

УДК 616-073.43

## ЭХОГРАФИЯ ПРИ ТРАНСПЛАНТАЦИИ ПЕЧЕНИ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

**Л.В. Донова, М.С. Новрузбеков, К.М. Магомедов**

НИИ СП им. Н.В. Склифосовского, Москва

**Резюме.** Трансплантация печени справедливо считается единственным радикальным методом лечения терминальных хронических заболеваний печени и пациентов с острой печеночной недостаточностью. Однако, несмотря на накопленный опыт ведения пациентов этой группы, уровень развития осложнений остается еще на достаточно высоком уровне. Успех коррекции возникающих патологических состояний в значительной степени зависит от сроков их диагностики. Поскольку развивающиеся после трансплантации печени осложнения чаще всего не имеют специфических клинико-биохимических проявлений, использование визуализационных методов исследования играет ключевую роль в оценке состояния трансплантированного органа на всех этапах послеоперационного периода. Среди всех инструментальных методов ультразвуковое исследование с использованием доплеровских методик, проводимое в почасовом режиме непосредственно в палате интенсивной терапии, с точностью до 97 % и специфичностью до 100 % позволяет выявлять сосудистые посттрансплантационные осложнения в максимально короткие сроки. Их своевременная коррекция позволяет избежать потери трансплантата. Использование динамического наблюдения способствует дифференциальной диагностике в выявлении несосудистых осложнений на разных этапах послеоперационного периода. Применение современных методик в значительной степени расширяют возможности эхографии. Так, применение контрастного усиления не только сокращает время исследования, но и повышает чувствительность доплерографии в оценке проходимости сосудистого русла, особенно у пациентов со снижением центральной гемодинамики. Использование методик ARFI-эластографии у пациентов в поздние сроки послеоперационного периода дает возможность объективно оценивать степень выраженности фиброза печеночного трансплантата.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

**Ключевые слова:** трансплантация печени; эхолокация; отторжение трансплантата.

**Для цитирования:** Донова Л.В., Новрузбеков М.С., Магомедов К.М. Эхография при трансплантации печени: обзор литературы. *Вестник медицинского института «Реавиз». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2021;1(49):87-96. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.1.TX.2>

## ECHOGRAPHY IN LIVER TRANSPLANTATION: A LITERATURE REVIEW

**L.V. Donova, M.S. Novruzbekov, K.M. Magomedov**

Research Institute of Emergency Medicine named after N.V. Sklifosovsky, Moscow

**Abstract.** Liver transplantation is rightly considered the only radical treatment for terminal chronic liver diseases and patients with acute liver failure. However, despite the accumulated experience in the management of patients in this group, the level of complications development remains at a fairly high level. The success of the correction of emerging pathological conditions largely depends on the timing of their diagnosis. Since complications developing after liver transplantation most often do not have specific clinical and biochemical manifestations, the use of imaging research methods plays a key role in assessing the state of the transplanted organ at all stages of the postoperative period. Among all instrumental methods, ultrasound examination using Doppler techniques,



carried out hourly directly in the intensive care unit, with an accuracy of 97 % and a specificity of up to 100 %, makes it possible to detect vascular post-transplant complications as soon as possible. Their timely correction avoids the loss of the graft. The use of dynamic observation contributes to differential diagnosis in identifying non-vascular complications at different stages of the postoperative period. The use of modern techniques greatly expands the possibilities of echography. Thus, the use of contrast enhancement not only shortens the study time, but also increases the sensitivity of Dopplerography in assessing the patency of the vascular bed, especially in patients with decreased central hemodynamics. The use of ARFI-elastography techniques in patients in the late postoperative period makes it possible to objectively assess the severity of hepatic graft fibrosis.

**Competing interests.** The authors declare no competing interests.

**Funding.** This research received no external funding.

**Key words:** liver transplantation; echolocation; graft rejection.

**Cite as:** Donova L.V., Novruzbeikov M.S., Magomedov K.M. Echography in liver transplantation: a literature review. *Bulletin of the Medical Institute Reaviz. Rehabilitation, Doctor and Health.* 2021;1(49):87-96. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2021.1.TX.2>

С тех пор, как в 1963 году Starzl и коллеги выполнили первую пересадку целого трупного органа, трансплантация печени (ТП) справедливо считается единственным радикальным методом лечения терминальных хронических заболеваний печени и пациентов с быстрым и драматическим ухудшением состояния вследствие развития острой печеночной недостаточности [1–4].

К настоящему времени накоплен значительный опыт в ведении пациентов в посттрансплантационном периоде. В то же время уровень осложнений по-прежнему остаётся достаточно высоким [5].

Поскольку развивающиеся после ТП осложнения чаще всего не имеют специфических клинико-биохимических проявлений, использование визуализационных методов исследования играет ключевую роль в оценке состояния трансплантированного органа на всех этапах послеоперационного периода [6].

К осложнениям ТП, которые могут быть причиной гибели пациента, дисфункции или потери трансплантированного органа принято относить следующие состояния: первичное нефункционирование трансплантата, сосудистые и иммунологические осложнения, послеоперационное кровотечение, осложнения со стороны желчных путей.

Кроме этого в послеоперационном периоде возможно: возникновение лимфопрлиферативных процессов, рецидив

онкологических заболеваний печени, возврат гепатита С и других первичных заболеваний печени, формирование внутривенных гематом и абсцессов [3, 7].

Васкулярные тромбозы, по праву считающиеся наиболее грозными проблемами, могут быть причиной потери трансплантата в 53 % и гибели пациента в 33,3 % случаев среди всех неблагоприятных исходов выполненного вмешательства. Тромбоз печеночной артерии (ПА) может регистрироваться у 4,8–10 % оперированных пациентов, тромбоз воротной вены (ВВ) – у 1–2 % реципиентов, кавальные тромбозы и стенозы встречаются в 0,9 % случаев [6, 8, 9].

В настоящее время среди всех визуализационных методов ультразвуковому исследованию (УЗИ) в алгоритме динамического контроля за пациентами после ТП отводится роль первого ряда. Это связано с многочисленными преимуществами эхографии. И главным из них является возможность проведения многократных исследований непосредственно у постели пациента в реальном масштабе времени, что способствует правильной интерпретации развивающихся патологических процессов и их коррекции в максимально короткие сроки. В случае выполнения УЗИ квалифицированным оператором, данные исследования характеризуются высокой степенью надежности. В последние десятилетия доплеровские методики практически вытес-

нили инвазивные способы диагностики, такие как ангиография, и в настоящее время являются первым и главным методом оценки проходимости сосудистого русла трансплантированного органа [10, 11].

Правильное понимание спектра визуализационных проявлений у пациентов с нормальным послеоперационным течением и при развитии различных осложнений определяет успешность и адекватность ведения пациентов этой группы. Эхографическое исследование во всех случаях осуществляется с использованием серошкальных и доплеровских методик, оценки состояния печеночной паренхимы, билиарного дерева и сосудистой системы печени. Нормальными показателями эхографической картины печеночного трансплантата (ПТ) являются наличие однородной структуры его паренхимы, без признаков дилатации билиарной системы интра- и экстрапеченочной локализации, сохраненным доплеровским сигналом цветного и спектрального картирования в системе ПА, ВВ и печеночных вен (ПВ). Доплеровский спектр на уровне ПА в ранние сроки послеоперационного периода, при отсутствии осложнений, характеризуется наличием постоянной доплеровской составляющей, с острым систолическим пиком, продолжающимся диастолическим потоком. Время ускорения потока не превышает 0,08 сек. Индекс резистентности (ИР) в раннем послеоперационном периоде находится в диапазоне 0,5–0,8. Средние значения линейной скорости кровотока (ЛСК) – в пределах 50–200 см/сек. Увеличение скорости кровотока выше этого диапазона в первые три дня после операции авторы справедливо объясняют наличием отека мягких тканей в области анастомоза. Дальнейшее наблюдение на фоне уменьшения этих явлений регистрирует восстановление средних нормальных значений ЛСК. Корреляции между значениями максимальной ЛСК на уровне печеночной артерии в ранние сроки послеоперационного периода и возникно-

вением осложнений исследователями не выявлено. Величина ИР является наиболее используемым параметром, отражающим степень развивающейся резистентности кровотоку в бассейне печеночной артерии. В первые сутки наблюдения, вследствие отека паренхимы ПТ, у половины пациентов регистрируются высокие значения ИР, нормализующиеся через несколько суток при отсутствии осложнений [10–12].

В 2003 г. García-Criado A. и соавт. выявили четыре типа артериальной доплеровской кривой в ранние сроки после ПТ.

Первый тип: значения ИР не превышают 0,8, при этом доплеровская кривая характеризуется сохраненной диастолической составляющей. Второй тип: регистрируется достаточный артериальный систолический кровоток при полном отсутствии диастолического сигнала, индекс резистентности, соответственно, равен 1,0. Третий тип сопровождается не только отсутствием диастолического кровотока, но и регрессом систолического пика. Четвертый тип, отражающий наиболее тяжелые проявления нарушений гемодинамики в бассейне ПА, характеризуется полным отсутствием доплеровского сигнала. Последние два типа могут являться следствием прогрессирования резистентности кровотоку в бассейне печеночной артерии, а также могут являться вторичными проявлениями уже развившихся сосудистых осложнений [14].

Нормальная воротная вена при исследовании в серошкальном режиме характеризуется четкими контурами, однородным анэхогенным просветом. Является обычным определением небольшой разницы между диаметрами донорского и реципиентского сегментов ВВ и выявление гиперэхогенной зоны в области наложенного анастомоза, что объясняет регистрацию при доплерографии (ДГ) турбулентного кровотока в ее бассейне. В тоже время, ЛСК выше анастомоза не должна превышать ЛСК дистальнее анастомоза более, чем в три раза. Доплеровская кривая при

исследовании вен кавальной системы имеет отчетливо фазный характер, обусловленный фазами сердечного цикла, с максимальной ЛСК не более 100 см/сек. При серошкальном исследовании кавального бассейна регистрируется отсутствие локального сужения ПВ и однородность их просвета [3, 13, 15].

### **Сосудистые осложнения**

Артериальные осложнения являются главной причиной летальности и гибели трансплантата, поскольку приводят к тяжелым постишемическим повреждениям паренхимы печени и ее билиарной системы [16]. Чаще всего тромбоз ПА развивается в первые три дня послеоперационного периода. При этом при наложении простого артериального анастомоза это осложнение наблюдается у 2 % пациентов. При сложной реконструкции частота его возникновения увеличивается до 9,7 % [17].

Риск тромбоза ПА также может быть связан с существенными различиями в диаметре донорской и реципиентской артерии, предшествующими изменениями ветвей чревного ствола, значительным удлинением сроков холодной ишемии, развитием цитомегаловирусной инфекции, возникновением реакции острого клеточного отторжения и наличием стеноза в области наложенного анастомоза [18].

Другие факторы риска возникновения тромбоза ПА изучены недостаточно. Так например Stine J. G. и соавт. выявили достоверное влияние предшествующего тромбоза ВВ на увеличение частоты возникновения тромбоза ПА в послеоперационном периоде, точный механизм которого до настоящего момента не выяснен [19].

По данным Liu L.A. и соавт., опубликованным в 2020 г., постстрессовая, переходящая кардиомиопатия, сопровождающаяся выраженным снижением сократительной функции миокарда (Takotsubo syndrome), развивающаяся у 1,4 % оперированных пациентов, также может быть триггером возникновения тромбоза ПА [20].

По данным многочисленных исследований, в ранние сроки тромбоза ПА специфическая клиническая картина развивается только у 30 % пациентов, что указывает на необходимость осуществления тщательно эхографического наблюдения в ранние сроки послеоперационного периода, как минимум один раз в сутки [21–23, 25].

Основным эхографическим признаком тромбоза ПА является отсутствие цветового доплеровского сигнала в бассейне ПА, что указывает на прекращение кровотока в ее бассейне. Для правильной интерпретации полученных данных очень важно, чтобы данные цветного режима были подтверждены методом спектральной ДГ [24].

Артериальная псевдоаневризма, являющаяся редко встречающимся артериальным осложнением, также может протекать асимптомно, однако в случае ее разрыва клиническая картина характеризуется возникновением острого геморрагического шока или формированием фистул между билиарной или портальной системой печени. Это диктует необходимость своевременного ее выявления. Эхографическая картина псевдоаневризмы внутри- или внепеченочной локализации сопровождается визуализацией вблизи артериальной ветви округлого образования с цветовым и спектральным турбулентным доплеровским сигналом [25].

Точность диагностики тромбоза печеночной артерии при применении дуплексной доплерографии чрезвычайно высока и достигает 92–97 %. Специфичность в раннем послеоперационном периоде может достигать 100 %, в поздние сроки после операции – 72,7 % [10, 26, 27].

В то же время исследователи отмечают ряд ограничений, затрудняющих эхографическую оценку проходимости артериального русла ПТ. Значимое снижение кровотока в бассейне печеночной артерии может быть обусловлено регрессом центральной гемодинамики, отеком трансплантата, конституциональными особенностями пациентов с выраженным ожирением. Это может быть

причиной ложноположительной диагностики тромбоза ПА. Причиной ложноотрицательных заключений ДГ может быть визуализация перипортальных артериальных коллатералей, что чаще встречается при хроническом тромбозе ПА в поздние сроки после ТП [18, 28–30].

Ряд авторов отмечают, что использование контрастного усиления при проведении ДГ улучшает регистрацию низкоскоростных потоков в русле ПА, что способствует правильной оценке степени выраженности нарушений гемодинамики в ее бассейне, минимизирует использование инвазивных и других лучевых методов визуализационной диагностики, а также экономит время [18, 31]. Так, Ном В.К. и соавт. в своей работе указывают, что использование контрастного усиления сократило время исследования с  $27,4 \pm 13,9$  мин до  $9,3 \pm 4,5$  ( $P < 0,01$ ). При этом специфичность, чувствительность и точность этого метода составили 91,3 %, 100 % и 95 % соответственно [32].

Еще одной причиной недостаточной артериальной перфузии ПТ является значимый стеноз ПА, который по данным ДГ характеризуется регистрацией увеличения времени ускорения систолического пика (более 0,08 сек), низких значений ИР ( $< 0,5$ ) и ЛСК ( $< 0,5$  м/сек) при исследовании артериального русла внутрипеченочной локализации [10, 12, 13].

Снижение артериальной перфузии ПТ так же может быть и следствием возникновения артериального селезеночного обкрадывания (splenic artery steal syndrome – SASS). Данные ДГ при этом могут характеризоваться снижением скорости систолического пика, повышением ИР или полным прекращением диастолического потока при локации ствола ПА. Иногда артериальную гипоперфузию печеночного трансплантата вследствие SASS можно предположить, если при ДГ регистрируется обеднение артериального рисунка печени со значительным снижением ЛСК на уровне ее внутрипеченочных ветвей ПА [33–36].

Причинами, увеличивающими вероятность возникновения тромбоза ВВ, являются особенности хирургической тактики при наложении анастомоза и предшествующий тромбоз. Это осложнение так же может быть спровоцировано резким повышением резистентности внутривенного кровотока при нарушении венозного оттока, вследствие патологии на уровне каваальных вен. В случае тромбоза ВВ при двумерном УЗИ в ее просвете могут визуализироваться структуры средней эхогенности (тромботические массы). Однако при остром тромбозе просвет ее в первые часы остается анэхогенным. Применение режимов цветной, энергетической и спектральной ДГ регистрирует выраженное снижение ЛСК в бассейне воротной вены или его отсутствие и часто сопровождается достоверным снижением ( $< 0,5$ ) ИР на уровне печеночной артерии и ее ветвей. Стеноз воротной вены, наблюдающийся у 1 % реципиентов, в подавляющем большинстве случаев формируется в области анастомоза и характеризуется значимым уменьшением просвета ВВ в этой области. При ДГ это сопровождается появлением эффекта элайзинга, трех-четырёх кратным увеличением ЛСК вблизи зоны стеноза и наличием постстенотической дилатации реципиентского сегмента ВВ [1, 12, 39].

При тромбозе печеночных вен серошкальное двумерное исследование может выявлять эхогенные структуры в просвете вены. А при проведении ДГ – отсутствие доплеровского сигнала [1].

### **Несосудистые осложнения**

Билиарные осложнения, встречающиеся в 14–18 % случаев, нередко на начальном этапе протекают бессимптомно [37].

Возникновение билиарных стриктур чаще наблюдается в первые три месяца после ТП, но могут диагностироваться и в более поздние сроки, даже спустя годы после оперативного вмешательства. Развитие проксимальных стриктур объясняется рубцовыми и фиброзными изменениями в зоне

анастомоза. Возникновение неанастомотических стриктур обусловлено постишемическим повреждением стенок билиарных протоков в результате тромбоза или критического стеноза ПА. Именно анастомозированная ПА осуществляет кровоснабжение эпителия билиарной системы печени. При его недостаточности возникают инфаркты стенок протоков с последующим склерозированием и развитием стриктур. Неанастомотические стриктуры при УЗИ характеризуются выявлением локальной дилатации сегментарных ветвей билиарного дерева. Иногда, вследствие постишемических изменений, происходит полное или частичное отшелушивание эпителиального слоя в просвет протоков. В этих случаях при двумерном УЗИ в просвете дилатированного протока возможна визуализация структур средней эхогенности. Эти включения, как правило, состоят из скоплений эпителия билиарных протоков и желчных конкрементов [1, 10, 38].

Чувствительность УЗИ в выявлении дилатации билиарного внутрипечёночного дерева достаточно высока и достигает 71 %. В то же время, визуализация собственно стриктуры анастомоза при УЗИ затруднена. Это требует использования других методов исследования (рентгеноконтрастной или магнитнорезонансной холангиографии), что увеличивает точность диагностики до 97 % [39].

Острое клеточное отторжение (ОКО) является наиболее общим специфическим осложнением после ТП. Клинические и биохимические проявления этого осложнения не имеют специфичности, что затрудняет его диагностику. Имеются трудности верификации этого процесса и при использовании визуализационных, в том числе и ультразвуковых методов диагностики [31]. Исследователями не найдено достоверных ДГ признаков его подтверждения [29, 40]. В то же время, Martino M.D. и соавт. (2016 г.) указывают, что при серошкальном исследовании в этих случаях может выявляться неоднородность печеночной паренхимы,

снижение эхогенности в перипортальной области вследствие развивающегося отека [3]. Исключение других осложнений со сходной клинической картиной при проведении динамического ультразвукового контроля способствует своевременному назначению методов коррекции ОКО и снижает риск потери трансплантата [41].

Наличие первично нефункционирующего трансплантата печени может регистрироваться у 5 % реципиентов [42]. Отсутствие специфических клинических проявлений крайне затрудняет его диагностику и определение тактики лечения. Проведение регулярных эхографических исследований с использованием серошкальных и доплеровских методик способствует дифференциальной диагностике в определении причин ранней дисфункции печеночного трансплантата. Это позволяет своевременно выявлять реципиентов, нуждающихся в выполнении экстренной ретрансплантации органа [43].

Не менее важна роль УЗИ и в выявлении других паренхиматозных осложнений, правильная интерпретация которых чрезвычайно важна для проведения необходимых лечебных мероприятий. Формирование некрозов внутрипеченочной локализации в виде зон пониженной эхогенности без четких контуров всегда ассоциируется с тяжелыми формами нарушения перфузии печеночного трансплантата и чаще являются следствием тромбоза ПА, в более редких случаях – тромбозом ВВ. Ультразвуковые признаки абсцесса внутрипеченочной локализации зависят от степени его «зрелости». Классически внутрипеченочный абсцесс характеризуется наличием толстых стенок, гиперэхогенным содержимым, с возможным наличием газовых включений в его просвете. К неопластическим процессам относятся вторичные метастатические поражения ПТ, рецидив ГЦР, которые характеризуются наличием в структуре ПТ образований гетерогенного характера. Лимфопролиферативные заболевания, встречающиеся в поздние сроки после ТП,

как правило связаны с осуществлением длительной иммуносупрессивной терапии. Это приводит к возникновению нерегулируемой лимфоидной экспансии, которая может поражать любой орган. Поражение печени может быть экстра- и интрапеченочной локализации. Экстрапеченочные поражения, которые встречаются чаще, характеризуются визуализацией при УЗИ гипоехогенных образований в области ворот печени, сдавливающих сосудистые структуры печени. Интрапеченочные поражения могут проявляться диффузными, инфильтративными изменениями паренхимы. Реже выявляются очаговые поражения, которые при УЗИ характеризуются наличием гипоехогенных округлых образований [1, 12, 44].

Жировой гепатоз возвращается практически у 100 % пациентов, имевших это заболевание в дооперационном периоде. Неалкогольный стеатогепатит – у 33 %. Факторами риска возврата этих заболеваний является общее ожирение и наличие диабета. При УЗИ эхографическая картина повышения эхогенности печеночной паренхимы сопровождается значительным дорзальным ослаблением эхосигнала [37].

В последние годы для выявления диффузных поражений ПТ вследствие развития фиброза при активизации вируса гепатита

С или развития гепатита В de novo в трансплантате, избытком массы тела у пациента с последующим развитием жирового гепатоза и большими сроками после выполнения трансплантации с успехом применяются методы ARFI-эластографии (Acoustic Radiation Force Impulse) печени, или эластографии сдвиговой волны, где путем измерения эластичности ткани органа можно судить о степени выраженности поражения паренхимы ПТ. Эти методы позволяют сократить потребность выполнения инвазивной биопсии печени и исключить риски развития осложнений [45–47].

Кроме этого, осуществление комплексного УЗИ способствует выявлению и внеорганных осложнений послеоперационного периода. К ним относятся выявление жидкостных скоплений в брюшной полости и развитие гидроторакса, которые в большинстве случаев самостоятельно разрешались в течение 20–30 дней послеоперационного периода [44].

Таким образом, к настоящему моменту накоплен значительный опыт применения ультразвуковых методов диагностики в своевременном и точном выявлении многочисленных осложнений у пациентов, перенесших трансплантацию печени, что способствует улучшению результатов выполненного вмешательства.

## Литература/References

- 1 Crossin JD, Muradali D, Wilson SR. US of liver transplants: normal and abnormal. *RadioGraphics*. 2003;23(5):1093–1114. PMID: 12975502 <https://doi.org/10.1148/rg.235035031>
- 2 Boraschi P, Donati F. Complications of orthotopic liver transplantation: imaging findings. *Abdom Imaging*. 2004;29(2):189–202. PMID: 15290945 <https://doi.org/10.1007/s00261-003-0109-8>
- 3 Martino MD, Rossi M, Menini G, Melandro F, Anzidei M, Vizio OSD, et al. Imaging Follow-Up After Liver Transplantation. *Br J Radiol*. 2016;89(1064):20151025. PMID: 27188846 <https://doi.org/10.1259/bjr.20151025>
- 4 Olivo R, Guarrera JV, Pysopoulos NT. Liver Transplantation for Acute Liver Failure. *Clin Liver Dis*. 2018;22(2):409–417. PMID: 29605075 <https://doi.org/10.1016/j.cld.2018.01.014>
- 5 Desai M, Neuberger J. Chronic liver allograft dysfunction. *Transplant Proc*. 2009;41(2):773–776. PMID: 19328977 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2009.01.038>
- 6 Girometti R, Como G, Bazzocchi M, Zuiani C. Post-operative imaging in liver transplantation: State-of-the-art and future perspectives. *World J Gastroenterol*. 2014;20(20): 6180–6200. PMID: 24876739 <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i20.6180>
- 7 Khubutiya M.SH., Chzhao A.V., Shadrin K.B. Oslozhneniya u retsipiyentov pri transplantatsii pecheni: sovremennyye predstavleniya o patogeneze i osnovnykh napravleniyakh profilaktiki i lecheniya. *Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov*. 2009; 11(2):61–66. (In Russ).

- 8 Varotti G, Grazi GL, Vetrone G, Ercolani G, Cescon M, Del Gaudio M, et al. Causes of early acute graft failure after liver transplantation: analysis of a 17-year single-centre experience. *Clin Transplant*. 2005;19(4):492-500. PMID: 16008594 <https://doi.org/10.1111/j.1399-0012.2005.00373.x>
- 9 Pareja E, Cortes M, Navarro R, Sanjuan F, López R, Mir J. Vascular Complications After Orthotopic Liver Transplantation: Hepatic Artery Thrombosis. *Transplant Proc*. 2010;42(8):2970-2972. PMID: 20970585 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2010.07.063>
- 10 Ahmad T, Chavhan Govind B, Avitzur Y, Moineddin R. Doppler Parameters of the Hepatic Artery as Predictors of Graft Status in Pediatric Liver Transplantation. *Am J Roentgenol*. 2017;209(3):671-675. PMID: 28657844 <https://doi.org/10.2214/AJR.17.17902>
- 11 Fazal H. Imaging of Liver Transplantation Complications. Available at: <https://emedicine.medscape.com/article/375855-overview> [Accessed 08 jule 2020].
- 12 Uzochukwu LN, Bluth EI, Smetherman DH, Troxclair LA, Loss GE Jr, Cohen A, et al. Early Postoperative Hepatic Sonography as a Predictor of Vascular and Biliary Complications in Adult Orthotopic Liver Transplant Patients. *AJR Am J Roentgenol*. 2005;185(6):1558-1570. PMID: 16304013 <https://doi.org/10.2214/AJR.04.1258>
- 13 Bhargava P, Vaidya S, Dick AAS, Dighe M. Imaging of Orthotopic Liver Transplantation: Review Citation. *AJR Am J Roentgenol*. 2011;196(3 Suppl):WS15-WS25 Quiz S35-38. PMID: 21343537 <https://doi.org/10.2214/AJR.09.7221>
- 14 García-Criado A, Gilabert R, Salmerón JM, Vilana R, Bianchi L, et al. Significance of and contributing factors for a high resistive index of Doppler sonography of the hepatic artery immediately after surgery: prognostic implications for liver transplant recipients. *AJR Am J Roentgenol*. 2003;181(3):831-838. PMID: 12933490 <https://doi.org/10.2214/ajr.181.3.1810831>
- 15 Sadykov CH.T., Kunanbayeva D.M., Bayguisova D.Z. Ul'trazvukovaya diagnostika posle ortotopicheskoy transplantatsii pecheni. *UZ -diagnostika sosudistyx oslozhneniy v ranniy posttransplantatsionnyy period. Vestnik khirurgii Kazakhstana*. 2019;(1):14-18. (In Russ).
- 16 García-Criado A, Gilabert R, Berzigotti A, Brú C. Doppler Ultrasound Findings in the Hepatic Artery Shortly After Liver Transplantation. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193(1):128-135. PMID: 19542404 <https://doi.org/10.2214/AJR.07.3919>
- 17 Harms J, Chavan A, Ringe B, Galanski M, Pichlmay R. Vascular Complications in Adult Patients After Orthotopic Liver Transplantation: Role of Color Duplex Sonography in the Diagnosis and Management of Vascular Complications. *Bildgebung*. 1994;61(1):14-19. PMID: 8193511
- 18 Caiado AHM, Blasbalg R, Zafred Marcelino AS, da Cunha Pinho M, Chammas MC, da Costa Leite C, et al. Complications of Liver Transplantation: Multimodality Imaging Approach. *RadioGraphics*. 2007;27(5):1401-1417. PMID: 17848699 <https://doi.org/10.1148/rg.275065129>
- 19 Stine JG, Pelletier SJ, Schmitt TM, Porte RJ, Northup PG. Pre-transplant portal vein thrombosis is an independent risk factor for graft loss due to hepatic artery thrombosis in liver transplant recipients. *HPB (Oxford)*. 2016;18(3):279-286. PMID: 27017168 <https://doi.org/10.1016/j.hpb.2015.10.008>
- 20 Luu LA, Rawashdeh B, Goldaracena N, Agarwal A, McCracken EK, Sahli ZT, et al. Hepatic Artery Thrombosis and Takotsubo Syndrome After Liver Transplantation - Which Came First? *Am J Case Rep*. 2020;21:e920263. PMID: 32287173 <https://doi.org/10.12659/AJCR.920263>
- 21 García-Criado A, Gilabert R, Nicolau C, Real I, Arguis P, Bianchi L, et al. Early detection of hepatic artery thrombosis after liver transplantation by Doppler ultrasonography: prognostic implications. *J Ultrasound Med*. 2001;20(1):51-58. PMID: 11149529 <https://doi.org/10.7863/jum.2001.20.1.51>
- 22 Denys A, Chevallier P, Doenz F, Qanadli SD, Sommacale D, Gillet M, et al. Interventional radiology in the management of complications after liver transplantation. *Eur Radiol*. 2004;14(3):431-439. PMID: 14714140 <https://doi.org/10.1007/s00330-003-2196-x>
- 23 Bekker J, Ploem S, de Jong KP. Early hepatic artery thrombosis after liver transplantation: a systematic review of the incidence, outcome and risk factors. *Am J Transplant*. 2009;9(4):746-757. PMID: 19298450 <https://doi.org/10.1111/j.1600-6143.2008.02541.x>
- 24 Åberg F, Isoniemi H, Höckerstedt K. Long-Term Results of Liver. *Transplant Scand J Surg*. 2011;100(1):14-21. PMID: 21482501 <https://doi.org/10.1177/145749691110000104>
- 25 Nghiem HV. Imaging of hepatic transplantation. *Radiol Clin North Am*. 1998;36(2):429 - 443. PMID: 9520993 [https://doi.org/10.1016/s0033-8389\(05\)70033-6](https://doi.org/10.1016/s0033-8389(05)70033-6)

- 26 Soliman T, Bodingbauer M, Langer F, Berlakovich GA, Wamser P, Rockenschaub S, et al. The role of complex hepatic artery reconstruction in orthotopic liver transplantation. *Liver Transpl.* 2003;9(9):970-975. PMID: 12942459 <https://doi.org/10.1053/jlts.2003.50167>
- 27 Tatarkina M.A., Kamalov YU.R., Rzayev R.T., Kryzhanovskaya E.YU., Kim E.F., Filin A.V., i dr. Abdominal'noye ul'trazvukovoye issledovaniye v vyyavlenii sosudistykh disfunktsiy pri rodstvennoy transplantatsii levogo lateral'nogo sektora pecheni u detey mladshego vozrasta. Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika. 2013; (2): 91-99.
- 28 Horrow MM, Blumenthal BM, Reich DJ, Manzarbeitia C. Sonographic diagnosis and outcome of hepatic artery thrombosis after orthotopic liver transplantation in adults. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;189(2):346-351. PMID: 17646460 <https://doi.org/10.2214/AJR.07.2217>
- 29 Low G, Crockett AM, Leung K, Walji AH, Patel VH, Shapiro AMJ, et al. Imaging of Vascular Complications and Their Consequences Following Transplantation in the Abdomen. *Radiographics.* 2013;33(3):633-652. PMID: 23674767 <https://doi.org/10.1148/rg.333125728>
- 30 Hsiao CY, Ho CM, Wu YM, Ho MC, Hu RH, Lee PH. Management of early hepatic artery occlusion after liver transplantation with failed rescue. *World J Gastroenterol.* 2015;21(44):12729-12734. PMID: 26640351 <https://doi.org/10.3748/wjg.v21.i44.12729>
- 31 Berry JD, Sidhu PS. Microbubble Contrast-Enhanced Ultrasound in Liver Transplantation. *Eur Radiol.* 2004;14(Suppl 8):96-103. PMID: 15700337
- 32 Hom BK, Shrestha R, Palmer SL, Katz MD, Selby RR, Asatryan Z, et al. Prospective evaluation of vascular complications after liver transplantation: comparison of conventional and microbubble contrast-enhanced US. *Radiology.* 2006; 241(1):267-274. PMID: 16990679 <https://doi.org/10.1148/radiol.2411050597>
- 33 Uflacker R, Selby JB, Chavin K, Rogers J, Baliga P. Transcatheter splenic artery occlusion for treatment of splenic artery steal syndrome after orthotopic liver transplantation. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2002; 25(4):300-306. PMID: 12042994 <https://doi.org/10.1007/s00270-002-2614-5>
- 34 Nüssler N, Settmacher U, Haase R, Stange B, Heise M, Neuhaus P. Diagnosis and treatment of arterial steal syndromes in liver transplant recipients. *Liver Transpl.* 2003;9(6):596-602. PMID: 12783401 <https://doi.org/10.1053/jlts.2003.50080>
- 35 Sevmis S, Boyvat F, Aytakin C, Gorur SK, Karakayali H, Moray G, et al. Arterial steal syndrome after orthotopic liver transplantation. *Transplant Proc.* 2006;38(10):3651-3655. PMID: 17175358 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2006.10.145>
- 36 Lima CX, Mandil A, Ulhoa AC, Lima AS. Splenic Artery Steal Syndrome After Liver Transplantation: An Alternative Technique of Embolization. *Transplant Proc.* 2009;41(5):1990-1993. PMID: 19545776 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2009.01.086>
- 37 Samacho JC, Coursey-Moreno C, Telleria JC, Aguirre DA, Torres WE, Mittal PK. Nonvascular post-liver transplantation complications: from US screening to cross-sectional and interventional imaging. *Radiographics.* 2015;35(1):87-104. PMID: 25590390 <https://doi.org/10.1148/rg.351130023>
- 38 Altman A, Zangan SM. Benign Biliary Strictures. *Semin Intervent Radiol.* 2016;33(4):297-306. PMID: 27904249 <https://doi.org/10.1055/s-0036-1592325>
- 39 Beswick DM, Miraglia R, Caruso S, Marrone G, Gruttadauria S, Zajko AB, et al. The role of ultrasound and magnetic resonance cholangiopancreatography for the diagnosis of biliary stricture after liver transplantation. *Eur J Radiol.* 2012;81(9):2089-2092. PMID: 21906897 <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2011.07.008>
- 40 Sugimoto H, Kato K, Hirota M, Takeda S, Kamei H, Nakamura T, et al. Serial Measurement of Doppler Hepatic Hemodynamic Parameters for the Diagnosis of Acute Rejection After Live Donor Liver Transplantation. *Liver Transplant.* 2009;15(9):1119-1125. PMID: 19718629 <https://doi.org/10.1002/lt.21777>
- 41 Itri JN, Heller MT, Tublin ME. Hepatic transplantation: postoperative complications. *Abdom Imaging.* 2013;38(6):1300-1333. PMID: 23644931 <https://doi.org/10.1007/s00261-013-0002-z>
- 42 Aleksandrova I.V., Yermolov A.S., Chzhao A.V., Artamonov V.V., Rey S.I. Al'buminovyy dializ (mars-terapiya) u bol'nykh s disfunktsiyey pechenochnogo transplantata. *Anesteziologiya i reanimatologiya.* 2008; (6): 67-70. (In Russ).
- 43 Chung YK, Choi HJ, Na GH, You YK, Park IY. Postoperative Doppler Ultrasonography in Liver Transplantation. *Transplant Proc.* 2018;50(4):1100-1103. PMID: 29731074 <https://doi.org/10.1016/j.transproceed.2018.02.033>

- 44 Repina E.V., Makarkina M.A., Nagovitsina R.YU., Dunayevskaya S.S., Deulina V.V. Kompleksnaya ul' trazvukovaya diagnostika oslozhneniy posle ortotopicheskoy transplantatsii pecheni. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2019; (6): 210. (In Russ).
- 45 Rykhtik P.I., Ryabova E.N., Murtazaliyeva M.S., Vasenin S.A., Shkalova L.V., Zagaynov V.E. Kompleksnoye obsledovaniye patsiyentov posle transplantatsii pecheni s ispol'zovaniyem ARFI-elastografii. Ul' trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika. 2015;(5S):148-149. (In Russ).
- 46 Niyazova A.R., Ogurtsov P.P., Syutkin V.U., Mazurchik N.V. Diagnosticheskaya tsennost' razlichnykh laboratornykh metodov otsenki fibroza u retsiptientov pecheni, perenesshikh transplantatsiyu po povodu terminal'nykh stadiy gepatita S. Vestnik posle diplomnogo obrazovaniya. 2016;(4):45-49. (In Russ).
- 47 Ryabova E.N., Rykhtin P.I., Shatokhina I.V., Vasenin S.A., Zagaynov V.E. Opyt primeneniya ARFI-elastografii pecheni u patsiyentov posle vypolneniya ortotopicheskoy transplantatsii pecheni. Vestnik transplantologii i iskusstvennykh organov. 2017; 19 (S): 117.

### **Авторская справка**

**Донова Любовь  
Викторовна**

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения трансплантации печени, ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия  
ORCID 0000-0002-1230-1076  
50 % – получение данных для анализа, анализ полученных результатов, написание текста

**Новрузбеков Мурад  
Сафтарович**

доктор медицинских наук, заведующий научным отделением трансплантации печени, ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия  
ORCID 0000-0002-6362-7914  
25 % – разработка дизайна исследования

**Магомедов Кубай  
Магомедович**

врач-хирург центра трансплантации печени ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ», Москва, Россия  
ORCID 0000-0002-5057-6628  
25 % – подготовка и анализ данных