

Для цитирования: Ладык К.К., Ищенко Р.В., Костямин Ю.Д. Сравнительная характеристика эмболизации и лигирования правой ветви портальной вены (обзор литературы). Сибирский онкологический журнал. 2025; 24(2): 144–149. – doi: 10.21294/1814-4861-2025-24-2-144-149

For citation: Ladyk K.K., Ishchenko R.V., Kosteamin Y.D. Comparative characteristics of embolization and ligation of the right branch of the portal vein (literature review). Siberian Journal of Oncology. 2025; 24(2): 144–149. – doi: 10.21294/1814-4861-2025-24-2-144-149

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭМБОЛИЗАЦИИ И ЛИГИРОВАНИЯ ПРАВОЙ ВЕТВИ ПОРТАЛЬНОЙ ВЕНЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

К.К. Ладык, Р.В. Ищенко, Ю.Д. Костямин

ФГБУ «ИНВХ им. В.К. Гусака» Минздрава России
Россия, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, 283045, пр. Ленинский, 47

Аннотация

Цель исследования – сравнение методов механической редукции кровотока в правой ветви портальной вены (эмболизация, portal vein embolization – PVE и лигирование, portal vein ligation – PVL) как неoadъювантного этапа лечения перед обширными резекциями печени с целью индукции викарной гипертрофии ремнанта (future liver remnant – FLR) для профилактики пострезекционной печеночной недостаточности (ПРПН) на основе анализа литературных данных. **Материал и методы.** Проведен анализ 28 литературных источников, опубликованных с 2001 по 2024 г. в таких базах данных, как PubMed, ScienceDirect, International Hepato-Pancreato-Biliary Association. Поиск статей в базе данных PubMed выполнялся с тегами «portal vein embolization» и «portal vein ligation» с параметрами «Free full text», «Review», «5 years», как релевантные отобрано 22 статьи. **Заключение.** В результате анализа литературных данных выяснилось, что в ходе сравнительной характеристики PVE и PVL однозначного мнения авторов по поводу степени гипертрофии FLR при первом или втором методе, в целом, не прослеживается. Однако большинство авторов рекомендуют применять PVL. В отношении временного интервала между PVE/PVL и вторым этапом операции также нет единой точки зрения. Значимая часть авторов для усиления регенераторного потенциала рекомендуют дополнительную эмболизацию IV сегмента, что сопряжено с техническими сложностями и требует наработанных навыков. Широко освещена проблема постокклюзионного прогрессирования опухолевого процесса, чаще всего после PVE. Данный факт объясняется гемодинамической перестройкой, стимуляцией выработки цитокинов и факторов роста. Представлены случаи недостаточной гипертрофии FLR как результат развития внутрипеченочных коллатералей, особенно после PVL. В качестве альтернативного метода, способствующего профилактике данного явления, предложена ALPPS (Associated Liver Partition and Portal vein ligation for Staged hepatectomy). Осложнения после PVE/PVL освещены скудно, с единичными описаниями контрлатеральной эмболизации, внутрибрюшной холереи либо геморрагии, отдаленного перипортального фиброза. На данный момент PVE остается золотым стандартом в качестве первого этапа при двухэтапных обширных резекциях печени, предупреждающим развитие пострезекционной печеночной недостаточности.

Ключевые слова: эмболизация правой ветви портальной вены (PVE), лигирование правой ветви портальной вены (PVL), пострезекционная печеночная недостаточность, ремнант, FLR, рак печени.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF EMBOLIZATION AND LIGATION OF THE RIGHT BRANCH OF THE PORTAL VEIN (LITERATURE REVIEW)

K.K. Ladyk, R.V. Ishchenko, Y.D. Kostyamin

V.K. Gusak Institute of Emergency and Reconstructive Surgery of the Ministry of Health of Russia
47, Leninsky Ave., Donetsk, 283045, Donetsk People's Republic, Russia

Abstract

The purpose of the study was to compare the methods of mechanical reduction of blood flow in the right branch of the portal vein: portal vein embolization (PVE) and portal vein ligation (PVL) as a neoadjuvant treatment before extended hepatectomy to induce hypertrophy of the future liver remnant (FLR) for the prevention of post-resection hepatic failure (PRHF). **Material and Methods.** A total of 28 publications from PubMed and ScienceDirect databases, the International Hepato-Pancreato-Biliary Association, monographs and guidelines for physicians, covering the period from 2001 to 2004, were analyzed. The search for articles in the PubMed database was conducted using the key words: "portal vein embolization" and "portal vein ligation" with the parameters "Free full text", "Review", "5 years". 22 articles were selected as relevant. **Conclusion.** In general, no clear and unanimous opinion was found among the authors regarding the rate of FLR hypertrophy between the PVE and PVL methods. However, most authors recommended PVL. As for the time interval from PVE/PVL to the second stage of surgery, the opinions were equally bipolar. Many authors recommended additional segment IV embolization to enhance the regenerative potential, which is associated with technical difficulties and requires advanced skills. The problem of post-occlusion tumor progression was widely reported, the highest percentage of cases was described after PVE. This fact is explained by hemodynamic restructuring, stimulation of cytokine and growth factor production. The cases of insufficient FLR hypertrophy due to the development of intrahepatic collaterals, especially after PVL, were described. Associated liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy (ALPPS) was proposed as an alternative to prevent this complication. Complications after PVE/PVL were poorly described, with isolated reports of contralateral embolization, intra-abdominal choleraemia or hemorrhage, and distant periportal fibrosis. To date, PVE remains the gold standard as the first stage of two-stage extensive liver resections, as a prevention of post-resection liver failure.

Key words: right portal vein embolization (PVE), right portal vein ligation (PVL), post-resection liver failure, remnant, FLR, liver cancer.

Введение

В настоящее время, наряду с трансплантацией, резекция печени по-прежнему остается одним из самых сложных и единственным радикальным методом лечения большинства злокачественных и доброкачественных, первичных и метастатических опухолей печени, обширных абсцедирующих и паразитарных поражений ее паренхимы. Несмотря на значительный методологический прогресс в этой области, с объективным улучшением результатов, остаются до конца не решенными вопросы осложнений, среди которых на первый план выступает пострезекционная печеночная недостаточность (ПРПН), являющаяся основной причиной смерти после подобных операций [1–3]. Менее часто встречающиеся осложнения целесообразно разделить на неспецифические, такие как реактивный плеврит, ателектаз, пневмония, катетерные инфекции, кровотечения из желудочно-кишечного тракта, коагулопатии, инфекции области хирургического вмешательства и другие, а также специфические для резекции печени осложнения: формирование биллом, наружных желчных свищей, гематом и кровотечений из культи печени [4]. При

этом если тактика, сроки и способы курации последних в большей степени изучены и отработаны, то лечение и профилактика ПРПН остаются дискуссионными. Целый ряд разработанных методов предоперационного прогнозирования и профилактики ПРПН, безусловно, имеет клинически и статистически доказанную эффективность. Однако из-за различных концепций технической реализации они имеют разную эффективность в каждом случае, что требует строгого индивидуального подхода. Из хирургических методов профилактики ПРПН в настоящее время в мире известны и внедрены в практику технологии, позволяющие добиться уменьшения в размерах опухолевого субстрата (эмболизация и химиоэмболизация ветвей печеночной артерии, варианты местной абляции и пр.), редукции кровотока по правой ветви воротной вены в вариантах PVE и PVL с целью индукции компенсаторной гипертрофии FLR, а также двухэтапные резекции печени (ALPPS, RALPPS, сплит-резекции) [5]. Появляются сообщения о внедрении и апробации эндоваскулярной депривации печеночных вен (liver venous deprivation, LVD) в дополнение к PVE, с обнадёживающими результа-

тами в виде ускоренной гипертрофии остаточной печени в группе PVE + LVD (51,2 %) по сравнению с группой PVE (31,9 %) [6].

Методика ALPPS была разработана в 2012 г. как альтернатива PVE и PVL после ряда публикаций о недостаточной гипертрофии FLR [1, 7]. Однако метаанализ 2022 г., проведенный в Китае, наряду с подтверждением ускоренной регенерации FLR и сокращением срока до выполнения гемигепатэктомии, выявил более высокий процент осложнений в группе ALPPS по шкале Clavien–Dindo и 90-дневной смертности [2]. При этом существенной разницы в частоте резекции R0 не выявлено. В связи с этим, несмотря на ускоренный регенераторный потенциал, ALPPS широкого распространения в мире и странах СНГ не получила, оставляя на данный момент PVE и PVL в качестве методов выбора.

Викарная гипертрофия печени после перевязки портальной вены в эксперименте на животных впервые описана P. Rous, L.D. Larimore в 1920 г., впоследствии различными исследователями показано, что морфологические и биохимические аспекты регенерации печени у человека и животных идентичны [8, 9]. Во всех вариантах механической редукции кровотока по правой ветви портальной вены происходят функциональное перераспределение кровотока в FLR, а также активация регенеративного цикла за счет фактора роста гепатоцитов (hepatocyte growth factor, HGF), который стимулирует синтез ДНК в гепатоцитах и эпителии желчных протоков, а также другими активирующими триггерами, которые синтезируются в гепатоцитах, звездчатых клетках, клетках Купфера, в числе которых фактор некроза опухоли- α , ИЛ-1, ИЛ-6 [10, 11]. Отечественными и зарубежными авторами выявлено, что для профилактики ПППН объем FLR должен быть при неизменной паренхиме печени не менее 20–30 %, при стеатозе или после цикла химиотерапии – 30–40 % и не менее 40 % при цирротических изменениях и холестазах [1, 11–15].

Среди большого массива литературных данных в отношении каждого метода встречаются различные точки зрения относительно показаний, эффективности и осложнений. Помимо положительных сторон PVE и PVL, отмечаются и отрицательные, такие как отсутствие гипертрофии либо ее недостаточность, необходимость повторных процедур, эмболизация контрлатеральной доли, геморрагии, холерея, имплантационная диссеминация и прочие [16]. В связи с этим есть необходимость в проведении литературного обзора с попыткой стратификации по модели «риск – польза» при выполнении PVE/PVL.

Цель исследования – сравнение методов механической редукции кровотока в правой ветви портальной вены (эмболизация, portal vein embolization – PVE и лигирование, portal vein ligation –

PVL) как неoadъювантного этапа лечения перед обширными резекциями печени с целью индукции викарной гипертрофии ремнанта (future liver remnant – FLR) для профилактики пострезекционной печеночной недостаточности (ПППН) на основе анализа литературных данных.

Нами проведен анализ 28 литературных источников, опубликованных с 2001 по 2024 г. в таких базах данных, как PubMed, ScienceDirect, International Hepato-Pancreato-Biliary Association. Поиск статей в базе данных PubMed выполнялся с тегами «portal vein embolization» и «portal vein ligation» с параметрами «Free full text», «Review», «5 years», как релевантные отобрано 22 статьи.

Степень гиперплазии ремнанта

В результате анализа отобранного материала выявлено, что наиболее дискуссионным остается вопрос о степени викарной гиперплазии и сроках до второго, радикального, этапа лечения, при использовании методов PVE и PVL, которые в подавляющем большинстве случаев сравниваются с ALPPS. Представляется интересным тот факт, что практически во всех материалах используется термин «гипертрофия», хотя патогистологически процесс представляет собой гиперплазию (митоз) [11]. По данным G. Cassese et al. и Y. Sugowara et al., около 80 % больных после выполненной PVE готовы перенести второй радикальный этап лечения в виде гемигепатэктомии не ранее чем через 6–8 нед [1, 17]. Что касается PVL, то, по мнению A.A. Schnitzbauer et al., гиперплазия FLR происходит в значительно более сжатые сроки – около 9 сут [18]. По мнению этих же авторов, до 20 % пациентов обречены на невыполнимость второго этапа лечения ввиду недостаточной гипертрофии ремнанта [1]. Опубликованный в 2022 г. сетевой метаанализ, включающий 27 исследований и охватывающий 2 075 пациентов, выявил степень гипертрофии FLR в 55,25 % (ДИ 45,27–65,24 %) при PVE и 58,42 % (ДИ 37,62–79,23 %) – при PVL. При этом временной интервал до операции при PVL был больше, чем при PVE: – 43,37 дня (ДИ 64,11–22,62) против 32,79 дня (ДИ –42,92–22,66) соответственно [2]. В то же время метаанализ 2017 г. включает 1 953 пациента, которым выполнено PVE, и 123 пациента, перенесших PVL. Авторами не выявлено значимой разницы в средних показателях относительной частоты гипертрофии ремнанта – 43,2 % при PVE и 38,5 % при PVL (p-value=0,386), частота осложнений оказалась сопоставимой – 3,9 % при PVE и 5,2 % при PVL (p-value=0,397), смертность в течение 30 дней также значимо не отличалась – 3,8 % при PVE и 2,8 % при PVL (p-value=0,795). Доля больных, не оперированных по причине недостаточной гипертрофии FLR, в группе PVL составила 0 %, в группе PVE – 4,3 % [19]. Также J. Heil et al. указывают на сопоставимые результаты степени

гипертрофии при PVE и PVL [20]. В качестве модификаций PVE, усиливающих потенциал роста FLR, многими авторами предложена дополнительная эмболизация IV сегмента («высококачественная» PVE), рекомендуемая в подавляющем большинстве случаев перед расширенной правосторонней гемигепатэктомией [1, 16, 20, 21]. При этом подчеркивается необходимость сохранения вен к II и III сегментам, что подразумевает определенные технические сложности [16].

Вероятность опухолевой прогрессии

Из числа неблагоприятных факторов после PVE наиболее широко освещена проблема постэмболизационной прогрессии. Причем сообщается о случаях продолженного роста как в эмболизированной, так и в неэмболизированной доле печени. Обсуждая причины данного состояния, авторы указывают на перераспределение портальной и артериальной гемодинамики в печени [1, 22, 23]. Многочисленными исследованиями доказан факт кровоснабжения первичных и вторичных опухолей печени, особенно высокодифференцированных, именно из артериального бассейна. Пролонгация роста также объясняется стимуляцией выработки провоспалительных цитокинов и факторов роста после редукции кровотока [1, 22]. N. Kokudo et al. при оценке пролиферативной активности колоректальных метастазов печени после PVE приводится сравнение группы из 18 пациентов, которым выполнена обширная резекция печени с предварительной PVE, с группой из 29 пациентов, которые перенесли резекцию без предварительной PVE. Выявлено значимое увеличение объема опухолевых сателлитов – с 223 мл до 270 мл (+20,8 %, $p\text{-value}=,016$) – у больных, перенесших предварительную PVE. Также отмечено повышение уровня ядерного белка Ki67 в группе PVE по сравнению с группой без PVE – 46,6 vs 35,4 ($p\text{-value}=,013$). При этом отдаленная выживаемость не различалась [23]. V. Pamecha et al. провели анализ когорты из 42 пациентов, разделенных на группы резекции с предварительной PVE (основная) и без нее (контрольная). Динамика роста отслеживалась с помощью СКТ/МРТ от начала установления диагноза до момента операции. Выявлен ускоренный рост опухоли в основной группе по сравнению с контрольной – 0,36 vs 0,05 мл/день ($p\text{-value}=0,06$) [24]. Прогрессирование опухолевого процесса описано также и после PVL, однако в значительно меньшем числе публикаций. В частности, в эксперименте у лабораторных мышей C57BL/6j и BALB/c подтверждено четырехкратное увеличение объема искусственно имплантированных метастазов колоректального рака печени CT26.WT на стороне лигирования после PVL [25]. Большинство авторов сходятся во мнении, что до 20–40 % пациентов, перенесших PVE/PVL, не оперируются по причине прогрессирования опухолевого процесса [20].

Отсутствие гиперплазии или ее недостаточность

При анализе материалов в свете двух обсуждаемых методик не менее дискуссионным остается вопрос о недостаточной викарной гиперплазии ремнанта или об ее отсутствии, вследствие развития внутрипеченочных коллатералей [13]. Причем в этом контексте более предпочтительной описана PVE. Некоторые авторы объясняют этот феномен более «центральной» окклюзией портального кровотока при PVL, при которой, кроме правой ветви портальной вены, все дистальное русло остается открытым, что и является субстратом для формирования коллатерального кровотока [26]. С целью нивелирования данного неблагоприятного фактора как альтернатива представляются методики ALPPS и сплит-резекций *in situ*, предполагающие транссекцию печеночной паренхимы с прерыванием потенциальных коллатеральных путей [13, 27].

Неудовлетворительные результаты PVE также описаны в многоцентровом исследовании 2020 г., где представлен анализ результатов лечения 298 пациентов, которым выполнена расширенная гемигепатэктомия после PVE, и 456 пациентов с аналогичными операциями без предварительной PVE. В первой группе печеночная недостаточность возникла в 25 % случаев, уровень смертности равнялся 19 %. Во второй группе эти показатели составили 23 и 16 % соответственно ($p\text{-value}=0,4$) [16].

Осложнения

Что касается осложнений при PVE, в литературе встречаются немногочисленные сообщения об избыточной эмболизации с вовлечением контрлатеральной доли либо основного ствола портальной вены, внутрибрюшной холереи, особенно при сопутствующей билиарной гипертензии [16]. Для пациентов с уже имеющимся тромбозом портальной системы рекомендуется отдавать предпочтение PVL, т. к. PVE имеет неполный, сегментарный характер окклюзии, что не может предотвратить проксимальное распространение тромбоза [22, 28]. Также описаны кровотечения, отдаленный перипортальный фиброз, осложняющий диссекцию паренхимы печени во время радикального этапа операции, имплантационная диссеминация опухолевого субстрата. Подробных описаний осложнений PVL не выявлено, и в их числе остаются общехирургические, такие как кровотечение и повреждение внепеченочных или внутрипеченочных желчных протоков. Китайский систематический обзор и метаанализ 2022 г., охарактеризовавший эффективность и безопасность различных подходов к усилению регенерации будущего остатка печени, при сравнении частоты осложнений PVE и PVL по шкале Clavien–Dindo значимых различий не показал [2].

Заключение

В литературе однозначного мнения относительно степени гиперплазии ремнанта при PVE/PVL нет. Большинство авторов описывают PVL как приоритетную, которая обеспечивает большую степень викарного увеличения FLR. Значимой разницы во временном интервале между PVE/PVL и операцией не выявлено. По причине недостаточного увеличения FLR 20 % больным не показан второй, радикальный, этап операции. С целью усиления регенерации FLR рекомендована дополнительная эмболизация IV сегмента. Отмечаются варианты прогрессирования опухоли после PVE/PVL как в ипси-, так и в контрлатеральной доле. Наибольшая частота прогрессирования описана после PVE. По причине прогрессирования опухоли после PVE/PVL 40 % пациентов не показан второй этап операции. Многочисленными сообщениями представлены случаи недостаточной гипертрофии будущего остатка печени, по причине развития

внутрипеченочных коллатералей. В этом контексте менее предпочтительной представлена методика PVL. Методика ALPPS является альтернативой PVE/PVL при недостаточном увеличении FLR, поскольку она подразумевает пересечение междолевых сосудов, что препятствует развитию коллатералей. Осложнения PVE/PVL освещены скудно, с единичными сообщениями о контрлатеральной эмболизации, эмболизации основного ствола портальной вены, внутрибрюшной холереи, кровотечениях, отдаленном перипортальном фиброзе. В настоящее время PVE остается золотым стандартом благодаря малоинвазивности, оперативности и относительной технической простоте. Преимущество PVE по сравнению с PVL – независимость от спаечного процесса. Преферентная сторона PVL – возможность диагностической лапароскопии с биопсией или другими сопутствующими манипуляциями.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cassese G., Han H.S., Lee B., Cho J.Y., Lee H.W., Guiu B., Panaro F., Troisi R.I. Portal vein embolization failure: Current strategies and future perspectives to improve liver hypertrophy before major oncological liver resection. *World J Gastrointest Oncol.* 2022; 14(11): 2088–96. doi: 10.4251/wjgo.v14.i11.2088.
- Yi F., Zhang W., Feng L. Efficacy and safety of different options for liver regeneration of future liver remnant in patients with liver malignancies: a systematic review and network meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 2022; 20(1): 399. doi: 10.1186/s12957-022-02867-w.
- Chan K.S., Low J.K., Shelat V.G. Associated liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy: a review. *Transl Gastroenterol Hepatol.* 2020; 5: 37. doi: 10.21037/tgh.2019.12.01.
- Jin S., Fu Q., Wuyun G., Wuyun T. Management of post-hepatectomy complications. *World J Gastroenterol.* 2013; 19(44): 7983–91. doi: 10.3748/wjg.v19.i44.7983.
- Шабунин А.В., Каралкин А.В., Белоусова А.П., Кижасев Е.В., Греков Д.Н. Профилактика и лечение послеоперационной печеночной недостаточности после обширных резекций печени. *Анналы хирургии.* 2018; 23 (4): 211–18. [Shabunin A.V., Karalkin A.V., Belousova A.P., Kizhaev E.V., Grekov D.N. Prevention and management of postoperative liver failure after extensive liver resections. *Annals of Surgery.* 2018; 23 (4): 211–18. (in Russian)]. doi: 10.18821/1560-9502-2018-23-4-211-218. EDN: YOCNTE.
- Le Roy B., Gallon A., Cauchy F., Pereira B., Gagnière J., Lambert C., Yoh T., Boyer L., Pezet D., Buc E., Chabrot P. Combined biembolization induces higher hypertrophy than portal vein embolization before major liver resection. *HPB.* 2020; 22(2): 298–305. doi: 10.1016/j.hpb.2019.08.005.
- de Santibañes E., Clavien P.A. Playing Play-Doh to prevent post-operative liver failure: the “ALPPS” approach. *Ann Surg.* 2012; 255(3): 415–17. doi: 10.1097/SLA.0b013e318248577d.
- Rous P., Larimore L.D. Relation of the portal blood to liver maintenance: a demonstration of liver atrophy conditional on compensation. *J Exp Med.* 1920; 31(5): 609–32. doi: 10.1084/jem.31.5.609.
- Huisman F., van Lienden K.P., Damude S., Hoekstra L.T., van Gulik T.M. A review of animal models for portal vein embolization. *J Surg Res.* 2014; 191(1): 179–88. doi: 10.1016/j.jss.2014.05.089.
- Madoff D.C. Preoperative Portal Vein Embolization: A method to improve the safety of major hepatic resection. *Endovascular today.* 2005; November. Reprints: 70–80.
- Хирургия печени. Оперативная техника и мини-инвазивные технологии: руководство для врачей. Под ред. О.Г. Скипенко. М., 2016. 304 с. [Liver surgery: Operational techniques and minimally invasive technologies: a guide for physicians. Ed. O.G. Skipenko. Moscow, 2016. 304 p. (in Russian)]. ISBN 978-5-9986-0268-9.
- Guiu B., Quenet F., Panaro F., Piron L., Cassinotto C., Herrero A., Souche F.R., Hermida M., Pierredon-Foulongne M.A., Belgour A., Aho-Glele S., Deshayes E. Liver venous deprivation versus portal vein embolization before major hepatectomy: future liver remnant volumetric and functional changes. *Hepatobiliary Surg Nutr.* 2020; 9(5): 564–76. doi: 10.21037/hbsn.2020.02.06.
- Сидоров Д.В., Ложкин М.В., Петров Л.О., Исаева А.Г. «Спасительная» двухэтапная резекция печени по типу ALPPS. Исследования и практика в медицине. 2017; 4(4): 143–48. [Sidorov D.V., Lozhkin M.V., Petrov L.O., Isaeva A.G. “Saving” a two-stage liver resection by the ALPPS type. *Research’n Practical Medicine Journal.* 2017; 4(4): 143–48. (in Russian)]. doi: 10.17709/2409-2231-2017-4-4-15. EDN: ZWLIPX.
- Chandra P., Sacks G.D. Contemporary Surgical Management of Colorectal Liver Metastases. *Cancers (Basel).* 2024; 16(5): 941. doi: 10.3390/cancers16050941.
- Kim D., Cornman-Homonoff J., Madoff D.C. Preparing for liver surgery with “Alphabet Soup”: PVE, ALPPS, TAE-PVE, LVD and RL. *Hepatobiliary Surg Nutr.* 2020; 9(2): 136–51. doi: 10.21037/hbsn.2019.09.10.
- Balci D., Sakamoto Y., Li J., Di Benedetto F., Krimker E.O., Petrowsky H. Associating liver partition and portal vein ligation for staged hepatectomy (ALPPS) procedure for cholangiocarcinoma. *Int J Surg.* 2020; 82S: 97–102. doi: 10.1016/j.ijsu.2020.06.045.
- Sugawara Y., Yamamoto J., Higashi H., Yamasaki S., Shimada K., Kosuge T., Takayama T., Makuuchi M. Preoperative portal embolization in patients with hepatocellular carcinoma. *World J Surg.* 2002; 26(1): 105–10. doi: 10.1007/s00268-001-0189-y.
- Schnitzbauer A.A., Lang S.A., Goessmann H., Nadalin S., Baumgart J., Farkas S.A., Fichtner-Feigl S., Lorf T., Goralczyk A., Hörbelt R., Kroemer A., Loss M., Rümmele P., Scherer M.N., Padberg W., Königsrainer A., Lang H., Obed A., Schlitt H.J. Right portal vein ligation combined with in situ splitting induces rapid left lateral liver lobe hypertrophy enabling 2-staged extended right hepatic resection in small-for-size settings. *Ann Surg.* 2012; 255(3): 405–14. doi: 10.1097/SLA.0b013e31824856f5.
- Isfordink C.J., Samim M., Braat M.N.G.J.A., Almalki A.M., Hagedoorn J., Borel Rinkes I.H.M., Molenaar J.Q. Portal vein ligation versus portal vein embolization for induction of hypertrophy of the future liver remnant: A systematic review and meta-analysis. *Surg Oncol.* 2017; 26 (3): 257–67. doi: 10.1016/j.suronc.2017.05.001.
- Heil J., Schiesser M., Schadde E. Current trends in regenerative liver surgery: Novel clinical strategies and experimental approaches. *Front Surg.* 2022; 9: 903825. doi: 10.3389/fsurg.2022.903825.
- Kishi Y., Madoff D.C., Abdalla E.K., Palavecino M., Ribero D., Chun Y.S., Vauthey J.N. Is embolization of segment 4 portal veins before extended right hepatectomy justified? *Surgery.* 2008; 144(5): 744–51. doi: 10.1016/j.surg.2008.05.015.
- Beppu T., Yamamura K., Okabe H., Imai K., Hayashi H. Oncological benefits of portal vein embolization for patients with hepatocellular carcinoma. *Ann Gastroenterol Surg.* 2020; 5(3): 287–95. doi: 10.1002/ags3.12414.
- Kokudo N., Tada K., Seki M., Ohta H., Azekura K., Ueno M., Ohta K., Yamaguchi T., Matsubara T., Takahashi T., Nakajima T., Muto T., Ikari T., Yanagisawa A., Kato Y. Proliferative activity of intrahepatic colorectal metastases after preoperative hemihepatic portal vein embolization. *Hepatology.* 2001; 34(2): 267–72. doi: 10.1053/jhep.2001.26513.
- Pamecha V., Levene A., Grillo F., Woodward N., Dhillon A., Davidson B.R. Effect of portal vein embolisation on the growth rate

of colorectal liver metastases. Br J Cancer. 2009; 100(4): 617–22. doi: 10.1038/sj.bjc.6604872.

25. Sakai N., Clarke C.N., Schuster R., Blanchard J., Tevar A.D., Edwards M.J., Lentsch A.B. Portal vein ligation accelerates tumor growth in ligated, but not contralateral lobes. World J Gastroenterol. 2010; 16(30): 3816–26. doi: 10.3748/wjg.v16.i30.3816.

26. Vyas S., Markar S., Partelli S., Fotheringham T., Low D., Imber C., Malago M., Kocher H.M. Portal vein embolization and ligation for extended hepatectomy. Indian J Surg Oncol. 2014; 5(1): 30–42. doi: 10.1007/s13193-013-0279-y.

27. Deal R., Frederiks C., Williams L., Olthof P.B., Dirscherl K., Keutgen X., Chan E., Deziel D., Hertl M., Schadde E. Rapid Liver Hypertrophy

After Portal Vein Occlusion Correlates with the Degree of Collateralization Between Lobes—a Study in Pigs. J Gastrointest Surg. 2018; 22(2): 203–13. doi: 10.1007/s11605-017-3512-0.

28. Koga Y., Beppu T., Imai K., Kuramoto K., Miyata T., Kitano Y., Nakagawa S., Okabe H., Okabe K., Yamashita Y.I., Chikamoto A., Baba H. Complete remission of advanced hepatocellular carcinoma following transient chemoembolization and portal vein ligation. Surg Case Rep. 2018; 4(1): 102. doi: 10.1186/s40792-018-0510-8.

Поступила/Received 21.11.2024

Одобрена после рецензирования/Revised 27.01.2025

Принята к публикации/Accepted 30.04.2025

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ладык Константин Константинович, хирург отделения хирургии № 1, ФГБУ «ИНВХ им. В.К. Гусака» Минздрава России (г. Донецк, Россия). SPIN-код: 8139-3617. ORCID: 0009-0007-6690-6816.

Ищенко Роман Викторович, доктор медицинских наук, директор, ФГБУ «ИНВХ им. В.К. Гусака» Минздрава России (г. Донецк, Россия). SPIN-код: 9021-7370. ORCID: 0000-0003-0260-6922.

Костямин Юрий Дмитриевич, кандидат медицинских наук, хирург, заведующий отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения № 2, ФГБУ «ИНВХ им. В.К. Гусака» Минздрава России (г. Донецк, Россия). SPIN-код: 8687-0660. ORCID: 0000-0003-0141-8719.

ВКЛАД АВТОРОВ

Ладык Константин Константинович: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание черновика статьи.

Ищенко Роман Викторович: сбор и обработка материала, редактирование, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Костямин Юрий Дмитриевич: сбор и обработка материала, редактирование, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

Финансирование

Это исследование не потребовало дополнительного финансирования.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ABOUT THE AUTHORS

Konstantyn K. Ladyk, MD, Surgeon, Department of Surgery No. 1, V.K. Gusak Institute of Emergency and Reconstructive Surgery of the Ministry of Health of Russia (Donetsk, Russia). ORCID: 0009-0007-6690-6816.

Roman V. Ishchenko, MD, DSc, Director, V.K. Gusak Institute of Emergency and Reconstructive Surgery of the Ministry of Health of Russia (Donetsk, Russia). ORCID: 0000-0003-0260-6922.

Yurii D. Kostyamin, MD, PhD, Surgeon, Head of the Department of X-ray Surgical Diagnostic and Treatment Methods No. 2, V.K. Gusak Institute of Emergency and Reconstructive Surgery of the Ministry of Health of Russia (Donetsk, Russia). ORCID: 0000-0003-0141-8719.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Konstantyn K. Ladyk: study conception and design, data collection and analysis, drafting of the manuscript, writing a text.

Roman V. Ishchenko: data collection and analysis, editing, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

Yurii D. Kostyamin: data collection and analysis, editing, critical revision with the introduction of valuable intellectual content.

All authors approved the final version of the manuscript prior to publication and agreed to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work were appropriately investigated and resolved.

Funding

This study required no funding.

Conflict of interests

The authors declare that they have no conflict of interest.