



КТ-волюметрия с трехмерным моделированием в предоперационном ведении пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени

Ильяр Баудинов*

Ассистент

Кыргызская государственная медицинская академия им. И. К. Ахунбаева
720020, ул. Ахунбаева, 92, г. Бишкек, Кыргызская Республика
<https://orcid.org/0000-0002-2237-9491>

Аннотация. Альвеолярный эхинококкоз печени представляет собой хроническое паразитарное заболевание с инфильтративным типом роста, приводящее к прогрессирующему разрушению печёночной паренхимы и вовлечению сосудисто-билиарных структур. Продолжительное течение заболевания нередко сопровождается компенсаторным увеличением общего объёма печени, что имеет важное значение при оценке резектабельности и определении хирургической тактики. Одним из ключевых параметров предоперационного планирования является будущий остаточный объём печени – показатель, характеризующий морфологический резерв и позволяющий прогнозировать вероятность развития послеоперационной печёночной недостаточности. Цель исследования: оценить диагностическую ценность компьютерно-томографической волюметрии и виртуальной резекции в планировании хирургического лечения пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени. В исследование включено 59 пациентов с подтверждённым диагнозом, обследованных в медицинских центрах города Бишкек в 2023-2025 годах. Всем пациентам проводилась мультиспиральная компьютерная томография с внутривенным контрастированием, а постобработка выполнялась в программном комплексе LiverAnalysis+. Оценивались общий объём печени, объём поражённых тканей, предполагаемый объём резекции и будущий остаточный объём печени. Средний общий объём печени у пациентов без предшествующих операций составил 2008 см³, что отражает компенсаторную гипертрофию при длительном течении заболевания. У пациентов после оперативных вмешательств этот показатель был ниже – 1635 см³. Средний будущий остаточный объём печени составил 1162 см³ (57,9%) у пациентов без операции и 774 см³ (49,7%) у пациентов после резекций. У трети оперированных пациентов будущий остаточный объём был ниже критического уровня (<30-40%), что указывает на повышенный риск развития печёночной недостаточности. Полученные результаты подтвердили, что компьютерно-томографическая волюметрия с виртуальной резекцией является важнейшим инструментом оценки хирургических рисков и должна входить в стандарт предоперационного планирования при лечении пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени

Ключевые слова: альвеолярный эхинококкоз печени; КТ-волюметрия; будущий остаточный объём печени; предоперационное планирование; послеоперационная печеночная недостаточность

Введение

Волюметрия печени – метод количественной оценки общего объёма печени (ООП), её сегментов, патологических включений и будущего объёма печени (БОП) по данным медицинской визуализации [1].

Наиболее точным и распространённым предоперационным инструментом является компьютерная томография (КТ) с волюметрией, основанная на автоматической или ручной сегментации печени и

Suggested Citation:

Baudinov I. CT volumetry with three-dimensional modelling in the preoperative management of patients with alveolar echinococcosis of the liver. Eurasian Health J. 2025;17(4):16-33. DOI: 10.54890/1694-8882-2025-4-16

*Corresponding author



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

очагов по данным КТ с болюсным контрастированием [2]. Магниторезонансная томография (МРТ) с волюметрией аналогична КТ-волюметрии, но используется реже из-за более высокой стоимости и ограниченной доступности, и её применяют преимущественно у пациентов с нарушением функции почек, когда йодсодержащий контраст для КТ противопоказан. УЗИ с волюметрией (ультразвуковое исследование с волюметрией и трехмерным моделированием, 3D-US volumetry) – это метод количественной оценки объема органа с применением трёхмерной ультразвуковой визуализации, применяется главным образом для оценки объема печени плода [3]. Этот метод может быть полезен, когда КТ или МРТ недоступны или нежелательны [4], а также в интраоперационный период для хирургической навигации [5]. Однако УЗИ-волюметрия по-прежнему имеет низкую точностью и применяется лишь для ориентировочной оценки объема печени, тогда как транзитная эластография служит дополнительным инструментом для стратификации риска постоперационной печёночной недостаточности (ПОПН) [6].

Объективную оценку функциональной способности будущего остатка печени (фБОП), проводят используя такие методы, как гепатобилиарная сцинтиграфия с ⁹⁹Tc-меоброфенином [7], функциональная МРТ с контрастом Gd-EOB-DTPA (Gadolinium-Ethoxybenzyl-Diethylenetriamine Pentaacetic Acid; Гадолиний-этоксибензил-диэтилен-триаминпентауксусная кислота) [8]. Эти методы помогают определить жизнеспособность оставшейся ткани, особенно в условиях диффузного поражения паренхимы печени, что невозможно при стандартной КТ-волюметрии [9].

Альвеолярный эхинококкоз печени (АЭП) – инфильтративно растущее паразитарное поражение, напоминающее по поведению злокачественные опухоли, нередко требующее обширных резекций и сложного предоперационного планирования [10,11]. В связи с частым вовлечением крупных сосудов и обширным поражением паренхимы печени особое значение приобретает точное предоперационное планирование, включающее волюметрию и трехмерное-моделирование, позволяющее оценить резектабельность и прогнозировать функциональную достаточность оставшейся части органа [12].

Компьютерная томография с внутривенным болюсным контрастированием является одним из основных методов диагностики паразитарных поражений печени [13]. Однако для детального анализа изображений, оценки объема поражения и расчета БОП перед хирургическим вмешательством требуется специализированное программное обеспечение [14]. Одним из таких инструментов является LiverAnalysisplus – программный комплекс, предназначенный для проведения автоматической

сегментации, волюметрии и анализа функциональных параметров печени. Цель исследования: оценить диагностические и планировочные возможности КТ-волюметрии печени с использованием программного комплекса LiverAnalysis+ у пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени.

Материалы и методы

Дизайн исследования: ретроспективное, мультицентровое. Работа основана на ретроспективном анализе КТ с болюсным контрастированием у пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени за 2023-2025 гг. Сбор данных проводился в трех диагностических центрах г. Бишкек: МЦ «Систем», МЦ SRM и НЦКиТ (отделение лучевой диагностики). Пациенты: 59 больных с подтвержденным диагнозом АЭП, из них 30 мужчин (50,8 %) и 29 женщин (49,2 %), возраст от 13 до 69 лет (средний 37,9 лет). Критерии включения:

- Клинически и морфологически подтвержденный диагноз альвеолярного эхинококкоза печени;
- Наличие КТ органов брюшной полости с болюсным контрастированием;
- Проведение КТ-волюметрии с использованием LiverAnalysis+.

Критериями исключения стали:

- Пациенты с неудовлетворительным контрастным усилением;
- Случаи, при которых диагноз паразитарного поражения печени не был подтвержден другими методами лучевой диагностики или гистологическим исследованием;
- Пациенты с сочетанным поражением печени (паразитарный и неопластический процессы).

Протокол КТ включал срезы 0,5-1 мм, 3 фазы контрастирования по стандартной методике. Постобработка DICOM-данных в LiverAnalysis+.

Основные задачи КТ – волюметрии печени: определение общего объема печени (ООП) – вычисление суммарного объема органа, включая здоровую и патологически измененную ткань; оценка объема пораженных тканей – определение части печени, вовлечённой в патологический процесс; сегментация печени – процесс вычисления объема каждого сегмента печени по отдельности, на основании расположения печеночных вен и ветвей воротной вены; проведение виртуальной резекций печени (VR-резекция) для моделирования возможных вариантов хирургического вмешательства; расчет остаточного, будущего объема печени (БОП) – прогнозирование объема печени, который останется после резекции; прогнозирование развитие постоперационной печеночной недостаточности – минимальный допустимый БОП, обеспечивающий достаточную функцию печени после операции; контроль динамики изменений – оценка изменений объема печени при заболеваниях, после оперативных вмешательств,

в процессе многоэтапных хирургических вмешательств, таких как ALPPS (Associating Liver Partition and Portal Vein Ligation for Staged Hepatectomy, двухэтапная резекция печени с перевязкой воротной вены и паренхиматозным разделением).

Этапы расчёта объёма печени в программе LiverAnalysis+ включали несколько последовательных шагов. Импорт DICOM-данных КТ с болюсным контрастированием. Автоматическая сегментация печени – алгоритмы программы определяют границы органа, исключая соседние структуры (желчный пузырь, желудок и т. д.). Сегментация по классификации Couinaud – автоматическое либо полуавтоматическое деление печени на сегменты, выделения сосудистых структур, построение 3D-модели. Оценка поражения – оператор вручную или полуавтоматически выделяет очаги, программа рассчитывает их суммарный объём. Виртуальная резекция печени – возможны анатомический или атипичный варианты с моделированием линии резекции.

Расчёт БОП (FLR) в программном комплексе LiverAnalysis+ выполнялся автоматически с использованием двух математических моделей, отражающих разные подходы к оценке функционально сохранной паренхимы. Формула 1 – с учётом объёма опухолевого поражения (1):

$$FLR (\%) = \left(\frac{V_{FLR}}{V_{Total} - V_{Tumor}} \right) \times 100. \quad (1)$$

где V_{fl} – объём оставшейся части печени после резекции, V_{Total} – общий объём печени, V_{Tumor} – объём опухоли, который планируется удалить.

Данная формула учитывает то, что поражённые участки печени не принимают участия в метаболических процессах, и таким образом даёт более приближённую к функциональной оценке величину FLR. Однако метод остаётся ориентировочным, поскольку объём патологической ткани не всегда линейно отражает степень функциональной утраты. Формула 2 – классическая волюметрическая (2):

$$FLR\% = \frac{V_{FRL}}{V_{total}} 100. \quad (2)$$

где V_{FRL} – объём оставшейся части печени после резекции, V_{Total} – общий объём печени.

Этот метод является стандартом волюметрии и используется в большинстве клинических исследований и протоколов предоперационного планирования [15]. Несмотря на то, что он не учитывает неработающую ткань, он обеспечивает стабильность расчётов и сопоставимость данных между различными пациентами и центрами. Данный расчёт позволяет количественно оценить объём остаточной печени и спрогнозировать риск послеоперационной недостаточности [16]. Отличие первой формулы в том, что в ней учитывается объём опухоли, не участвующая в функциональной работе печени, поэтому данная форма приближена к функциональному методу измерения БОП, однако недостаточно четкая. В настоящей работе для обеспечения однородности выборки и сопоставимости данных был применён расчёт FLR по классической Формуле (2), основанной на отношении объёма остаточной печени к полному объёму органа. Клиническое значение FRL:

- FRL \geq 30 % – безопасный объём у здоровых пациентов;
- FRL \geq 40-50 % – необходимый объём БОП при хронических заболеваний (цирроз, статоз, состояние после химеотерапии и т.д.).

Статистическая обработка данных. Анализ данных проводился в IBM SPSS Statistics 23.0. Выполнялся описательный анализ с определением среднего значения, стандартного отклонения, медианы, минимальных и максимальных значений. Нормальность распределения проверялась с помощью теста Шапиро-Уилка. Визуализация данных выполнялась с помощью гистограмм и boxplot, отражающих медиану, квартильный разброс и выбросы. Уровень статистической значимости – $p < 0,05$.

Результаты

Была проведена постпроцессорная обработка КТ-данных 59 пациентов с помощью программного комплекса LiverAnalysis+ (Рис. 1).

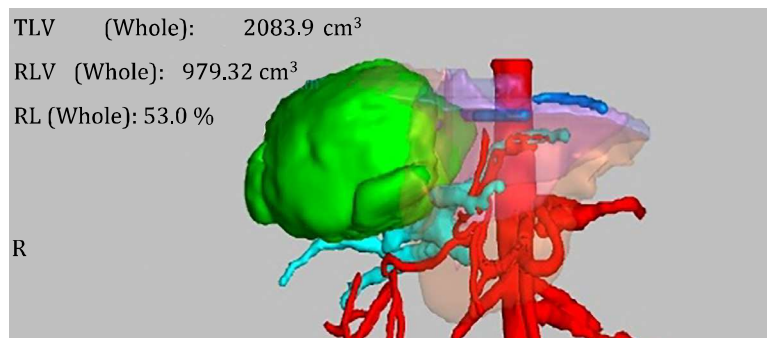


Рисунок 1. 3D реконструкция печени с большим паразитарным узлом (образование зеленым цветом) в процессе обработки по программе LiverAnalysis+

Источник: создано автором

Большинство пациентов (78,0 %) имели единственный очаг поражения (Таблица 1). Два очага имели 16,9 % пациентов, три и более – лишь 5,1 %. Среднее количество очагов 1,32 ($\pm 0,75$).

Таблица 1. Распределение пациентов по количеству очагов поражения печени

Количество очагов	Частота (n)	Процент (%)	Накопленный процент (%)
1	46	78,0	78,0
2	10	16,9	94,9
3	1	1,7	96,6
4	1	1,7	98,3
5 и более	1	1,7	100,0

Источник: создано автором

В исследованной выборке 79,7 % пациентов ($n = 47$) не подвергались хирургическому лечению на момент проведения КТ-волюметрии, в то время как 20,3 % ($n = 12$) перенесли различные виды оперативных вмешательств. Среди оперативных вмешательств наиболее часто выполнялись атипичные резекции (8,5 %), левосторонняя гемигепатэктомия (5,1 %), реже сегментэктомия, секторэктомия и правосторонняя гемигепатэктомия.

Для дальнейшего анализа пациенты были разделены на две группы:

■ Группа 1 – пациенты, которым не проводилось хирургическое вмешательство ($n = 47$);

■ Группа 2 – пациенты, перенесшие различные виды резекций печени ($n = 12$).

Такой подход позволил более детально изучить влияние объема поражения, степени инвазии в сосуды и параметров волюметрии на эффективность предоперационного планирования на основе КТ-волюметрии.

У пациентов без операции средний объем печени больше, чем у пациентов после операции, примерно на 300-400 см³. Разброс значений в группе без оперативного вмешательства также оказался значительно более выраженным (широкий диапазон), с преобладанием повышенных объемов печёночной паренхимы. Этот феномен согласуется с данными литературы, согласно которым у пациентов с альвеолярным эхинококком печени вследствие длительного хронического течения заболевания нередко отмечается компенсаторное увеличение общего объема печени [17]. Для каждой группы рассчитаны показатели центральной тенденции и разброса (Таблица 2). Из таблицы видно, что у пациентов без операции средний объем печени составляет 2008 см³, тогда как у пациентов после операции – около 1635 см³. Разница в средних объемах составляет примерно 15-20 % в пользу группы без операции.

Таблица 2. Описательная статистика объема печени у пациентов без операции и после операционного вмешательства

Показатель	Без операции (n = 47)	После операции (n = 12)
Средний объем, см ³	2008	1635
Медиана, см ³	1874	1578
Станд. отклонение, см ³	728	1014
Диапазон, см ³	868-4400	829-2416

Источник: создано автором

Гистограммы (Рис. 2) показывают распределение объема печени для каждой группы. Можно отметить, что формы распределений близки к нормальным (колоколообразным). Ящичный график (Рис. 2) наглядно сравнивает медианы и разброс объема печени в двух группах. У пациентов, не перенесших хирургические вмешательства, медиана выше, межквартильный размах шире, и наблюдаются более высокие значения.

У пациентов без оперативных вмешательств средний объем паразитарных узлов составил

658 см³, а медиана – 411 см³, тогда как у пациентов после операции – 243 см³ и 85 см³ соответственно (Рис. 3). Максимальный объем поражения в первой группе достигал 2580 см³, во второй – 1035 см³, что отражает значительно более широкое распространение процесса у неоперированных больных.

В относительных величинах средний объем поражения у пациентов без операции составил 28,4 % от объема печени (медиана – 24,6 %, диапазон – 0,1-80,5 %), тогда как после операций – 12,5 % (медиана – 5,7 %, диапазон – 3,1-42,9 %). Как видно

из данных, у неоперированных пациентов объём поражения как в абсолютных, так и в относительных показателях выше примерно в 2,5-5 раз, чем у пациентов после резекций печени.

Всем пациентам была выполнена виртуальная резекция печени (VR-резекция) для моделирования

возможных вариантов хирургического вмешательства. Выбор оптимального варианта оперативного вмешательства осуществлялся в сотрудничестве с опытными хирургами, имеющими многолетний опыт в области хирургического лечения АЭ печени (Рис. 4).

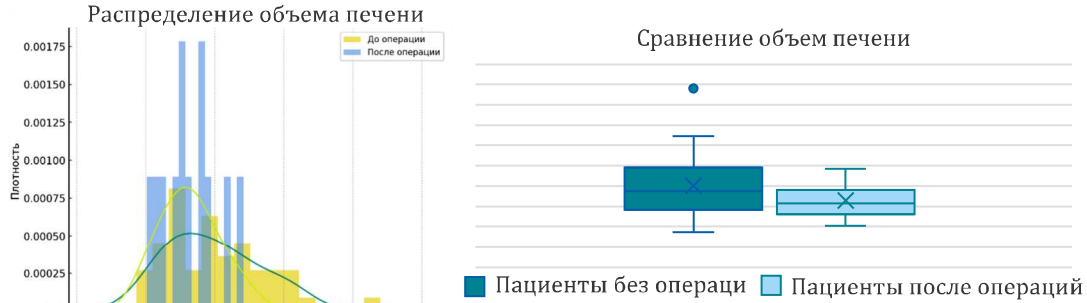


Рисунок 2. Распределение объема печени у пациентов

Источник: создано автором

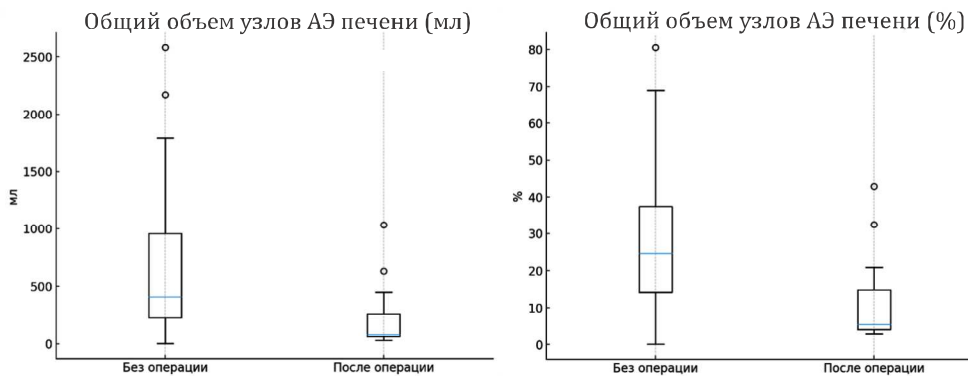


Рисунок 3. Объем альвеолярных эхинококковых узлов печени

Источник: создано автором

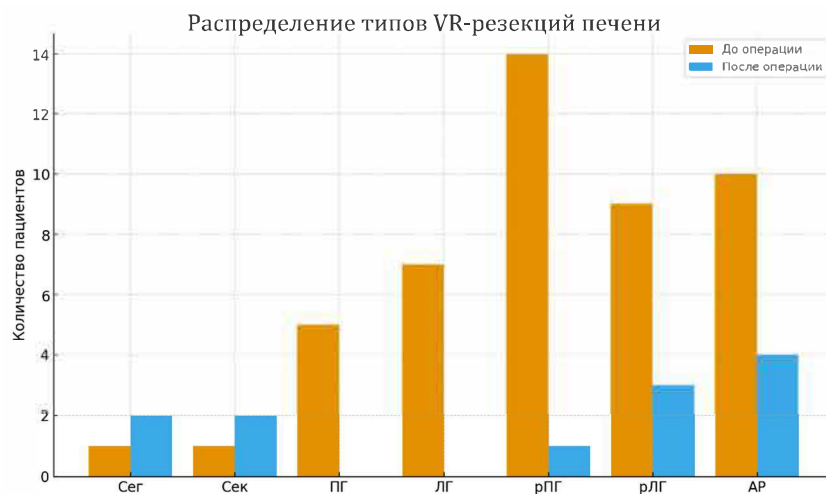


Рисунок 4. Типы виртуальных резекций печени

Примечание: Сег – Сегментэктомия, Сек – Секторэктомия, ПГ – Правосторонняя гемигепатэктомия, ЛГ – Левосторонняя гемигепатэктомия, рПГ – Расширенная правосторонняя гемигепатэктомия, рЛГ – Расширенная левосторонняя гемигепатэктомия, АР – Атипичная резекция

Источник: создано автором

Наиболее частым моделируемым вариантом оперативного вмешательства у пациентов без хирургических вмешательств являлась расширенная правосторонняя гемигепатэктомия (29,8 %) случаев, правосторонняя и левосторонняя расширенная гемигепатэктомии составили чуть меньше половины случаев (48,9 %), что свидетельствует о высокой распространенности поражения, требующего удаления больших объемов печени. Атипичные резекции проводились лишь в 21,3 % случаев, что было связано необходимостью индивидуализированного хирургического подхода. Малоинвазивные вмешательства, такие как сегментэктомия и секторэктомия, были смоделированы лишь в 4,2 %, что подтверждает ограниченность применения органосохраняющих операций при значительном поражении паренхимы печени.

Наиболее распространенными видами VR-резекций у пациентов после оперативных вмешательств оказались расширенная левосторонняя гемигепатэктомия (3 пациента, 25 %) и атипичная резекция (4 пациента, 33,3 %), что свидетельствует о вариативности поражении паренхимы печени у большинства пациентов с продолженным ростом альвеолярного эхинококкоза.

Средний будущий остаточный объем печени у пациентов первой группы составил 1162 см³, во второй группе 774 см³ (Рис. 5). Медианный объем БОП: 1074 см³ (группа 1) против 628 см³ (группа 2). Стандартное отклонение составило 637,56 см³ в группе 1, в группе 2 оно ниже – 388,41 см³. Минимальный объем БОП в первой группе – 341 см³, во второй группе – 181 см³. Максимальный объем – 2804 см³ (группа 1) против 1359 (группа 2).

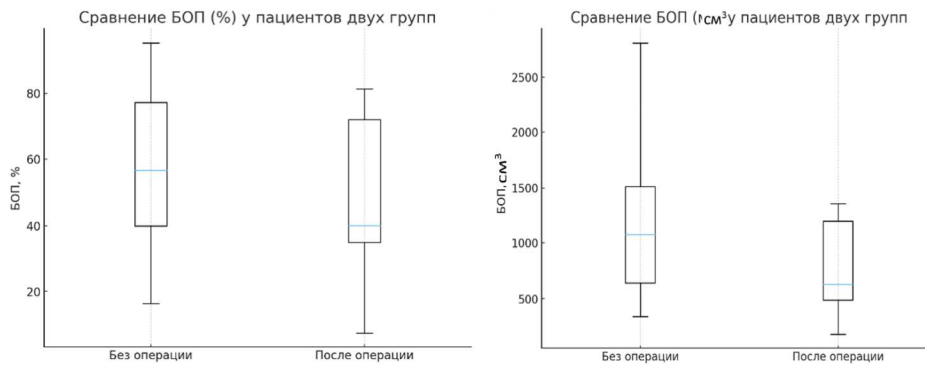


Рисунок 5. Ящичный график будущего объема печени двух групп пациентов в см³ и % при VR-резекциях
Источник: создано автором

Средний процент объем БОП был 57,95 % в группе 1 и 49,7 % в группе 2. Медианный процент БОП: 56,6 % (группа 1) против 40,1 % (группа 2). Диапазон значений БОП составил 16,4 – 95,1 % в группе 1 и 7,5 – 81,4 % в группе 2. Как и ожидалось, пациенты с ранее перенесенными операциями имеют тенденцию к меньшему остаточному объему печени, что обусловлено меньшим объемом печеночной ткани. Низкий процентный показатель БОП в группе после оперативных вмешательств подчеркивает необходимость более внимательного планирования повторных вмешательств, так как риски ПОПН в данной группе выше.

Обсуждение

Результаты проведенного исследования демонстрируют высокую клиническую значимость КТ-вольюметрии с использованием трёхмерного моделирования у пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени. Данный метод позволяет не только точно оценивать анатомический объем печени и очагов поражения, но и выполнять виртуальное моделирование объема резекции, что существенно повышает точность предоперационного планирования.

Дополнительное подтверждение клинической значимости оценки будущего остаточного объема печени при АЭП дают результаты недавних исследований, посвященных методам индукции гипертрофии печеночной паренхимы. В ретроспективной серии из 19 пациентов с продвинутыми формами АЭП было показано, что порталная эмболизация (PVE) и двухэтапные резекции (TSH) эффективно увеличивают объем будущего остатка печени при исходно недостаточном БОП [18]. При этом общая масса печени и объем паразитарного поражения статистически значимо не изменялись после PVE, тогда как рост БОП был выраженным и достигал медианного увеличения 4,49 % в месяц после PVE и 3,34 % в месяц после первого этапа TSH. Полученные в нашем исследовании данные согласуются с этими выводами. У пациентов без предшествующих операций средний БОП составил 1162 см³ (57,9 %), что отражает сохраненный функциональный резерв печени даже при выраженном поражении. Напротив, у пациентов после резекций средний БОП снижался до 774 см³ (49,7 %), и у части из них значения были погранично низкими, что потенциально сопряжено с

более высоким риском послеоперационной недостаточности. Сопоставление с данными о темпах FLR-гипертрофии после PVE позволяет предположить, что у пациентов со сниженным БОП в нашей выборке применение методов индукции гипертрофии могло бы существенно улучшить предоперационный прогноз.

В серии наблюдений H.D. Shen *et al.*, включавшей пациентов с множественными гигантскими очагами АЭП, двухэтапные резекции были успешно выполнены во всех случаях, без летальности и рецидивов при наблюдении более года [19]. Авторы подчёркивали, что ключевым ограничивающим фактором радикального лечения является низкий FLR, а увеличение объёма остаточной печени между этапами делает радикальную резекцию возможной. Эти наблюдения подчёркивают важную особенность АЭП: гипертрофия происходит преимущественно за счёт относительно сохранённых сегментов, тогда как общий объём печени остаётся стабильным из-за большой доли нефункциональной паразитарной ткани.

У большинства пациентов, не перенёвших оперативных вмешательств, средний объём будущего остатка печени составил 1162 см³, что соответствует 57,9 % от общего объёма печени. Этот показатель существенно превышает общепринятые пороговые значения безопасного FLR, описанные для опухолевых поражений печени [20]. В ряде работ по резекциям при злокачественных новообразованиях показано, что у пациентов с интактной паренхимой достаточно сохранить 20-30 % объёма печени, тогда как при фиброзе, стеатозе, циррозе или химиотерапевтически повреждённой паренхиме минимальный безопасный FLR возрастает до 30-40 % и даже 40-50 % от общего объёма печени [21]. На этом фоне полученные значения БОП как в группе без операций (57,9 %), так и в группе ранее оперированных пациентов (в среднем 49,7 %) находятся значительно выше критических порогов, принятых для онкологических больных.

Особый интерес представляют данные, опубликованные в литературе по повторным резекциям при рецидивирующих опухолевых поражениях печени, где, как и при АЭП, ключевым параметром предоперационного планирования является БОП. Так, в описанном клиническом случае повторной резекции при рецидиве колоректальных метастазов печени неконгестивный FLR составлял всего 34,9 %, что было расценено как недостаточный показатель для безопасного хирургического вмешательства ввиду ранее проведённой химиотерапии и первичной гепатэктомии [22]. После портальной эмболизации и реконструкции правой печёночной вены FLR был увеличен до 58,0 %, что и позволило выполнить повторную бисегментэктомию без развития ПОПН. Этот пример подчёркивает,

что значение FLR < 30-40 % у пациентов с повторными вмешательствами является критическим и требует обязательного применения стратегий увеличения функционально активного остаточного объёма печени [23]. Данные результаты аналогичным образом показывают, что у трети пациентов после операций по поводу АЭП БОП находился в пределах ниже рекомендуемого порога, что требует углублённой предоперационной оценки и возможного использования методов индукции гипертрофии печени.

Несмотря на широкое применение анатомической КТ-волюметрии, полученные данные согласуются с результатами исследований, где подчеркивается, что абсолютный объём FLR не всегда коррелирует с риском послеоперационной печёночной недостаточности. В исследовании M. Serenari *et al.* [24] показано, что функциональный БОП (FLR-F) является более точным предиктором ПОПН, а его пороговые значения значительно выше классических показателей «50/50 criteria». Почти половина пациентов после крупных резекций развивали PHLF, несмотря на допустимый уровень анатомического FLR, что подчёркивает важность оценки функциональной жизнеспособности паренхимы. Эти данные подтверждают необходимость применения функциональных методов, особенно у пациентов с хроническими воспалительными заболеваниями печени, где анатомический объём не всегда отражает истинный резерв органа. Для комплексной оценки хирургического риска необходимо сочетать волюметрический анализ с функциональными методами – гепатобилиарной сцинтиграфией с ^{99m}Tc-меоброфенином или функциональной МРТ с контрастом Gd-EOB-DTPA. Особенно это актуально у пациентов с фиброзом, стеатозом или повторными вмешательствами [25].

В совокупности полученные данные подтверждают, что КТ-волюметрия с расчётом общего объёма печени и будущего остаточного объёма является ключевым инструментом в предоперационном планировании у пациентов с альвеолярным эхинококкозом печени. У большинства неоперированных пациентов отмечается компенсаторное увеличение ООП и относительно высокий БОП, что создаёт более благоприятные условия для выполнения радикальных вмешательств. Напротив, у пациентов с предшествующими резекциями БОП существенно снижен, а у части – достигает критических значений, что значительно повышает риск развития послеоперационной печёночной недостаточности.

Несмотря на широкое использование анатомического БОП, международные данные указывают, что функциональная оценка будущего остатка печени (например, с помощью Gd-EOB-MRI) является более точным предиктором послеоперационной

печёночной недостаточности, особенно при хронических заболеваниях печени. Однако в настоящее время эти методы в Кыргызской Республике практически недоступны из-за отсутствия специализированного оборудования. В клинической практике вынуждены опираться преимущественно на анатомические параметры БОП, что, безусловно, ограничивает точность прогнозирования. Полученные результаты подчёркивают необходимость дальнейшего развития функциональной радиологии печени в нашей стране, внедрения методов количественной функциональной оценки и расширения диагностических возможностей для повышения безопасности хирургического лечения.

Таким образом, анатомическая КТ-волюметрия в сочетании с моделированием резекции остаётся наиболее объективным инструментом для выбора оптимальной хирургической тактики в условиях ограниченных ресурсов, однако стремление к интеграции функциональных методов является важной задачей для улучшения качества помощи пациентам с альвеолярным эхинококкозом печени.

Выводы

КТ-волюметрия с 3D-моделированием позволяет точно определять объём поражения и прогнозировать объём остаточной паренхимы, что критически важно для планирования хирургического лечения при альвеолярном эхинококкозе печени. У пациентов без предшествующих операций средний объём БОП превышает безопасные пороговые значения, в то время как у пациентов с резекциями печени отмечается значительное снижение объёма БОП, что увеличивает риск послеоперационных осложнений.

Широкий диапазон БОП и высокая вариабельность подчёркивают необходимость индивидуализированного хирургического планирования. Виртуальная резекция повышает точность расчёта остаточного объёма печени и способствует выбору оптимальной

хирургической тактики. Функциональные методы оценки печени (гепатобилиарная скintiграфия, fMRI с Gd-EOB-DTPA) должны использоваться в дополнение к волюметрии, особенно у пациентов с хроническим поражением печени или повторными вмешательствами. Таким образом, КТ-волюметрия с 3D-моделированием должна стать неотъемлемым инструментом предоперационного планирования при АЭП, особенно при обширных и повторных резекциях.

Благодарности

Автор выражает благодарность сотрудникам отделений лучевой диагностики МЦ «Систем», МЦ SRM и НЦКиТ за предоставление данных и содействие в проведении исследования. Отдельная признательность хирургам, принимавшим участие в обсуждении результатов виртуальных резекций и валидации предоперационных расчётов: д.м.н. доцента кафедры факультетской хирургии имени академика К.Р. Рыскулова КГМА им. И.К. Ахунбаева, Айтбаева Съезбека Аилчиевича, врача хирурга отделения опухолей кишечника НЦОиГ Абдрасулов Каныбек Дуйшобекович. Автор также благодарит кафедру лучевой диагностики КГМА им. И.К. Ахунбаева в лице к.м.н., доцента, заведующей кафедры Кадыровой Алии Ишенбековны за методическую поддержку в процессе подготовки исследования.

Финансирование

Исследование выполнено без внешнего финансирования. Финансовая поддержка со стороны государственных, коммерческих или некоммерческих фондов отсутствовала.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов. Личных, финансовых или иных взаимоотношений, способных повлиять на результаты исследования, нет.