



НЕРЕШЕННЫЕ ВОПРОСЫ И КЛИНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ СЕГМЕНТАЦИИ И ВОЛЮМЕТРИИ ПЕЧЕНИ

Субочев С.В., Супильников А.А.

Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара, Россия, e-mail: mail@reaviz.ru

Для цитирования:

Субочев С.В., Супильников А.А. Нерешенные вопросы и клиническое значение сегментации и волюметрии печени. Морфологические ведомости. 2025;33(2):944. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025;33\(2\):944](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025;33(2):944)

Резюме. Современные методы медицинской визуализации способствовали появлению новых технологий и направлений в медицине печени – сегментации печени, представляющей собой процесс разделения органа на функционально независимые сегменты с индивидуальной системой кровоснабжения, венозного оттока и выведения желчи и ее волюметрии (волюмометрии – измерений и оценки функциональных объемов органа). Учитывая значительную вариабельность формы, размеров, объема, особенностей кровоснабжения не только печени в целом, но и каждого из ее сегментов, выполнение точной сегментации этого органа остается сложной задачей. Цель обзора – анализ классических и альтернативных системы сегментации печени, представляющих собой анатомо-функциональные модели органа. Выделены их преимущества и недостатки. Особое внимание уделено лучевым методам визуализации печени с рассмотрением спектра их возможностей и ограничений при сегментации и волюметрии. Материалом для исследования послужили источники зарубежной и отечественной литературы за последние годы. Источники отбирались по следующим ключевым словам: печень, анатомия, сегменты печени, волюметрия печени, трансплантация, liver, anatomy, liver segments, liver volumetry, transplantation и некоторым другим. Всего было отобрано 50 источников. Использован описательный метод анализа. Сегментация и волюметрия печени уже сейчас позволяют решать широкий перечень клинических задач, включая предоперационное планирование резекций и трансплантаций, оценку динамики и эффективности лечения, а также построения прогностических моделей и обучения. В обзоре приведены результаты исследований волюметрической оценки функционального резерва органа при планировании операций и способов его увеличения, обсуждаются ручные, полуавтоматические и автоматические методы сегментации с их преимуществами и недостатками. Особенно подчеркивается роль развития технологий сегментации и волюметрии в трансплантологии. В заключении отмечаются нерешенные проблемы, что требует совершенствования алгоритмов визуализации, учета анатомических вариантов при сегментации и волюметрии печени со скорейшей интеграцией искусственного интеллекта для повышения точности и скорости проводимого анализа. Своевременное решение широкого перечня обозначенных задач продолжат способствовать трансформации подходов в хирургической гепатологии, обеспечивая приоритет безопасным и персонализированным.

Ключевые слова: печень, анатомия, сегменты печени, волюметрия печени, трансплантация

Статья поступила в редакцию 08 апреля 2025

Статья принята к публикации 10 июня 2025

THE LIVER SEGMENTATION AND VOLUMETRY UNRESOLVED ISSUES AND CLINICAL SIGNIFICANCE

Subochev SV, Supil'nikov AA

REAVIZ Private Medical University, Samara, Russia, e-mail: mail@reaviz.ru

For the citation:

Subochev SV, Supil'nikov AA. The liver segmentation and volumetry unresolved issues and clinical significance. *Morfologicheskie Vedomosti – Morphological newsletter*. 2025;33(2):944. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025;33\(2\):944](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2025;33(2):944)

Summary. Modern methods of medical imaging have contributed to the emergence of new technologies and trends in liver medicine – liver segmentation, which is the process of dividing the organ into functionally independent segments with an individual system of blood supply, venous outflow and excretion of bile and its volumetry (volume-metry – measurements and assessment of the functional volumes of the organ). Given the significant variability of the shape, size, volume, features of the blood supply not only of the liver as a whole, but also of each of its segments, performing accurate segmentation of this organ remains a complex task. The objective of the review is to analyze classical and alternative systems of liver segmentation, which are anatomical and functional models of the organ. Their advantages and disadvantages are highlighted. Particular attention is paid to radiation methods of liver visualization with consideration of the range of their capabilities and limitations in segmentation and volumetry. The material for the study was foreign and domestic literature sources of recent years. The sources were selected using the following keywords: liver, anatomy, liver segments, liver volumetry, transplantation and some others. A total of 50 sources were selected. The descriptive method of analysis was used. Liver segmentation and volumetry already allow solving a wide range of clinical problems, including preoperative planning of resections and transplants, assessment of the dynamics and effectiveness of treatment, as well as building prognostic models and training. The review presents the results of studies of the volumetric assessment of the functional reserve of an organ when planning operations and ways to increase it, discusses manual, semi-automatic and automatic methods of segmentation with their advantages and disadvantages. Particular emphasis is placed on the role of the development of segmentation and volumetry technologies in transplantation. In conclusion, unresolved problems are noted, which require improvement of visualization algorithms, consideration of anatomical variants in segmentation and liver volumetry with the fastest integration of artificial intelligence to improve the accuracy and speed of the analysis. Timely solution of a wide range of designated tasks will continue to contribute to the transformation of approaches in surgical hepatology, providing priority to safe and personalized.

Key words: liver, anatomy, liver segments, liver volumetry, transplantation

Article received 08 April 2025

Article accepted 10 June 2025

Введение. Печень является одним из самых сложных анатомически и гистологически устроенных органов, органично включенного в систему топографо-анатомических взаимоотношений с другими составляющими брюшной полости [1]. В связи с этим на протяжении длительного времени операции на печени считались невозможными [2]. Благодаря исследованиям в области функциональной анатомии печени, развитию и совершенствованию методов медицинской визуализации, появилась новая медицинская технология - сегментация печени, описывающая способы ее разделения на функционально независимые сегменты, каждый из которых имеет собственную систему кровоснабжения через ветви воротной вены и печеночной артерии, венозный отток, посредством печеночных вен, а также, отток желчи через сегментарные протоки в сочетании с возможностью выполнения объемного анализа[3-4].

Учитывая значительную вариативность формы, размеров, объема, особенностей кровоснабжения не только печени в целом, но и каждого из ее сегментов, выполнение точной сегментации этого органа остается сложной задачей, но уже сегодня позволяет решать все большее число клинических задач: вычисление объема поражения печени[5]; разработку персонифицированных планов лечения с учетом выявленных изменений; проведение предоперационного планирования объема резекции или способа трансплантации с минимальными рисками интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений [6-7]; расчет дозы и способа доставки эффективной облучающей дозы к опухолевым очагам с минимальным повреждением интактных тканей [8]; оценку динамики заболевания и эффективность его лечения.

Для пациентов, перенесших трансплантацию печени, технология сегментации может применяться для обработки больших наборов данных и оптимизации принятия решений при подборе донора, что потенциально снижает смертность реципиентов за счет сокращения времени ожидания. Кроме того, это есть необходимый инструмент для прогнозирования

показателей выживаемости реципиента и трансплантата, а также, для выявления факторов риска рецидива заболевания и осложнений [9]. В медицинских исследованиях и при обучении специалистов сегментация печени может применяться с целью демонстрации сложной анатомии и физиологии этого органа, что способствует дальнейшему развитию новых методов и технологий лечения ее заболеваний [10-11].

Цель исследования - анализ классических и альтернативных системы сегментации печени, представляющих собой анатомо-функциональные модели органа. Выделены их преимущества и недостатки. Особое внимание уделено лучевым методам визуализации печени с рассмотрением спектра их возможностей и ограничений при сегментации и волюметрии.

Материалы и методы исследования. Материалом для исследования послужили источники зарубежной и отечественной литературы за последние годы. Источники отбирались по следующим ключевым словам: печень, анатомия, сегменты печени, волюметрия печени, трансплантация, liver, anatomy, liver segments, liver volumetry, transplantation и некоторым другим. Всего было отобрано 50 источников. Использован описательный метод анализа.

Результаты и обсуждение. Исторически самой первой попыткой сегментации печени следует считать ее анатомическое разделение на правую и левую долю посредством серповидной связки [12]. В дальнейшем разделение печени на доли стали производить при помощи линии Cantlie, проходящей от ямки желчного пузыря кпереди до нижней полой вены кзади, что по сути совпадает с проекцией средней печеночной вены [13].

В 1954 году Couinaud предложена система сегментации печени, которая, в настоящее время, продолжает оставаться золотым стандартом хирургической гепатологии [14]. Согласно Couinaud печень делят на восемь независимых сегментов, которые могут быть объединены в сектора, а последние в доли. Каждый сегмент является автономным за счет того, что через его центр проходят ветви воротной

вены, печеночной артерии и желчного протока. На периферии каждого сегмента присутствуют вены, по которым осуществляется отток крови в систему печеночной вены [15]. Каждый из сегментов имеет особенности своего расположения и строения. I сегмент (хвостатая доля) – располагается по задней поверхности печени и окружает нижнюю полую вену. Он получает кровь из правой и левой ветвей воротной вены, а отток крови происходит непосредственно в нижнюю полую вену, минуя печеночные. Этот сегмент нередко сохраняет свои функции в условиях распространенного цирроза, тем самым обеспечивая компенсаторную функцию [16-17].

Левая доля печени включает в себя II-IV сегменты. II сегмент печени – левый латеральный верхний задний, так как расположен слева от левой печеночной вены и серповидной связки. III сегмент – левый латеральный нижний передний, граничит со II сегментом, но ниже уровня воротной вены. IV сегмент – левый медиальный (квадратная доля), который делится на IVa – верхний и IVb – нижний сегменты, располагаясь между средней и левой печеночными венами [18]. Этот сегмент чаще всего вовлекается в опухолевый процесс вследствие близкого расположения к воротам печени.

Правая доля печени включает в себя V-VIII сегменты [19]. V правый передний нижний сегмент расположен ниже плоскости воротной вены, между средней и правой печеночными венами. VI правый задний нижний сегмент локализуется справа от правой печеночной вены и ниже воротной вены. VII сегмент – правый задний верхний, находится выше воротной вены, справа от правой печеночной вены. VIII сегмент – правый передний верхний – расположен между средней и правой печеночными венами, выше воротной вены [20].

Несколько позднее Goldsmith и Woodburn предложили систему сегментации печени, которая основана на выделении 4-х долей: правой, левой, хвостатой, квадратной посредством трех вертикальных плоскостей, ориентированных на печеночные вены [21].

В странах Азии, а также Японии получила распространение альтернативная система сегментации печени Takasaki [22]. В ее основу положена анатомия воротной вены, которая на уровне паренхимы делит орган на 3 доли и 9 сегментов. Каждый сегмент включает в свой состав ветви воротной вены, печеночную артерию и желчный проток. Таким образом, левая доля включает I сегмент (хвостатая доля) и II-IV сегменты. В состав правой передней доли входят V и VIII сегменты, а в правую заднюю – VI и VII сегменты. IX сегмент является добавочным, который обычно относят к правой доле. Практическая значимость этой системы заключается в возможности учета вариантной анатомии сосудов печени и реализации персонализированного подхода при удалении патологически измененных тканей печени [22].

В 2000 г. была предложена классификация Brisbane, в основу которой заложены анатомические и функциональные принципы сегментации печени, а также введена упрощенная терминология [23]. Согласно этой классификации, печень делят на 4 сектора. Сектор – это область, условно ограниченная примерно двумя печеночными венами или печеночной веной и краем печени. Таким образом, левый латеральный сектор формируют II и III сегменты; левый парамедианный сектор включает в себя IVa и IVb сегменты; правый парамедианный сектор представлен V и VIII сегментами; а правый латеральный – VI и VII сегментами. I сегмент (хвостатая доля) остается автономным и в расчеты не включается. Наиболее часто данная классификация применяется для определения точной локализации патологического процесса в ходе лучевых методов исследования.

Также известна вентродорсальная сегментация Cho. В ее основе лежит пересмотр деления правого переднего сектора (сегменты V и VIII по Couinaud) на вентральную и дорсальную части. Границей между ними является вена передней борозды (anterior fissure vein), по которой осуществляется отток в среднюю или правую печеночную вены. Несомненным преимуществом предложенной системы

сегментации является более точное планирование резекций при опухолях, локализованных в правой доле печени. Однако, имеются определенные недостатки, заключающиеся в необходимости выполнения интраоперационной сонографии для идентификации искомой вены и возможное отсутствие вены передней борозды у 9,9% пациентов [24].

Система сегментации печени по Bismuth, представляет собой детализированную систему Couinaud IV сегмента (квадратной доли), который был разделен на субсегменты – IVa (верхний отдел квадратной доли) и IVb (нижний отдел квадратной доли). Такое деление связано с ветвлением воротной вены в IV сегменте. Предложенный вариант сегментации позволяет не только планировать прецизионные вмешательства, но и проводить адекватное планирование вследствие хорошей визуализации субсегментов при компьютерной (далее – КТ) или магнитно-резонансной (далее – МРТ) томографии с контрастом [25].

Рассмотренные системы сегментации печени являются наиболее распространенными и востребованными в клинической практике. Постоянное совершенствование систем сегментации печени связано с необходимостью выполнения оперативных вмешательств различного объема от малых (сегментарных) до обширных (от трех сегментов и более), а также атипичных и краевых. Учитывая значительное усовершенствование технологий медицинской визуализации, сегментация печени из плоскости анатомии, с ее необходимостью препарирования тканей, перемещена в область прижизненной визуализации, компьютерного моделирования и искусственного интеллекта [26].

В клинических условиях сегментацию печени выполняют при помощи КТ или МРТ с контрастированием. В основу интерпретации сканов заложена система Couinaud, но с некоторыми ограничениями. По данным МРТ сегменты определяют по ветвям воротной и печеночной вен в аксиальной и коронарной проекциях. Так, верхние сегменты (II, IVa, VII, VIII) визуализируются на уровне воротной вены, а

нижние (III, IVb, V, VI) – ниже этой плоскости [27].

При проведении КТ печени с контрастом возможна четкая визуализация основных сосудов, паренхимы печени с локализованными в ней патологическими очагами [28]. При получении T1 - T2, диффузионно-взвешенных МРТ изображений, а также в ходе контрастирования, возможно получение сканов с лучшим разрешением мягких тканей, чем при КТ и более детальной визуализацией желчных протоков. При невозможности получения КТ или МРТ сканов сегментация может быть выполнена при помощи сонографии с контрастом с целью интраоперационной навигации. Не все, получаемые КТ или МРТ изображения пригодны для процесса сегментации печени. Толщина срезов должна составлять не более 3 мм, пространственное разрешение от 512×512 пикселей и выше, а контрастное усиление позволяет визуализировать сосуды и выделять границы сегментов.

К настоящему времени известны различные способы сегментации печени [29]. Самые первые из них ручные, которые выполняются непосредственно врачом лучевой диагностики с использованием специального программного обеспечения. Основными анатомическими ориентирами при ручной сегментации являются печеночные вены, ветви воротной вены, при этом, нижняя полая вена и серповидная связка служат дополнительными ориентирами. Границы печени на каждом срезе обводят вручную, аналогичным образом осуществляют идентификацию печеночных и воротной вен с определением уровня ветвления воротной вены для выделения верхних и нижних сегментов. Сегменты выделяют, ориентируясь на сосуды, после чего приступают к постобработке, заключающейся в расчете объема печени и 3D реконструкции с цветовой маркировкой сегментов. Расчет объема печени осуществляют путем умножения площади среза на его толщину с суммированием всех срезов. Преимуществами ручных способов сегментации является экспертная точность и независимость от качества применяемых алгоритмов и артефактов на изображениях, а также воз-

возможность корректировки под конкретную клиническую задачу, применимость способа при сосудистых аномалиях в виде трифуркации воротной вены, отсутствии печеночных вен, а также при значительных объемах поражения или диффузных процессах печени. Основными недостатками ручных способов сегментации является большая длительность, наличие субъективного фактора – врача оператора, выполняющего сегментацию, в том числе в плане вероятности ошибок [30].

Полуавтоматические методы сегментации печени (по интенсивности, разрезанию графа) являются комбинированными и предполагают участие, как врача-эксперта, так и применение компьютерных алгоритмов, в котором первый осуществляет маркировку зон интереса на полученных сканах, а второй осуществляет их автоматическую обработку, опираясь на анализ пикселей. После автоматической обработки при помощи алгоритмов врач-эксперт нередко прибегает к редактированию допущенных ошибок, после чего возможна визуализация и экспорт полученной 3D модели с цветной маркировкой сегментов. Недостатками полуавтоматических методов сегментации с их алгоритмами является высокая чувствительность к качеству изображения, имеющимся шумам, артефактам, пороговым настройкам. Применение способа ограничено при значительных изменениях в печени, занимающих большой объем [31-32].

Автоматические методы сегментации печени предполагают выделение границ органа, патологических очагов, сегментов на основе алгоритмов без участия человека и основаны на технологиях машинного обучения, компьютерного зрения и искусственного интеллекта. Недостатками автоматических способов сегментации на текущий момент в зависимости от применяемой технологии могут быть высокая вычислительная сложность, требующая значительного количества ресурсов, многообразие структур сети и высокие требования к оборудованию, склонность к переобучению на небольшом количестве данных, высокая вычислительная стоимость, длительное время обучения и многие другие [33].

Независимо от способа сегментации на ее качество оказывает влияние множество исходных параметров, среди которых особенности выбора контрастного препарата, толщина срезов, артефакты движения, пульсации, частичного усреднения объема. Нередко возникают ошибки сегментации вследствие анатомических особенностей рядом расположенных органов и структур [34]. При КТ в отсутствие патологии ошибки сегментации часто возникают на границе паренхимы печени с желудком, межреберными мышцами, диафрагмой, селезенкой и сердцем, а при опухолевых процессах – вблизи разветвлений сосудов и вдавлений печени, в так называемых малоконтрастных зонах [35]. Избыточная сегментация, как правило, возникает в органах, расположенных рядом с печенью, а недостаточная – в самой печени, вследствие возможного стеатоза, цирроза, злокачественных новообразований или кист [36]. Все это существенно и диагностически искажает истинную форму и размеры печени и снижает ценность метода в клинике.

Нередко процесс и итог сегментации печени оценивают с позиций возможности получения 3D-изображений, на основе которых возможно принятие тех или иных клинических решений, однако этого недостаточно без возможности получения и оценки количественных характеристик, к которым относят определение объемов печени и ее сегментов в ходе волюметрии. При планировании расширенных резекций печени необходимо определение общего и функционального объема органа [37-38]. Это необходимо, поскольку, остаточный объем печени является показателем адекватной функции печени и независимым предиктором ее дисфункций в послеоперационном периоде [37]. В норме, соотношение общего и функционального объемов печени должно быть более 20%; в случае диффузных поражений (как правило стеатоза) – более 30%, а при наличии фиброза или цирроза печени – от 40% и более [39-41].

За счет весьма широкой вариабельности объемов печени и ее сегментов в популяции не во всех случаях при планировании оперативного вмешательства воз-

можно получение необходимого соотношения объемов печени, поэтому существует решение проблемы через стимуляцию регенеративных процессов с компенсаторной гипертрофией. К таким методам относят эмболизацию ветвей воротной вены, ответственных за кровоснабжение планируемых к резекции сегментов [42]. За счет перераспределения кровотока в течение 3–6 недель интактные сегменты увеличиваются в размере, достигая оптимального функционального объема, что определяется при повторной сегментации и волюметрии [43–44]. Аналогичный результат может быть достигнут двухэтапной резекцией печени по способу ALPPS [45].

Сегментация и волюметрия необходимы в протоколах трансплантации печени. Трансплантация печени от живых доноров проводится все чаще, с учетом растущей потребности в органах [46]. Так, у детей минимальный объем печени, который можно трансплантировать составляет 0,8–1,5% от массы тела или 25–35% от стандартного объема печени, рассчитываемого в ходе сегментации и волюметрии. Нередко, этот объем может быть получен за счет II и/или III сегментов [47–48].

При трансплантации печени взрослому пациенту от живого донора, минимальный объем органа должен составлять 0,6–0,8% от массы тела реципиента, а оптимальный объем – более 1%, при отсутствии патологических изменений, и более 1,5% при явлениях фиброза или цирроза, а оптимальное соотношение общего и

функционального объема должно достигать 40–50%. Даже при корректно подобранном объеме трансплантата, на его функциональную состоятельность влияет множество факторов, среди которых характеристики кровотока в печеночной артерии и воротной вене, возможное наличие стеатоза в более чем в 30% паренхимы [49].

В случае трансплантации правой доли печени от донора возникает дилемма, связанная с включением средней печеночной вены в донорский трансплантат. Включение ее необходимо для адекватного венозного оттока у реципиента, для предотвращения венозного застоя в IV сегменте донорской печени [50]. Поэтому для этих целей также необходимо выполнение предоперационной сегментации и волюметрии.

Заключение. Таким образом, сегментация и волюметрия печени уже сейчас являются важнейшей медицинской технологией, позволяющей планировать и выполнять широкий перечень операций, включая трансплантацию. Однако, остается множество факторов, влияющих на ее точность, в их числе вариабельность морфологии, объема, топографо-анатомических взаимоотношений структур печени, особенно при патологии в сочетании с несовершенными протоколами визуализации, а также широким перечнем подходов к сегментации и волюметрии, что делает необходимым исследование в этом направлении с позиций методов анатомии человека и клинической анатомии.

Литература References

1. Trefts E, Gannon M, Wasserman DH. The liver. *Curr Biol*. 2017;27(21):R1147–R1151
2. Pereskokov SV, Dmitriev AV, Groshilin VS i dr. Khirurgiya pecheni: ot istokov razvitiya do sovremennykh vozmozhnostey. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017;(5):170–170. In Russian
3. Juza RM, Pauli EM. Clinical and surgical anatomy of the liver: a review for clinicians. *Clin Anat*. 2014 Jul;27(5):764–769
4. Ivashchenko OV, Rijkhorst EJ, Ter Beek LC et al. A workflow for automated segmentation of the liver surface, hepatic vasculature and biliary tree anatomy from multiphase MR images. *MagnReson Imaging*. 2020;68:53–65
5. Srimani P, Saha A. Liver morphology: anatomical study about the outer aspects. *Surg Radiol Anat*. 2020;42(12):1425–1434
6. Alirri OL, Rahni AAA. Survey on Liver Tumour Resection Planning System: Steps, Techniques, and Parameters. *J. Digit. Imaging*. 2020;33:304–323
7. Jeong JG, Choi S, Kim YJ et al. Deep 3D attention CLSTM U-Net based automated liver segmentation and volumetry for the liver transplantation in abdominal CT volumes. *Sci. Rep*. 2022;12:6370
8. Ansari MY, Abdalla A, Ansari MY et al. Practical utility of liver segmentation methods in clinical surgeries and interventions. *BMC Med. Imaging*. 2022;22:97
9. Bhat M, Rabindranath M, Chara BS et al. Artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation. *J. Hepatol*. 2023;78:1216–1233
10. Gotra A, Sivakumaran L, Chartrand G, et al. Liver segmentation: Indications, techniques and future directions. *Insights Imaging*. 2017;8:377–392

11. Senthilvelan J, Jamshidi N. A pipeline for automated deep learning liver segmentation (PADLLS) from contrast enhanced CT exams. *Sci. Rep.* 2022;12:15794. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20108-8>
12. Bonnel F, Duparc F. Historical anatomy of hepatic segmentation: about 250 livers corrossions by Rapp (1953) and Couinaud (1953) in the Conservatory of Anatomy in Montpellier. *Surg Radiol Anat.* 2020;42(12):1407-1420. <https://doi.org/10.1007/s00276-020-02596-3>
13. Parhisenko YuA, Vorontsov AK, Kalashnik RS i dr. Istoriya razvitiya khirurgicheskoy anatomii organov gepatopankreatobiliarnoy zony. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii.* 2016;(4):172-181. In Russian
14. Couinaud C. Lobesetsegmentshepatiques: notessurarchitectureanatomiqueetchirurgicaledufoie. *Presse Med.* 1954;105-310
15. Garg S, Kumar KH, Sahni D et al. Anatomy of the hepatic arteries and their extrahepatic branches in the human liver: a cadaveric study. *Ann Anat.* 2020;227:151409. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2019.07.010>
16. Abdalla EK, Vauthey JN, Couinaud C. The caudate lobe of the liver: implications of embryology and anatomy for surgery. *Surg Oncol Clin N Am.* 2002;11(4):835-848. [https://doi.org/10.1016/s1055-3207\(02\)00035-2](https://doi.org/10.1016/s1055-3207(02)00035-2)
17. Sagoo MG, Aland RC, Gosden E. Morphology and morphometry of the caudate lobe of the liver in two populations. *Anat Sci Int.* 2018;93(1):48-57. <https://doi.org/10.1007/s12565-016-0365-7>
18. Shruthy KM, Sudhakaran R. Vascular Anatomy of Segment IV of the Liver in Live Liver Donors. *Cureus.* 2023;15(9):e46281. <https://doi.org/10.7759/cureus.46281>
19. Bageacu S, Abdelaal A, Ficarelli S et al. Anatomy of the right liver lobe: a surgical analysis in 124 consecutive living donors. *Clin Transplant.* 2011;25(4):E447-54. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0012.2011.01466.x>
20. Couinaud C. Erreur dans le diagnostic topographique des lésionshépatiques [Errors in the topographic diagnosis of liver diseases]. *Ann Chir.* 2002;127(6):418-30. French. [https://doi.org/10.1016/s0003-3944\(02\)00802-7](https://doi.org/10.1016/s0003-3944(02)00802-7)
21. Goldsmith NA, Woodburne RT. The surgical anatomy pertaining to liver resection. *Surgery, gynecology & obstetrics.* 1957;105(3):310
22. Qin W, Wang L, Hu B et al. Anatomical sites (Takasaki's segmentation) predicts the recurrence-free survival of hepatocellular carcinoma. *BMC Surg.* 2021;21(1):278. <https://doi.org/10.1186/s12893-021-01275-3>
23. Belgihiti, J, Clavien PA et al. The Brisbane 2000 terminology of liver anatomy and resections. *HPB.* 2000;2:333-339
24. Kobayashi T et al. Study on the segmentation of the right anterior sector of the liver. *Surgery.* 2017;161(6):1536-1542
25. Bismuth H. Revisiting liver anatomy and terminology of hepatectomies. *Ann Surg.* 2013;257:383-386
26. Wei D, Jiang Y, Zhou X et al. A Review of Advancements and Challenges in Liver Segmentation. *J Imaging.* 2024;10(8):202. <https://doi.org/10.3390/jimaging10080202>
27. Oh N, Kim JH, Rhu J et al. Automated 3D liver segmentation from hepatobiliary phase MRI for enhanced preoperative planning. *Sci Rep.* 2023;13(1):17605. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44736-w>
28. Oliveira DA, Feitosa RQ, Correia MM. Segmentation of liver, its vessels and lesions from CT images for surgical planning. *Biomed Eng Online.* 2011;10:30. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-10-30>
29. Strunk H, Stuckmann G, Textor J et al. Limitations and pitfalls of Couinaud's segmentation of the liver in transaxial Imaging. *EurRadiol.* 2003;13(11):2472-2482. <https://doi.org/10.1007/s00330-003-1885-9>
30. Paschold M, Huettl F, Kneist W et al. Local, semi-automatic, three-dimensional liver reconstruction or external provider? An analysis of performance and time expense. *Langenbecks Arch Surg.* 2020;405(2):173-179. <https://doi.org/10.1007/s00423-020-01862-7>
31. Le DC, Chinnasarn K, Chansangrat J et al. Semi-automatic liver segmentation based on probabilistic models and anatomical constraints. *Sci Rep.* 2021;11(1):6106. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85436-7>
32. Kaur AE, Gezer NS, Barış M et al. Comparison of semi-automatic and deep learning-based automatic methods for liver segmentation in living liver transplant donors. *DiagnInteroRadiol.* 2020;26(1):11-21. <https://doi.org/10.5152/dir.2019-19025>
33. Gross M, Huber S, Arora S et al. Automated MRI liver segmentation for anatomical segmentation, liver volumetry, and the extraction of radiomics. *EurRadiol.* 2024;34(8):5056-5065. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-10495-5>
34. Fasel JH, Selle D, Evertsz CJ et al. Segmental anatomy of the liver: poor correlation with CT. *Radiology.* 1998;206(1):151-156. <https://doi.org/10.1148/radiology.206.1.9423665>
35. Heimann T, van Ginneken B, Styner MA et al. Comparison and evaluation of methods for liver segmentation from CT datasets. *IEEE Trans Med Imaging.* 2009;28(8):1251-1265. <https://doi.org/10.1109/TMI.2009.2013851>
36. Huynh HT, Karademir I, Oto A et al. Computerized liver volumetry on MRI by using 3D geodesic active contour segmentation. *AJR Am J Roentgenol.* 2014;202(1):152-159. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.10812>
37. Ferrero A, Viganò L, Polastri R et al. Postoperative liver dysfunction and future remnant liver: where is the limit? Results of a prospective study. *World J Surg.* <https://doi.org/10.1007/s00268-007-9123-2>
38. Abdalla EK, Adam R, Bilchik AJ et al. Improving resectability of hepatic colorectal metastases: expert consensus statement. *Ann Surg Oncol.* 2006;13(10):1271-1280. <https://doi.org/10.1245/s10434-006-9045-5>
39. Abdalla EK. Portal vein embolization (prior to major hepatectomy) effects on regeneration, resectability, and outcome. *J Surg Oncol.* 2010;102(8):960-967. <https://doi.org/10.1002/jso.21654>
40. Castell DO, O'Brien KD, Muench H et al. Estimation of liver size by percussion in normal individuals. *Ann Intern Med.* 1969;70(6):1183-1189. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-70-6-1183>
41. Vauthey JN, Chaoui A, Do KA et al. Standardized measurement of the future liver remnant prior to extended liver resection: methodology and clinical associations. *Surgery.* 2000;127(5):512-519. <https://doi.org/10.1067/msy.2000.105294>
42. Greenbaum LE, Ukomadu C, Tchorz JS. Clinical translation of liver regeneration therapies: A conceptual road map. *BiochemPharmacol.* 2020;175:113847. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.113847>
43. Leung U, Simpson AL, Araujo RL et al. Remnant growth rate after portal vein embolization is a good early predictor of post-hepatectomy liver failure. *J Am Coll Surg.* 2014;219(4):620-630. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2014.04.022
44. Meier RP, Toso C, Terraz S et al. Improved liver function after portal vein embolization and an elective right hepatectomy. *HPB (Oxford)* 2015;17(11):1009-1018. <https://doi.org/10.1111/hpb.12501>
45. Hernandez-Alejandro R, Bertens KA, Pineda-Solis K et al. Can we improve the morbidity and mortality associated with the associating liver partition with portal vein ligation for staged hepatectomy (ALPPS) procedure in the management of colorectal liver metastases? *Surgery.* 2015;157(2):194-201. <https://doi.org/10.1016/j.surg.2014.08.041>
46. Broering DC, Sterneek M, Rogiers X. Living donor liver transplantation. *J Hepatol.* 2003;38(1):S119-S135. [https://doi.org/10.1016/S0168-8278\(03\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0168-8278(03)00009-6)
47. Low HC, Da Costa M, Prabhakaran K et al. Impact of new legislation on presumed consent on organ donation on liver transplant in Singapore: a preliminary analysis. *Transplantation.* 2006;82(9):1234-1237. <https://doi.org/10.1097/01.tp.0000236720.66204.16>
48. Klinicheskie rekomendatsii. Transplantatsiya pecheni, nalicie transplantirovannoy pecheni, otmiranie i ottorzenie transplantata pecheni. Obshcherossiyskaya obshchestvennaya organizatsiya transplantologov «Rossiyskoe transplantologicheskoe obshchestvo». 2020. – S. 95. In Russian
49. Kiuchi T, Tanaka K, Ito T, et al. Small-for-size graft in living donor liver transplantation: how far should we go? *Liver Transpl.* 2003;9(9):S29-S35. <https://doi.org/10.1053/jlts.2003.50198>

50. Fan ST, Lo CM, Liu CL et al. Safety of donors in live donor liver transplantation using right lobe grafts. *ArchSurg.* 2000;135(3):336-340. <https://doi.org/10.1001/archsurg.135.3.336>

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо конфликтов интересов при планировании, выполнении, финансировании и использовании результатов настоящего исследования

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Субочев Сергей Владимирович, аспирант кафедры морфологии и патологии, Медицинский университет РЕАВИЗ, Самара, Россия; **e-mail: subochevs@yandex.ru**

Супильников Алексей Александрович, кандидат медицинских наук, доцент, первый проректор по научной деятельности, заведующий кафедрой морфологии и патологии Медицинского университета РЕАВИЗ, Самара, Россия; **e-mail: supilnikov@reaviz.ru**

The authors declare that they have no any conflicts of interest in the planning, implementation, financing and use of the results of this study

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergey V. Subochev, Aspirant of the REAVIZ Private Medical University Morphology and Pathology Department, Samara, Russia; **e-mail: subochevs@yandex.ru**

Aleksey A. Supil'nikov, Candidate of Medical Sciences, Docent, First Vice-Rector for Scientific Activities and Head of the Morphology and Pathology Department of the REAVIZ Private Medical University, Samara, Russia; **e-mail: supilnikov@reaviz.ru**