

## 3D ТЕХНОЛОГИИ В ХИРУРГИИ ГЕПАТОБИЛИАРНОЙ ЗОНЫ

## 3D TECHNOLOGIES IN HEPATOBILIARY ZONE SURGERY

E. Talikova  
K. Shipilov

*Summary:* The diagnostic feasibility of including 3D modeling and 3D printing in the schemes of preoperative diagnostics in patients with pathology of the hepatobiliary zone was analyzed. Because the method is still not widely used in liver surgery, the main requirements for the equipment and directions for the application of the method are outlined. The features of the interpretation of the results depending on the stage of the surgical intervention (pre- and post-operative periods) were noted. surgical tactics in the direction of minimally invasive options for surgical intervention. It is noted that currently developing options for «5D-modeling», which is formed on the basis of the results of several methods of examining the patient and includes the indicators «time» and «physiological activity».

Thus, the use of 3D technology as an auxiliary diagnostic method in planning and performing surgical treatment of diseases of the hepatobiliary zone makes it possible to visualize individual anatomical features and make a 3D model to develop an optimal scheme for surgical intervention. The described method, due to less tissue trauma, can reduce the duration of the operation and reduce the risks of peri- and postoperative complications.

*Keywords:* 3D technologies, 3D modeling, 3D printing, hepatobiliary zone, surgical treatment, method.

**Таликова Екатерина Владимировна**Доцент, Частное образовательное учреждение  
высшего образования «Санкт-Петербургский  
медико-социальный институт» (ЧОУ ВО СПбМСИ),**Шипилов Константин Эдуардович**Врач-ординатор; Федеральное государственное  
автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский национальный  
исследовательский медицинский университет  
имени Н.И. Пирогова»  
eduard.shipilov.73@mail.ru

*Аннотация.* Проанализирована диагностическая целесообразность включения в схемы предоперационной диагностики у пациентов с патологией гепатобилиарной зоны 3D-моделирования и 3D-печати. В связи с тем, что метод ещё недостаточно распространен в хирургии печени, обозначены основные требования к аппаратуре и направления применения метода. Отмечены особенности трактовки результатов в зависимости от этапа оперативного вмешательства (пред- пери- и постоперационные периоды). Использование 3D-модели позволяет определить объем и пути оперативного вмешательства в зависимости от этиологии и топографии очага поражения. Отмечено, что по результатам построения трехмерной модели в ряде случаев изменялась хирургическая тактика в сторону малоинвазивных вариантов оперативного вмешательства. Отмечено, что в настоящее время разрабатываются варианты «5D-моделирования», формирующегося на основании результатов нескольких методов обследования пациента и включающие показатели «время» и «физиологическая активность».

Таким образом, использование 3D-технологии как вспомогательного метода диагностики при планировании и проведении хирургического лечения заболеваний гепатобилиарной зоны позволяет визуализировать индивидуальные анатомические особенности и изготовить 3D-модель для выработки оптимальной схемы оперативного вмешательства. Описанный метод вследствие меньшей травматизации тканей позволяет уменьшить длительность операции и снизить риски пери- и постоперационных осложнений.

*Ключевые слова:* 3D-технологии, 3D-моделирование, 3D-печать, гепатобилиарная зона, оперативное лечение, метод.

**В** настоящее время в хирургической гепатологии сохраняется ряд дискуссионных моментов, одним из которых является ограниченная информативность неинвазивных инструментальных диагностических методов при различных очаговых заболеваниях печени. Среди них — ультразвуковое исследование (УЗИ) с цветовым доплеровским картированием (ЦДК), мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) с болюсным контрастированием, магнитно-резонансная томография (МРТ), гепатосцинтиграфия с внутривенным введением радиоактивного изотопа технеция ( $^{99m}\text{Tc}$ , или  $^{99m}\text{Tc}$ -ХИДА) в качестве контрастного вещества и позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). Ставший стандартным метод МСКТ с болюсным контрастированием позволяет выявлять небольшие по размеру патологические очаги, дифференцировать доброкачественные

и злокачественные образования, определять васкуляризацию и расположение в паренхиме печени. Болюсное внутривенное введение контрастного вещества показывает его распределение с визуализацией артерий и вен на разных фазах. Исследование подходит для прижизненного изучения вариантной анатомии с визуализацией сосудов диаметром 1 мм и более. Однако оно далеко не всегда позволяет четко определить топографо-анатомические взаимоотношения образования с крупными сосудами и желчными протоками, особенности процессов в брюшной полости, что может вызвать затруднения при выполнении операций и повышает риск развития осложнений [1].

Во всех сферах медицины всё большее распространение получают цифровые технологий, в частности,

создание виртуальных 3D-симуляторов и 3D-моделей органов. Первая анатомическая модель (человеческий таз из полистирола), была создана в 1979 году. В конце 1980-х стали появляться более универсальные в использовании образцы 3D-принтеров что позволило рассматривать возможность их использования для решения медицинских проблем. В 1994 году первой из доступных стала стереолитография (Steriolithography Apparatus — SLA) — технология, в которой управляемый компьютером луч лазера применяется для отверждения жидкого полимера или смолы, послойно создавая требуемую структуру. Так как на первых 3D-принтерах возможно было создавать только твердые предметы, то первыми, кто смог использовать их в своей практике, были стоматологи, челюстно-лицевые и ортопеды хирурги. Уровень современного оборудования позволяет решать многие проблемы, неподвластные предыдущим вариантам аппаратуры: моделирование и печать полых моделей в том числе прозрачных и/или сверхпрочных материалов что существенно расширяет рамки применения 3D-технологии в медицине [2, 4].

**Цель исследования:** проанализировать диагностическую целесообразность использования 3D-технологии в хирургии гепатобилиарной зоны.

### Результаты и обсуждение

В настоящее время применение 3D-технологии в гепатобилиарной хирургии остается весьма ограничено. Система планирования оперативного вмешательства должна объединять в себе медицинское оборудование, систему PACS (система архивации и передачи изображений) с рабочими станциями и возможностью использования на компьютерах и мобильных устройствах, в том числе в операционной (рис.1). Создание виртуальной трехмерной реконструкции с использованием специ-

ализированного программного обеспечения (например программ DoctorCT с модулем DICOM 3.0 (Ставрополь, Россия), КиберСклиф 1.0 (Ставрополь, Россия) и Builder3D в комплекте с Windows 10 (Microsoft, США и др.)) позволяет на первом этапе визуализировать анатомические и патологические образования, а затем изготовить их персонализированную 3D-модель.

Основными требованиями к аппаратуре для проведения 3D моделирования и печати, используемой при планировании хирургических вмешательств в гепатобилиарной зоне, являются следующие [2,3]:

- возможность цветового картирования артерий, вен и образований так как необходимо проводить сегментацию патологического очага из окружающей ткани, отображая образования с питающими сосудами для планирования линии разреза, объемного представления резецируемой и сохраняемой части печени для оценки достаточности ее объема;
- при печати 3D-модели использование материалов, позволяющих дифференцировать структуры по цвету и прозрачности — для оценки локализации сосудов и протоков, их структурных особенностей.

С учётом приведенных выше данных можно выделить основные направления применения 3D-моделирования и 3D-печати в хирургии гепатобилиарной зоны:

А) *клиническое:* основное, трехмерные анатомические модели могут использоваться на всех этапах хирургического вмешательства:

- при подготовке к операции: для оценки особенностей строения гепатобилиарной зоны (сосудов, желчных протоков, наличие патологических образований и их локализация и др.) и объема на-



Рис. 1. Структура системы предоперационного планирования, анализа и хранения данных. Цит. по [3]

рушений, для симуляции хирургического вмешательства и выработки плана операции;

- в периоперационном периоде: выведение 3D-модели на экран в операционной позволяет сопоставить её с реальными данными и контролировать ход операции;
- в постоперационном периоде и при подготовке к следующему этапу. При хронической генетически опосредованной патологии гепатобилиарной зоны (болезнь и синдром Кароли и др.), из-за повторяемости операций 3D-моделирование позволяет оценить имеющиеся изменения в брюшной полости, наличие спаечного процесса, изменения расположения и деформации органов и сосудов.

Исследование наиболее информативно при: врожденных аномалиях развития печени и желчных протоков, острой патологии (желчекаменной болезни и др.); хронической генетически опосредованной патологии (болезнь и синдром Кароли и др.), опухолях различной этиологии (контроль зон радиочастотной абляции и возможных рецидивов опухоли), паразитарном поражении печени (эхинококкоз, аскаридоз, описторхоз печени и желчных путей) и трансплантации печени.

Использование 3D-модели позволяет определить объем и пути оперативного вмешательства, что сокращает травматизацию тканей, уменьшает кровопотерю и как следствие — сокращает время проведения операции и снижает риск развития осложнений. Так, сообщается, что разница в среднем времени операции между стандартной схемой и с применением системы 3D-моделирования составила 16,5 мин [1]. Кроме того, наличие трехмерной модели в ряде случаев позволило изменить хирургическую тактику — в частности использовать малоинвазивные технологии.

В дальнейшем возможно создания 3D-моделей на основании цифровых данных из разных источников. Так

были совмещены результаты компьютерной и позитронно-эмиссионной томографии для создания 3D-модели реакции опухоли на индукционную терапию. Метод был назван «5D-мерной печатью» в связи с добавлением параметров «время» и «физиологическая активность» [4].

Б) *Обучающее*: 3D-моделирование успешно используется при обучении студентов, ординаторов и молодых врачей. Модели различной патологии позволяют научиться дифференцировать заболевания и понять особенности хирургических подходов. Кроме того, в настоящее время начинают применяться варианты моделирования с использованием виртуальной реальности и виртуальных очков и перчаток для симуляции и отработке действий хирурга.

В) *Вспомогательное*: включает в себя использование 3D-технологий для изготовления персонализированных имплантатов и инструментов, необходимых для проведения хирургического лечения. Данное направление в хирургии гепатобилиарной зоны представлено пока незначительно [1,5].

### Заключение

Таким образом, использование 3D-технологий как вспомогательного метода диагностики при планировании и проведении хирургического лечения заболеваний гепатобилиарной зоны позволяет при помощи виртуальной трехмерной реконструкции с использованием специального программного обеспечения вначале визуализировать индивидуальные анатомические особенности, а затем изготовить 3D-модель для выработки оптимальной схемы оперативного вмешательства. Описанный метод вследствие меньшей травматизации тканей позволяет уменьшить длительность операции и снизить риски пери- и постоперационных осложнений.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Минаев С.В., Герасименко И.Н., Григорова А.Н., Тимофеев С.В., Доронин Ф.В., Тимофеев С.И. 3D-технологии в гепатобилиарной хирургии. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2020; №8: 103–106. <https://doi.org/10.17116/hirurgia2020081103>
2. Егоров К.Н., Егорова С.А., Петрякова В.Г. Аддитивные технологии в медицине: области и технологии применения, преимущества, недостатки и перспективы развития Перспективы развития науки в современном мире Сборник научных статей по материалам VI Международной научно-практической конференции. Уфа, ООО «НИЦ «Вестник науки» (Уфа) 2021; 21–41
3. Яриков А.В., Перльмуттер О., Фраерман А., Столяров И., Горбатов Р., Мухин А. Применение аддитивных технологий 3D печати в обучении нейрохирургов. Виртуальные технологии в медицине. 2022;(3):145–147. [https://doi.org/10.46594/2687-0037\\_2022\\_3\\_1506](https://doi.org/10.46594/2687-0037_2022_3_1506)
4. Erin A Gillaspie EA, Matsumoto JC, Morris NE, Downey RJ, Shen KR, Allen MS, Blackmon SH From 3-Dimensional Printing to 5-Dimensional Printing: Enhancing Thoracic Surgical Planning and Resection of Complex Tumors Ann Thorac Surg 2016 May;101(5):1958–62. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.12.075.
5. Tack P, Victor J, Gemmel P, Annemans L 3D-printing techniques in a medical setting: a systematic literature review Biomed Eng Online 2016 Oct 21;15(1):115. doi: 10.1186/s12938-016-0236-4.