

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ НАПРАВИТЕЛЕЙ ДЛЯ ШТИФТОВ ПРИ ТОТАЛЬНОМ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИИ КОЛЕННОГО СУСТАВА

Денисов А.А.¹, Билык С.С.¹, Алиев А.Г.¹, Близнюков В.В.¹, Амбросенков А.В.¹, Коваленко А.Н.¹, Денисов А.О.¹

¹ФГБУ «Российский ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена», Санкт-Петербург, e-mail: denisov1993@gmail.com

В данной статье коллектив авторов рассказывает об опыте создания и использования направителей для штифтов, для установки стандартных резекторных блоков при эндопротезировании коленного сустава. Авторы не ставили перед собой задачу выявить преимущество этой технологии перед другими. Главной целью являлось освоить технологию разработки индивидуальных направителей для позиционирования стандартных резекторных блоков при тотальном эндопротезировании коленного сустава в соответствии с предоперационным планом. Авторы пришли к выводу, что первый опыт применения индивидуальных направителей был удачен; серия данных случаев показала, что разработка индивидуальных направителей связана с рядом организационных и технологических трудностей, но вполне осуществима. Данная технология легко воспроизводима и может быть использована на базе травматологического отделения, при наличии соответствующего оборудования, и рекомендована для внедрения в клиническую практику.

Ключевые слова: эндопротезирование, коленный сустав, индивидуальные направители, трехмерное планирование.

EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF INDIVIDUAL PIN GUIDES FOR TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

Denisov A.A.¹, Bilyk S.S.¹, Aliev A.G.¹, Bliznyukov V.V.¹, Ambrosenkov A.V.¹, Kovalenko A.N.¹, Denisov A.O.¹

¹Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R. R. Vreden», Saint-Petersburg, e-mail: denisov1993@gmail.com

The aim of this work is to tell about the experience of development and usage of the individual pin guides for total knee replacement. During this work a group of authors revealed some problems that useful for orthopedic beginners. The conclusion they made that the first experience of using individual guides was successful; a series of these cases showed that the development of individual guides is associated with a number of organizational and technological difficulties, but it is quite feasible. This technology is easily reproducible and can be used in the condition of an orthopedic department, with the availability of appropriate equipment, so authors recommend it for implementation in clinical practice.

Keywords: endoprosthesis, knee joint, individual guide, three-dimensional planning.

Тотальное эндопротезирование считается признанной операцией в лечении хронических дегенеративных заболеваний коленного сустава. Десятилетняя выживаемость коленных эндопротезов, по разным источникам, достигает 92-98% [1; 2].

Однако, несмотря на высокие показатели выживаемости, от 14% до 39% пациентов не удовлетворены функциональными результатами тотального замещения коленного сустава [3]. Неудовлетворенность пациентов обусловлена следующими жалобами [4]:

1. Боль в переднем отделе коленного сустава.
2. Нестабильность при среднем сгибании коленного сустава.
3. Неполное сгибание в суставе.

4. Неполное восстановление функции сустава.

Существенные гендерные и расовые различия в анатомии коленного сустава до сих пор заставляют хирургов идти на компромиссы при выборе размера имплантов, резекторных блоков. Mahoney с соавт. в своем исследовании показали, что у 40% мужчин и 68% женщин, перенесших ТКА, наблюдается «нависание» бедренного компонента более 3 мм, что приводит к двукратному усилению болевого синдрома [5].

Мальпозиция компонентов в корональной и сагиттальной проекции при тотальном эндопротезировании коленного сустава является фактором повышенного риска расшатывания компонентов, боли и нестабильности [6].

Точное позиционирование компонентов коррелирует с благоприятными функциональными результатами и быстрым течением реабилитации [7].

С использованием механической навигации при ТЭП КС риск мальпозиции импланта, по данным литературы, достигает 20-40%, в том числе в крупных центрах эндопротезирования [7-9].

Компьютерная навигация, по данным Cheng T. с соавт., Schmitt J. С соавт., позволяет обеспечить точную ориентацию компонентов в корональной и сагиттальной проекциях, однако менее эффективна в определении ротации компонентов по сравнению с механической навигацией. Кроме того, использование компьютерной навигации увеличивает время операции и повышает риск возникновения переломов в области внедрения штифтов, пинов (направляющие стандартные 2-мм стержни для резекторных блоков) [10; 11].

Эти проблемы привели к разработке индивидуальных резекторных блоков и направителей для штифтов, преследующих цель улучшить пространственную ориентацию импланта, восстановить нормальную или максимально близкую к физиологичной биомеханике коленного сустава для каждого пациента.

Несмотря на то что на сегодняшний день в зарубежной литературе опубликованы работы, изучавшие эффективность применения PSI (patient specific instrumentation - индивидуальный инструментарий для каждого пациента) при ТЭП КС, однако анализ публикаций до сих пор не позволяет сформировать единого мнения о перспективности данного направления в ортопедии.

Одним из потенциальных преимуществ PSI является возможность «предоперационной навигации» и планирования операции. Данная технология позволяет хирургу заложить уровень резекции, а также подобрать оптимальный размер компонента заранее, что в свою очередь приводит к лучшему пониманию и осуществлению плана во время операции [12]. Второе преимущество заключается в возможности более точного

позиционирования импланта в корональной и аксиальной проекции в сравнении с традиционной методикой [13].

Выполнение предоперационного КТ или МРТ позволяет точно оценить взаимоотношение надмыщелковой оси, задних мыщелков, блоковидной борозды для выставления ротации бедренного компонента, а также бугристости и гребня большеберцовой кости для выставления ротации большеберцового компонента. Кроме того, использование PSI позволяет сократить время операции, количество необходимых хирургических инструментов, соответственно затраты на их стерилизацию и хранение [14].

Исходя из результатов выше приведенных исследований, предполагаемые преимущества PSI не однозначны.

PSI является новой технологией, и на сегодняшний день это перспективное направление в эндопротезировании крупных суставов.

Цель – освоить технологию разработки индивидуальных направителей для позиционирования стандартных резекторных блоков при тотальном эндопротезировании коленного сустава в соответствии с предоперационным планом.

Материалы и методы

В 2016-2017 году в РНИИТО им. Р.Р. Вредена было выполнено эндопротезирование коленного сустава у 3 пациентов с использованием индивидуальных направителей для установки стандартных резекторных блоков.

Для этого пациентам до операции выполнялось КТ-исследование с шагом 0,5 мм для построения трехмерной модели высокого разрешения оперируемой нижней конечности. В программе 3Dslicer выполнялось сегментирование костей нижней конечности и построение трехмерных моделей сегментов скелета. Затем в программе Blender проектировались референтные линии:

Общая механическая ось нижней конечности: от центра ротации головки, которая определялась как центр сферы, вписанной в головку 3D-модели бедренной кости, до центра голеностопного сустава.

Механическая ось бедренной кости: от головки до центра коленного сустава.

Механическая ось большеберцовой кости: от возвышения до центра голеностопного сустава.

Чрезнадмыщелковая линия (хирургическая): от высшей точки латерального надмыщелка к ямке за надмыщелковым возвышением медиального надмыщелка.

Относительно трехмерных моделей бедренной и большеберцовой костей были созданы и ориентированы 3 плоскости:

1. **Плоскость дистальной резекции бедренной кости:** располагалась перпендикулярно механической оси бедренной кости, при этом высота резекции имела возможность интраоперационной коррекции.

2. **Плоскость передней резекции бедренной кости:** располагалась под углом 95° к плоскости дистального опиала в сагиттальной плоскости и параллельно хирургической чрезнадмышелковой линии

3. **Плоскость проксимальной резекции большеберцовой кости (рис. 1):** создана перпендикулярно механической оси большеберцовой кости.

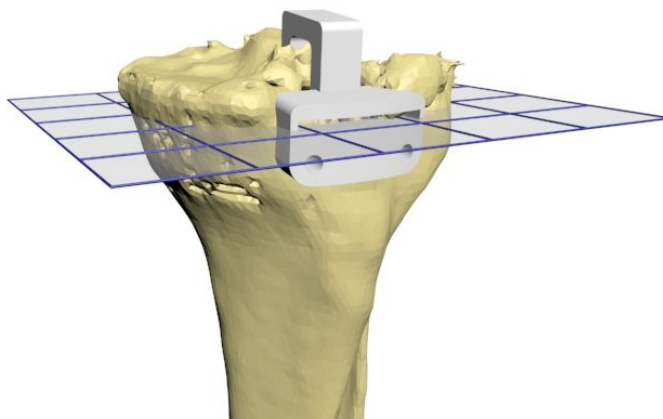


Рис. 1. Плоскость проксимальной тибиальной резекции

Ротация тибиального компонента устанавливалась по линии, соединяющей место прикрепления задней крестообразной связки к медиальной трети бугристости большеберцовой кости (линия Akagi).

В связи с использованием КТ для построения моделей решено было использовать костные ориентиры для исключения влияния толщины остатков хрящевого покрова на позиционирование индивидуальных направлятелей.

Для большеберцового компонента была использована передняя межмышелковая площадка большеберцовой кости и межмышелковое возвышение, а для бедренного компонента - передняя кортикальная пластинка дистального отдела бедра.

Отверстия для пинов позиционированы в соответствии с их положениями в стандартных резекционных блоках.

Физические модели направлятелей печатались на 3D-принтере.

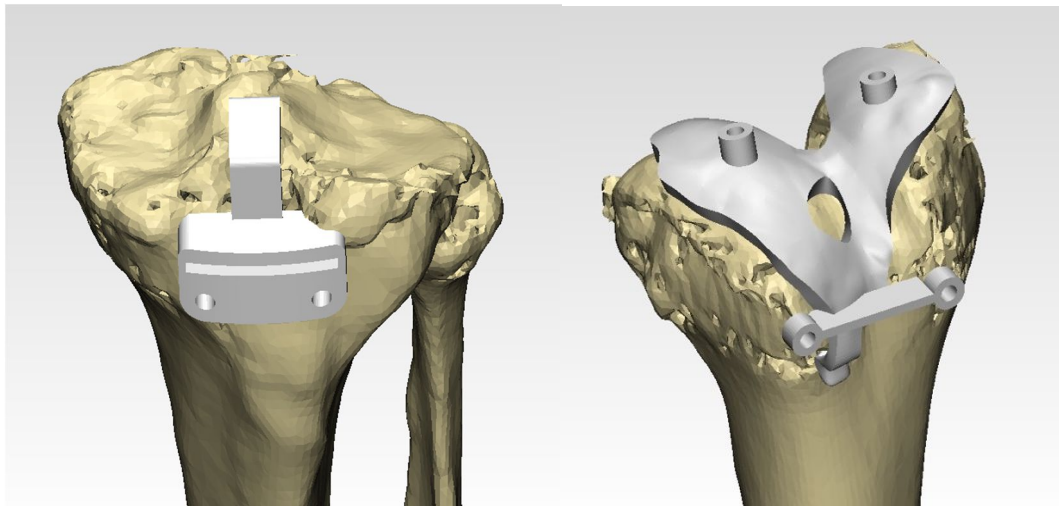


Рис. 2. Трехмерные модели направителей для штифтов

Был использован стандартный медиальный доступ к коленному суставу.

Операционное вмешательство выполнялось по технике tibia first (техника резекции предполагала первичный опил большеберцовой кости).

После удаления менисков и мобилизации задней крестообразной связки прикладывался тибиаальный направитель (рис. 3).

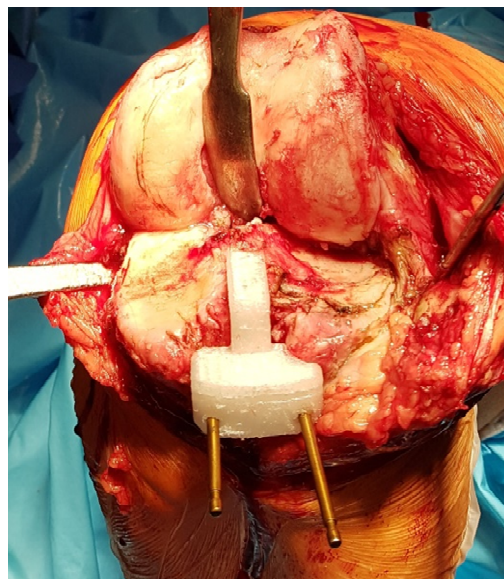


Рис. 3. Интраоперационная фотография. Установка тибиаального направителя

Устанавливались пины, лекалом осуществлялся контроль уровня резекции. После этого помещался стандартный резекторный тибиаальный блок, позиция которого проверялась экстрамедуллярным стержнем, выполнялся опил большеберцовой кости.

Для опилов дистального конца бедренной кости индивидуальный блок прикладывался к суставной поверхности мыщелков бедра и переднему кортикалу дистального метафиза (рис. 4).

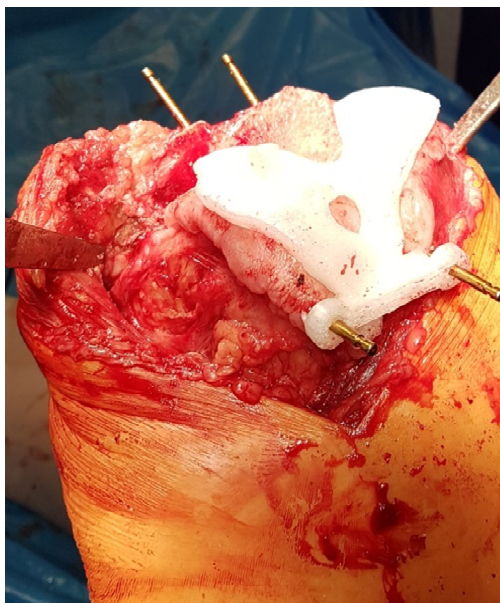


Рис. 4. Интраоперационная фотография. Установка бедренного направителя

Остеофиты не удалялись до выполнения опилов с целью сохранить конгруэнтность в зоне контакта поверхностей индивидуального направителя и кости.

После этого устанавливались направляющие штифты для дистального и переднезаднего стандартных резекторных блоков. После позиционирования стандартных резекторных блоков осуществлялся экстремедулярный контроль их положения относительно механической оси и последовательно выполнялись дистальный и передний опиловы дистального конца бедренной кости.

Далее стандартно осуществлялась имплантация компонентов протеза.

На контрольных телерентгенограммах оценивалась правильность положения компонентов эндопротеза относительно механической оси.

Результаты

Из трех прооперированных пациентов в двух случаях на послеоперационных телерентгенограммах компоненты эндопротеза были установлены согласно трехмерному предоперационному планированию.

У одного больного потребовалась интраоперационная коррекция оси и ротации при помощи механической навигации в процессе установки бедренного направителя.

Обсуждение

Использование методики трехмерного предоперационного планирования с применением резекторных блоков требует отличного знания анатомии и опыта в эндопротезировании коленного сустава.

В процессе освоения данной методики был выявлен ряд проблем, полезных для начинающего ортопеда при ознакомлении с данной методикой.

Внедрение новых технологий неизбежно связано с рядом типичных трудностей. Наиболее сложной являлась разработка первого направителя. В первом случае разработанные направители имели примитивный дизайн, который требовал большего расхода PLA-материала и не был удобен в обращении (шероховатые поверхности и острые углы импланта создавали отрицательное тактильное чувство при его позиционировании).

В следующих 2 случаях концепции индивидуальных направителей были учтены предыдущие ошибки и использован другой материал (SBS). Данный материал обладает меньшей жесткостью, чем PLA, что может приводить к мальпозиции направителя при избыточном применении силы во время установки.

Что, возможно, и привело в третьем случае к использованию механической навигации для корректировки оси и ротации бедренного компонента.

Также следует отметить, что планирование первого случая потребовало больше времени на сегментирование (разделение изображения для выделения отдельных анатомических областей, в частности костей) и проектирование направителей, но при дальнейшей отработке техники время выполнения сокращается примерно в 2-3 раза (от 10 часов до 2-3 часов соответственно). При наличии базовых элементов для проектирования направителей время может быть сокращено еще больше.

Кроме того, одним из факторов, влияющих на продолжительность разработки индивидуального имплантата, является использование КТ с подавлением артефактов, которое существенно ускоряет процесс сегментирования в случае наличия металлоконструкций в проксимальном отделе бедра, костях таза или на контралатеральной стороне.

Разработка индивидуальных направителей осуществлялась совместно с оператором, что, на наш взгляд, является одним из ключевых факторов для правильного позиционирования компонентов эндопротеза, исключая риски ошибок в заложении ротации и пространственной ориентации при их проектировании, что также находит подтверждение в иностранных источниках [15].

Вывод: по нашему мнению, первый опыт применения индивидуальных направителей был удачен; серия данных случаев показала, что разработка индивидуальных направителей связана с рядом организационных и технологических трудностей, но вполне осуществима.

Данная технология легко воспроизводима и может быть использована на базе травматологического отделения, при наличии соответствующего оборудования, поэтому мы рекомендуем ее для внедрения в клиническую практику.

Список литературы

- 1 Rand J.A. and Ilstrup D.M. Survivorship analysis of total knee arthroplasty. Cumulative rates of survival of 9200 total knee arthroplasties (in eng) // J. Bone Joint Surg Am. – 1991. – vol. 73, no. 3. – P. 397-409.
- 2 Knutson K., Lindstrand A. and Lidgren L. Survival of knee arthroplasties. A nation-wide multicentre investigation of 8000 cases (in eng) // J. Bone Joint Surg Br. – 1986. – vol. 68, no. 5. – P. 795-803.
- 3 Devers B.N., Conditt M.A., Jamieson M.L. et al. Does greater knee flexion increase patient function and satisfaction after total knee arthroplasty? (in eng) // J. Arthroplasty. – 2011. – vol. 26, no. 2. – P. 178-186.
- 4 Bourne R.B., Chesworth B.M., Davis A.M. et al. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? (in eng) // Clin Orthop Relat Res. – 2010. – vol. 468, no. 1. – P. 57-63.
- 5 Mahoney O.M. and Kinsey T. Overhang of the femoral component in total knee arthroplasty: risk factors and clinical consequence (in eng) // J. Bone Joint Surg Am. – 2010. – vol. 92, no. 5. – P. 1115-1121.
- 6 Huang N.F., Dowsey M.M., Ee E. et al. Coronal alignment correlates with outcome after total knee arthroplasty: five-year follow-up of a randomized controlled trial (in eng) // J. Arthroplasty. – 2012. – vol. 27, no. 9. – P. 1737-1741.
- 7 Cheng T., Zhao S., Peng X. and Zhang X. Does computer-assisted surgery improve postoperative leg alignment and implant positioning following total knee arthroplasty? A meta-analysis of randomized controlled trials? (in eng) // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2012. – vol. 20, no. 7. – P. 1307-1322.
- 8 Iorio R. et al. Accuracy of manual instrumentation of tibial cutting guide in total knee arthroplasty (in eng) // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. – 2013. – vol. 21, no. 10. – P. 2296-2300.
- 9 Schmitt J. et al. Navigation of total knee arthroplasty: rotation of components and clinical results in a prospectively randomized study (in eng) // BMC Musculoskeletal Disorders, Original Paper. – 2011. – vol. 12, no. 1. – P. 16.

- 10 Rodrigues A.S.T. and Gutierrez M.A.P. Patient-specific instrumentation in total knee arthroplasty. Should we adopt it? *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)*, 2016.
- 11 Anderl W. et al. Patient-specific instrumentation improved mechanical alignment, while early clinical outcome was comparable to conventional instrumentation in TKA (in eng) // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2016. – vol. 24, no. 1. – P. 102-111.
- 12 Noble J.W., Jr., Moore C.A. and Liu N. The value of patient-matched instrumentation in total knee arthroplasty (in eng) // *J. Arthroplasty.* –2012. – vol. 27, no. 1. – P. 153-155.
- 13 Ng V.Y., DeClaire J.H., Berend K.R. et al. Improved accuracy of alignment with patient-specific positioning guides compared with manual instrumentation in TKA (in eng) // *Clin Orthop Relat Res.* –2012. – vol. 470, no. 1. – P. 99-107.
- 14 Nunley R.M., Ellison B.S., Zhu J. et al. Do patient-specific guides improve coronal alignment in total knee arthroplasty? (in eng) // *Clin Orthop Relat Res.* – 2012. – vol. 470, no. 3. – P. 895-902.
- 15 Pietsch M., Djahani O., Hochegger M. et al. Patient-specific total knee arthroplasty: the importance of planning by the surgeon (in eng) // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* – 2013. – vol. 21, no. 10. – P. 2220-6.