

Роботизированная хирургия коленного сустава

Роботизированные технологии сегодня с успехом применяются в хирургической ортопедии. Они существенно повышают точность операций по эндопротезированию коленного сустава и обеспечивают индивидуальный подход, снижают послеоперационные риски осложнений и ускоряют восстановление, позволяя пациентам быстрее вернуться к активной жизни.



Георгий Айрапетов, главный внештатный специалист травматолог-ортопед Департамента здравоохранения Москвы, заместитель главного врача по ортопедии и травматологии Городской клинической больницы № 31 имени академика Г. М. Савельевой, д. м. н.

— **Георгий Александрович, какова основная цель использования роботизированной хирургии в ортопедии, особенно при операциях по эндопротезированию коленного сустава?**

— Основная цель внедрения роботизированной хирургии при эндопротезировании коленного сустава заключается в повышении качества хирургического лечения за счет максимально точного позиционирования компонентов эндопротеза, индивидуализации подхода и воспроизводимости результатов. Использование роботических систем позволяет достичь более высокой точности в коррекции деформаций, обеспечить равномерное распределение нагрузок на сустав, минимизировать риск технических ошибок и сократить вероятность ревизионных вмешательств. В долгосрочной перспективе это ведет к улучшению функциональных исходов, ускорению послеоперационной реабилитации, а также к формированию в России высоких стандартов

хирургической помощи, сопоставимых с ведущими мировыми центрами.

— **Как давно в вашей клинике вы используете роботов-ассистентов при проведении операций на коленном суставе? Насколько роботизированная хирургия выигрывает в сравнении с традиционными методами?**

— В нашей клинике роботизированная хирургия применяется более года, и за это время мы накопили достаточный клинический опыт для объективной оценки ее преимуществ. Ключевые преимущества заключаются в миллиметровой и угловой точности резекций костной ткани, предсказуемости исходов и стандартизации хирургических протоколов. Роботические системы позволяют минимизировать влияние человеческого фактора и индивидуальных анатомических особенностей пациента, обеспечивая высокий уровень воспроизводимости. Это особенно важно >>>

▶ Роботическая система помогает обеспечить максимальную точность установки эндопротеза



**РОБОТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ
ПОЗВОЛЯЮТ МИНИМИЗИРОВАТЬ
ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО
ФАКТОРА И ИНДИВИДУАЛЬНЫХ
АНАТОМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ
ПАЦИЕНТА**



Фото: НИИОЗММ

РОБОТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ВЫСТУПАЕТ В РОЛИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА, А НЕ АВТОНОМНОГО ИСПОЛНИТЕЛЯ. ХИРУРГ ОСТАЕТСЯ ГЛАВНЫМ ОПЕРАТОРОМ ПРОЦЕССА, А РОБОТ ВЫПОЛНЯЕТ ФУНКЦИЮ АССИСТЕНТА

при сложных клинических случаях — выраженных деформациях, ревизионных вмешательствах, сочетанных патологиях. В сравнении с традиционным мануальным подходом роботизированная хирургия демонстрирует более стабильные результаты по выравниванию механической оси конечности и ранним функциональным исходам.

— Какие технологии лежат в основе роботизированных систем, применяемых для операций на коленном суставе?

— Технологическая основа роботизированных систем для эндопротезирования коленного сустава — это сочетание компьютерной навигации, интраоперационной регистрации

анатомических ориентиров и активного/полуактивного роботизированного инструментария. Система использует оптические сенсоры и навигационные трекеры, фиксирующие мельчайшие движения в суставе и позволяющие хирургу контролировать процесс с точностью до десятых долей миллиметра и градуса. Роботизированная рукоятка с высокоскоростной фрезой обеспечивает резекцию костной ткани с частотой до 80 тысяч оборотов в минуту, исключая избыточное удаление тканей. Все это позволяет достигать высокой точности и предсказуемости даже при выраженных деформациях.

— Как происходит взаимодействие между хирургом и роботом во время операции?

Компьютерная томография помогает контролировать ход операции



Фото: мос.ру



Фото: мос.ру

– Роботическая система выступает в роли интеллектуального инструмента, а не автономного исполнителя. Хирург остается главным оператором процесса, а робот выполняет функцию ассистента, ограничивающего вмешательства в пределах заранее заданного плана. В зависимости от модели системы планирование может выполняться предоперационно (с использованием КТ-данный) или интраоперационно (на основе поверхностного сканирования и регистрации анатомии пациента). Робот обеспечивает обратную связь: в полуактивных системах он ограничивает движения хирурга, не позволяя выйти за пределы планируемого резекционного объема, тогда как в активных системах часть манипуляций выполняется автономно под контролем хирурга.

– Какие системы роботизированной хирургии вы используете?

– В нашей клинике функционируют две роботизированные системы. Эти установки относятся к разным технологическим концепциям: первая работает на основе предоперационного КТ-планирования и относится к категории активных систем, а вторая использует интраоперационное сканирование и относится к полуактивным системам. Такое сочетание позволяет нам проводить сравнительные клинические исследования, расширять возможности персонализированного подбора протокола и получать объективные данные о преимуществах и ограничениях каждой из технологий. >>>

▲ В руках у хирурга роботизированная рукоятка с высокоскоростной фрезой

НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ ХИРУРГ МОЖЕТ СМОДЕЛИРОВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ УСТАНОВКИ ИМПЛАНТАТОВ, ОЦЕНИТЬ ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОМЕХАНИКУ СУСТАВА И ВЫБРАТЬ ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ



Фото: НИИОЗММ

▲ Полуактивная роботизированная система исключает возможность случайной ошибки

— **Как роботизированные системы помогают в планировании и проведении операций?**

— Роботизированные системы обеспечивают детализированное трехмерное моделирование сустава и позволяют врачу в режиме реального времени варьировать параметры резекции и позиционирования компонентов эндопротеза. Это обеспечивает индивидуальный подход к каждому пациенту: учитываются степень деформации, особенности анатомии, мягкотканый баланс. На этапе планирования хирург может смоделировать различные варианты установки имплантатов, оценить их влияние на биомеханику сустава и выбрать оптимальное решение. В ходе операции система постоянно сверяет фактические действия хирурга с виртуальной моделью и корректирует процесс, обеспечивая высокую точность исполнения.

— **Как осуществляется контроль за точностью выполнения хирургических манипуляций?**

— Контроль точности реализуется через интеграцию навигационной системы и обратной связи роботизированного инструмента. Навигационные трекеры фиксируют мельчайшие движения инструмента и конечности, а система в реальном времени отображает на экране величину отклонения от запланированных параметров. При использовании полуактивных систем робот блокирует инструмент за пределами допустимой резекционной зоны, что исключает возможность случайной ошибки. Таким образом достигается объективный и постоянный мониторинг, обеспечивающий повторяемость и воспроизводимость результата.

— **Каковы основные преимущества роботизированной хирургии в плане безопасности для пациента?**

— Роботизированная хирургия значительно повышает безопасность за счет точного позиционирования компонентов эндопротеза, минимизации повреждения мягких тканей и снижения риска технических ошибок. Меньший объем резекции костной ткани и щадящее



ПАЦИЕНТЫ ПОСЛЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ ДЕМОНСТРИРУЮТ БОЛЕЕ РАННЕЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФУНКЦИИ ЗА СЧЕТ МЕНЬШЕЙ ТРАВМАТИЧНОСТИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА И СОХРАННОСТИ МЯГКОТКАННОГО БАЛАНСА

отношение к связочному аппарату обеспечивают снижение кровопотери и сокращают продолжительность операции. Дополнительно использование робота снижает вероятность смещения компонентов и преждевременного износа имплантата, что напрямую связано с уменьшением риска ревизионных операций.

— **Есть ли статистика по снижению осложнений и улучшению результатов после операций с использованием роботизированной хирургии?**

— Международные исследования показывают, что использование роботизированных систем снижает процент неправильной установки компонентов на 30 % по сравнению с традиционными методами, уменьшает количество ревизий, связанных с неправильным положением имплантата, и способствует более

быстрому восстановлению функциональных показателей. Наш собственный опыт, хотя он и ограничен периодом чуть более одного года, подтверждает эти тенденции: у пациентов наблюдается более выраженное снижение болевого синдрома, ранняя активация и сокращение сроков госпитализации. В настоящее время мы ведем проспективные клинические исследования для получения объективных данных в российской выборке.

— **Как роботизированная хирургия влияет на восстановление пациента после операции?**

— Пациенты после роботизированного эндопротезирования демонстрируют более раннее восстановление функции за счет меньшей травматичности вмешательства и сохранности мягкотканного баланса. Как правило, они начинают ходьбу в первые сутки >>>

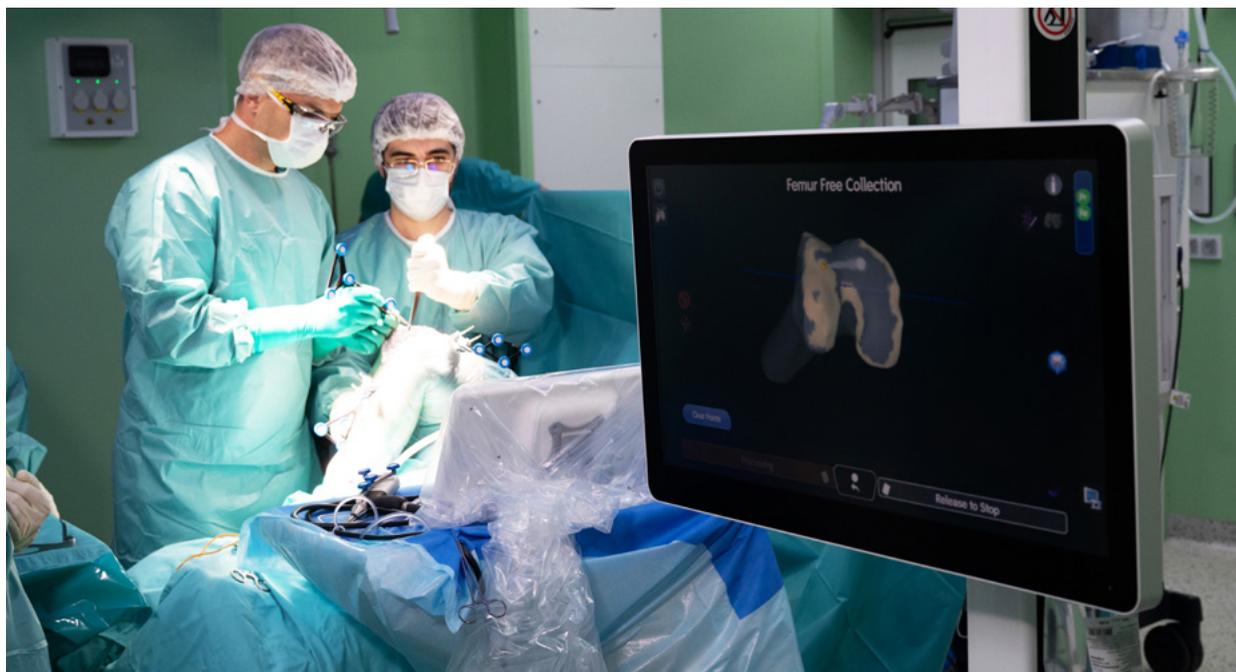


Фото: НИИОЗММ

после операции, а сроки перехода к самостоятельной ходьбе без дополнительных средств поддержки сокращаются. Благодаря точному позиционированию компонентов уменьшается вероятность хронической боли и нестабильности, что положительно отражается на качестве жизни в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

— **Какие навыки и знания необходимы для успешного**

выполнения роботизированных операций? Как проходит обучение хирургов для работы с роботизированными системами?

— Для успешной работы с роботизированными системами хирург должен обладать не только высоким уровнем классической ортопедической подготовки, но и навыками работы с компьютерной навигацией, пониманием принципов цифрового планирования и трехмерной анатомии. Обучение проходит





ВАЖНО ПОДЧЕРКНУТЬ, ЧТО РОБОТИЗИРОВАННАЯ ХИРУРГИЯ — ЭТО НЕ ПРОСТО ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИННОВАЦИЯ, А НОВЫЙ СТАНДАРТ КАЧЕСТВА В ОРТОПЕДИИ

позапно: теоретический курс, симуляционная подготовка на тренажерах и виртуальных моделях, участие в мастер-классах под руководством опытных наставников, выполнение первых операций в тандеме с сертифицированными экспертами. Только после успешного прохождения этих этапов хирург допускается к самостоятельной работе.

— Как вы оцениваете уровень подготовки медицинского персонала в вашей клинике для работы с роботизированной хирургией?

— В нашей клинике сформирована мультидисциплинарная команда, включающая хирургов, анестезиологов, операционных сестер и инженеров, прошедших специализированное обучение. Это позволяет обеспечить высокий уровень готовности к выполнению операций на роботизированных системах. На данный момент все ключевые члены команды владеют необходимыми навыками работы с обеими используемыми нами платформами, что позволяет проводить вмешательства максимально безопасно и эффективно.

— Можете ли вы поделиться конкретным случаем, когда использование роботизированной хирургии привело к значительному улучшению исхода операции?

— Одним из ярких примеров преимуществ роботических систем в хирургической ортопедии стало лечение пациента с выраженной варусной деформацией коленного сустава более 20°, сопровождавшейся тяжелым болевым синдромом и ограничением функции. В традиционной хирургии подобные случаи требуют расширенной резекции костной ткани и сопряжены с высоким риском ошибки в восстановлении механической

оси. При использовании системы CORI нам удалось провести прецизионную коррекцию, сохранив максимальный объем костной ткани и обеспечив правильное положение компонентов эндопротеза. Уже на вторые сутки пациент начал самостоятельную ходьбу, а через три месяца вернулся к привычному уровню физической активности.

— Каким вы видите будущее роботизированной хирургии в ортопедии? Какие исследования или разработки в этой области вас особенно вдохновляют?

— Будущее роботизированной хирургии мы видим в дальнейшей персонализации и интеграции технологий искусственного интеллекта, способных автоматически анализировать данные пациента и предлагать оптимальные варианты вмешательства. Перспективными направлениями являются использование предоперационного машинного моделирования нагрузок, внедрение систем дополненной реальности, а также расширение показаний для роботизированных вмешательств: от первичного эндопротезирования до сложных ревизионных операций. Вдохновляет также развитие отечественных технологических решений, которые в будущем позволят России занять достойное место в мировой экосистеме роботизированной ортопедии.

Однако важно подчеркнуть, что роботизированная хирургия — это не просто технологическая инновация, а новый стандарт качества в ортопедии. Ее внедрение требует комплексного подхода: подготовки специалистов, оснащения клиник, проведения клинических исследований и формирования национальных регистров. Только при условии системного развития мы сможем в полной мере реализовать потенциал роботизированных технологий и обеспечить нашим пациентам уровень помощи, сопоставимый с ведущими мировыми центрами. 