

DOI: 10.24287/1726-1708-2024-23-3-169-175

Инновационные технологии в детской онкохирургии: операционный экзоскоп 3D4K в открытой абдоминальной хирургии

Т.А. Шароев

ГБУЗ «Научно-практический центр специализированной медицинской помощи детям им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения г. Москвы», Москва
ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва
ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», Москва

Операционные экзоскопы 3D4K представляют собой новый класс устройств для интраоперационной визуализации и увеличения в хирургии. Цель: повышение качества хирургического лечения детей с солидными злокачественными опухолями за счет внедрения в практику инновационного метода – операционного экзоскопа. В работе представлены первые результаты применения аппарата нового поколения – экзоскопа 3D4K – принципиально новой технологии соединения микрохирургии и видеоассистированной открытой хирургии при абдоминальных опухолях у детей. Впервые операционная бригада получила возможность видеть операционное поле на экране монитора в большом увеличении – изображение 3D в высоком качестве 4K. Были прооперированы 2 пациента: ребенок 9 лет по поводу рецидива десмопластической мелкокруглоклеточной опухоли брюшной полости и девочка 5 лет по поводу двусторонней нефробластомы. Во втором случае были выполнены 2 органосохраняющие операции: резекция правой почки и резекция левой почки с использованием метода флуоресцентной навигации – индоцианина зеленого. Родители пациентки дали согласие на использование информации, в том числе фотографий ребенка, в научных исследованиях и публикациях. Полученные результаты показали высокую эффективность применения экзоскопа 3D4K в абдоминальной хирургии солидных опухолей у детей.

Ключевые слова: инновационные технологии, детская онкология, онкохирургия, экзомикроскоп, флуоресцентная навигация

Шароев Т.А. Вопросы гематологии/онкологии и иммунопатологии в педиатрии 2024; 23 (3): 169–75.
DOI: 10.24287/1726-1708-2024-23-3-169-175

Innovative technologies in pediatric surgical oncology: a 3D4K operating exoscope in open abdominal surgery

T.A. Sharoev

The V.F. Voyno-Yasensky Scientific and Practical Center of Specialized Medical Care for Children of the Department of Health of Moscow, Moscow
The Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow
The M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI), Moscow

3D4K surgical exoscopes are a new class of tools for intraoperative imaging and magnification in surgery. The purpose of this work was to improve the quality of surgical treatment of children with malignant solid tumors through the introduction of an innovative method into surgical practice – a surgical exoscope. The first results of applying a 3D4K exoscope – a revolutionary technology that combines microsurgery and video-assisted open surgery – for the surgical treatment of abdominal tumors in children are reported in this paper. For the first time, an operating team had an opportunity to see the surgical field on a monitor with high magnification: 3D images with 4K resolution. Two 3D4K exoscope-assisted operations were performed: surgery for relapsed intra-abdominal desmoplastic small round cell tumor in a 9-year-old child and surgery for bilateral nephroblastoma in a 5-year-old girl. The latter patient underwent organ-sparing surgeries: partial nephrectomy of the right kidney and indocyanine green fluorescence-guided partial nephrectomy of the left kidney. The patient's parents gave consent to the use of their child's data, including photographs, for research purposes and in publications. The obtained results showed that 3D4K exoscopes are highly effective in abdominal surgeries for solid tumors in children.

Key words: innovative technologies, pediatric oncology, surgical oncology, exoscope, fluorescence navigation

Sharoev T.A. Pediatric Hematology/Oncology and Immunopathology. 2024; 23 (3): 169–75.
DOI: 10.24287/1726-1708-2024-23-3-169-175

Операционные экзоскопы 3D4K представляют собой новый класс устройств для интраоперационной визуализации и увеличения в хирургии. Аппарат состоит из HD-камеры, установ-

ленной на опорном кронштейне, транслирующей изображения на большой экран. Несколько моделей экзоскопов зарегистрированы для применения в хирургии. Более совершенные устройства способны

© 2024 ФГБУ «НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева» Минздрава России

Поступила 27.03.2024
Принята к печати 16.07.2024



EDN: WUFLPT

Контактная информация:

Шароев Тимур Ахмедович, руководитель научного отдела ГБУЗ «НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ»; профессор кафедры детской онкологии им. акад. Л.А. Дурнова ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России; профессор кафедры педиатрии факультета усовершенствования врачей ГБУЗ МО МОНКИ им. М.Ф. Владимирского
Адрес: 119620, Москва, ул. Авиаторов, д. 38
E-mail: timuronco@mail.ru

© 2024 by «D. Rogachev NMRCPHOI»

Received 27.03.2024
Accepted 16.07.2024

Correspondence:

Timur Akhmedovich Sharoev, Head of the Scientific Department at the V.F. Voyno-Yasensky Scientific and Practical Center of Specialized Medical Care for Children; Professor at the L.A. Durnov Department of Pediatric Oncology of the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of Ministry of Healthcare of the Russian Federation; Professor at the Department of Pediatrics of the Postgraduate Training Faculty of the M.F. Vladimirovsky Moscow Regional Research and Clinical Institute (MONIKI)
Address: 38 Aviatorov St., 119620 Moscow, Russia
E-mail: timuronco@mail.ru

создавать 3D-изображения в формате 4K на больших экранах.

Превосходную эргономику по сравнению с традиционными операционными микроскопами часто называют одним из основных, если не самым большим, преимуществом экзоскопа [1].

ГБУЗ «Научно-практический центр медицинской помощи детям им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Департамента здравоохранения г. Москвы» (НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ) без преувеличения можно назвать инновационным, здесь для лечения детей с тяжелыми, в том числе орфанными, заболеваниями используются самые современные научно-технические технологии, позволяющие оказать помощь, казалось бы, безнадежным больным.

В полной мере это относится к одному из флагманских направлений научно-практической деятельности Центра – онкопедиатрии. Для обследования детей с солидными злокачественными опухолями в НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ используются самые современные средства диагностики: 128-срезовый мультиспиральный компьютерный томограф, магнитно-резонансный томограф 3 Тл, генетическое секвенирование, исследование микроРНК и т. д.

Хирургические вмешательства выполняются детям от периода новорожденности до 18-летнего возраста. Большое внимание уделяется хирургическому лечению опухолей у детей: резекциям печени и почек, эндопротезированию крупных суставов, резекциям костей таза при опухолевом поражении и др. Эти операции могут сопровождаться тяжелыми интра- и послеоперационными осложнениями, представляющими опасность для жизни ребенка: большой кровопотерей, развитием печеночной и почечной недостаточности, грубыми нарушениями гомеостаза и проч.

В целях предупреждения развития грозных осложнений в клинической практике детского хирурга-онколога в НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ используются такие инновационные технологии, как предоперационное компьютерное моделирование и выполнение виртуальных операций, ультразвуковая и водоструйная хирургия, электрохирургия на аппаратах последнего поколения, аргонплазменная хирургия, высокочастотная абляция.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В апреле 2023 г. хирурги-онкологи НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ впервые в детской онкологической практике в Российской Федерации использовали при выполнении операций в абдоминальной хирургии аппарат нового поколения – экзоскоп 3D4K. Применение экзоскопа является принципиально

новой технологией соединения микрохирургии и видеоассистированной открытой хирургии при абдоминальных опухолях у детей. Впервые операционная бригада получила возможность видеть операционное поле на экране монитора в большом увеличении: изображение 3D в высоком качестве 4K – в 4 раза выше, чем при технологии Full HD (рисунки 1). Были прооперированы 2 пациента: ребенок 9 лет по поводу рецидива десмопластической мелкокруглоклеточной опухоли брюшной полости и девочка 5 лет по поводу двусторонней нефробластомы. Во втором случае были выполнены две органосохраняющие операции: резекция правой почки и резекция левой почки с использованием метода флуоресцентной навигации – индоцианина зеленого (ICG).

КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

Девочка Щ., 5 лет, заболела 23 февраля 2023 г., когда вечером, со слов матери, появились боли в правом боку, была однократная рвота. На следующий день поднялась температура до субфебрильных цифр, а вечером отмечен подъем температуры до 38°C. Боли в животе возобновились, и

Рисунок 1
Онкохирурги НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ выполняют резекцию почки у ребенка 5 лет, используя инновационную технологию – экзоскоп 3D4K

Figure 1
Surgical oncologists of the V.F. Voyno-Yasenytsky Scientific and Practical Center of Specialized Medical Care for Children are performing a partial nephrectomy in a 5-year-old child using a novel technology – a 3D4K exoscope



ребенок машиной скорой помощи был доставлен в НИИ детской хирургии и травматологии г. Москвы. После осмотра в приемном покое диагноз острой хирургической патологии был исключен. При ультразвуковом исследовании (УЗИ) органов брюшной полости были выявлены объемные новообразования обеих почек. Пациентка с подозрением на билатеральную нефробластому 24 февраля 2023 г. была переведена в онкологическое отделение №1 ГБУЗ «НПЦ спец. мед. помощи детям ДЗМ». Родители пациентки дали согласие на использование информации, в том числе фотографий ребенка, в научных исследованиях и публикациях.

Состояние ребенка при поступлении было оценено как довольно тяжелое. После проведенного комплексного обследования, включающего УЗИ, магнитно-резонансную томографию (МРТ) органов брюшной полости, была диагностирована двухсторонняя нефробластома. Следует отметить, что при поступлении и до начала специальной терапии у девочки регистрировалась высокая температура (38°C) без катаральных явлений, которая объяснялась наличием больших размеров новообразований почек и опухолевой интоксикацией.

После консилиума врачей-онкологов было принято решение о проведении полихимиотерапии (ПХТ) с предоперационной целью согласно Клини-

ческим рекомендациям по лечению билатеральной нефробластомы Минздрава России. На *рисунке 2* представлены данные МРТ (слева) и компьютерной томографии (справа) до начала противоопухолевой ПХТ. После проведенной ПХТ опухоли обеих почек сократились на 30%.

30 марта 2023 г. выполнена операция (1-й этап): поперечная левосторонняя лапаротомия, резекция левой почки с опухолью, удаление 2 отдельно лежащих нефробластоматозных узлов.

После мобилизации почки выявлена опухоль в области нижнего полюса. Новообразование с достаточно четкими контурами, имеет гладкую поверхность, белесоватый цвет (*рисунок 3А*).

На передней поверхности среднего сегмента имеются 2 плоскостных новообразования размерами 4 и 6 мм в диаметре, макроскопически – нефробластоматозные узлы. На *рисунке 3Б* отчетливо определяется опухолевый нефробластоматозный узел белого цвета.

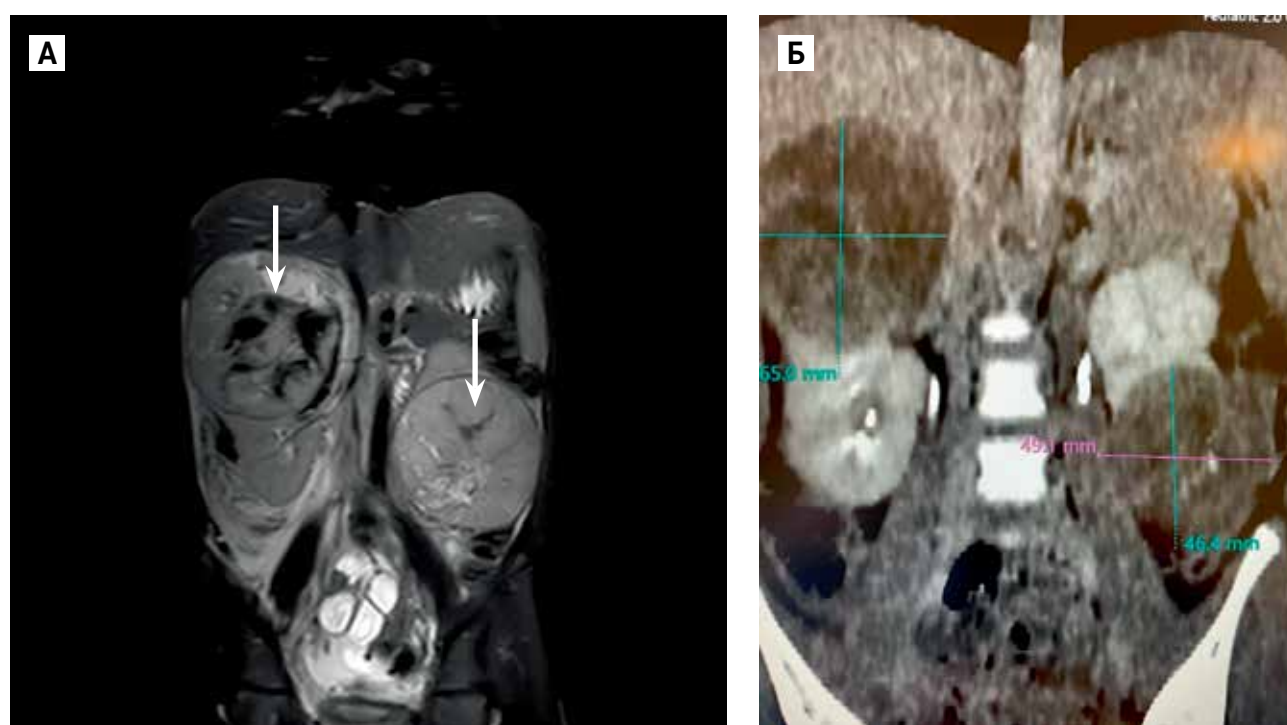
В целях определения границ опухоли выполнено интраоперационное УЗИ. Используя электрохирургию и метод водоструйной диссекции произведена резекция почки вместе с опухолью в пределах видимых здоровых тканей на границе нижнего и среднего сегментов органа (*рисунок 4*).

Рисунок 2

Данные МРТ (А) и компьютерной томографии (Б) пациентки с двухсторонней нефробластомой. На представленных снимках отчетливо визуализируются опухоли обеих почек (обозначено стрелками). В левой почке опухоль занимает весь верхний полюс с переходом на средний сегмент. В правой почке опухоль определяется в нижнем и частично среднем отделах.

Figure 2

Magnetic resonance imaging (A) and computed tomography (Б) data of the patient with bilateral nephroblastoma. The images clearly show tumors in both kidneys (as indicated by the arrows). In the left kidney, the tumor occupies the entire upper pole and extends to the middle part. In the right kidney, the tumor is located in the lower part and partially in the middle part.



Образовавшийся дефект в области лоханки оставшейся части почки длиной до 5 мм ушит проленовой нитью (7.0). Раневая поверхность почки обработана методом аргоноплазменной коагуляции и закрыта гемостатической пластиной. Два нефробластоматозных очага в среднем сегменте почки удалены с использованием электрохирургии (рисунок 5).

Контрольное интраоперационное УЗИ оставшейся здоровой паренхимы почки не выявило признаков опухоли. Паранефральная клетчатка удалена. Сделана биопсия регионарного лимфоузла.

Учитывая значительный объем выполненной операции, решено отказаться от одно-

ментного вмешательства на контралатеральной почке.

Течение послеоперационного периода без особенностей, без осложнений. В период подготовки ко второму хирургическому этапу девочке был проведен курс ПХТ.

18 апреля 2023 г. выполнена операция (2-й этап): поперечная правосторонняя лапаротомия, резекция правой почки с опухолью.

Особенностью данной операции является применение инновационных хирургических технологий: операционного экзоскопа 3D4K и флуоресцентной навигации – внутривенное введение ICG (рисунок 6).

Рисунок 3

А – опухоль левой почки (отмечено стрелкой) занимает весь нижний полюс, имеет гладкую поверхность, белесоватый цвет, размеры 6,0 × 5,0 × 5,0 см; Б – на передней поверхности среднего сегмента левой почки определяется опухоль белого цвета с неровным овальным контуром, размеры 5,0 × 7,0 мм (отмечено стрелкой)

Figure 3

A – the tumor of the left kidney (marked by the arrow) occupies the entire upper pole, has a smooth surface, is whitish in color and measures 6.0 × 5.0 × 5.0 cm; Б – on the anterior surface of the middle part of the left kidney, there is a white tumor with an uneven oval contour, measuring 5.0 × 7.0 mm (marked by the arrow)

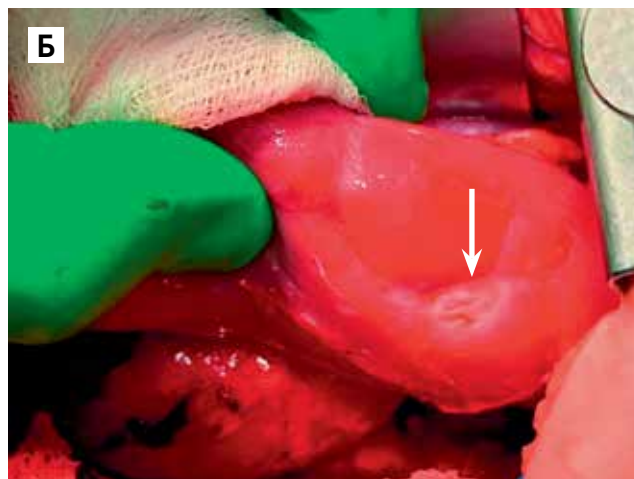
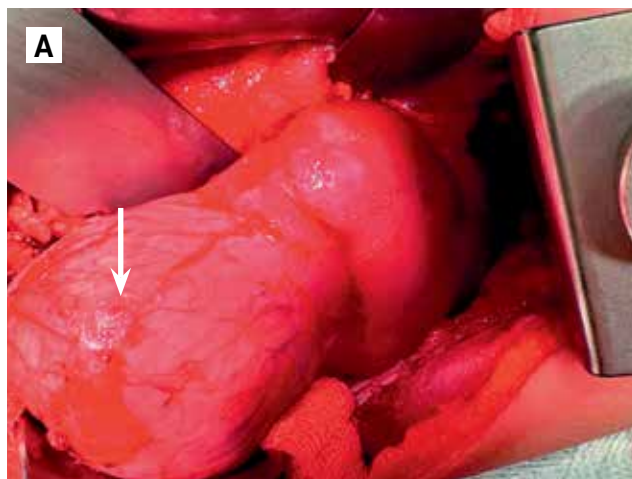


Рисунок 4

Резекция почки вместе с опухолью в пределах видимых здоровых тканей на границе нижнего и среднего сегментов с помощью электрохирургии и метода водоструйной диссекции

Figure 4

In sano resection of the kidney along with the tumor at the level between the lower and the middle parts of the kidney using electrosurgery and high-velocity water-jet dissection

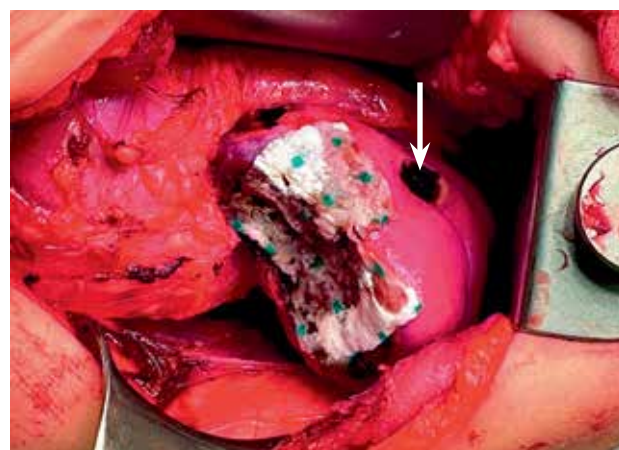


Рисунок 5

Раневая поверхность почки обработана методом аргоноплазменной коагуляции и закрыта гемостатической пластиной. Нефробластоматозный очаг удален электрохирургически (отмечено стрелкой)

Figure 5

The surgical wound was treated with argon plasma coagulation and covered with a hemostatic patch. A nephroblastomatous lesion was removed by means of electrosurgery (marked by the arrow)



Обе технологии впервые в России были использованы в детской онкохирургии при операции по поводу нефробластомы.

Правая почка с опухолью выделена из окружающих тканей. Обнаружено, что в области медиальной поверхности верхний полюс опухоли интимно прилежит к стенке нижней полой вены (рисунок 7).

Нижняя полая вена острым путем отделена от медиальной поверхности опухоли. Подпаянные к

Рисунок 6

Операция с использованием экзоскопа 3D4K. На мониторе изображение правой почки с опухолью (3D, 4K), многократное увеличение

Figure 6

3D4K exoscope-assisted surgery. A magnified image of the right kidney with the tumor (3D, 4K) on a monitor

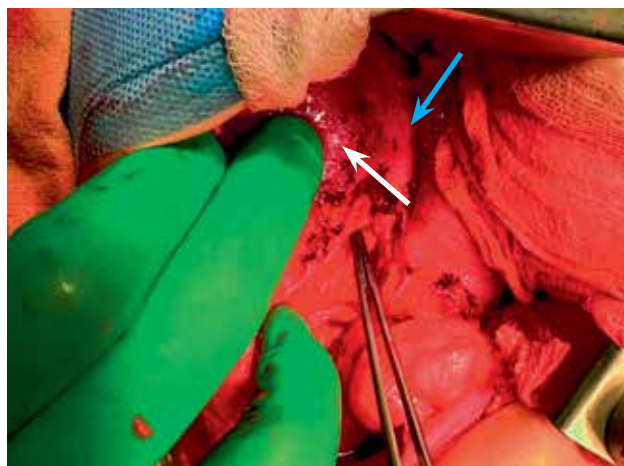


Рисунок 7

Стенка нижней полой вены (синяя стрелка) интимно прилежит к медиальной поверхности опухоли верхнего полюса правой почки (белая стрелка)

Figure 7

The wall of the inferior vena cava (blue arrow) is intimately adjacent to the medial surface of the tumor located in the upper pole of the right kidney (white arrow)



поверхности опухоли участки брюшины отсечены и оставлены на стенке новообразования.

После мобилизации почки установлено, что опухоль занимает верхний полюс и распространяется преимущественно по передней медиальной поверхности до среднего сегмента органа. Новообразование крупнобугристое с достаточно четкими контурами, белесоватого цвета, разнородной консистенции. Правый надпочечник острым путем отделен от опухоли. Признаков врастания опухоли в надпочечник нет. В целях определения границы резекции выполнено интраоперационное УЗИ. Для уточнения распространенности опухолевого процесса в почке проведена интраоперационная флуоресцентная навигация: внутривенно струйно был введен ICG, после чего произведен осмотр почки в инфракрасном свете (рисунок 8).

После определения границы резекции методом водоструйной диссекции произведено удаление верхнего полюса правой почки вместе с опухолью. Контрольное УЗИ оставшейся после резекции почки остатков новообразования не выявило. Макроскопически операция выполнена радикально, тщательный гемостаз. Раневая поверхность почки укрыта гемостатическими пластинами.

Течение послеоперационного периода без особенностей. При гистологическом исследовании операционного материала 2 проведенных операций опухолевых клеток в зоне резекции обнаружено не было (обе резекции R0), подтверждена абластичность выполненного хирургического вмешательства.

Во время открытой операции на почке у ребенка мы впервые использовали режим флуоресцентной навигации – визуализацию в узком инфракрасном свете после интраоперационного введения ICG. Это позволило наметить границу резекции между опухолью и здоровой паренхимой органа (рисунок 8Б). Кроме того, мы проводили интраоперационный ультразвуковой контроль на протяжении всей операции.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

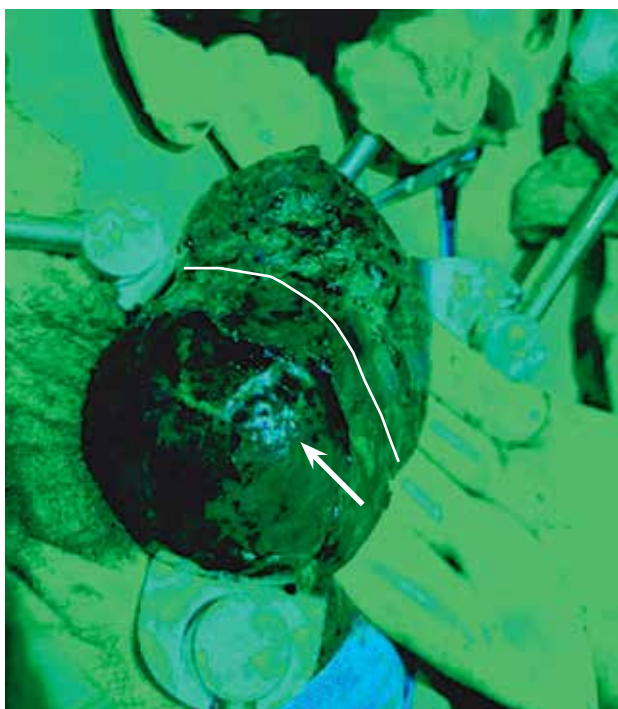
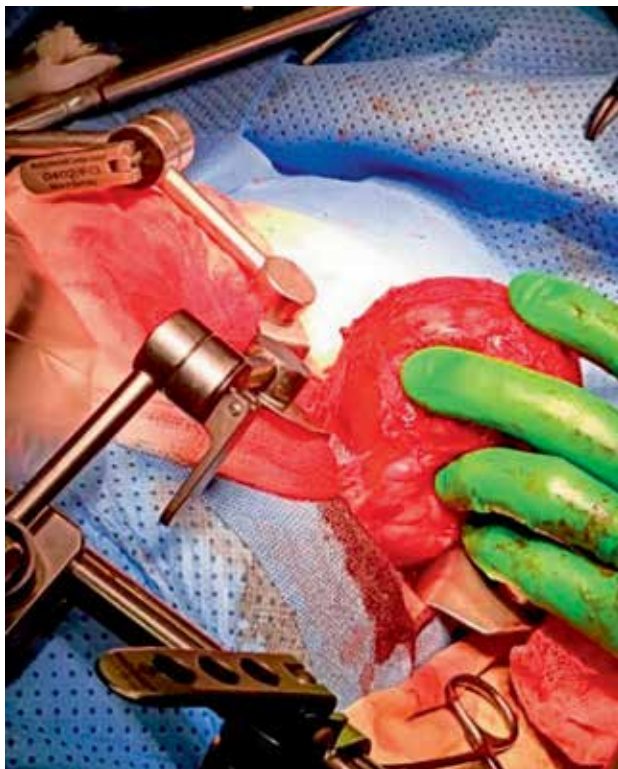
Применение экзоскопа представляет собой соединение открытой и эндоскопической хирургии. Через кожный разрез на брюшной стенке хирург, выполняя операцию своими руками, получает увеличенное (при необходимости в 26 раз) качественное 3D-изображение оперируемого органа на экране 55-дюймового монитора. Таких мониторов два: для хирурга, ассистента и операционной сестры. Для получения 3D-изображения используются специальные 3D-очки. Размеры мониторов позволяют приглашенным специалистам наблюдать за ходом операции в комфортных условиях, что так важно при проведении обучения (например, мастер-класса).

Рисунок 8

А – вид опухоли в обычном свете (операционная лампа); Б – вид почки с опухолью в инфракрасном свете после введения ICG. Опухоль (указано стрелкой) выглядит как окрашенная интенсивно зеленым, почти черным цветом. Белой линией отмечена зона резекции почки с опухолью (ультразвуковой контроль)

Figure 8

A – the tumor under white light (surgical lamp); Б – a near-infrared fluorescence image of the kidney with the tumor after the injection of indocyanine green. The tumor (marked by the arrow) appears intense green, almost black. The white line shows an area of resection of the kidney with the tumor (ultrasound control)



Хирург видит более яркое изображение по сравнению с изображением стандартных хирургических микроскопов за счет использования светодиодного (LED) источника света, благодаря которому не нагревается операционное поле. Это обеспечивает безопасность для пациента. В дополнение к визуализации в белом свете экзоскоп имеет три различных режима. Модули визуализации: в инфракрасном свете (IR), в синем свете (BL) и в узкоспектральном режиме (NBI).

В мировой литературе сообщения об использовании технологии экзомикроскопии появились лишь в последние годы.

Микрохирургия быстро стала «золотым стандартом» в нейро- и сосудистой хирургии. Однако, несмотря на свои преимущества, микроскоп не получил широкого распространения в общей хирургии. В последние годы в мировой литературе появились публикации об использовании экзоскопа 3D4K в онкохирургии взрослых, главным образом имеющиеся статьи посвящены случаям его применения в нейрохирургии. Между тем имеются отдельные сообщения об использовании новой технологии и в общей хирургической практике у взрослых.

В феврале 2020 г. сотрудники кафедры общей хирургии и хирургических специальностей отделения общей и малоинвазивной онкологической хирургии (медицинский факультет Неаполитанского университета им. Федерико II, Италия) сообщили о 7 взрослых пациентах, перенесших хирургические вмешательства с использованием экзоскопа 3D4K. Выполнены пластика паховой грыжи, дуодено-цефалопанкреатэктомия, субтотальная гастрэктомия, парааортальная объемная диссекция, операция Айвора Льюиса [2].

Экзоскоп 3D4K применяли, когда хирурги считали, что качество операции выиграет от использования сильного увеличения. По завершении операций проводился опрос всех хирургов: испытывали ли они тошноту, головокружение или напряжение глаз во время его использования. Ни один из хирургов, участвовавших в операциях, не сообщил о появлении физического дискомфорта. Это был первый отчет об использовании экзоскопа 3D4K при операциях в общей хирургии. Авторы сделали заключение, что эта высокоэргономичная технология с 3D-оптической системой с высоким разрешением 4K позволяет хирургу выполнять безопасную и точную операцию в несколько этапов, когда требуется адекватное увеличение без каких-либо побочных эффектов для врача или самой хирургической процедуры [2].

Kenta Doden и соавт. (2021) сообщили о случае использования хирургического экзоскопа 3D4K при совместном разделении печени и перевязке воротной вены при лечении гепатоцеллюлярной карциномы правой доли печени диаметром 9 см у больного

77 лет. Сначала была проведена хиларная диссекция. После этого правую воротную вену лигировали, а правую печеночную артерию и правую печеночную вену окружали хирургической лентой. Паренхиму расщепляли вдоль ишемической демаркационной линии с помощью флуоресцентной навигации после введения ICG с использованием экзоскопа 3D4K. При сравнении методов лапароскопии и использования экзоскопа авторы сделали вывод, что лапароскопия имеет преимущества улучшенной интраоперационной визуализации в глубоком и узком операционном поле. В то же время лапароскопическая операция требует опытного обучения и длительного времени работы хирурга, тогда как использование цифрового экзоскопа 3D4K не предполагает глубоких технических требований. Кроме того, применение экзоскопа 3D4K обеспечивало отличный оперативный обзор во время операции [3].

Сведения об использовании экзоскопа 3D4K в детской абдоминальной хирургии при опухолях в мировой литературе отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение инновационных технологий в детской онкохирургии, в том числе операционного экзоскопа 3D4K, позволяет значительно расширить границы хирургического вмешательства, пересмотреть ранее существовавшие представления об органосохраняющих операциях у детей и, что особенно важно, повысить качество операций и, следовательно, качество жизни наших пациентов.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Не указан.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

ORCID

Sharoev T.A. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1898-3068>

Литература / References

1. Roethe A.L., Landgraf P., Schröder T., Misch M., Vajkoczy P., Picht T. Monitor-based exoscopic 3D4k neurosurgical interventions: a two-phase prospective-randomized clinical evaluation of a novel hybrid device. *Acta Neurochir* 2020; 162 (12): 2949–61. DOI: 10.1007/s00701-020-04361-2
2. Corcione F., Silvestri V., Merol G., Dambra M., Lionetti R., Pirozzi N., et al. Use of the ORBEYE™ Exoscope in General Surgery: The Advent of Video-Assisted Open Surgery. *Surg Innov* 2021; 28 (1) 79–84. DOI: 10.1177/1553350620965344
3. Doden K., Kawaguchi M., Yoshimura T., Iwaki Y., Kato H. Case report. The impact of using a 4K 3D surgical microscope during associated liver partition and portal vein ligation for hepatocellular carcinoma treatment: A case report with operative video. *Int J Surg Case Rep* 2021; 85: 106195. DOI: 10.1016/j.ijscr.2021.106195