

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ХИРУРГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ФГБУ «НМХЦ ИМ. Н.И. ПИРОГОВА» МЗ РФ

Карпов О.Э., Ветшев П.С.*, Стойко Ю.М., Ханалиев Б.В.,
Косарев Е.И., Политова А.К., Максименков А.В.,
Аблицов А.Ю., Зуев А.А., Педяш Н.В., Пиманчев О.В.,
Ряполов Ю.В., Ландяк А.И.

ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр
им. Н.И. Пирогова», Москва

DOI: 10.25881/20728255_2022_17_4_1_47

Резюме. В статье обобщен опыт становления Робот-ассистированной хирургии в Пироговском Центре, начиная с 2018 года. Рассмотрена история внедрения роботизированных технологий в хирургическую практику Пироговского Центра, современное состояние и перспективы развития. Детально освещен опыт применения роботизированных операций в различных областях хирургии: урологии, гинекологии, абдоминальной и грудной хирургии, нейрохирургии, травматологии и ортопедии. Рассмотрены преимущества робот-ассистированных операций в разных направлениях хирургии. Отмечены недостатки и возможные осложнения.

Ключевые слова: робот-ассистированная хирургия, инновационные технологии, робототехника.

Введение

В России направление медицинской робототехники имеет статус одного из научно-технологических приоритетов, оно востребовано клинической практикой, обладает значительным рыночным потенциалом, развитие которого может стать технологической основой для новой индустрии. Важность поддержки этого направления зафиксирована как в программных документах, задающих векторы научно-технического поиска, так и в ряде аналитических материалов [1; 2].

Значимое место отведено робототехнике в Прогнозе научно-технологического развития России на период до 2030 года (Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации). В документе особо подчеркивается перспективность роботизированных технологий в хирургической области. В разделе 3 отдельно выделено направление — «Хирургическая техника: системы инвазивной визуализации в т.ч.: удаленного управления; робототехника; системы микроманипулирования (для высокопрецизионных хирургических манипуляций)» [1].

Развитие хирургии на современном этапе неразрывно связано с разработкой и активным внедрением в клиническую практику новых методов диагностики и лечения, во многом основанных на современных прогрессивных технологиях. В последние годы мы стали свиде-

ROBOTIC SURGICAL TECHNOLOGIES AT PIROGOV NATIONAL MEDICAL AND SURGICAL CENTER, MOSCOW

Karpov O.E., Vetshev P.S.*, Stojko Yu.M., Hanaliev B.V., Kosarev E.I., Politova A.K., Maksimenkov A.V., Ablicov A.Yu., Zuev A.A., Pedyash N.V., Pimanchev O.V., Ryapolov Y.V., Landyak A.I.

Pirogov National Medical and Surgical Center, Moscow

Abstract. The article summarizes the experience of the formation of Robot-assisted surgery at the Pirogov Center since 2018. The history of the introduction of robotic technologies into the surgical practice of the Pirogov Center, the current state and development prospects are considered. The experience of using robotic operations in various areas of surgery is covered in detail: urology, gynecology, abdominal and thoracic surgery, neurosurgery, traumatology and orthopedics. The advantages of robot-assisted operations in various types of surgeons are considered. Shortcomings and possible complications are noted.

Keywords: robot-assisted surgery, innovative technologies, robotics.

телями появления и активными участниками внедрения нового направления — медицины высоких технологий — управленческих, телекоммуникационных, микропроцессорных, компьютеризированных, миниинвазивных и многих других.

По мнению О.Э. Карпова [2] роботизированную миниинвазивную хирургию по праву можно назвать одной из прорывных технологий XXI века. Она объединяет квалифицированную работу хирургов с передовыми технологиями — микропроцессорной техники, трехмерной визуализации, дистанционным программным управлением.

Наши приоритеты

НМХЦ им. Н.И. Пирогова (Пироговский Центр — далее ПЦ) был в числе лидеров освоения и внедрения робот-ассистированных (РА) хирургических технологий в отечественную клиническую практику. Первый роботизированный хирургический комплекс (РХК) Da Vinci был установлен в ПЦ в декабре 2008 благодаря инициативе руководства и активной поддержке Минздрава РФ. Это знаковое событие стало воплощением давней мечты президента нашего Центра академика Ю.Л. Шевченко, который познакомился с мировым опытом в этом направлении в ходе зарубежных командировок еще в 90-е годы минувшего столетия, размышлял о возможностях реализации робототех-

* e-mail: nmhc@mail.ru



Рис. 1. Конференция-семинар с международным участием «Роботизированная хирургия» в НМХЦ им. Н.И. Пирогова 15 декабря 2008 г.



Рис. 2. Конференция с международным участием «Робот-ассистированная эндовидеохирургия: внедрение, достижения, перспективы» 11–13 ноября 2009 г.

ники в различных областях хирургии. 15 декабря под председательством Ю.Л. Шевченко состоялась первая в нашей стране конференция-семинар с международным участием «Роботизированная хирургия» с трансляцией операций в режиме онлайн (Рис. 1). В ходе мероприятия были проведены три РА урологические операции. Важно отметить, что по инициативе ПЦ было получено разрешение на использование в России новой медицинской технологии «Робот-ассистированная эндовидеохирургия» ФС №2009/360. В том же году приказом Минздрава РФ операции, выполняемые с применением РХК, были включены в перечень видов ВМП.

В 2009 г. на базе ПЦ был создан Учебно-методический центр роботизированных технологий.

11–13 ноября 2009 г. на базе ПЦ проведена вторая в России конференция с международным участием «Робот-ассистированная эндовидеохирургия: внедрение, достижения, перспективы». В рамках конференции выполнено первое в России РА аорто-бедренное шунтирование (Рис. 2). Кроме того, ПЦ принадлежит приоритет

Табл. 1. Распределение операций по видам хирургии с применением РХК Da Vinci

Вид хирургии	Число операций
Урология	967
Гинекология	419
Общая хирургия (абдоминальная+эндокринная)	147
Торакальная хирургия	74
Сердечно-сосудистая хирургия	7
Всего	1614

в нашей стране в выполнении следующих РА операций: аортокоронарное шунтирование, имплантация эпикардиальных электродов ЭКС, удаление опухоли вилочковой железы с ЛАЭ переднего средостения при генерализованной миастении.

Совокупный опыт ПЦ в применении РА хирургии с использованием РХК Da Vinci насчитывает по июль 2022 1614 операций. Распределение операций по видам хирургии представлено в табл. 1.

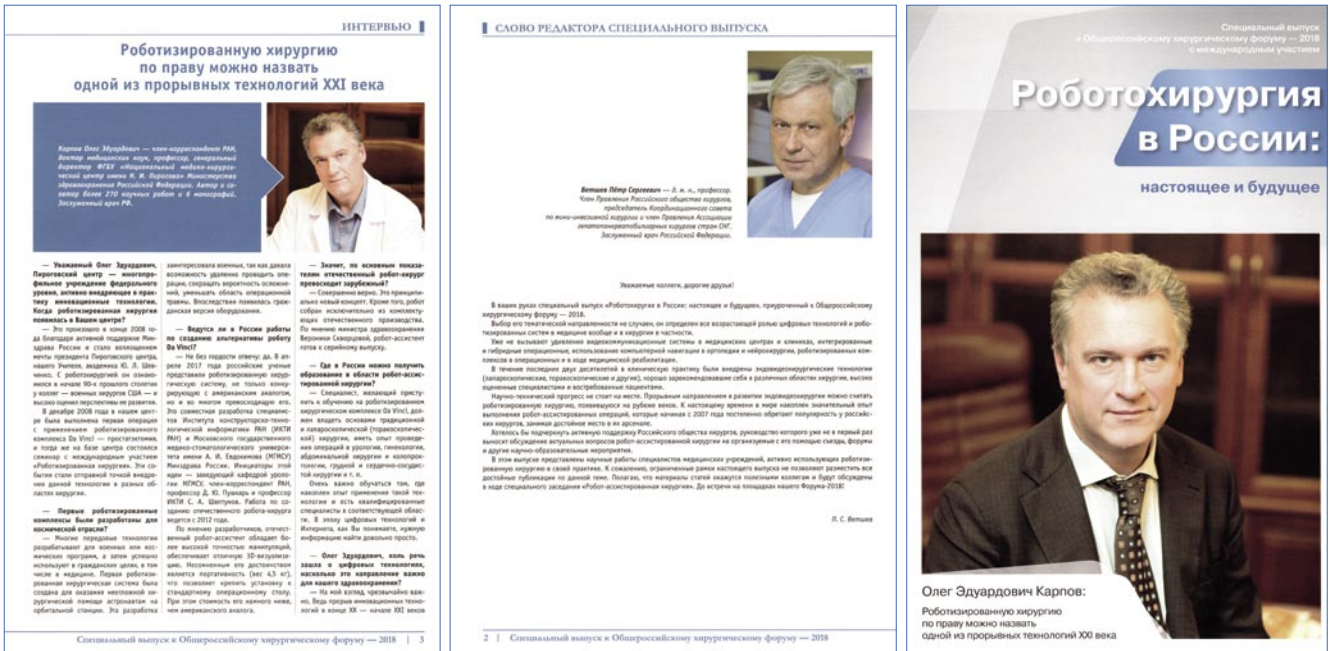


Рис. 3. Издание «Роботохирургия в России: настоящее, будущее», приурочено к Общероссийскому хирургическому форуму (Москва, 2018 г.). Интервью член-корр. РАН проф. О.Э. Карпова, вступительное слово редактора издания проф. П.С. Ветшева.

Кроме того, в последнее время РА операции вошли в клиническую практику нейрохирургов (выполнено 219 операций) и травматологов-ортопедов (21 операция).

В 2018 г. к «Общероссийскому хирургическому форуму с международным участием, подготовленному при координирующей роли ПЦ и активном участии специалистов нашего центра, был издан специальный выпуск «Робото-хирургия в России» (Рис. 3).

В 2019 г. вышло в свет первое издание в нашей стране «Робот-ассистированная эндовидеохирургия» под редакцией Ю.Л. Шевченко и О.Э. Карпова, обобщающее опыт многопрофильного клинического применения РХК (Рис. 4).

По инициативе ПЦ, активно поддержанной руководством Российского общества хирургов, в программу Национального хирургического конгресса ежегодно включается секция «Робот-ассистированная хирургия» (координатор секции и сопредседатель П.С. Ветшев).

Робот-ассистированные операции в урологии

Первая РА операция на базе урологического отделения ПЦ была выполнена в декабре 2008 года — простатвезикулэктомия.

Всего прооперировано с использованием РХК Da Vinci 948 пациентов с раком простаты, в том числе выполнено 417 нервосберегающих операций. Оперативные вмешательства проводились пациентам с локализованными формами рака предстательной железы (T1-3N0M0) трансперитонеальным доступом. Возраст больных колебался от 47 года до 79 лет. Объем простаты составлял от 24 до 150 мл.

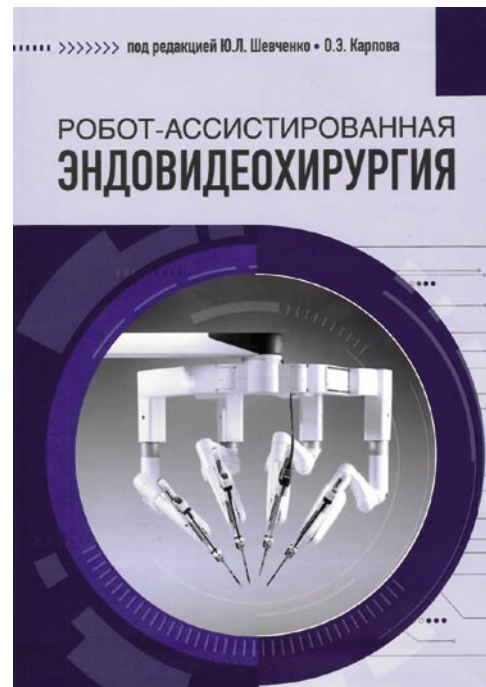


Рис. 4. Первое в нашей стране многопрофильное издание «Робот-ассистированная эндовидеохирургия» под редакцией Ю.Л. Шевченко и О.Э. Карпова. Москва, «ДПК Пресс», 2019.

Всем пациентам до оперативного вмешательства с целью верификации диагноза проводили трансректальную мультифокальную биопсию предстательной железы, по результатам которой подтверждали наличие аденокарциномы; сумма баллов по Глиссону 5–8. Средняя продолжительность радикальной простатэктомии со-

ставила 200 (110–350) мин., средний объем кровопотери — 150 (50–500) мл. По мере накопления опыта длительность оперативного вмешательства и объем кровопотери уменьшилась и в последнее время составляют 180 минут и 100 мл.

Все пациенты после проведенного оперативного вмешательства были удовлетворены результатами лечения, уже на следующий день все больные активизировались в пределах палаты.

В группе больных, которым выполняли нервосберегающую простатэктомию, восстановление эректильной функции через месяц после оперативного вмешательства наблюдали у 193 (91,47%) пациентов из 211, а через 6 месяцев — у 187 (92,57%) из 202 (с 3 пациентами связь была утрачена).

По результатам гистологического исследования операционного материала положительный хирургический край был выявлен в 45 (10,79%) случаях из 417 нервосберегающих операций, что потребовало дальнейшей местной лучевой терапии. Опухоль-специфическая выживаемость на момент проведения исследования составила 100%. Конверсий и послеоперационных осложнений не было. Уретральный катетер удаляли в среднем на 8 (7–10) сутки. После удаления катетера, на вторые сутки, частичное удержание мочи наблюдалось у 70% пациентов, а спустя 1 год — до 90% пациентов. Лишь 2% пациентов через год не способны были удерживать мочу. Биохимический рецидив заболевания за время наблюдения не диагностирован ни у одного пациента.

По нашему опыту, совпадающему с таковым у ведущих специалистов, РА вмешательства на предстательной железе являются достойной альтернативой открытому и лапароскопическому методам. РА хирургическая технология с применением РХК Да Винчи зарекомендовала себя в качестве наиболее высокоэффективного хирургического метода лечения рака простаты. Серьезным преимуществом этой методики является возможность оказания щадящего прецизионного хирургического вмешательства, которое значительно сокращает длительность последующего восстановительного периода и существенно снижает частоту периоперационных осложнений. Радикальная простатэктомию с применением РХК Да Винчи позволяет добиваться очень хороших результатов в лечении рака предстательной железы, сохранить способность вести полную жизнь и нормальную функцию мочеиспускания.

Опыт нашего центра обобщен в ряде публикаций [3–7].

Робот-ассистированные операции в гинекологии

Первая РА операция на базе Центра Женского здоровья ПЦ была выполнена в марте 2009 года — гистерэктомия.

Всего прооперировано с использованием РХК Da Vinci 338 пациентов, среди них по поводу доброкачественных заболеваний органов женской репродуктивной системы — 248 больных, злокачественных — 90.

Наиболее оправдано использование РХК при работе в труднодоступных анатомических областях, при необходимости выполнения обширной и прецизионной диссекции тканей, наложения большого числа швов, то есть в онкологической практике и в хирургическом лечении тяжелых форм эндометриоза.

При раке эндометрия выполнена 61 радикальная РА операция, при раке шейки матки — 27, при раке яичников IV стадии по FIGO, pT1bN0M0 — 1, при раке эндометрия IV стадии по FIGO, pT1bN0M0 в сочетании с раком шейки матки IA1 стадии по FIGO, pT1a1N0M0 — 1. Средняя продолжительность оперативного вмешательства составила $272,5 \pm 42,1$ мин., послеоперационный период — $5,1 \pm 1,1$ койко-дней. Интраоперационные осложнения отмечены в двух случаях: ранение вены, отходящей от наружной подвздошной вены, десерозирование мочеочника. Ранние послеоперационные осложнения были представлены: ущемлением петли тонкой кишки в троакарном доступе — 1 наблюдение, кровотечением из пупочной артерии до 1500 мл на 3 сутки после операции — 1, нейропатией левого запирающего нерва — 1. У онкологических больных РХК Da Vinci позволяет выполнить прецизионную лимфаденэктомию и адекватное хирургическое стадирование, провести нервосберегающие операции, удалить большее, чем при лапаротомии, число лимфоузлов, снизить вероятность лимфорееи и образования лимфокист в послеоперационном периоде.

По поводу аденомиоза, наружного генитального и глубокого инфильтративного эндометриоза нами выполнено 117 РА операций, из них 78 — радикальных и 39 — органосохраняющих. Иссечение эндометриоидного инфильтрата с использованием методики «shaving» проведено у 18 больных, резекция мочевого пузыря — у 5, резекция мочеочника с формированием уретероцистоанастомоза — у 2, краевая резекция прямой кишки — у 5, передняя резекция прямой кишки — у 2, низкая передняя резекция прямой кишки и нижней трети сигмовидной кишки с наложением сигмо-ректального анастомоза и двустольной трансверзостомой — у 3, резекция сигмовидной кишки с формированием аппаратного анастомоза «конец в конец» — у 3. Общее число иссеченных инфильтратов — 43, их диаметр — до 2 см выявлен у 20 пациентов, более 2 см — у 23. Средняя продолжительность операции составила $237,5 \pm 39,1$ мин., послеоперационный период — $7,8 \pm 1,1$ койко-дней. Интраоперационных осложнений не было. Послеоперационные осложнения отменены у 2 (4,7%) больных: кровотечение из а. epigastrica inferior на 13 сутки послеоперационного периода с формированием гематомы передней брюшной стенки и внутрибрюшное кровотечение до 1000 мл из зоны удаленного ретроцервикального инфильтрата на 28 сут. Конверсию выполнили в 3 наблюдениях при эндометриозе. Летальных исходов не было.

Роль РА хирургии при лечении гинекологических заболеваний до сих пор до конца не определена, так как кроме очевидных преимуществ использования этой

технологии, имеются и недостатки, связанные с высокой стоимостью хирургической системы. Дальнейшее усовершенствование и удешевление технологии логически должно привести к более массовому внедрению роботизированной хирургии, большему числу операций и научных исследований на эту тему, что позволит повысить уровень доказательности применения РХК в гинекологической практике.

Опыт работы в этом направлении был обобщен в ряде публикаций [8–15] и представлен на следующих научных форумах: Международный онкологический форум Онкохирургия-2010 «В будущее через новые технологии» (Москва, 2010), V междисциплинарная конференция по акушерству, перинатологии и неонатологии «Здоровая женщина — здоровый новорожденный» (Санкт-Петербург, 2010), VII Международный научный конгресс «Оперативная гинекология — новые технологии» (Санкт-Петербург, 2016), IX Общероссийского научно-практического семинара «Репродуктивный потенциал России: версии и контroversии» (Сочи, 2016), 1-й международный научный конгресс «Инновации в акушерстве, гинекологии и репродуктологии» (Санкт-Петербург, 2017), II Национальный конгресс «Онкология репродуктивных органов: от профилактики и раннего выявления к эффективному лечению» (Москва, 2017).

Робот-ассистированные операции в абдоминальной хирургии и абдоминальной онкологии

Первым РА вмешательством стала дистальная резекция желудка, выполненная 01.04.2009. К настоящему времени в ПЦ накоплен опыт 187 операций в абдоминальной хирургии и абдоминальной онкологии с использованием РХК Da Vinci.

Наибольшее распространение РА вмешательства получили при хирургическом лечении гастроэзофагеальной рефлюксной болезни и грыжах пищеводного отверстия диафрагмы — выполнено 100 операций в объеме фундопликации в модификации Nissen R. или Черноусова А.Ф. [16]. Накопленный опыт демонстрирует сопоставимую безопасность и эффективность лапароскопических и РА антирефлюксных операций. При этом средняя продолжительность РА фундопликации больше, чем при лапароскопическом способе и составила 152 ± 45 мин. (от 95 до 220 мин.). Конверсий не было, интраоперационные осложнения возникли в 3% — кровотечение из левой доли печени, десерозирование стенки желудка, что сопоставимо с лапароскопическими вмешательствами. Длительность послеоперационного периода составила $3,9 \pm 1,6$ сут. (от 3 до 8 сут.). Послеоперационные осложнения III степени по Clavien-Dindo — 1% (кровотечение из троакарного доступа), в 3 случаях послеоперационный гастростаз дисфагия, разрешившиеся на фоне консервативной терапии. Наиболее эффективно применение РХК Da Vinci было у пациентов с повторными вмешательствами — в условиях рубцового и спаечного процесса, необходимости прецизионных манипуляций по расправлению ранее

наложенной манжеты и выделению измененной стенки пищевода в ограниченном пространстве средостения.

В колоректальной хирургии — выполнено 53 РА вмешательства преимущественно по поводу злокачественных опухолей ободочной и прямой кишки. Из спектра колопроктологических вмешательств наиболее часто РХК Da Vinci применяли при раке прямой кишки — выполнено 34 передних резекции и экстирпации прямой кишки. Медиана продолжительности РА операции при раке прямой кишки составила 235 (160–425) мин., конверсии были выполнены в 3 случаях, что обусловлено местнораспространённым процессом. Послеоперационные осложнения III степени по Clavien-Dindo отмечены в 8,8% наблюдений. Качество выполненной ТМЕ было удовлетворительным и высоким (Grade II–III) по шкале Quirke — 90,9%. Применение РХК Da Vinci при оперативных вмешательствах на прямой кишке позволило оценить несомненные преимущества РА вмешательства: трехмерное изображение высокой четкости необходимого увеличения, сглаживание движений хирурга с фильтрацией тремора рук, и функцией трансформации обычных движений рук хирурга на консоли управления в микрохирургические манипуляции инструментов, обладающих большей степенью свободы, а также комфортное положение хирурга за консолью управления позволяют выполнять все манипуляции с большей долей безопасности и прецизионности по сравнению с лапароскопической. Это обеспечивает достаточно уверенную работу хирурга с сосудистыми и тканевыми структурами, нервами и нервными сплетениями, что особенно важно при выполнении нервосберегающей операции, а также в ограниченных анатомических пространствах. Тем не менее, значимых различий в непосредственных результатах операций по сравнению с лапароскопическими не получено. Возможно, это обусловлено сравнительно небольшим опытом выполнения РА вмешательств.

Опыт применения РХК Da Vinci при других видах вмешательств: дистальная резекция желудка — 14 операций; панкреатодуоденальная резекция — 4; удаление забрюшинной опухоли — 6; спленэктомия — 6 операций; атипичная резекция печени — 4 операции; экстирпация пищевода — 1; панкреатикоеюностомия — 1.

Ряд оперативных вмешательств (сочетанных) провели совместно с гинекологами (см. раздел 4).

Опыт работы обобщен в публикациях [16–20] и представлен на форумах: Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные вопросы колопроктологии» (Воронеж, 2017). Актуальные вопросы современной онкоколопроктологии (Москва, 2018), Общероссийском хирургическом форуме 2018 г. (Москва, 2018).

Робот-ассистированные операции в торакальной хирургии

Хирургия новообразований средостения считается одним из наиболее сложных разделов торакальной хирургии, которая требует хорошего знания топографической

Табл. 2. Анализ непосредственных результатов вмешательств

Оперативный доступ	Время операции (мин.)	Дренирование (сут.)	Аналгезия НПВС (сут.)	Койко-день (сут.)
ВТС	93,6±25,5	1,6±0,7	1,9±0,8	6,6±1,9
РА	141,1±27,5	1,4±0,5	1,6±0,8	6,1±1,6
p	<0,05	>0,05	>0,05	>0,05

анатомии, прецизионной техники и высокой квалификации хирурга, а также точной дооперационной диагностики. Эти высокие требования особенно актуальны в условиях интенсивно развивающейся в последние годы высокотехнологичной миниинвазивной хирургии.

Первая операция на органах грудной клетки с использованием РХК в России выполнена в ПЦ в марте 2009 г. На сегодняшний день наш опыт насчитывает 74 операции. Больше всего вмешательств выполнили на органах средостения — 49, среди них 39 пациентов оперировано по поводу заболеваний тимуса (у большинства на фоне миастении различного клинического течения), 6 пациентов с невриномами заднего средостения, 3 — с кистой и 1 — с тератомой средостения.

Тимомы были диагностированы у 14 пациентов. Выполнено 13 радикальных тимомтимэктомий (удаление опухоли вилочковой железы и жировой ткани переднего средостения) и одна циторедуктивная операция. При генерализованной серопозитивной миастении — 25 тимэктомий (гиперплазия тимуса). У оставшихся 10 пациентов выполнено удаление доброкачественных новообразований средостений с применением РХК Da Vinci.

Располагая к моменту первой РА операции опытом более 300 торакоскопических вмешательств на средостении, выполненных как через правую, так и левую плевральные полости, на этапе освоения новой технологии посчитали наиболее оправданным правосторонний доступ. В дальнейшем также чаще применяли правосторонний доступ. Это связано с большим пространством в правой плевральной полости и лучшими возможностями для движения манипуляторов.

Интраоперационных и послеоперационных осложнений, конверсий, а также летальных исходов после вмешательств отмечено не было.

Проведено сравнение непосредственных результатов в группе пациентов с опухолями тимуса, которым были выполнены видеоторакоскопические и РА вмешательства. Время операции — период от разреза до последнего шва. При РА операциях время рассчитывалось с учетом докинга (установка консоли пациента — в среднем 20 мин.).

При сравнении непосредственных результатов, прежде всего, обращает на себя внимание статистически достоверное различие по длительности операций в группах. Большая продолжительность РА операций, по нашему мнению, связана как с меньшим опытом выполнения этих вмешательств, так и дополнительными временными затратами на установку РХК (докинг). Несмотря на то, что средняя длительность РА операций

несколько больше, чем при ВТС вмешательствах, нами не отмечено различий по таким показателям как срок дренирования плевральной полости, длительность приема НПВС и продолжительности послеоперационного койко-дня. Это позволяет судить о том, что т.н. «хирургическая агрессия» при выполнении операции этими методами минимальна и сопоставима.

Анализ отделенных результатов РА операций с точки зрения онкологического процесса в сроки от 1 до 9 лет показал отсутствие локорегиональных рецидивов и прогрессирования заболевания у пациентов этой группы.

Применение современных роботизированных технологий в узком анатомическом пространстве, содержащем жизненно важные структуры, позволяет с учетом 3D визуализации высокого разрешения улучшить контроль операционного поля, повысить прецизионность вмешательства путем более тщательной диссекции тканей мелких сосудистых и нервных структур, уменьшить вероятность осложнений. Фактор миниинвазивности не только ускоряет восстановление больных после операции, но и оказывает положительное влияние на отдаленные результаты лечения. К относительным недостатками РА технологии можно отнести ее стоимость, превышающую таковую при торакоскопических вмешательствах, невозможность клипирования сосудов, отсутствие тактильной чувствительности. Выбор технологии проводим индивидуально для каждого конкретного больного с учетом его особенностей и преимуществ метода, во многих случаях отдаем предпочтение ВТС.

Робот-ассистированные операции в нейрохирургии

Первая в России РА стереотаксическая операция на базе нейрохирургического отделения ПЦ была выполнена в 2016 году — робот-Rosa-ассистированная установка инвазивных глубинных стерео ЭЭГ электродов в структуры головного мозга для верификации эпилептогенных зон при эпилепсии. В последующем начато применение стереотаксической роботизированной навигационной системы и при проведении сложных биопсий при опухолях головного мозга глубокой и сложной локализации.

Роботизированная стереотаксическая навигационная система (РСНС) Rosa практически не имеет в мире аналогов сопоставимых по точности и способна полностью заменить стереотаксические рамы. РСНС состоит из единого блока оснащенного манипулятором и экраном хирурга, через который осуществляется управление системой в ходе выполнения операцией (Рис. 5). В настоящее время в мире используется около 100 подобных систем, в Российской Федерации размещена только 1, которая и используется в ПЦ.

Всего прооперировано 219 пациентов, среди них с целью диагностики эпилепсии в объеме установки инвазивных глубинных стерео ЭЭГ электродов — 157 ольных, стереотаксических биопсий — 62.

По нашему опыту использование РСНС наиболее эффективно и целесообразно при проведении стерео-



Рис. 5. Интраоперационное фото. Процесс регистрации пациента в навигационной роботизированной системе (А — манипулятор роботизированной системы; Б — рабочий монитор хирурга).

таксических операций на головном мозге — таких как стереотаксические миниинвазивные биопсии глубоко расположенных опухолей головного мозга и стереотаксические имплантации глубоких стерео-ЭЭГ электродов для последующего проведения длительного инвазивного стерео-ЭЭГ мониторинга при эпилепсии.

При глубоко расположенных опухолях головного мозга выполнено 62 стереотаксических биопсии. В отличие от «классической» рамной стереотаксической биопсии РА биопсия значительно сокращает время на планирование и расчет траектории биопсии, не требует использования сложных и громоздких стереотаксических рам, что в свою очередь намного укорачивает время операции и снижает операционную травму, так как не требует наложения трепанационного отверстия.

РА имплантация стерео-ЭЭГ электродов с последующим проведением многосуточного видео-ЭЭГ мониторинга при эпилепсии выполнена 157 больным. Среднее время операции составило 145+65 мин. Всего имплантировано 1757 электродов (в среднем 11 на одного пациента).

Осложнения в виде развития острых внутричерепных гематом, потребовавших проведения экстренных операций, отмечены у 2 (1,3%) пациентов. Транзиторного и стойкого неврологического дефицита в послеоперационном периоде ни у одного пациента не выявлено. Точность установки электродов с использованием РСНС сопоставима с точностью стереотаксической рамы [1; 2]. В нашем опыте средняя погрешность точки «вход» составила 1,3 мм (0,8–2,0 мм), а средняя погрешность точки

«цель» — 1,9 (1,2–2,5 мм). Безрамные системы навигации также используются для имплантации глубоких электродов, однако, по мнению ряда авторов, точность у них ниже (2,6 мм против 1,4 мм при использовании рамных систем) [3–5].

Совершенствование методов нейронавигации, нейровизуализации и внедрение в нейрохирургическую практику роботизированных систем позволяет проводить мини-инвазивные сверхточные биопсии объемных образований головного мозга и имплантации стерео-ЭЭГ электродов. Развитие инновационных технологий ускоряет предоперационное планирование и время проведения операции, позволяя проводить названные операции рутинно, с невысоким риском развития осложнений.

Опыт работы был обобщен в публикации в нейрохирургическом журнале [32] и представлен на научных форумах: VIII Всероссийский Съезд Нейрохирургов (Санкт-Петербург, 2018), Третий Сибирский нейрохирургический Конгресс (Новосибирск, 2022).

Робот-ассистированные операции в травматологии и ортопедии

Специалистам хорошо известно, что неправильное позиционирование и выбор размеров имплантатов при эндопротезировании неизбежно ведут к повышению частоты неудовлетворительных результатов, таких как вывих эндопротеза, преждевременный износ и асептическое расшатывание компонентов эндопротеза, а также к ограничению объема движений в суставе и разной длине конечностей.

Согласно данным литературы, определена «безопасная зона» позиционирования компонентов эндопротезов. Для тазобедренного сустава — положение вертлужного компонента соответствует инклинации $40 \pm 10^\circ$ и антеверсии $15 \pm 10^\circ$ [8]. Для коленного сустава допустимым считается отклонение от механических осей голени и бедра всего $\pm 3^\circ$.

Однако, в клинической практике часто встречаются отклонения от параметров «безопасной зоны» (примерно в 59–78% наблюдений).

Для решения этой проблемы разработаны и внедряются в клиническую практику роботизированные системы (РС) для ортопедической хирургии. В мире используется приблизительно 3000 РС, в год выполняется около 300000 эндопротезирований. В Российской Федерации в настоящий момент размещено всего 2 РС, на которых в год выполняется порядка 100 операций.

В декабре 2021 г. в ПЦ впервые выполнены эндопротезирования коленного и тазобедренного суставов с применением РС Maco (Stryker), которая состоит из трех компонентов (Рис. 6):

- стойка камеры компьютерной навигации с экраном хирурга (1) — на основании данных компьютерной томографии при помощи навигационных антенн позволяет системе определять точное пространственное расположение области хирургического вмешательства;

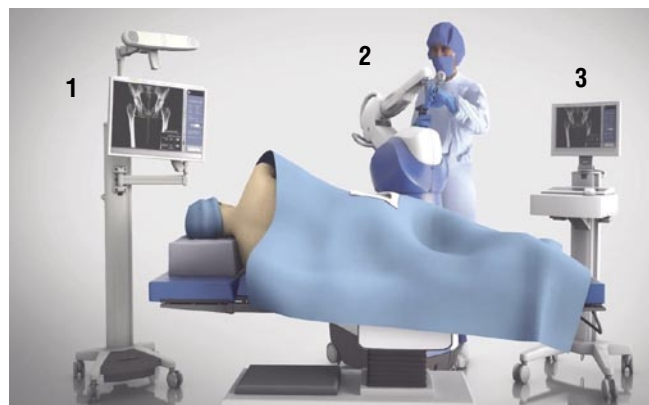


Рис. 6. Устройство РС: 1 — стойка камеры компьютерной навигации с экраном хирурга, 2 — роботизированный манипулятор с силовой установкой, 3 — стойка ассистента-оператора.

- манипулятор с силовой установкой (2) — укрывается стерильным материалом, хирург взаимодействует с манипулятором во время операции, выполняя резекцию и обработку костей для установки компонентов эндопротеза;
- стойка ассистента-оператора (3) — используется для переключения между РА этапами операции, интраоперационной коррекции положения компонентов эндопротеза, оценки планируемых и полученных результатов.

Всего в отделении травматологии и ортопедии выполнено 24 РА операции: эндопротезирование коленного сустава — 14, тазобедренного сустава — 10.

Отклонение компонентов эндопротезов от планируемой позиции составило не более 1,3 градуса и 0,4 мм, что гораздо ниже допустимого уровня. Интраоперационных и ранних послеоперационных осложнений не отмечено.

Также в ПЦ впервые в России выполнено РА эндопротезирование тазобедренного сустава через передний (миниинвазивный) доступ. Основным преимуществом переднего доступа является сохранение интактным мышечного окружения тазобедренного сустава, что ведет к уменьшению болевого синдрома и более быстрому восстановлению функции оперированного сегмента конечности по сравнению с классическими доступами с отсечением мышц. Его сочетание с прецизионным позиционированием компонентов эндопротеза, осуществленным при помощи РС, позволяет надеяться на положительные отдаленные результаты операции.

Подводя первые итоги применения РС в ортопедической хирургии, можно отметить, что РА эндопротезирование обеспечивает идеальные условия для восстановления функции оперированной конечности и длительного «срока жизни» эндопротеза.

Современная ортопедическая хирургия, как и другие направления хирургии, развивается по пути уменьшения

травматичности операций с максимально ранним восстановлением функции. Для достижения таких целей необходимо точное позиционирование имплантатов с минимальной степенью инвазии. Таких целей позволяет добиться применение роботизированных технологий. По мере развития робототехники, РА хирургия будет расширять свой ареал и в другие направления травматологии и ортопедии, помимо эндопротезирования. Применение технологии в настоящее время является успешной инвестицией в высокотехнологичную ортопедическую хирургию будущего.

Первый опыт применения роботизированной системы в ортопедической хирургии обобщен в статье [33] и в докладе «Робот-ассистированное эндопротезирование коленного сустава. Преимущества и недостатки. Наш первый опыт» от 03.06.2022 г. на конференции «Актуальные вопросы травматологии-ортопедии в Московской области»

Заключение

Эффективную работу современного медицинского учреждения, оказывающего специализированную и высокотехнологическую помощь, сегодня трудно представить без глубокой интеграции во все сферы его деятельности инновационных технологий. Это обеспечивается активным внедрением в клиническую практику новейшего оборудования, созданного на основе самых передовых научно-технических разработок.

РА операции вошли в практику хирургов ПЦ с декабря 2008 года: РХК «Da Vinci» используется при операциях в урологии, гинекологии, абдоминальной и торакальной хирургии. В последнее время в нейрохирургии успешно применяется РХК Rosa, а в травматологии-ортопедии — РХК Mako.

Опыт, накопленный специалистами нашего центра, совпадающий во многом с таковым в ведущих отечественных и зарубежных клиниках, наглядно демонстрирует, как разумное использование в хирургической практике роботизированных комплексов расширяет возможности хирургов в выборе оптимального метода выполнения операции в зависимости от характера заболевания, особенностей пациента, функционала и преимуществ той либо иной инновационной технологии.

Для получения окончательных выводов требуется дальнейшее накопление клинического опыта, изучение отдаленных результатов и проведение сравнительного анализа эффективности применения РА технологий. При этом важно отчетливо сознавать, что любая передовая технология, в том числе и роботизированные хирургические комплексы — лишь инструмент в руках квалифицированных специалистов, обеспечивающих рациональный выбор и индивидуальный подход в лечении каждого больного.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов (The authors declare no conflict of interest).

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Робот-ассистированная эндовидеохирургия / Под редакцией Ю.Л. Шевченко, О.Э. Карпова. — М.: ДПК Пресс, 2019. — 380с. [Robot-assistirovannaya endovideochirurgiya. Yu. L. Shevchenko, O.E. Karpov, editors. DPK Press, 2019. 380p. (In Russ.)]
2. Доктор. Ру. Специальный выпуск к Общероссийскому хирургическому форуму — 2018 с международным участием: М, 2018. — С. 28. [Doctor. Ru. Special'nyy vyusk k Obshcherossijskomu hirurgical'skomu forumu — 2018 s mezhdunarodnym uchastiem: M, 2018. P. 28. (In Russ.)]
3. Ветшев П.С., Нестеров С.Н., Ханалиев Б.В. Лапароскопические урологические операции, современные критерии их оценки // Эндоскопическая хирургия. — 2008. — Т.14. — №2. — С.51-55. [Vetshev PS, Nesterov SN, Hanaliev BV. Laparoscopic urological operations, modern criteria for their evaluation. Endoskopicheskaya hirurgiya. 2008; 14(2): 51-55. (In Russ.)]
4. Нестеров С.Н., Ханалиев Б.В., Володичев В.В., Васильев В.Р., Барсегян А.Г., Косарев Е.И., Магомедов Ш.С. Динамика качества жизни пациента после лапароскопической простатэктомии с развившимся мочевым перитонитом на фоне несостоятельности цистуретероанастомоза // Вестник национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2019. — Т.14. — №1. — С.147-149. [Nesterov SN, Hanaliev BV, Volodichev VV, Vasil'ev VR, Barsyagan AG, Kosarev EI, Magomedov SHS. Dynamics of the quality of life of a patient after laparoscopic prostatectomy with developed urinary peritonitis with cystureteroanastomosis failure. Vestnik nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2019; 14(1): 147-149. (In Russ.)]
5. Земляной А.Б., Магомедов Ш.С., Ханалиев Б.В. Осложнения робот-ассистированной простатэктомии // Вестник национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2020. — Т.15. — №1. — С.120-125. [Zemlyanoy AB, Magomedov SHS, Hanaliev BV. Complications of robot-assisted prostatectomy. Vestnik nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2020; 15(1): 120-125. (In Russ.)]
6. Ханалиев Б.В., Гусаров В.Г., Косарев Е.И. Робот-ассистированная простатезикулектомия у пациента с камнями мочевого пузыря // Вестник национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2021. — Т.16. — №3. — С.101-103. [Hanaliev BV, Gusarov VG, Kosarev EI. Robot-assisted prostatovesiculectomy in a patient with bladder stones. Vestnik nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2021; 16(3): 101-103. (In Russ.)]
7. Ханалиев Б.В., Магомедов Ш.С., Тевлин К.П., Гойтиев М.М. Эректильная дисфункция и недержание мочи, ассоциированные с радикальной робот-ассистированной простатэктомией // Материалы XXI Конгресса Российского общества урологов. — Санкт-Петербург, 2021. — С. 328. [Hanaliev BV, Magomedov SHS, Tevlin KP, Gajtiev MM. Erectile dysfunction and urinary incontinence associated with radical robot-assisted prostatectomy. Materialy XXI Kongressa Rossijskogo obshchestva urologov. 2021: 328. (In Russ.)]
8. Кира Е.Ф., Политова А.К., Алекперова А.Ф., Хайкина В.Я. Простая гистерэктомия с использованием роботизированной системы «da Vinci S» при доброкачественных опухолях матки // Акушерство и гинекология. — 2012. — №6. — С.99-103. [Kira EF, Politova AK, Alekperova AF, Hajkina VYA. Prostaya gisterektomiya s ispol'zovaniem robotizirovannoj sistemy «da Vinci S» pri dobrokachestvennyh opuholyah matki. Akusherstvo i ginekologiya. 2012; 6: 99-103. (In Russ.)]
9. Кира Е.Ф., Политова А.К., Вязьмина К.Ю. Хирургическое лечение аплазии влагалища и шейки матки с применением робототехники // Вестник НМХЦ им. Н.И.Пирогова. — 2010. — Т.5. — №2. — С.129-35. [Kira EF, Politova AK, Vyaz'mina KYU. Hirurgicheskoe lechenie aplazii vlagalishcha i shejki matki s primeneniem robototekhniki. Vestnik NMHC im. N.I.Pirogova. 2010; 5(2): 129-35. (In Russ.)]
10. Кира Е.Ф., Политова А.К., Гудебская В.А., Кузьмичев В.С. Роль лапароскопической робот-ассистированной миомэктомии при восстановлении фертильности у больных с миомой матки в репродуктивном периоде // Акушерство и гинекология. — 2016. — №3. — С.58-63. [Kira EF, Politova AK, Gudebskaya VA, Kuz'michev V.S. Rol' laparoskopicheskoy robot-assistirovannoj miomektomii pri vosstanovlenii fertill'nosti u bol'nyh s miomoy matki v reproduktivnom periode. Akusherstvo i ginekologiya. 2016; 3: 58-63. (In Russ.)]
11. Кира Е.Ф., Политова А.К., Гудебская В.А. Отдаленные результаты лапароскопической робот-ассистированной миомэктомии // Акушерство и гинекология. — 2016. — №10. — С.58-63. [Kira EF, Politova AK, Gudebskaya VA. Otdalennyye rezul'taty laparoskopicheskoy robot-assistirovannoj miomektomii. Akusherstvo i ginekologiya. 2016; 10: 58-63. (In Russ.)]
12. Кира Е.Ф., Политова А.К., Гудебская В.А. Результаты робот-ассистированной лапароскопической миомэктомии у пациенток репродуктивного возраста в отдаленном послеоперационном периоде // Научно-технические технологии. — 2016. — №1. — С.23-30. [Kira EF, Politova AK, Gudebskaya VA. Rezul'taty robot-assistirovannoj laparoskopicheskoy miomektomii u pacientok reproduktivnogo vozrasta v otdalennom posleoperacionnom periode. Naukoemkie tekhnologii. 2016; 1: 23-30. (In Russ.)]
13. Политова А.К., Кира Е.Ф., Вершинина Ю.А., Александрова А.Д. Хирургическое лечение глубокого ретроцервикального эндометриоза // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2021. — Т.16. — №1. — С.177-180. [Politova AK, Kira EF, Vershinina YUA, Aleksandrova AD. Hirurgicheskoe lechenie glubokogo retrocervikal'nogo endometriozia. Vestnik NMHC im. N.I. Pirogova. 2021; 16(1): 177-180. (In Russ.)]
14. Политова А.К., Кира Е.Ф., Зарубенко И.П., Вязьмина К.Ю., Демкина И.В., Гайтукиева Р.А., Попова М.Н. Использование роботизированных операций (da Vinci) в гинекологической практике // Хирургия. — 2011. — №8. — С.73-78. [Politova AK, Kira EF, Zarubenko IP, Vyaz'mina KYU, Demkina IV, Gajtukieva RA, Popova MN. Ispol'zovanie robotizirovannykh operacij (da Vinci) v ginekologicheskoy praktike. Hirurgiya. 2011; 8: 73-78. (In Russ.)]
15. Политова А.К., Кира Е.Ф., Зарубенко И.П., Демкина И.В., Гайтукиева Р.А., Попова М.Н., Вязьмина К.Ю. Робот-ассистированная (da Vinci) миомэктомия: техника, результаты // Эндоскопическая хирургия. — 2011. — №3. — С.67-71. [Politova AK, Kira EF, Zarubenko IP, Demkina IV, Gajtukieva RA, Popova MN, Vyaz'mina KYU. Robot-assistirovannaya (da Vinci) miomektomiya: tekhnika, rezul'taty. Endoskopicheskaya hirurgiya. 2011; 3: 67-71. (In Russ.)]
16. Черноусов А.Ф., Хоробрых Т.В., Ветшев Ф.П. Рефлюкс-эзофагит. — М.: Практическая медицина, 2017. — 384 с. [Chernousov AF, Horobryh TV, Vetshev FP. Reflyuks-efozofagit. M.: Prakticheskaya medicina, 2017. 384 p. (In Russ.)]
17. Карпов О.Э., Максименков А.В., Степанюк И.В., Левчук А.Л., Назаров В.А., Стойко Ю.М. Лапароскопические и роботические технологии в лечении больных раком прямой кишки // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2016. — Т.11. — №2. — С.49-53. [Karpov OE, Maksimenkov AV, Stepanyuk IV, Levchuk AL, Nazarov VA, Stojko YUM. Laparoskopicheskie i roboticheskie tekhnologii v lechenii bol'nyh rakom pryamoj kishki. Vestnik NMHC im. N.I. Pirogova. 2016; 11(2): 49-53. (In Russ.)]
18. Карпов О.Э., Стойко Ю.М., Максименков А.В., Степанюк И.В., Назаров В.А., Левчук А.Л. Результаты операций на ободочной кишке с использованием лапароскопических и роботических технологий // Колопроктология. — 2016. — №1(55). — С.40-48. [Karpov OE, Stojko YUM, Maksimenkov AV, Stepanyuk IV, Nazarov VA, Levchuk AL. Rezul'taty operacij na obodochnoj kishke s ispol'zovaniem laparoskopicheskikh i roboticheskikh tekhnologij. Koloproktologiya. 2016; 1(55): 40-48. (In Russ.)]
19. Шевченко Ю.Л., Карпов О.Э., Ветшев П.С., Максименков А.В., Степанюк И.В., Стойко Ю.М., Левчук А.Л., Назаров В.А., Колозян Д.А. Результаты внедрения эндовидеохирургических технологий в колоректальной хирургии // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. — 2018. — №2. — С.66-73. [Shevchenko YUL, Karpov OE, Vetshev PS, Maksimenkov AV, Stepanyuk IV, Stojko YUM, Levchuk AL, Nazarov VA, Kolozyan DA. Rezul'taty vnedreniya endovideohirurgicheskikh tekhnologij v kolorektal'noj hirurgii. Hirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova. 2018; 2: 66-73. (In Russ.)]
20. Стойко Ю.М., Максименков А.В., Левчук А.Л., Колозян Д.А. Оценка непосредственных результатов робот-ассистированных и лапароскопических операций в колоректальной хирургии // Колопроктология. — 2019. — Т.18. — №3. — С.68. [Stojko YUM, Maksimenkov AV, Levchuk AL, Kolozyan DA. Ocenka neposredstvennykh rezul'tatov robot-assistirovannykh i laparoskopicheskikh operacij v kolorektal'noj hirurgii. Koloproktologiya. 2019; 18(3): 68. (In Russ.)]
21. Шевченко Ю.Л., Карпов О.Э., Ветшев П.С., Стойко Ю.М., Андрейцев И.Л., Аблицов А.Ю., Янкин П.Л., Папоян Г.М. Робот-ассистированная экстирпация пищевода по поводу рака пищевода с одномоментной эзофагопластикой желудочной трубкой // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2014. — Т.9. — №2. — С.112-115. [Shevchenko YUL, Karpov

- OE, Vetshev PS, Stojko YUM, Andrejcev IL, Ablicov AYU, YAnkin PL, Papoyan GM. Robot-assistirovannaya ekstirpaciya pishchevoda po povodu raka pishchevoda s odnomomentnoj ezofagoplastikoj zheludochnoj trubkoi. Vestnik NMHC im. N.I. Pirogova. 2014; 9(2): 112-115. (In Russ.)]
22. Шевченко Ю.Л., Аблицов А.Ю. и др. Робот-ассистированная тимэктомия в лечении генерализованной миастении // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2017. — Т.12. — №1. — С.15-21. [Shevchenko YUL, Ablicov AYU, et al. Robot-assistirovannaya timektomiya v lechenii generalizovannoj miastenii. Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2017; 12(1):15-21. (In Russ.)]
 23. Ветшев П.С., Аблицов Ю.А., Аблицов А.Ю. и др. Современный взгляд на хирургическое лечение тимомы // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2017. — Т.12. — №2. — С.89-95. [Vetshev PS, Ablicov YUA, Ablicov AYU, et al. Sovremennyy vzglyad na hirurgicheskoe lechenie timomy. Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2017;12(2): 89-95. (In Russ.)]
 24. Ветшев П.С., Аблицов А.Ю. и др. Робот-ассистированные и торакоскопические операции в лечении больных с опухолями вилочковой железы // Медицинский вестник Юга России. — 2018. — Т.9. — №2. [Vetshev PS, Ablicov AYU, et al. Robot-assistirovannye i torakoskopicheskie operacii v lechenii bol'nyh s opuholyami vilochkovoje zhelezy. Medicinskij vestnik YUga Rossii. 2018; 9(2). (In Russ.)]
 25. Ветшев П.С., Аблицов А.Ю. и др. Миниинвазивная хирургия в лечении больных с опухолями вилочковой железы // Онкология. Журнал имени П.А.Герцена. — 2018. — Т.7. — №6. [Vetshev P.S., Ablicov A.YU, et al. Miniinvazivnaya hirurgiya v lechenii bol'nyh s opuholyami vilochkovoje zhelezy. Onkologiya. Zhurnal imeni P.A.Gercena. 2018; 7(6). (In Russ.)]
 26. Аблицов А.Ю., Аблицов Ю.А. и др. Торакоскопическая хирургия за грудного и внутригрудного зоба // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2019. — Т.14. — №1. — С.22-27. [Ablicov A.YU., Ablicov YU.A, et al. Torakoskopicheskaya hirurgiya zagrudinnogo i vnutrigrudnogo zoba. Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2019; 14(1): 22-27. (In Russ.)]
 27. Шевченко Ю.Л., Аблицов А.Ю. и др. Современные технологии в хирургии средостения // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н.И.Пирогова. — 2020. — Т.15. — №1. — С.4-13. [Shevchenko YU.L., Ablicov A.YU, et al. Sovremennyye tekhnologii v hirurgii sredosteniya. Vestnik Nacional'nogo mediko-hirurgicheskogo Centra im. N.I.Pirogova. 2020; 15(1): 4-13. (In Russ.)]
 28. González-Martínez J, Bulacio J, Thompson S, Gale J, Smithason S, Najm I, Bingaman W. Technique, Results, and Complications Related to Robot-Assisted Stereoelectroencephalography. Neurosurgery. 2016; 78(2): 169-80. doi: 10.1227/NEU.0000000000001034.
 29. Gonzalez-Martinez J, Bulacio J, Alexopoulos A, Jehi L, Bingaman W, Najm I. Stereoelectroencephalography in the "difficult to localize" refractory focal epilepsy: early experience from a North American epilepsy center. Epilepsia. 2013; 54(2): 323-330. doi:10.1111/j.1528-1167.2012.03672.x.
 30. Eljamel MS. Robotic application in epilepsy surgery. Int J Med Robot. 2006; 2(3): 233-237. doi:10.1002/rcs.97.
 31. Eljamel MS. Validation of the PathFinder neurosurgical robot using a phantom. Int J Med Robot. 2007; 3(4): 372-377. doi:10.1002/rcs.153.
 32. Eljamel MS. Robotic neurological surgery applications: accuracy and consistency or pure fantasy? Stereotact Funct Neurosurg. 2009; 87(2): 88-93. doi:10.1159/000202974.
 33. Зуев А.А., Головтеев А.Л., Педяш Н.В., Калыбаева Н.А., Броннов О.Ю. Возможности хирургического лечения фармакорезистентной эпилепсии с использованием робот-ассистированной имплантации глубоких электродов для проведения инвазивной стереоэлектронцефалографии // Нейрохирургия. — 2020. — №22(1). — С.12-20. [Zuev AA, Golovtsev AL, Pedyash NV, Kalybaeva NA, Bronov OYu. Possibilities for surgical treatment of the pharmacoresistant form of epilepsy using robot-assisted implantation of deep electrodes for invasive stereoelectroencephalography. Russian journal of neurosurgery. 2020; 22(1): 12-20. (In Russ.)] doi: 10.17650/1683-3295-2020-22-1-12-20.
 34. Пиманчев О.В., Ряполов Ю.В., Небелас Р.П., Попов Н.В., Савотченко К.А. Эндопротезирование тазобедренного сустава с использованием роботизированной системы // Вестник НМХЦ им. Н.И. Пирогова. — 2022. — Т.17. — № 2. — С.125-128. [Pimanchev OV, Ryapolov YuV, Nebelas RP, Popov NV, Savotchenko KA. Endoprotezirovaniye tazobedrennogo sustava s ispol'zovaniem robotizirovannoy sistemy. Vestnik NMHCz im. N.I. Pirogova. 2022; 17(2): 125-128. (In Russ.)]
 35. Лычагин А.В., Грицюк А.А., Рукин Я.А., Елизаров М.П. История развития робототехники в хирургии и ортопедии (обзор литературы) // Кафедра травматологии и ортопедии. — 2020. — №1(39). — С.13-19. [Ly'chagin AV, Griczyuk AA, Rukin YaA, Elizarov MP. Istoriya razvitiya robototekhniki v khirurgii i ortopedii (obzor literatury). Kafedra travmatologii i ortopedii. 2020; 1(39): 13-19. (In Russ.)]
 36. Callanan MC, Jarrett B, Bragdon CR, Zurakowski D, Rubash HE, Freiberg AA, et al. The John Charnley Award: risk factors for cup malpositioning: quality improvement through a joint registry at a tertiary hospital. Clin Orthop Relat Res. 2011; 469(2): 319-29. doi: 10.1007/s11999-010-1487-1.
 37. Lewinnek GE, Lewis JL, Tarr R, Compere CL, Zimmerman JR. Dislocations after total hip-replacement arthroplasties. J Bone Joint Surg Am. 1978; 60(2): 217-20.
 38. Widmer KH, Zurfluh B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. J Orthop Res. 2004; 22(4): 815-21. doi: 10.1016/j.jorthes.2003.11.001.