

DOI: 10.15825/1995-1191-2026-1-69-76

МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ ПРИ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПЕЧЕНИ У ПАЦИЕНТОВ ВЫСОКОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО РИСКА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Д.М. Бондаренко¹, А.Р. Монахов^{1, 2}, С.И. Зубенко¹, М.А. Болдырев¹

¹ ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Минздрава России, Москва, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, Российская Федерация

Методика перенаправления кровотока из нижней полой вены (НПВ) и портального русла при операциях трансплантации печени (ТП) обладает рядом преимуществ, главным из которых является предотвращение гипоперфузионных интраоперационных осложнений. **Материалы и методы.** Поиск литературы в базах данных Scopus, PubMed и РИНЦ проводили по ключевым словам: «обход печени», «трансплантация печени с применением вено-венозного обхода/шунтирования», «вспомогательное кровообращение при операциях на печени», «вспомогательное кровообращение при трансплантации печени», «история развития трансплантологии» с начала 1960-х по 2025 год. Проанализировано 162 публикации в отечественных и зарубежных журналах, в обзор были включены 44 публикации. **Результаты.** Анализ отечественной и мировой литературы демонстрирует единую концепцию применения систем при вено-венозном шунтировании (ВВШ), а также общие преимущества и недостатки имеющихся методик. ВВШ остается актуальным методом, обеспечивающим гемодинамическую стабильность и улучшающим исходы у реципиентов после ТП. Особое внимание уделяется новой системе и методу проведения ВВШ с использованием оксигенатора/теплообменника и венозного резервуара с возможностью выполнения непрерывной заместительной почечной терапии (НЗПТ). Современная методика ВВШ характеризуется созданием условий для выполнения хирургического вмешательства с высоким уровнем безопасности пациента во время процедуры.

Ключевые слова: вспомогательное кровообращение, вено-венозное шунтирование/обход, вено-венозное/портальное шунтирование, трансплантация печени.

METHODS OF VENOVENOUS BYPASS DURING LIVER TRANSPLANTATION IN HIGH-RISK SURGICAL PATIENTS (A LITERATURE REVIEW)

D.M. Bondarenko¹, A.R. Monakhov^{1, 2}, S.I. Zubenko¹, M.A. Boldyrev¹

¹ Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and Artificial Organs, Moscow, Russian Federation

² Sechenov University, Moscow, Russian Federation

Background. The technique of redirecting blood flow from the inferior vena cava (IVC) and portal vein during liver transplantation (LT) offers several advantages, the most important of which is the prevention of intraoperative hypoperfusion-related complications. **Materials and methods.** A literature search was performed in the Scopus, PubMed, and Russian Science Citation Index (RSCI) databases using the following keywords: «liver bypass», «liver transplantation with venovenous bypass/shunting», «assisted circulation during liver surgery», «assisted circulation during liver transplantation», and «history of transplantology» from the early 1960s through 2025 were considered. In total, 162 articles from Russian and foreign journals were analyzed, of which 44 met the

Для корреспонденции: Бондаренко Денис Михайлович. Адрес: 123182, Москва, ул. Щукинская, д. 1. Тел. (903) 274-39-57. E-mail: bdm_2004@mail.ru

Corresponding author: Denis Bondarenko. Address: 1, Shchukinskaya str., Moscow, 123182, Russian Federation. Phone: (903) 274-39-57. E-mail: bdm_2004@mail.ru

inclusion criteria and were included in the review. **Results.** An analysis of Russian and foreign literature reveals a unified concept regarding the use of venovenous bypass (VVB) systems, as well as the general advantages and limitations of existing techniques. VVB remains a relevant method for maintaining hemodynamic stability and improving postoperative outcomes in liver transplant recipients. Particular attention is given to a novel system and technique for performing VVB that incorporates an oxygenator/heat exchanger and a venous reservoir, allowing the simultaneous use of continuous renal replacement therapy (CRRT). Modern cardiopulmonary bypass techniques are characterized by the creation of optimal conditions for surgical intervention, ensuring a high level of patient safety throughout the procedure.

Keywords: circulatory support, venovenous bypass, liver transplantation.

Вено-венозное шунтирование (ВВШ) – это методика вспомогательного кровообращения, применяемая при трансплантации печени (ТП) для перенаправления кровотока из нижней полой вены (НПВ) и портального русла. Эта техника дает ряд преимуществ, главным из которых является снижение частоты использования классической хирургической методики пережатия НПВ, и как следствие, предотвращение гипоперфузионных интраоперационных осложнений. Отводя венозную кровь от печени, ВВШ обеспечивает гемодинамическую стабильность, исключает риски возникновения ряда осложнений, связанных с длительным пережатием магистральных сосудов, и улучшает исходы у реципиентов после ТП. Кроме того, ВВШ сокращает беспеченочную фазу оперативного вмешательства, снижая риск ишемически-реперфузионного повреждения трансплантата печени, а также защищает реципиента от реперфузионного синдрома в целом. Хотя применение ВВШ требует использования экстракорпорального контура (ЭКК) и специализированного оборудования, его внедрение в рутинную практику трансплантации печени открывает большие перспективы для улучшения исходов как в раннем послеоперационном периоде, так и в отдаленные сроки за счет снижения частоты возникновения интраоперационных осложнений, ассоциированных с оперативной тактикой и анестезиологическим обеспечением [1–3].

Цель исследования: проанализировать эволюцию развития перфузионных технологий и описать современные методики ВВШ при трансплантации печени.

Для анализа данных нами были проведены поиск и отбор литературы в соответствии с принципами PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов) [4], интерпретация результатов и формулировка выводов, включение проанализированных данных в обзор. В результате поиска в научных базах данных Scopus, PubMed и РИНЦ из 162 первоначально идентифицированных публикаций после двухуровневого скрининга было отобрано 44 релевантных исследований.

Внедрение ВВШ в ТП имеет долгую историю, отмеченную значимыми этапами. Первые примеры применения техник ВВШ были описаны Francis D. Moore в экспериментальной работе на собаках в начале 1960-х годов. Тогда использовалось пассивное шунтирование из системы НПВ в систему верхней полой вены (ВПВ) через внутреннюю яремную вену, однако это вело к высокой частоте развития тромбоза легочной артерии в результате формирования сгустков в экстракорпоральном контуре [5]. Далее T. Starzl в 1963 году опубликовал работу, где говорилось о трех попытках ТП человеку, которым предшествовали 7-летние исследования, включающие сохранение органов, хирургическую технику и физиологическую взаимосвязь печени с поджелудочной железой и другими внутренними органами брюшной полости. Основной проблемой на тот момент являлось несовершенство иммуносупрессивной терапии, коррекция и модификация которой в 1962 году позволила не только выполнить лечение рецидивов в рамках исследования, но в конечном итоге произвела революцию в трансплантации всех органов. Тогда ВВШ выполнялось путем двойного раздельного активного вено-венозного дренирования системы НПВ через бедренную вену и системы воротной вены в ВПВ (рис. 1) [6, 7].

Однако, по данным авторов исследования, появились проблемы с высокой частотой тромбоза легочной артерии: источником образования сгустков, как выяснилось, был ЭКК. Усилия, включающие гепаринизацию и вено-артериальное шунтирование, вскоре были оставлены из-за череды жизнеугрожающих осложнений, одним из которых стало неконтролируемое кровотечение [8]. Прорыв произошел в начале 1980-х годов, когда группа исследователей из Питтсбурга представила инновационный метод ВВШ с использованием специализированного оборудования и техники. Применение гепарин-связанных магистралей (т. е. экстракорпоральный контур с гепариновым покрытием), использование центрифужного насоса, а также отказ от системной гепаринизации обеспечивали лучшую перфузию венозной системы, не влияя на степень коагулопатии [9, 10].

Со временем были достигнуты успехи в разработке систем обхода, такие как внедрение центри-

фужных насосов Biomedicus и шунта Griffith. Суть метода заключалась в совместном активном вено-венозном дренировании системы НПВ через бедренную и воротную систему вен в ВПВ через подмышечную вену. В дальнейшем стали отказываться и от открытых способов канюляции в пользу пункционной методики, что внесло значительный вклад в решение проблем, связанных с гепаринизацией и массивным кровотечением во время ТП. Кроме того, разработка и внедрение систем быстрой аутотрансфузии, впервые примененных исследовательской группой из Питтсбурга, дополнительно улучшили управление кровопотерей во время хирургических вмешательств [10, 11].

Согласно работе S.P. Butt, в настоящее время при ВВШ наиболее часто применяют систему для перфузии, которая включает в себя систему магистралей и оксигенатор, выполняющий функцию теплообмен-

ника (рис. 2). Этот ключевой блок дополняет традиционный метод, в котором используется только центробежный насос и перфузионные линии забора и возврата крови, обеспечивая точный контроль температуры для эффективного согревания или охлаждения пациента по мере необходимости. Кроме того, авторы дополняют систему датчиками пузырьков на входной и на отводной магистралях, обеспечивая безопасность путем снижения потенциальных рисков, связанных с воздушной эмболией. Авторы обращают внимание на применение материалов с гепариновым покрытием для снижения потребности в антикоагулянтах и улучшения биосовместимости.

Авторы утверждают, что при необходимости в контур ВВШ может быть встроен гемоконцентратор, но они не рекомендуют использовать никаких дополнительных устройств, чтобы свести к минимуму риск воздушной эмболии. Вместо этого при необхо-

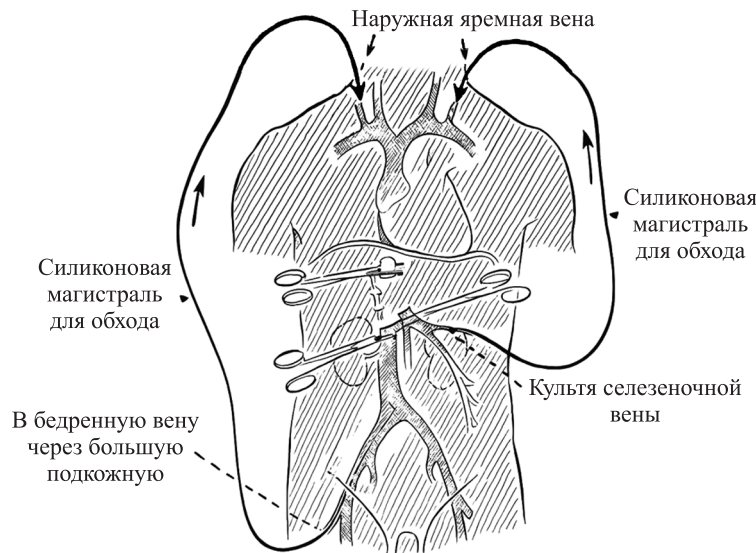


Рис. 1. Перераспределение кровотока из нижней полой и воротной вен в систему верхней полой вены [6]

Fig. 1. Schematic representation of blood flow redistribution from the inferior vena cava and portal vein to the superior vena cava system [6]

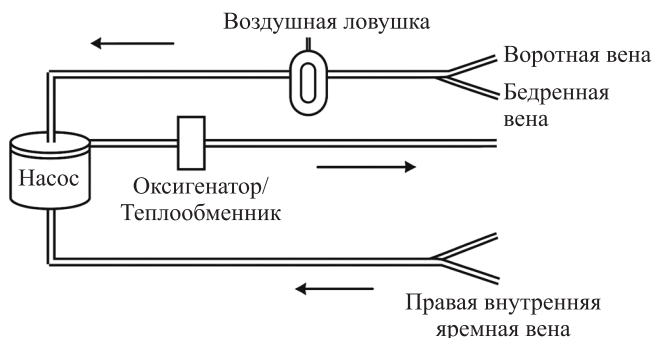


Рис. 2. Схема ВВШ при ТП [12]

Fig. 2. Schematic representation of veno-venous bypass during liver transplantation [12]

димости они используют непрерывную заместительную почечную терапию (НЗПТ) интраоперационно в качестве отдельной процедуры [12].

Трансплантологический центр Austin Health в Мельбурне (Австралия) провел анализ 900 ТП, выполненных с 2008-го по 2022 год, и сообщил, что у 27 пациентов (более 3%) интраоперационно потребовалось экстренное применение ВВШ. В 16 случаях применение ВВШ планировалось исходно. L. Weinberg et al. сообщают о применении ВВШ: в первом случае это было активное дренирование воротной вены или бедренной вены в правую внутреннюю яремную вену, а во втором случае – одновре-

менное шунтирование бедренной и воротной вены в подмышечную артерию, без применения оксигенатора/теплообменника, что было сопоставимо с методикой В.Р. Griffith 1985 года [13].

Несмотря на доступность методики и клиническое внедрение ее в 1980-х годах, рутинное применение ВВШ в практике ТП во всем мире сокращается. Этой тенденции способствуют несколько факторов, включая высокую стоимость ВВШ, сопутствующие риски установки катетеров большого диаметра и самой процедуры шунтирования, риск гипотермии, а также наличие альтернативных методик [3].

Традиционные хирургические методы, используемые для ТП, включают полное перекрестное пережатие и резекцию ретропеченочной нижней полой вены (НПВ), а также временное пережатие воротной вены. Это может привести к значительным гемодинамическим нарушениям, включая снижение венозного возврата и сердечного выброса, дистальный венозный застой и гипоперфузию органов, что является жизнеугрожающими состояниями для пациентов с тяжелым соматическим статусом [15].

При анализе отечественной литературы получены немногочисленные данные о применении ВВШ с 1990-го по 2012 год и отдельно выделяется 2023 год. В 1999 году Л.С. Локшин и А.В. Лаптий опубликовали статью «Вено-венозное шунтирование при трансплантации печени», в которой говорили о шунтировании у 28 пациентов с применением центрифужного насоса и приводящей/отводящей

магистралей (рис. 3). Примененная схема является классическим вариантом ВВШ. В работе были показаны преимущества ВВШ в виде профилактики ишемии органов брюшной полости и почек, снижение интра- и послеоперационных осложнений, а также демонстрировалось обязательное применение ВВШ при наличии анатомических особенностей у реципиента [16, 17].

Экспериментальная работа К.Н. Луцык 2008 года «Обходное вено-венозное шунтирование при трансплантации печени» демонстрировала применение системы и способа ВВШ, в результате которого отмечалась стабильность гемодинамики, отсутствие значимых сдвигов в гомеостазе показателей пациента на фоне необходимости применения магистралей с гепариновым покрытием, а также приоритетное применение центрифужных насосов по сравнению с роликовыми, так как последние обладали повреждающим действием на форменные элементы крови, что проявлялось гемолизом в 58% наблюдений. Отличие от классической схемы ВВШ заключается в добавлении теплообменника перед возвратом крови в подмышечную вену, что создавало условия для поддержания заданной температуры [18, 19, 21].

После продолжительной паузы лишь в 2023 году ФГБУ «НМИЦ ТИО им ак. В.И. Шумакова» был зарегистрирован патент на тему: «Система и способ вспомогательного кровообращения при хирургических вмешательствах на печени», а также сообщение об использовании уникальной авторской методики ВВШ. Д.М. Бондаренко с соавторами представили систему и способ ВВШ с применением оксигенатора/теплообменника и венозного резервуара с возможностью моментального возврата крови из раны в систему ВПВ пациента через двухпросветный катетер, установленный в яремную вену (рис. 4) [20].

Данная система и способ сочетают в себе преимущества классического варианта шунтирования и добавляют возможность управления волемическим статусом пациента, снижая последствия интраоперационного кровотечения и частоты использования компонентов крови во время операции. Пункционный способ катетеризации яремной вены устраняет отрицательные аспекты открытого доступа к подмышечной вене.

За последние два десятилетия произошли усовершенствования в техниках ВВШ, включая появление чрескожной методики как более безопасной и простой альтернативы традиционному открытому доступу (хирургической канюляции). Чрескожный подход показал свою перспективность с точки зрения повышения безопасности и простоты выполнения. Кроме того, достижения в экстракорпоральных технологиях, включая улучшенную конструкцию ЭКК, такие как интеграция теплообменного элемента для предотвращения гипотермии пациента и доступность

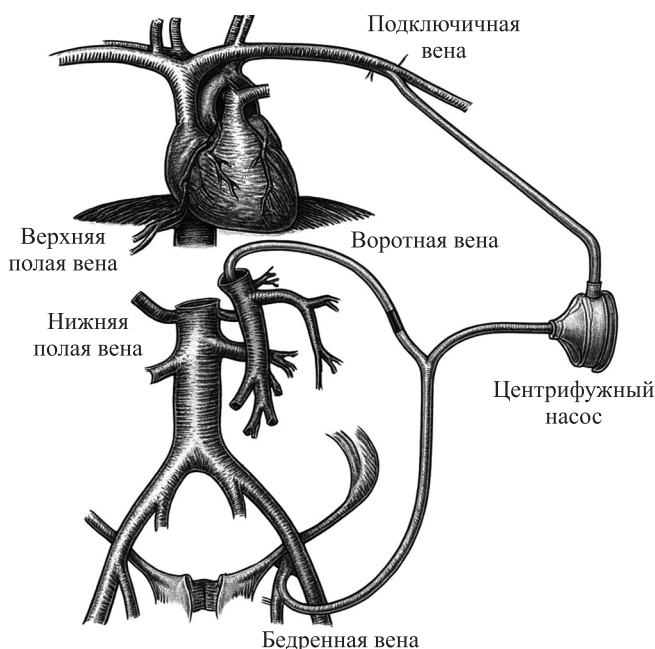


Рис. 3. Вено-венозное шунтирование от воротной и бедренной вены к левой подмышечной вене [16]

Fig. 3. Veno-venous bypass from the portal and femoral veins to the left axillary vein [16]

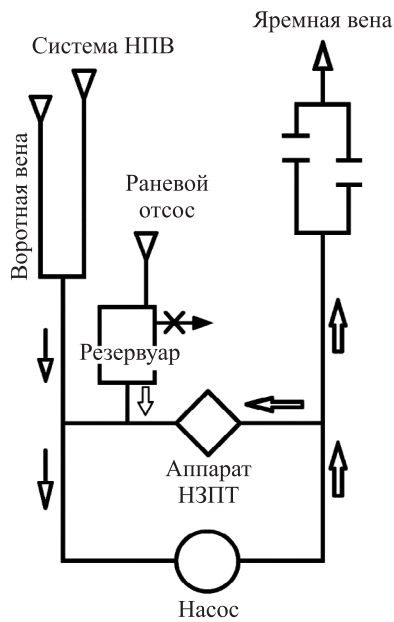


Рис. 4. Схема проведения ВВШ с применением оксигенатора/теплообменника и венозного резервуара [20]

Fig. 4. Schematic representation of veno-venous shunting using an oxygenator/heat exchanger and a venous reservoir [20]

покрытых (коагуляционно-инертных) контуров для лучшего управления антикоагуляцией, расширили применение и значимость ВВШ у критически больных пациентов, переносящих ТП, для улучшения исходов оперативного вмешательства [1].

Ряд исследований применения методики вено-венозного/портального (ВВП) шунтирования при ТП выявил положительные результаты. Исследования продемонстрировали, что ВВП-шунтирование может обеспечивать такие преимущества, как гемодинамическая стабильность, снижение времени операции и улучшение исходов у пациентов с заболеваниями почек, снижение вероятности осложнений, таких как сердечные аритмии, легочная гипертензия и дисфункция правого желудочка. Кроме того, демонстрировалось повышение безопасности реципиента за счет снижения риска хирургических осложнений. Эти данные подтверждают роль ВВШ как средства минимизации осложнений и улучшения исходов у пациентов при ТП [2, 3].

В свою очередь, эффективность ВВП-шунтирования при ТП была продемонстрирована А. Mossdorf путем анализа 163 последовательных ТП, проведенных в одном центре с момента начала там программы трансплантации печени в 2010 году. Среднее время операции составило 269 минут, а время тепловой ишемии в среднем не превышает 43 минуты. Медианная потребность в трансфузии эритроцитарной массы и плазмы составила 7 и 14 единиц соответственно. Интраоперационной летальности не заре-

гистрировано, 30-дневная летальность составила 3%, тяжелых осложнений, индуцированных шунтированием, не наблюдалось. Процедура ВВШ была направлена на минимизацию объемной перегрузки, снижение потребности в вазопрессорах у пациента, уменьшение повреждения миокарда и улучшение периферического кровообращения [14].

В сравнительном исследовании 2019 года ученые изучили влияние ВВШ во время резекций печени с пролонгированной сосудистой изоляцией и гипотермической перфузией органа. Было установлено, что использование ВВШ привело к достоверно меньшей интраоперационной кровопотере ($p = 0,010$) и меньшему количеству послеоперационных респираторных осложнений – 15% у пациентов с вено-венозным шунтированием ВВШ против 64% у пациентов без вено-венозного шунтирования ВВШ, $p = 0,012$. Несмотря на то что у пациентов группы ВВШ время операции было больше (460 мин против 375, $p = 0,023$), не было обнаружено значимых различий в послеоперационной летальности или частоте серьезных осложнений между группами с ВВШ и без ВВШ. Эти результаты подчеркивают потенциальные преимущества ВВШ в улучшении хирургических исходов при сложных резекциях печени с пролонгированной сосудистой изоляцией и гипотермической перфузией печени, обосновывая рекомендацию к применению данного метода в таких случаях [25].

Т. Sakai et al. сообщили, что внедрение техники сохранения ретро-печеночного отдела полой вены в ТП значительно снизило потребность в ВВШ и стало заметным достижением в хирургической тактике. Тем не менее ВВШ остается ценным вспомогательным методом при ТП. Традиционно установка венозной возвратной канюли методом открытого доступа через подмышечную вену несла значительные риски, такие как лимфорей, инфекция или повреждение нервного сплетения. Таким образом, при трансплантации печени у взрослых преимущество отдается чрескожной установке возвратной канюли во внутреннюю яремную вену, что представляет собой более безопасную альтернативу. Этот подход не только снижает сопутствующие риски, но и повышает общую безопасность и эффективность хирургического вмешательства [26].

Ретроспективное исследование команды К. Sun оценило влияние ВВШ на острое повреждение почек (ОПП) после трансплантации печени. Из 1037 человек 247 пациентам была имплантирована система ВВШ. Частота ОПП была ниже у пациентов с ВВШ и исходной дисфункцией почек до трансплантации (креатинин $>1,2$ мг/дл), и ВВШ было независимо ассоциировано со снижением риска ОПП. Значимых различий в потребности в заместительной почечной терапии или годовой летальности не наблюдалось. У пациентов с нормальной функцией почек (креати-

нин $<1,2$ мг/дл) частота ОПП не различалась между группами. Это исследование предполагает, что интраоперационное ВВШ может снижать риск посттрансплантационного ОПП у пациентов с исходно нарушенной функцией почек, что требует дальнейшего изучения [27].

Исследование Рокко с соавторами представляет два случая сложной ортотопической ТП, в которых для компенсации порто-мезентериального компартмента использовалось ВВШ с имплантацией венозного графта либо в нижнюю брыжеечную вену (НБВ), либо в селезеночную вену (СВ). В обоих случаях до вскрытия брюшной полости устанавливалось чрескожное бедренно-подмышечное ВВШ для облегчения работы с массивными коллатеральными венами в брюшной стенке. У первого пациента НБВ была соединена с донорским венозным графтом, в то время как второму пациенту потребовалась спленэктомия из-за чрезмерного увеличения селезенки, а СВ была соединена с донорским венозным графтом. В обоих случаях соединение дистальной части венозного графта с контуром ВВШ облегчало декомпрессию порто-мезентериального компартмента, снижая портальную гипертензию и обеспечивая доступ к печеночным воротам для сложной диссекции, необходимой из-за предшествующих обширных операций. Эта техника демонстрирует безопасность и простоту и является альтернативой для пациентов, нуждающихся в ВВШ, но не имеющих стандартного доступа к портальному компартменту, особенно в случаях тяжелой портальной гипертензии и повторных ТП [12].

Необычный клинический случай, описываемый С. Salloum et al., продемонстрировал ранее не документированный новаторский метод ВВШ во время ТП с использованием проходимой околопупочной вены (paraumbilical vein). У пациента, нуждавшегося в ВВШ во время ТП, предтрансплантационная КТ выявила крупную проходимую околопупочную вену. До вскрытия брюшной полости было установлено чрескожное бедренно-подмышечное ВВШ, подключенное к околопупочной вене. Этот подход обеспечил спланхническую венозную декомпрессию на протяжении всей операции. Использование околопупочной вены для ВВШ при ТП представляет собой перспективное направление для аналогичных случаев в будущем [28].

S.P. Butt et al. из Абу-Даби (ОАЭ) в 2024 году продемонстрировали опыт применения ВВШ при ТП у 11 пациентов с различными показаниями, включая высокий балл по шкале MELD (Model for End-Stage Liver Disease), предшествующие абдоминальные операции и спайки, множественный спонтанный бактериальный перитонит, тромбоз воротной вены и ишемическую болезнь сердца с сердечной недостаточностью. Авторы сообщали о положительных

результатах ВВШ, а также об отсутствии случаев сосудистых осложнений, связанных с канюляцией, или проблем, связанных с ВВШ. Более того, синдром постреперфузии не отмечался ни в одном из случаев [12].

Потенциальные преимущества ВВШ включают улучшение гемодинамической стабильности во время беспеченочной фазы, вторичной по отношению к сохранению венозного возврата, снижение кровопотери, связанной с портальной гипертензией, и сохранение кровотока к другим жизненно важным органам [10, 29]. Кроме того, некоторые пациенты с метаболическим или холестатическим заболеванием печени даже при отсутствии портальной гипертензии подвергаются повышенному риску портального застоя и могут нуждаться в ВВШ или временном портокавальном шунтировании. ВВШ может способствовать перенаправлению кровотока в случаях со сложной анатомией и/или сложным хирургическим воздействием (т. е. массивной гепатомегалией), а также способствовать декомпрессии портально-брыжеечного кровообращения [3] и ограничивать диффузное абдоминальное кровотечение из венозных коллатералей [14]. Наконец, ВВШ можно рассматривать в случаях фульминантной печеночной недостаточности в качестве средства поддержания венозного возврата, помогающего снизить потребность в избыточной жидкости, которая может усугубить внутричерепную гипертензию и потенциальный отек мозга.

Однако некоторые авторы сообщают, что в большинстве исследований, в которых сравнивали исходы ТП с рутинным применением ВВШ и без него, не выявлены существенные различия в продолжительности операции [9–13], переливании компонентов крови [22, 23, 30], ранней послеоперационной смертности [31], послеоперационном остром повреждении почек [24, 32], частоте ранних осложнений [24, 33] или продолжительности пребывания в стационаре [23, 32, 34]. Группа авторов рекомендует не прибегать к рутинному внедрению ВВШ, но признает, что существуют конкретные обстоятельства, при которых его использование может быть оправдано [13].

Следуя современным тенденциям, необходимо в каждом конкретном случае задуматься о необходимости применения ВВШ, учитывая вышеизложенные показания и противопоказания. Операции на печени у пациентов высокого хирургического риска могут сопровождаться большой одномоментной кровопотерей, требующей немедленного возврата крови в системное русло. Использование систем для реинфузии крови (CellSaver) не всегда позволяет осуществить возврат крови моментально, этот процесс требует определенного времени [35, 36].

Таким образом, с решением одних задач и усовершенствованием систем ВВШ для безопасного

применения методики появляются новые проблемы, требующие дальнейшего изучения и решения. Современный опыт российских ученых и мировые тенденции демонстрируют рутинное выполнение ТП без ВВШ. Глобальный переход к избирательному применению ВВШ в соответствии с конкретной нозологией, тяжестью пациента, расширением критериев операбельности подчеркивает особый интерес к вспомогательному кровообращению при трансплантации печени и направлен на решение актуальных/спорных вопросов, а также обеспечение безопасности процедуры.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. *Lapisatepun W, Lapisatepun W, Agopian V, Xia VW.* Venovenous Bypass During Liver Transplantation: A New Look at an Old Technique. *Transplant Proc.* 2020 Apr; 52 (3): 905–909. doi: 10.1016/j.transproceed.2020.01.048.
2. *Reddy K, Mallett S, Peachey T.* Venovenous bypass in orthotopic liver transplantation: time for a rethink? *Liver Transpl.* 2005 Jul; 11 (7): 741–749. doi: 10.1002/lt.20482.
3. *Fonouni H, Mehrabi A, Soleimani M, Müller SA, Büchler MW, Schmidt J.* The need for venovenous bypass in liver transplantation. *HPB (Oxford).* 2008; 10 (3): 196–203. doi: 10.1080/13651820801953031.
4. *Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ.* 2021; 372: n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
5. *Moore FD, Wheele HB, Demissianos HV, Smith LL, Balankura O, Abel K et al.* Experimental whole-organ transplantation of the liver and of the spleen. *Ann Surg.* 1960 Sep; 152 (3): 374–387.
6. *Welch CS.* A note on transplantation of the whole liver in dogs. *Transplant Bull.* 1955; 2: 54–55.
7. *Starzl TE, Marchioro TL, Waddell WR.* The reversal of rejection in human renal homografts with subsequent development of homograft tolerance. *Surg Gynecol Obstet.* 1963 Oct; 117: 385–395.
8. *Starzl TE, Iwatsuki S, Van Thiel DH, Gartner JC, Zitelli BJ, Malatack JJ et al.* Evolution of liver transplantation. *Hepatology.* 1982 Sep-Oct; 2 (5): 614–636. doi: 10.1002/hep.1840020516.
9. *Shaw BW Jr, Martin DJ, Marquez JM, Kang YG, Bugbee AC Jr, Iwatsuki S et al.* Venous bypass in clinical liver transplantation. *Ann Surg.* 1984 Oct; 200 (4): 524–534. doi: 10.1097/00000658-198410000-00013.
10. *Griffith BP, Shaw BW Jr, Hardesty RL, Iwatsuki S, Bahnson HT, Starzl TE.* Veno-venous bypass without systemic anticoagulation for transplantation of the human liver. *Surg Gynecol Obstet.* 1985 Mar; 160 (3): 270–272.
11. *Myers GJ.* Perfusion applications during liver transplantation. *Perfusion.* 1987 Jan; 2 (1): 51–56.
12. *Butt SP, Kumar A, Ashiq F, Minou A, Iuppa G, Quintini C.* Venovenous bypass in liver transplantation: Exploring the benefits, efficacy, and safety. *J Extra Corpor Technol.* 2024 Jun; 56 (2): 77–81. doi: 10.1051/ject/2024005.
13. *Weinberg L, Caragata R, Hazard R, Ludski J, Lee DK, Slifirski H et al.* Venovenous bypass in adult liver transplant recipients: A single-center observational case series. *PLoS One.* 2024 May 31; 19 (5): e0303631. doi: 10.1371/journal.pone.0303631.
14. *Mossdorf A, Ulmer F, Junge K, Heidenhain C, Hein M, Temizel I.* Bypass during Liver Transplantation: Anachronism or Revival? Liver Transplantation Using a Combined Venovenous/Portal Venous Bypass-Experiences with 163 Liver Transplants in a Newly Established Liver Transplantation Program. *Gastroenterol Res Pract.* 2015; 2015: 967951. doi: 10.1155/2015/967951.
15. *Estrin JA, Belani KG, Ascher NL, Lura D, Payne W, Najarian JS.* Hemodynamic changes on clamping and unclamping of major vessels during liver transplantation. *Transplant Proc.* 1989 Jun; 21 (3): 3500–3505.
16. *Локишин ЛС, Лантуй АВ.* Вено-венозное шунтирование при ортотопической трансплантации печени. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 1999; (1): 49–53. *Lokshin LS, Laptiy AV.* Veno-venous bypass in orthotopic liver transplantation. *Pathology of blood circulation and cardiac surgery.* 1999; (1): 49–53.
17. *Лантуй АВ.* Вено-венозное шунтирование при ортотопической трансплантации и обширных резекциях печени: экспериментально-клиническое исследование: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 1999; 23. *Laptiy AV.* Veno-venous bypass in orthotopic transplantation and extensive liver resections: Experimental and clinical study: Abstract of a PhD thesis. Moscow, 1999; 23.
18. *Журавель СВ, Чугунов АО, Луцык КН, Тиммербаев ВХ, Чжао АВ.* Преимущества и недостатки применения вено-венозного обходного шунтирования при трансплантации печени. *Общая реаниматология.* 2008; 4 (5): 70–74. *Zhuravel SV, Chugunov AO, Lutsyk KN, Timmerbayev VKh, Chzhao AV.* Advantages and Disadvantages of Vein-Venous Bypass During Liver Transplantation. *General resuscitation.* 2008; 4 (5): 70–74.
19. *Луцык КН, Чугунов АО, Журавель СВ, Новрузбеков МС, Чжао АВ.* Особенности проведения вено-венозного шунтирования при трансплантации печени. *Анналы хирургической гепатологии.* 2005; 10 (2): 205b-205. *Lutsyk KN, Chugunov AO, Zhuravel SV, Novruzbekov MS, Zhao AV.* Features of venovenous bypass surgery in liver transplantation. *Annals of surgical hepatology.* 2005; 10 (2): 205b–205.
20. *Бондаренко ДМ, Сдвигова АГ, Зубенко СИ, Монахов АР, Устин СЮ, Попцов ВН.* Система и способ вспомогательного кровообращения при хирургических вмешательствах на печени. Патентообладатель ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России. – 2023. – № 2812592. *Bondarenko DM, Sdvigova AG, Zubenko SI, Monakhov AR, Ustin SY, Poptsov VN.* System and method for circulatory support during liver surgery. Patent holder: V.I. Shumakov National Medical Research Center of Transplantology and

- Orthopedics, Ministry of Health of the Russian Federation. – 2023. – No. 2812592.
21. Луцьк КН. Обходное вено-венозное шунтирование при трансплантации печени: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2008; 19. *Lutsyk KN. Bypass venovenous shunting in liver transplantation: Abstract of Cand. Sci. (Medicine) Dissertation. Moscow, 2008; 19.*
 22. Kuo PC, Alfrey EJ, Garcia G, Haddow G, Dafoe DC. Orthotopic liver transplantation with selective use of venovenous bypass. *Am J Surg.* 1995 Dec; 170 (6): 671–675. doi: 10.1016/s0002-9610(99)80039-7.
 23. Sakai T, Matsusaki T, Marsh JW, Hilmi IA, Planinsic RM. Comparison of surgical methods in liver transplantation: retrohepatic caval resection with venovenous bypass (VVB) versus piggyback (PB) with VVB versus PB without VVB. *Transpl Int.* 2010 Dec; 23 (12): 1247–1258. doi: 10.1111/j.1432-2277.2010.01144.x.
 24. Schmitz V, Schoening W, Jelkmann I, Globke B, Pascher A, Bahra M et al. Different cava reconstruction techniques in liver transplantation: piggyback versus cava resection. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int.* 2014 Jun; 13 (3): 242–249. doi: 10.1016/s1499-3872(14)60250-2.
 25. Navez J, Cauchy F, Dokmak S, Goumard C, Faivre E, Weiss E. Complex liver resection under hepatic vascular exclusion and hypothermic perfusion with versus without veno-venous bypass: a comparative study. *HPB (Oxford).* 2019 Sep; 21 (9): 1131–1138. doi: 10.1016/j.hpb.2018.12.012.
 26. Sakai T, Gligor S, Diulus J, McAfee R, Wallis Marsh J, Planinsic RM. Insertion and management of percutaneous veno-venous bypass cannula for liver transplantation: a reference for transplant anesthesiologists. *Clin Transplant.* 2010 Sep-Oct; 24 (5): 585–591. doi: 10.1111/j.1399-0012.2009.01145.x.
 27. Sun K, Hong F, Wang Y, Agopian VG, Yan M, Busuttil RW. Venovenous Bypass Is Associated With a Lower Incidence of Acute Kidney Injury After Liver Transplantation in Patients With Compromised Pretransplant Renal Function. *Anesth Analg.* 2017 Nov; 125 (5): 1463–1470. doi: 10.1213/ANE.0000000000002311.
 28. Salloum C, Lim C, Lahat E, Compagnon P, Azoulay D. The veno-venous bypass in liver transplantation: an unfinished product. *Hepatobiliary Surg Nutr.* 2016 Jun; 5 (3): 269–272. doi: 10.21037/hbsn.2016.02.03.
 29. Shaw BW Jr, Martin DJ, Marquez JM, Kang YG, Bugbee AC Jr, Iwatsuki S. Advantages of venous bypass during orthotopic transplantation of the liver. *Semin Liver Dis.* 1985 Nov; 5 (4): 344–348. doi: 10.1055/s-2008-1040631.
 30. Hesse UJ, Berrevoet F, Troisi R, Mortier E, Pattyn P, de Hemptinne B. Liver transplantation by preservation of the caval flow with temporary porto-caval shunt or veno-venous bypass. *Transplant Proc.* 1997 Dec; 29 (8): 3609–3610. doi: 10.1016/s0041-1345(97)01044-0.
 31. Lerut JP, Molle G, Donataccio M, De Kock M, Ciccarelli O, Laterre PF et al. Cavocaval liver transplantation without venovenous bypass and without temporary portocaval shunting: the ideal technique for adult liver grafting? *Transpl Int.* 1997; 10 (3): 171–179. doi: 10.1007/s001470050037.
 32. Cabezuolo JB, Ramirez P, Acosta F, Torres D, Sansano T, Pons JA. Does the standard vs piggyback surgical technique affect the development of early acute renal failure after orthotopic liver transplantation? *Transplant Proc.* 2003 Aug; 35 (5): 1913–1914. doi: 10.1016/s0041-1345(03)00598-0.
 33. Moreno-Gonzalez E, Meneu-Diaz JG, Fundora Y, Ortega P, Moreno Elola-Olaso A, García García I. Advantages of the piggy back technique on intraoperative transfusion, fluid compsumption, and vasoactive drugs requirements in liver transplantation: a comparative study. *Transplant Proc.* 2003 Aug; 35 (5): 1918–1919. doi: 10.1016/s0041-1345(03)00600-6.
 34. Reddy KS, Johnston TD, Putnam LA, Isley M, Rangan D. Piggyback technique and selective use of venovenous bypass in adult orthotopic liver transplantation. *Clin Transplant.* 2000 Aug; 14 (4 Pt 2): 370–374. doi: 10.1034/j.1399-0012.2000.14040202.x.
 35. Li C, Mi K, Wen TF, Yan LN, Li B, Wei YG. Risk factors and outcomes of massive red blood cell transfusion following living donor liver transplantation. *J Dig Dis.* 2012 Mar; 13 (3): 161–167. doi: 10.1111/j.1751-2980.2011.00570.x.
 36. Donohue CI, Mallett SV. Reducing transfusion requirements in liver transplantation. *World J Transplant.* 2015 Dec 24; 5 (4): 165–182. doi: 10.5500/wjt.v5.i4.165.

*Статья поступила в редакцию 7.07.2025 г.
The article was submitted to the journal on 7.07.2025*