

КОНТАКТНАЯ ЛИТОТРИПСИЯ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ КОНКРЕМЕНТОВ ЖЕЛЧЕВЫВОДЯЩИХ ПРОТОКОВ. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ

Будзинский С. А.^{1,2}, Воробьева Е. А.¹, Федоров Е. Д.^{1,2}, Шаповальянц С. Г^{1,2}

1. Кафедра госпитальной хирургии №2 с научно-исследовательской лабораторией хирургической гастроэнтерологии и эндоскопии ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова» РФ.

2. Городская клиническая больница №31 Департамента здравоохранения г. Москвы РФ.

Stanislav A. Budzinskiy^{1,2}, Elizabeth A. Vorobieva¹, Evgeniy D. Fedorov^{1,2}, Sergey G. Shapovalianz^{1,2}

1. Research and Education Center for Abdominal Surgery and Endoscopy of the Pirogov Russian National Research Medical University; 1, Ostrovityanova str., Moscow, 117997, Russian Federation

2. Moscow City Hospital No. 31 of the Moscow City Health Department; 42, Lobachevsky str., Moscow, 119415, Russian Federation

Key words: ERPC, lithotriptor, large balloon dilation, lithoextraction, cholangioscopy, laser lithotripsy, «difficult» stones of the bile duct.

There is no conflict of interest.

Эндоскопическая папиллосфинктеротомия (ЭПСТ) с последующей литотэкстракцией (ЛЭ) уже на протяжении почти пяти десятилетий является «золотым стандартом» и операцией выбора при лечении пациентов с холедохолитиазом (ХЛ) [1, 2]. Технический успех вмешательства достигается по данным разных авторов в 90 - 98% случаев [3-6]. При этом от 85% до 90% конкрементов может быть извлечено из желчных протоков уже во время первичной процедуры [7-10].

В то же время, такие факторы, как размеры камней свыше 15 мм в поперечнике, а также конкременты неправильной формы, атипичная анатомия перипапиллярной области, наличие структур и ангуляций желчевыводящих протоков, объединяемые понятием «сложный холедохолитиаз», существенно усложняют проведение эндоскопической транспапиллярной ЛЭ. В подобных ситуациях для полноценной санации билиарного тракта требуется применение дополнительных методик, основной из которых на протяжении многих лет являлась внутрипротоковая механическая литотрипсия (МЛТ). Тем не менее, несмотря на широкое внедрение в клиническую практику данного подхода, частота его технического успеха составляет не более 90% [5,6,11,12]. Кроме того, существенным ограничивающим фактором применения МЛТ в лечении «сложного» ХЛ является возможное вклинижение корзинки литотриптора

в область ЭПСТ и терминального отдела холедоха при невозможности проведения дробления камня, возникающее по данным литературы в 5,9% случаев [13, 14].

Помимо механической внутрипротоковой литотрипсии при невозможности одномоментного удаления камней широкое применение в последние два десятилетия нашла методика баллонной дилатации (БД) области ЭПСТ и, гораздо реже, дистанционная ударноволновая литотрипсия (ДУВЛ) с последующим эндоскопическим извлечением фрагментов конкрементов [15, 16, 17]. Данные технические подходы обладают достаточно высокой эффективностью: БД области дозированной ЭПСТ приносит положительный результат в 96% случаев [7], а ДУВЛ – в 84-90% наблюдений [18]. Именно эти высокие показатели позволили включить обе методики в клинические рекомендации ESGE и ASGE, посвященные лечению «сложного» холедохолитиаза [1,19].

Однако, даже применение данных лечебных подходов не позволяет извлечь часть наиболее «сложных» билиарных камней. При этом частота осложнений подобных технических приемов составляет до 5% и до 4.9-13.9% соответственно [7, 20].

Начало широкого внедрения в клиническую практику пероральной транспапиллярной холангиоскопии

(ПТХС) расширило возможности эндоскопической диагностики и лечения группы больных со «сложным» ХЛ за счет возможности проведения прецизионного визуального осмотра билиарного тракта, а также выполнения терапевтических вмешательств под эндоскопическим контролем [21 - 24].

В настоящее время можно выделить следующие основные показания для диагностической ПТХС при наличии у пациентов ХЛ:

1. Проведение первичного и контрольного исследования после литоэкстракции при недостоверности данных холангииографии;
2. Первичная и контрольная ревизия билиарного тракта при невозможности проведения ЭРХГ (беременность, аллергия на контрастное вещество);
3. Выявление внутрипеченочного холедохолитиаза;
4. Диагностика конкрементов пузирного протока или его длинной культи;
5. Выявление причины рецидивного холедохолитиаза у пациентов после ранее перенесенных операций на билиарном тракте;
6. Проведение дифференциальной диагностики между холедохолитиазом и синдромом Мириззи;
7. Ревизия желчного дерева при паразитарном поражении, симулирующим холедохолитиаз.

Демонстрация диагностических возможностей эндоскопической ПТХС представлена на рисунках 1-8.

Лечебные пероральные транспапиллярные вмешательства, применяемые при «сложном» ХЛ можно, в свою очередь разделить на 2 группы:

1. Контактная внутрипротоковая литотрипсия при «сложном» холедохолитиазе;
2. Удаление билиарных камней под визуальным контролем при технической невозможности их экстракции под РГ-навигацией;

В настоящее время для проведения контактной фрагментации камней примерно с одинаковой частотой

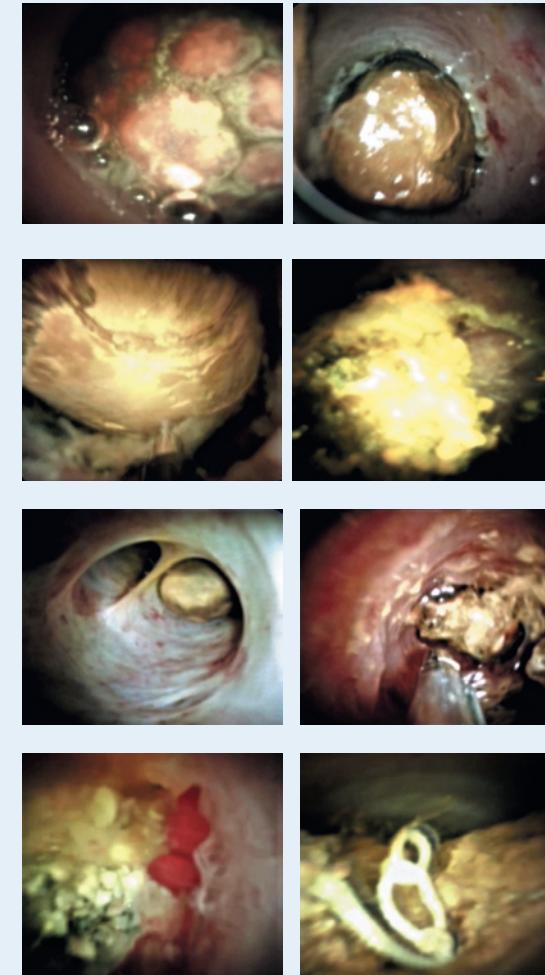


Рис. 1-3. Крупные камни, занимающие практически полностью просвет протока;

Рис. 4. Фиксированный лигатурный камень;

Рис. 5. Внутрипеченочный холедохолитиаз – конкремент сегментарного протока;

Рис. 6. Конкремент длинной культи пузирного протока;

Рис. 7. Синдром Мириззи, отчетливо определяется союзье между просветом холедоха и желчным пузырем;

Рис. 8. Лигатура в толще конкремента



Рис. 9. Электрогидравлический литотриптор Autolith (Boston Scientific).



Рис. 10. Электрогидравлический литотриптор WALZ Litotron EL27 Compact.



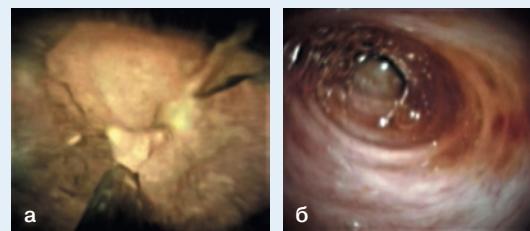
Рис. 11. Электрогидравлический литотриптор Karl Storz.

используются электрогидравлический и лазерный гольмийевые литотрипторы. Любопытно, что обе эти методики являются одними из наиболее старых вариантов дробления камней: электрогидравлический способ был предложен в 1977 [25], а лазерный гольмийевый литотриптор впервые применен в 1985 годах [26]. Для сравнения механическая внутрипротоковая литотрипсия, ДУВЛ и БД области ЭПСТ начали применяться в клинической практике с 1982, 1986 и 2003 годов соответственно [27-29].

Электрогидравлическая литотрипсия (ЭГЛ). Система ЭГЛ состоит из генератора заряда и биполярного зонда, по которому проходит импульс, формирующий колеблющуюся ударную волну давления, вызывающую фрагментацию конкрементов. Обязательным условием для улучшения передачи ударной волны и высокой эффективности вмешательства считается нахождение зонда в контакте с камнем в водной среде [30, 31]. В настоящее время в клинической практике наиболее широкое применение нашли ЭГЛ следующих производителей: Boston Scientific (США), WALZ Litotron EL27 Compract (Германия) и Carl Storz (Германия) (рис. 9-11).

Эффективность ЭГЛ в лечении «сложного» холедохолитиаза составляет 71-97% [32, 33] (Рис. 12). Описаны также случаи успешного применения ЭГЛ при вклиниении корзины Дормиа во время проведения механической литотрипсии [34].

К осложнениям метода относят повреждения и перфорации слизистой оболочки желчных протоков, холангит, острый панкреатит, возникающие в 10-18% случаев [12, 35, 36].



Лазерная литотрипсия (ЛЛ). В настоящее время все лазерные литотрипторы состоят из активного материала (газ, кристалл, полупроводник), обуславливающие длину волны излучения; устройства накачки электромагнитного поля и резонатора [37, 38]. В клинической практике наибольшее применение нашли гольмийевые лазеры фирм Boston Scientific (США), Dornier (Германия) и Quanta System Srl. (Италия) (Рис. 13-15).

Преимуществами лазеров в лечении холедохолитиаза являются: максимальная концентрация энергии в точке фокуса, не требующая обязательной фиксации конкремента; высокий эффект литодеструкции; большая пиковая мощность, незначительно выраженная степень поглощения тканями организма, отсутствие нагревания и пригорания торца световода, возможность применения метода через ретро- и антеградный доступы, эффективность фрагментации камней разной плотности, безопасность для зрения обслуживающего персонала [39, 40].



Рис. 13. Лазерный литотриптор Boston Scientific



Рис. 14. Лазерный литотриптор Dornier



Рис. 15. Лазерный литотриптор Quanta System Srl



Рис. 16. а, б – начальный этап дробления билиарного конкремента с помощью гольмииевой ЛЛ; в – завершение фрагментации камня

Общая эффективность применения метода лазерной контактной литотрипсии с использованием гольмииевого лазера в лечении ХЛ составляет 70-92% при частоте осложнений до 6-18% случаев [12, 41-44] (Рис. 16).

В свою очередь, лазер с применением другого редкоземельного металла – тулия, долгие годы не находил широкого применения как в панкреатобилиарной хирургии, так и в урологии, несмотря на то, что его ионы обладают более высокой степенью поглощения лазерной энергии. Это было связано с тем, что технически оказалось невозможно смоделировать сконцентрированный пучок излучения на ткани организма, а коэффициент эффективности метода в эксперименте составляет 26-35%, при показателях осложнений, достигающих 21-36% [45, 46].

Однако, в 2015 г. вышла первая публикация о применении в урологии принципиально нового суперим-

пульсного фиброволоконного тулиевого лазера при выполнении абляции [47], а в 2018 году – сообщение об успешной фрагментации крупного уролита в почечной лоханке [48]. Через 2 года появились первые сообщения об эффективности данного типа лазера при дроблении крупных конкрементов билиарного тракта при ПТХС [49, 50].

Особенностью этих лазеров является большая способность передачи энергии окружающей водной среде с дозированным и прецизионным воздействием на конкременты, находящиеся в ней, а суперимпульсный режим позволяет моделировать импульсы в более широком диапазоне по сравнению с классическими лазерами по количеству энергии в единичном импульсе с достижением в 4 раза большего КПД и до 20 раз более широкого диапазона настройки параметров [51, 52].

Тем не менее в настоящее время в клинической практике действительно широко продолжают использовать только традиционные методы контактной литотрипсии – электрогидравлическую и гольмиеевую лазерную. При этом, учитывая их крайне схожие показатели эффективности и частоты осложнений, ESGE заключает, что оба технических подхода являются клинически обоснованными в лечении «сложного» холедохолитиаза. При этом выбор способа контактной литотрипсии не имеет принципиального значения и зависит от технических возможностей и практического опыта каждого клинического центра [1].

Данный постулат подтверждают результаты проведения контактной литотрипсии в желчевыводящих протоках, демонстрируемые многими авторами и указывающие не только на высокую эффективность обеих методик, но и на относительно невысокую частоту осложнений данных операций, сопоставимую со средними показателями, характерными для всех

Таблица 1. Клинические возможности метода контактной литотрипсии при проведении ПТХС у пациентов со «сложным» ХЛ

Автор (год)	N	Вид ЛТ	Средний размер камней (мм)	Эф-ть	Осл-я
Chen, 2011	66	ЭГЛТ (83%); Лазер (17%)	19	71%	6%
Maydeo, 2011	64	Лазер	17.7	83.3%	5.3%
Patel, 2014	69	Лазер	20.2	74%	4%
Navaneethan, 2016	31	Лазер	14.9	87%	5.5%

транспапиллярных ретроградных вмешательств [53] (Табл. 1).

При этом ряд исследований демонстрирует прямую корреляцию времени литотрипсии и общего времени вмешательства, дозы излучения и частоты осложнений, а также необходимое количество сеансов контактной литотрипсии и эффективность методики в целом с типом холангископа под контролем которого проходило дробление конкрементов. Сравнительный анализ в разных работах проводился между аппаратами Spy-Glass I, II и III поколения фирмы Boston Scientific (США), а также холангископом CHF-B260 системы Mother-Baby фирмы Olympus (Япония) [33, 54, 55]. Данная закономерность представлена в табл. 2-4.

Подобная закономерность объясняется авторами, во-первых, важностью более четкой визуализации при проведении дробления билиарных камней и, во-вторых, существенным преимуществом системы SpyGlass перед альтернативными вариантами холангископов, заключающимся в наличии 2 рабочих винтов и, как следствие, возможности манипулировать дистальным концом аппарата в четырех направлениях, что делает его гораздо более мобильным.

Важным показателем эффективности применения контактной литотрипсии во время ПТХС в лечении «сложного» холедохолитиаза является сравнительная оценка результатов использования различных методов малоинвазивной фрагментации билиарных конкрементов.

Так, сравнивая возможности контактных триптических методик и ДУВЛ еще в 1998 году Neuhaus H. и соавторы продемонстрировали, что по таким показателям как эффективность за 1 сеанс, количество процедур и срок госпитализации, методы ЭГЛ и ЛЛ имеют безусловное преимущество перед ДУВЛ, что продемонстрировано в Табл. 5 [56].

Схожие результаты были получены авторами в более позднем сравнительном исследовании при оценке этих двух технико-тактических подходов и рассмотрении таких параметров, как полная санация билиарного тракта за одну процедуру, техническая возможность дробления камней и частота осложнений [12]. Результаты данной работы представлены в табл. 6.

Приведенные результаты объективно объясняют почему ESGE рекомендует при «сложном» ХЛ первоочередно применять именно контактные методы ли-

Табл. 2. Сравнительный анализ результатов выполнения контактной литотрипсии билиарных конкрементов с использованием различных модификаций системы Spy-Glass (Mizrahi M., 2018) [54]

Аппарат	Spy-Glass (I поколение)	Spy-Glass DS (II поколение)
Среднее время вмешательства (мин)	57±21	49±17
Доза излучения (мГр)	620±452	361±250
Общая эффективность лечения (%)	58	83

Табл. 4. Сравнение эффективности контактной литотрипсии в зависимости от типа аппарата, применяемого при ПТХС (Angsuwatcharakon P., 2021)[55]

Аппарат	Mother-Baby, Olympus	Spy-Glass DS	Spy-Glass DS II
Общая эффективность литотрипсии (%)	89,3	90	95
Эффективность литотрипсии за 1 процедуру (%)	66,8	80,6	80,8
Осложнения (%)	13,5	9,8	4,1

Табл. 3. Корреляция возможностей контактной литотрипсии при «сложном» холедохолитиазе с видом холангископа (Murabayashi T., 2020)[33]

Аппарат	CHF-B260, Olympus	Spy-Glass DS
Среднее время вмешательства (мин)	107±64	67±30
Среднее время литотрипсии (мин)	50±36	28±13
Среднее количество сеансов	2,00±0,85	1,35±0,49

Таблица 5. Сравнительная характеристика эффективности ДУВЛ и контактных методов литотрипсии при «сложном» ХЛ (Neuhaus H., 1998) [56]

Метод литотрипсии	ДУВЛ	Контактная литотрипсия
Эффективность за 1 сеанс (%)	73	97
Среднее количество сеансов	3	1,2
Срок госпитализации (сут)	3,9	1,9

Табл. 6. Сравнительный анализ эффективности и безопасности различных методов малоинвазивной литотрипсии при «сложном» холедохолитиазе (Veld J.V., 2018) [12]

Метод литотрипсии	ЛЛ	ЭГЛ	ЭУВЛ
Количество пациентов	426	277	1266
Полная санации за 1 процедуру (%)	95.1	94.1	74.5
Возможность фрагментации конкриментов (%)	92.5	91.4	89.3
Осложнения (%)	9.6	9.4	10.4

Табл. 7. Сравнительный анализ эффективности, безопасности и экономической выгоды при проведении контактной литотрипсии и БД области ЭПСТ у пациентов со «сложным» ХЛ (Bang J.Y., 2020)[57]

Показатели	Контактная литотрипсия	БД области ЭПСТ + ЭК
Количество пациентов	33	33
Полная санация за 1 процедуру (%)	93.9	72.7
Осложнения (%)	5.1	3.9
Стоимость (\$)	16 684	10 626

тотрипсии, а ДУВЛ выполнять в тех случаях, когда традиционные и контактные методики оказались безуспешны, или же недоступны [1].

В свою очередь, проспективное рандомизированное исследование 2020 года, посвященное сравнению эффективности контактных методик фрагментации билиарных конкриментов и БД области ЭПСТ, также указывают на более высокие показатели ЛЛ и ЭГЛ. Однако, при этом авторы отмечают, что частота осложнений при дроблении камней во время ПТХС несколько выше, чем с применением их извлечения после баллонной дилатации. Кроме того, экономически контактная литотрипсия менее выгодна по сравнению с более дешевым альтернативным методом лечения «сложного» ХЛ [57]. Результаты данной работы представлены в таблице 7.

Результаты представленной работы во многом объясняют тот факт, что именно БД области ЭПСТ является методом «первой руки» при эндоскопическом транспапиллярном лечении «сложных» билиарных конкриментов, а ПТХС с выполнением ЭГЛ или ЛЛ считаются экспертной методикой, которая применя-

ется в особо сложных клинических ситуациях, когда стандартные, более простые и менее затратные с финансовой точки зрения способы малоинвазивной терапии оказываются неэффективны.

Еще одним техническим подходом, используемым при лечении ХЛ во время проведения ПТХС, является извлечение конкриментов под визуальным эндоскопическим контролем с применением специальных экстракционных корзинок, адаптированных по своим диаметру и длине под инструментальный канал холангиоскопа [58-60]. Основными показаниями для данной терапевтической манипуляции являются:

- лечение внутрипеченочного ХЛ при локализации конкриментов и их фрагментов после литотрипсии в сегментарных и субсегментарных протоках, извлечение конкриментов из пузирного протока и желчного пузыря;
- выполнение литоэкстракции у пациентов, которым невозможно проведение ЭРХПГ по причине беременности или аллергии на контрастное вещество.

Этапы выполнения этой процедуры продемонстрированы на рис. 17.

Таким образом, основываясь на современных данных мировой литературы, посвященных роли и возможностям ПТХС в диагностике и лечении холедохолитиаза, можно сделать следующие **заключения**:

1. Основными показаниями к проведению пероральной холангиоскопии у больных с подозрением на холедохолитиаз являются уточняющая и окончательная диагностика, выполнение контактной внутрипротоковой литотрипсии и извлечение камней или их фрагментов под визуальным контролем.
2. Проведение эндоскопической транспапиллярной холангиоскопии с целью верификации холедохолитиаза и принятия оптимальных тактических решений необходимо у пациентов с невозможностью выполнения или недостоверности данных ЭРХГ, при диагностике внутрипеченочного холедохолитиаза, конкриментов пузирного протока или его культи, а также при проведении дифференциальной диагностики между холедохолитиазом и синдромом Мириззи, а также для выявления причины рецидивного холедохолитиаза у пациентов, перенесших в анамнезе оперативные вмешательства на билиарном тракте.
3. Показаниями для применения контактной литотрипсии билиарных конкриментов при эндоско-

тических пероральных внутрипротоковых вмешательствах являются случаи выявления «сложного» холедохолитиаза, не подвластные традиционным транспапиллярным способам коррекции (баллонная дилатация области ЭПСТ, механическая внутрипротоковая литотрипсия).

4. При проведении контактной литотрипсии с целью оптимальной визуализации, технической простоты и повышения эффективности для пероральной транспапиллярной холангиоскопии, предпочтительным является использование одноразовой системы SpyGlass (Boston Scientific Company).

5. Методики контактного дробления крупных камней желчных протоков являются более предпочтительными по сравнению с экстракорпоральной ударно-волновой литотрипсией в связи с более высокой эффективностью, меньшим количеством необходимых лечебных вмешательств, более низкой частотой осложнений, а также отсутствием зависимости от специалистов смежных специальностей и меньшими экономическими затратами.

6. Контактная фрагментация билиарных конкрементов с применением гольмивого лазера и электрогидравлической литотрипсии обладает примерно одинаковой эффективностью и частотой осложнений при более выгодной экономической составляющей электрогидравлического способа дробления камней.

7. Более широкое внедрение в клиническую практику суперимпульсного фиброволоконного тулиевого ла-



Рис. 17. а - Экстракционная корзинка, проведенная через инструментальный канал холангиоскопа SpyGlass DS-II (Boston Scientific);

б – захват конкремента в сегментарном внутрипеченочном протоке под визуальным контролем; в – извлечение захваченного камня из желчного дерева в просвет ДПК

зера позволит оценить его возможности и перспективы в лечении «сложных» билиарных конкрементов.

8. Использование экстракционных корзинок, адаптированных к инструментальному каналу холангиоскопа, позволяет эффективно и безопасно удалять конкременты «сложной» локализации (карманы и локальные расширения желчных протоков, пузирный проток или его культи, долевые, сегментарные и субсегментарные протоки), а также проводить литоэкстракцию под визуальным контролем при невозможности выполнения стандартной холангиографии (беременность, аллергическая реакция на контрастное вещество, отсутствие или поломка РГ-аппарата).

ЛИТЕРАТУРА:

1. Manes G., Paspati G., Aabakken L., Anderloni A., Arvanitakis M., Ah-Soune P., Barthet M., Domagk D., Dumonceau J.-M., Gigot J.-F., Hritz I., Karamanolis G., Laghi A., Mariani A., Paraskeva K., Pohl J., Ponchon T., Swahn F., Ter Steege R.W.F., Tringali A., Vezakis A., Williams E.J., Hooft J.E.. Endoscopic management of common bile duct stones: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) guideline. // Endoscopy. 2019 May. 51. 5. 472-491. <https://doi.org/10.1055/a-0862-0346>.
2. Савельев В. С., Кириенко А. И. Клиническая хирургия: национальное руководство: в 3 т. // ГЭОТАР-Медиа. 2009. Том 2. 174. [Savel'ev V.S., Kirienko A.I. Klinicheskaja hirurgija: nacionaľ'noe rukovodstvo: v 3 t. // GJeOTAR-Media. 2009. Tom 2. 174].
3. Dijk A. H., Reuver P. R., Besselink M. G., K. J. Laarhoven, E. M. Harrison, S. J. Wigmore, T. J. Hugh, M. A. Boermeester. Assessment of available evidence in the management of gallbladder and bile duct stones: a systematic review of international guidelines. // HPB (Oxford). 2017 Apr. 19. 4. 297-309. <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2016.12.011>.
4. Cotton P.B. Non-operative removal of bile duct stones by duodenoscopic sphincterotomy. // Br J Surg 1980. 67. 1-5.
5. Kedia P., Tarnasky P.R. Endoscopic Management of Complex Biliary Stone Disease. // Gastrointest Endosc Clin N Am. 2019. Apr. 29. 2. 257-275. <https://doi.org/10.1016/j.giec.2018.11.004>.
6. Doshi B., Yasuda I., Ryozawa S., Lee G. H. Current endoscopic strategies for managing large bile duct stones. // Dig Endosc. 2018. Apr. 30. 1. 59-66. <https://doi.org/10.1111/den.13019>.
7. Zulli C., Grande G., Tontini G. E., Labianca O., Geraci G., Sciumi C., Antypas P., Fiocca F., Manes G., Devani M., Manta R., Maurano A. Endoscopic papillary large balloon dilation in patients with large biliary stones and periampullary diverticula: Results of a multicentric series. // Dig Liver Dis. 2018. Aug. 50. 8. 828-832. <https://doi.org/10.1016/j.dld.2018.03.034>.
8. Lourenzo L. C., Oliveira A. M., Branco J. C. Endoscopic papillary balloon dilation with biliary sphincterotomy : The ideal technique for large common bile duct stones? // United European Gastroenterology Journal. 2015. 3:5 1. A384. <https://doi.org/10.1007/s00464-015-4190-1>.
9. Ichikawa R., Shiraki M., Nagai H. The characteristics of difficult cases of endoscopic papillary large-diameter balloon dilation for choledocholithiasis. // Journal of Gastroenterology and Hepatology (Australia). 2014. 29. 3. 284.

10. Kuo C. M., Chiu Y. C., Liang C. M., Wu C.-K., Lu L.-S., Tai W.-C., Kuo Y.-H., Wu K.-L., Chuah S.-K., Kuo C.-H. The efficacy of limited endoscopic sphincterotomy plus endoscopic papillary large balloon dilation for removal of large bile duct stones. // *BMC Gastroenterol.* 2019. Jun 18. 19.1.93. <https://doi.org/10.1186/s12876-019-1017-x>.

11. Schneider M. U., Matek W., Bauer R., Domschke W. Mechanical lithotripsy of bile duct stones in 209 patients – effect of technical advances. // *Endoscopy*. 1988. 20. 248–53.

12. Veld J. V., Huijgevoort N. C. M., Boermeester M. A., Besseink M. G., Delden O. M., Fockens P., Hooft J. E. A systematic review of advanced endoscopy-assisted lithotripsy for retained biliary tract stones: laser, electrohydraulic or extracorporeal shock wave. // *Endoscopy*. 2018. Sep. 50. 9. 896–909. <https://doi.org/10.1055/a-0637-8806>.

13. Быков А.Д., Жамбалов В. Б. Экстракорпоральная ударно-волновая литотрипсия в лечении холедохолитиаза // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. №3. 2009. с. 314. [Bykov A.D., ZHambalov V.B. Ekstrakorporal'naya udarno-volnovaya litotripsiya v lechenii holedoholitiaza // Byulleten' Vostochno-Sibirsogo nauchnogo centra Sibirsogo otdeleniya Rossijskoj akademii medicinskikh nauk. №3. 2009. s. 314. In Russ.]

14. Khawaja F. I., Ahmad M. M. Baskinget a basket: A novel emergency rescue technique. // *World J Gastrointest Endosc.* 2012. Sep. 16. 4. 9. 429–31. <https://doi.org/10.4253/wjge.v4.i9.429>.

15. Amplatz S., Piazz L., Felder M., Comberlato M., Benvenuti S., Zancanella L., Di Fede F., de'Guelmi A., Bertozzo A., Farris P., Grasso T., Mega A., Chilovi F. Extracorporeal shock wave lithotripsy for clearance of refractory bile duct stones. // *Dig. Liver Dis.* 2007. 39. 3. 267–272.

16. Ринчинов В.Б., Плеханов А.Н. Парциальная эндоскопическая папиллосфинктеротомия с баллонной дилатацией в лечении крупного холедохолитиаза // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. 2019. vol. 178. 3. 55–57. [Rinchinov V.B., Plehanov A.N. Parcial'naja jendoskopicheskaja papilosfinkterotomija s ballonnoj dilatacijoj v lechenii krupnogo holedoholitiaza // Vestnik hirurgii imeni I.I. Grekova. 2019. vol. 178. 3. 55–57].

17. ASGE Standards of Practice Committee; Buxbaum J. L., Abbas Fehmi S. M., Sultan S., Fishman D. S., Qumseyah B. J., Cortesiss V. K., Schilperoort H., Kysh L., Matsuoka L., Yachimski P., Agrawal D., Gurudu S. R., Jamil L. H., Jue T. L., Khashab M. A., Law J. K., Lee J. K., Naveed M., Sawhney M. S., Thosani N., Yang J., Wani S. B. ASGE guideline on the role of endoscopy in the evaluation and management of choledocholithiasis. // *Gastrointest Endosc.* 2019. 89. 6. 1075–105.e15. DOI: 10.1016/j.gie.2018.10.001.

18. Haque M. M., Luck N. H., Tasneem A. A., Laeeq S. M., Mandhwani R., Hanif F. M., Lail G. U. Safety and efficacy of extracorporeal shock wave lithotripsy for difficult-to-retrieve common bile duct stones: A ten-year experience. // *J Transl Int Med.* 2020. Sep 25. 8. 3. 159–164. DOI: 10.2478/jtim-2020-0025.

19. Dumonceau J.-M., Andriulli A., Elmunzer B. J., Mariani A., Meister T., Deviere J., Marek T., Baron T. H., Hassan C., Testoni P. A., Kapral C. European Society of Gastrointestinal Endoscopy/Prophylaxis of post-ERCP pancreatitis: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) Guideline - updated June 2014. // *Endoscopy*. 2014. Sep. 46. 9. 799–815. doi: 10.1055/s-0034-1377875. Epub 2014 Aug 22.

20. Kedia P., Tarnasky P. R. Endoscopic Management of Complex Biliary Stone Disease. // *Gastrointest Endosc Clin N Am.* 2019. Apr. 29. 2. 257–275. doi: 10.1016/j.giec.2018.11.004. Epub 2019 Feb 2.

21. Komanduri S., Thosani N., Abu Dayyeh B. K., Aslanian H. R., Ernestvedt B. K., Manfredi M., Maple J. T., Navaneethan U., Pannala R., Parsi M. A., Smith Z. L., Sullivan S. A., Banerjee S. Cholangiopancreatostomy. // *Gastrointest Endosc.* 2016. 84. 2. 209–21. DOI: 10.1016/j.gie.2016.03.013.

22. Буздинский С.А., Шаповальянц С.Г., Федоров Е.Д., Бахтиозина Д.В., Михалева Л.М., Чернякевич П.Л., Платонова Е. Н. Первые результаты применения новой технологии визуальной оценки и лечения заболеваний билиарного тракта и протоков поджелудочной железы. // *Анналы хирургической гепатологии*. 2019. 24. 2. 105–116. <https://doi.org/10.16931/1995-5464.20192105-116>. [Buzdinskiy S.A., Shapovaljanc S.G., Fedorov E.D., Bakhthiazina D.V., Mihaleva L.M., Chernjakevich P.L., Platonova E. N. Pervye rezul'taty primeneniya novoj tehnologii vizual'noj ocenki i lechenija zabolevanij biliarnogo trakta i protokov podzheludochnoj zhelezы // Annaly hirurgicheskoy hepatologii. 2019. 24. 2. 105–116. [https://doi.org/10.16931/1995-5464.20192105-116\].](https://doi.org/10.16931/1995-5464.20192105-116)

23. Кабанов, М. Ю., Семенцов, К. В., Дегтярев, Д. Б., Бояринов, Д. Ю., Савченков, Д. К., Ладоша, М. Ю., Яковлева, Д. М., Алексеев, В. В. Контактная литотрипсия под контролем пероральной холангископии в лечении «трудного» холедохолитиаза у лиц пожилого возраста. // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. НИ Пирогова. 2020. 15. 2. DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.72.74.031. [Kabanov, M. Ju., Semencov, K. V., Degtjarev D. B., Bojarinov D. Ju., Savchenkov D. K., Ladosha M. Ju., Jakovleva D. M., Alekseev V. V. Kontakt'naja litotripsiya pod kontrolem peroral'noj holangioskopii v lechenii «trudnogo» holedoholitiaza u lic pozhilogo vozrasta. // Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. NI Pirogova. 2020. 15. 2. DOI: 10.25881/BPNMSC.2020.72.74.031].

24. McCarty T. R., Sobani Z., Rustagi T. Per-oral pancreatoscopy with intraductal lithotripsy for difficult pancreatic duct stones: a systematic review and meta-analysis. // *Endosc Int Open.* 2020. 8. 10. E1460–70. DOI: 10.1055/a-1236-3187.

25. Koch H., Stolte M., Walz V. Endoscopic Lithotripsy in the Common Bile Duct. // *Endoscopy*. 1977. 9. 95–98.

26. Lux G., Ell C., Hochberger J., Müller D., Demling L. The first successful endoscopic retrograde laser lithotripsy of common bile duct stones in man using a pulsed neodymium-YAG laser. // *Endoscopy*. 1986. 18. 144–145.

27. Demling L., Seubert K., Riemann J. F. New methods and new instruments. // *Endoscopy*. 1982. 14. 100–101.

28. Sauerbruch T., Delius M., Paumgartner G., Holl J., Wess O., Weber W., Hepp W., Brendel W. Fragmentation of gallstones by extracorporeal shock waves. // *N Engl J Med*. 1986. 314. 818–822.

29. Ersöz G., Tekesin O., Ozutemiz A. O., Gunsar F. Biliary sphincterotomy plus dilation with a large balloon for bile duct stones that are difficult to extract. // *Gastrointest Endosc.* 2003. Feb. 57. 2. 156–9. doi: 10.1067/mge.2003.52.

30. Габриэль С. А., Дурлештер В. М., Гучетль А. Я., Дынько В. Ю. Современные чреспапиллярные вмешательства в лечении синдрома мириззи. // Вестник хирургической гастроэнтерологии. 2017. Номер 3. 8–12. [Gabriel' S. A., Durleshter V. M., Guchet'l A. Ja., Dyn'ko V. Ju. Sovremennye chrespapilljarnye vmeshatel'sta v lechenii sindroma mirizzi. // Vestnik hirurgicheskoy gastroenterologii. 2017. Nomer 3. 8–12].

31. Brewer Gutierrez O. I., Bekkali N. L. H., Rajiman I., Sturgess R., Sejal D. V., Aridi H. D., Sherman S., Shah R. J., Kwon R. S., Buxbaum J. L., Zulli C., Wassef W., Adler D. G., Kushnir V., Wang A. Y., Krishnan K., Kaul V., Tzimas D., DiMaio C. J., Ho S., Petersen B., Moon J. H., Elmunzer B. J., Webster G. J. M., Chen Y.-I., Dwyer L. K., Inamdar S., Patrick V. B., Attwell A., Hosmer A., Ko C., Maurano A., Sarkar A., Taylor L. J., Gregory M. H., Strand D. S., Raza A., Kothari S., Harris J. P., Kumta N. A., Manvar A., Topazian M. D., Lee Y. N., Spiceland C. M., Trindade A. J., Bukhari M. A., Sanaei O., Ngamruengphong S., Khashab M. A. Efficacy and safety of digital single-operator cholangioscopy for difficult biliary stones. // *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2018. 16. 918–926.

32. Canena J., Lopes L., Fernandes J., Alexandrino G., Lourenzo L., Libanio D., Horta D., Giestas S., Reis J. Outcomes of Single-Operator Cholangioscopy-Guided Lithotripsy in Patients with Difficult Biliary and Pancreatic Stones. // *GE Port J Gastroenterol.* 2019. Mar. 26. 2. 105–113. doi: 10.1159/000488508. Epub 2018 May 16.

33. Murabayashi T., Ogawa T., Koshita S., Kanno Y., Kusunose H., Sakai T., Masu K., Yonamine K., Miyamoto K., Kozakai F., Endo K., Noda Y., Ito K. Peroral Cholangioscopy-guided Electrohydraulic Lithotripsy with a SpyGlass DS Versus a Conventional Digital Cholangioscope for Difficult Bile Duct Stones. // *Intern Med.* 2020. Aug. 15. 59. 16. 1925–1930. doi: 10.2169/internalmedicine.4463-20. Epub 2020 May 8.

34. Chang M. A., Anand G., Fehmi S. A. Electrohydraulic lithotripsy to treat basket impaction of large common bile duct stone. // *VideoGIE*. 2018. Mar. 7. 3. 4. 135-136. doi: 10.1016/j.vgie.2018.01.009. eCollection 2018 Apr.

35. Kamiyama R., Ogura T., Okuda A., Miyano A., Nishioka N., Imanishi M., Takagi W., Higuchi K. Electrohydraulic Lithotripsy for Difficult Bile Duct Stones under Endoscopic Retrograde Cholangiopancreatography and Peroral Transluminal Cholangioscopy Guidance. // *Gut Liver*. 2018. Jul. 15. 12. 4. 457-462. doi: 10.5009/gnl17352.

36. Aljebreen A. M., Alharbi O. R., Azzam N., Almadi M. A. Efficacy of spyglass-guided electrohydraulic lithotripsy in difficult bile duct stones. // *Saudi J Gastroenterol*. 2014. Nov-Dec. 20. 6. 366-70. doi: 10.4103/1319-3767.145329.

37. Антонюк О. С.1,2, Шаповалов И. Н.1,2, Ярошак С. В., Веселый В. Я., Голубицкий К. О. Лапароскопическая лазерная холедохолитотрипсия. // Вестник неотложной и восстановительной хирургии. 2019. Том: 4. 1. 8-10. ISSN: 2519-8203. [Antonjuk O. S.1,2, Shapovalov I. N.1,2, Jaroshhak S. V., Veselyj V. Ja., Golubickij K. O. Laparoskopicheskaja lazernaja holedoholitotripsiya. // Vestnik neotlozhnoj i vosstanovitel'noj chirurgii. 2019. Tom: 4. 1. 8-10. ISSN: 2519-8203].

38. Гейниц А. В., Максименков А. В., Саакян О. В., Яфаров А. Р. Желчнокаменная болезнь – современные возможности хирургического лечения (обзор литературы). // Лазерная медицина. 2010. 14. 4. 49-59. [Gejnic A. V., Maksimenkov A. V., Saakjan O. V., Jafarov A. R. Zhelchnokamennaja bolez' – sovremennye vozmozhnosti chirurgicheskogo lechenija (obzor literature). // Lazernaja medicina. 2010. 14. 4. 49-59].

39. Oh C. H., Dong S. H. Recent advances in the management of difficult bile-duct stones: a focus on single-operator cholangioscopy-guided lithotripsy. // *Korean J Intern Med*. 2021. Mar. 36. 2. 235-246. doi: 10.3904/kjim.2020.425. Epub 2020 Dec 1.

40. McCarty T. R., Gulati R., Rustagi T. Efficacy and Safety of Per-Oral Cholangioscopy with Intraductal Lithotripsy for Difficult Biliary Stones: A Systematic Review and Meta-Analysis. // *Endoscopy*. 2021. Feb. 53. 2110-122. doi: 10.1055/a-1200-8064. Epub 2020 Jun 16.

41. Nezami N., Benchetrit L., Latich I., Schlaechter T. Cholangiolitis postliver transplantation: Successful treatment utilizing percutaneous transhepatic cholangioscopy and laser lithotripsy. // *Radiol Case Rep*. 2019. Oct. 8. 14. 12. 1459-1466. doi: 10.1016/j.radcr.2019.09.020. eCollection 2019 Dec.

42. Xia H.-T., Liu Y., Jiang H., Yang T., Liang B., Zeng J.-P., Dong J.-H. A novel laparoscopic transcystic approach using an ultrathin choledochoscope and holmium laser lithotripsy in the management of cholecystocholedocholithiasis: An appraisal of their safety and efficacy. // *Am J Surg*. 2018. Apr. 215. 4. 631-635. doi: 10.1016/j.amjsurg.2017.05.020. Epub 2017 Jun 16.

43. Buxbaum J., Sahakian A., Ko C., Jayaram P., Lane C., Yu C. Y., Kankotia R., Laine L. Randomized trial of cholangioscopy-guided laser lithotripsy versus conventional therapy for large bile duct stones (with videos). // *Gastrointest Endosc*. 2018. Apr. 87. 4. 1050-1060. doi: 10.1016/j.gie.2017.08.021. Epub 2017 Sep 1.

44. Deprez P. H., Duran R. G., Moreels T., Furneri G., Demma F., Verbeke L., Merwe S. W. V., Laleman W. The economic impact of using single-operator cholangioscopy for the treatment of difficult bile duct stones and diagnosis of indeterminate bile duct strictures. // *Endoscopy*. 2018. Feb. 50. 2. 109-118. doi: 10.1055/s-0043-121268. Epub 2017 Nov 24.

45. Zhang J. J., Rajabhandaraks D., Xuan J. R., Wang H., Chia R. W. J., Hasenberg T., Kang H. W. Water content contribution in calculus phantom ablation during Q-switched Tm:YAG laser lithotripsy. // *J Biomed Opt*. 2015. 20. 12. 128001. doi: 10.1117/1.JBO.20.12.128001.

46. Kamal W., Kallidonis P., Koukiou G., Amanatides L., Panagopoulos V., Ntasiotis P., Liatsikos E. Stone Retropulsion with Ho: YAG and Tm: YAG Lasers: A Clinical Practice-Oriented Experimental Study. // *J Endourol*. 2016. Nov. 30. 11. 1145-1149. doi: 10.1089/end.2016.0212.

47. Rapoport L., Glybochko P., Enikeev D., Tsarichenko D., Johnson B., Roehrbom C. Peri-operative outcomes of robotic-assisted simple prostatectomy versus thulium fiber laser enucleation of the prostate. // *European Urology*. 2015. T. 67. № 6. C. 1066.

48. Coninck V. D., Keller E. X., Chiron P., Dragos L., Emiliani E., Doizi S., Berthe L., Traxer O. Ho:YAG laser lithotripsy in non-contact mode: optimization of fiber to stone working distance to improve ablation efficiency. // *World J Urol*. 2019. Sep. 37. 9. 1933-1939. doi: 10.1007/s00345-018-2589-8. Epub 2018 Dec 3.

49. Mutignani M., Di Scordi L., Italia A., Forti E., Pugliese F., Cintolo M., Bonato G., Giannetti A., Massad M. Thulium laser to manage a difficult biliary lithiasis: a first case report. // *Endoscopy*. 2020. Mar. 52. 3. E112-E113. doi: 10.1055/a-0983-8278. Epub 2019 Aug 9.

50. Бузинский С.А., Шаповальянц С.Г., Федоров Е.Д., Воробьева Е.А., Свирин М.Ю., Маляров М.Г., Чернякевич П.Л., Платонова Е.Н. Первый опыт применения суперимпульсного волоконного тульевого лазера для контактного разрушения камней общего желчного и главного панкреатического протока. // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. 2021. 31. 2. 54-64. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2021-31-2-54-64>. [Budzinskij S. A., Shapoval'janc S. G., Fedorov E. D., Vorob'eva E. A., Svirin M. Ju., Maljarov M. G., Chernjakevich P. L., Platonova E. N. Pervyj opyt primeneniya superimpul'snogo volokonnogo tulevogo lazera dlja kontaktnogo razrushenija kamnej obshhego zhelchnego i glavnogo pankreaticheskogo protoka. // Rossijskij zhurnal gastroenterologii, hepatologii, koloproktoLOGII. 2021. 31. 2. 54-64. <https://doi.org/10.22416/1382-4376-2021-31-2-54-64>].

51. Fried N. M. Recent advances in infrared laser lithotripsy. // *Biomed Opt Express*. 2018. Aug 30. 9. 9. 4552-4568. doi: 10.1364/BOE.9.004552. eCollection 2018 Sep 1.

52. Gao B., Bobrowski A., Lee J. A scoping review of the clinical efficacy and safety of the novel thulium fiber laser: The rising star of laser lithotripsy. // *Can Urol Assoc J*. 2021. Feb. 15. 2. 56-66. doi: 10.5489/cuaj.6804.

53. Maydeo A. P., Rerknimitr R., Lau J. Y., Aljebreen A., Niaz S. K., Itoi T., Ang T. L., Reichenberger J., Seo D. W., Ramchandani M. K., Devereaux B. M., Lee J. K., Goenka M. K., Sud R., Nguyen N. Q., Kochhar R., Peetermans J., Goswamy P. G., Rousseau M., Bhandari S. P., Angsuwatcharakorn P., Tang R. S. Y., Teoh A. Y. B., Almadi M., Lee Y. N., Moon J. H., SpyGlass AMEA Registry Group. Cholangioscopy-guided lithotripsy for difficult bile duct stone clearance in a single session of ERCP: results from a large multinational registry demonstrate high success rates. // *Endoscopy*. 2019. Oct. 51. 10. 922-929. doi: 10.1055/a-0942-9336. Epub 2019 Jun 27.

54. Mizrahi M., Khoury T., Wang Y., Cohen J., Sheridan J., Chuttani R., Berzin T. M., Sawhney M. S., Pleskow D. K. "Apple Far from the Tree": comparative effectiveness of fiberoptic single-operator cholangiopancreatoscopy (FSOCP) and digital SOCP (DSOCP). // *HPB*. 2018. 20. 285-288.

55. Angsuwatcharakorn P., Rerknimitr R. Cracking Difficult Biliary Stones. // *Clin Endosc*. 2021. Sep. 54. 5. 660-668. DOI: 10.5946/c.e.2020.256-IDEN.

56. Neuhaus H., Zillinger C., Born P., Ott R., Allescher H., Rüsch T., Classen M. Randomized study of intracorporeal laser lithotripsy versus extracorporeal shock-wave lithotripsy for difficult bile duct stones. // *Gastrointest Endosc*. 1998. 47. 327-334.

57. Bang J. Y., Sutton B., Navaneethan U., Hawes R., Varadarajulu S. Efficacy of Single-Operator Cholangioscopy-Guided Lithotripsy Compared With Large Balloon Sphincteroplasty in Management of Difficult Bile Duct Stones in a Randomized Trial. // *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2020. Sep. 18. 10. 2349-2356. e3. doi: 10.1016/j.cgh.2020.02.003. Epub 2020 Feb 10.

58. Fejleh M. P., Thaker A. M., Kim S., Muthusamy V. R., Sedarat A. Cholangioscopy-guided retrieval basket and snare for the removal of biliary stones and retained prostheses. *VideoGIE*. 2019. Apr. 29. 4. 5. 232-234. doi: 10.1016/j.vgie.2019.03.001.

59. Sejal D. V., Trindade A. J., Lee C., Miller L. S., Benias P. C., Inamdar S., Singh G., Stewart M., George B. J., Vegea A. K. Digital cholangioscopy can detect residual biliary stones missed by occlusion cholangiogram in ERCP: a prospective tandem study. // *Endosc Int Open*. 2019. Apr. 7. 4. E608-E614. doi: 10.1055/a-0842-6450.

60. Elmunzer B. J., Forster E., Moran R. A., Coty G. A. Advanced techniques for pancreaticobiliary stone extraction. // *VideoGIE*. 2020. Jun. 9. 5. 7. 324-325. doi: 10.1016/j.vgie.2020.04.016.