buttler E., Pickelmann S., Schauer R., Schildberg F.W. *Zentralblatt für Chirurgie*. 2001. Vol. 126 (8). P. 586–590. DOI: 10.1055/s-2001-16573.
41. Horie T. Liver resection by water jet / Horie T. *Nihon Geka Gakkai Zasshi*. 1989. Vol. 90 (1). P. 82–92.
42. Rau H.G. A comparison of different techniques for liver resection: blunt dissection, ultrasonic aspirator and jet-cutter / Rau H.G., Schardey H.M., Buttler E., Reuter C., Cohnert T.U., Schildberg F.W. *European Journal of Surgical Oncology*. 1995. Vol. 21 (2). P. 183–187. DOI: 10.1016/S0748-7983 (95) 90435-2.
43. Hata Y. Liver resection in children using water-jet / Hata Y., Sasaki F., Takahashi H., Ohkawa Y., Taguchi K., Une Y., Uchio J. *Journal of pediatric surgery*. 1994. Vol. 29. P. 648–650. DOI: 10.1016/0022-3468 (94) 90732-3.
44. Vollmer C. Reduced Blood Loss using the Hydro-Jet Technique for Hepatic Parenchymal Dissection / Vollmer C., Jr Dixon E., Sahajpal A., Cattral M., Grant D., Taylor B., Gallinger S., Greig P. *Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2003. Vol. 7 (2). P. 283. DOI: 10.1016/S1091-255X (02) 00187-7.

45. *Izumi R.* Hepatic resection using a water jet dissector / Izumi R., Yabushita K., Shimizu K., Yagi M., Yamaguchi A., Konishi K., Nagakawa T., Miyazaki I. *Surgery today*. 1993. Vol. 23 (3). P. 31–35.
46. *Savier E.* Use of a water-jet dissector during hepatectomy / Savier E., Castaing D. *Annales de chirurgie*. 2000. Vol. 125 (4). P. 370–375. DOI: 10.1016/S0003–3944 (00) 00204–2.
47. *Sidorov D.V.* Anatomic liver resections for metastases of colorectal cancer with water jet dissection of the parenchyma: methodological aspects and immediate results / Sidorov D.V., Lozhkin M.V., Grishin N.A., Petrov L.O., Maynovskaya O.A., Chernichenko M.A. A., Vod'ko A.V. *Oncological coloproctology*. 2013. № 1. P. 35–40. DOI:10.17650/2220-3478-2013-0-1-37-42.
48. *Rau H.G.* Laparoscopic liver resection compared with conventional partial hepatectomy – a prospective analysis / Rau H.G., Buttler E., Meyer G., Schardey H.M., Schildberg F.W. *Hepato-gastroenterology*. 1998. Vol. 45 (24). P. 2333–2338.
49. *Kjossev K.* Surgery for Deeply Located Hydatid Cysts of the Liver: A Simple Alternative / Kjossev K., Lossanoff J. *HPB Surgery*. 2000. Vol. 11. P. 307–310. DOI:10.1155/2000/36518.
50. *Sharoev T.A.* Water jet surgery in operations on liver for malignant tumors in child / Sharoev T., Prityko A.G. *Russian bulletin of pediatric surgery, anesthesiology and resuscitation*. 2012. Vol. 2 (4). P. 38–46.
51. *Pentchev R.* Experimental application of the jet scalpel in renal surgery in the dog / Pentchev R., Damyanov C., Kavardjikova V. *Annales d'urologie*. 1992. Vol. 27 (2). P. 84–86.
52. *Hubert J.* Water-jet dissection in renal surgery: experimental study of a new device in the pig / Hubert J., Mourey E., Suty M., Coissard A., Floquet J., Mangin P. *Urological research*. 1996. Vol. 24 (6). P. 355–359.
53. *Corvin S.* Use of hydro-jet cutting for laparoscopic partial nephrectomy in a porcine model / Corvin S., Obernederer R., Adama C., Frimberger D., Zaaka D., Siebelsa M., Hofstetter A. *Urology*. 2001. Vol. 58 (6). P. 1070–1073. DOI:10.1016/S0090–4295 (01) 01447–9.
54. *Shekarriz H.* Hydro-jet assisted laparoscopic partial nephrectomy: initial experience in a porcine model / Shekarriz H., Shekarriz B., Upadhyay J., Burk C., Wood D., Bruch H. *The Journal of urology*. 2000. Vol. 163 (3). P. 1005–1008. DOI:10.1016/S0022–5347 (05) 67872-X.
55. *Moinzadeh A.* Water jet assisted laparoscopic partial nephrectomy without hilar clamping in the calf model / Moinzadeh A., Hasan W., Spaliviero M., Finelli A., Killciler M., Magi-Galluzzi C., El Gabry E., Desai M., Kaouk J., Gill I. *The Journal of urology*. 2005. Vol. 174 (1). P. 317–321. DOI: 10.1097/01.ju.0000161587.95033.c9.
56. *Gao Y.* Hydro-Jet-assisted laparoscopic partial nephrectomy with no renal arterial clamping: a preliminary study in a single center / Gao Y., Chen L., Ning Y., Cui X., Yin L., Chen J. *International urology and nephrology*. 2014. Vol. 46 (7). P. 1289–1293. DOI 10.1007/s11255-014-0670-9.

Принята к печати: 29.11.2017 г. ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ Не указан. КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить. FINANCING SOURCE Not specified. CONFLICT OF INTERESTS Not declared

Авторы

ШАРОЕВ
Тимур Ахмедович

Доктор медицинских наук, профессор, руководитель научного отдела, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям имени В. Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения города Москвы», 119620, г. Москва, ул. Авиаторов, 38. E-mail: timuronco@mail.ru

РОХОЕВ
Магомед Ахмадулаевич

Научный сотрудник отделения онкологии, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям имени В. Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения города Москвы», 119620, г. Москва, ул. Авиаторов, 38. E-mail: Rokhoev@gmail.com