

*Мохаммад Али Алькатауне, Е. В. Жук, П. И. Беспальчук*

## ФРОНТАЛЬНАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ КОЛЕННОГО СУСТАВА ПОСЛЕ ТЭКС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ НАВИГАЦИИ

*УО «Белорусский государственный медицинский университет»*

*В статье приведен сравнительный анализ функциональных результатов тотального эндопротезирования коленного сустава и его послеоперационной стабильности во фронтальной плоскости у 124 пациентов (22 мужчины и 102 женщины), страдающих гонартрозом, в возрасте от 51 до 83 лет (в среднем 69,8 года), оперированных с использованием стандартной методики (n = 62) либо с использованием системы компьютерной навигации (n = 62), наблюдавшихся в течение 12 мес. с момента хирургического вмешательства. Использование навигационной системы позволило в ряде случаев достичь более точной резекции бедренной и большеберцовой костей (6,5 % случаев отклонений от анатомической оси против 19,4 % в контрольной группе), а также обеспечить необходимое натяжение мягких тканей для достижения наиболее точного баланса коленного сустава во всем диапазоне движений после эндопротезирования (3,2 % против 8,1 %), однако данных о достоверном превосходстве функциональных результатов в указанные сроки наблюдения не выявлено.*

**Ключевые слова:** коленный сустав, эндопротезирование, компьютерная навигация, баланс мягких тканей, фронтальная стабильность.

**Mohammad Ali Alqatawneh, E. V. Zhuk, P. I. Bepalchuk**

## FRONTAL STABILITY OF THE KNEE JOINT AFTER TKA USING A COMPUTER NAVIGATION SYSTEM

*The article provides a comparative analysis of the functional results of total knee arthroplasty and knee postoperative stability in the frontal plane in 124 patients (22 men and 102 women) suffering from gonarthrosis, aged 51 to 83 years (average 69.8 years), operated on with using a standard technique (n = 62) or using a computer navigation system (n = 62), observed for 12 months from the moment of surgery. The use of the navigation system made it possible in a number of cases to achieve more accurate resection of the femur and tibia (deviations from the anatomical axis in 6.5 % of cases versus 19.4 % in the control group), as well as to provide the necessary soft tissue tension to achieve the most accurate balance of the knee joint during the entire range of motion after arthroplasty (stress tests founded frontal plain knee instability of the operated knee in 3.2 % cases in navigation group versus 8.1% cases in control group), however, no data on the reliable superiority of the functional results at the indicated follow-up time were found.*

**Key words:** knee joint, arthroplasty, computer navigation, soft tissue balance, frontal plain stability.

Тотальное эндопротезирование коленного сустава (ТЭКС) представляет собой реконструктивное оперативное вмешательство по замещению патологически измененных суставных поверхностей сочленяющихся бедренной и большеберцовой костей на искусственные для ликвидации болевого синдрома, восстановления опороспособности нижней конечности и подвижности коленного сустава [1]. Тотальная артропластика коленного сустава с помощью компьютерной навигации (КН) обеспечивает точное позиционирование имплантата, соблюдение необходимых анатомических осей конечно-

сти и балансировку мягких тканей – все это важно для успеха процедуры [2, 4]. Также применение навигационной техники позволяет оценить влияние различных подходов в отношении хирургического доступа, уровней резекции, степени релиза мягких тканей на функциональный результат хирургического вмешательства еще на этапе планирования. Наиболее распространенным подходом в достижении баланса мягких тканей при ТЭКС является дозированный релиз мягких тканей после выполнения анатомической костной резекции с целью восстановления и сопоставления сгибательного и разгиба-

тельного промежутков коленного сустава [3]. Точность, предсказуемость и воспроизводимость такого подхода в достижении баланса мягких тканей во всем диапазоне движений коленного сустава имеют первостепенное значение для достижения удовлетворительного клинического результата и обеспечения долговечности функционирования эндопротеза [7, 8].

Целью работы явилось проведение сравнительной характеристики стандартного ТЭКС и эндопротезирования, выполненного с использованием системы КН, в достижении наилучшего функционального результата и обеспечении баланса капсульно-связочного аппарата коленного сустава.

**Материал и методы.** Это проспективное рандомизированное исследование включает результаты обследования и хирургического лечения 22 мужчин и 102 женщин в возрасте от 51 до 83 (в среднем 69,8) года, которые перенесли первичное ТЭКС у одного хирурга по поводу выраженного гонартроза. Пациенты были рандомизированы для прохождения эндопротезирования с использованием КН ( $n = 62$ ) или стандартного метода ( $n = 62$ ).

ТЭКС проводилось с использованием стандартного срединного разреза кожи и медиального парапателлярного доступа. Для снижения уровня кровопотери использовался пневматический жгут, наложенный на среднюю треть бедра, который ослабляли для контроля гемостаза после установки эндопротеза перед ушиванием раны. Навигационная система («Brainlab») использовалась в режиме интраоперационного сканирования (без предварительного 3D моделирования на основании данных компьютерной томографии, хотя современные системы предусматривают такую возможность), когда после регистрации костных ориентиров выполнялись последовательные резекции бедренной и большеберцовой костей с контролем ориентации выполненных опилов. Обязательным элементом в процессе выполнения костных резекций являлось также удаление (при наличии) костно-хрящевых разрастаний вокруг суставных поверхностей (экзостозов) на бедренной, большеберцовой костях и надколеннике. Система позволила выполнить резекцию костных элементов в соответствии с предоперационным планированием на основе рентгенограмм (топограмм нижних конечностей) и анатомическими ориентирами, доступными интраоперационно. Дальнейшим этапом хирургического вмешательства являлось обеспечение необходимого натяжения мягких тканей для достижения наиболее точного баланса капсульно-связочного аппарата коленного сустава во всем диапазоне движений. Использовались тотальные эндопротезы цементной фиксации без замещения функ-

ции задней крестообразной связки. Надколенник в представленных наблюдениях не протезировался.

В основной группе уровень костной резекции был выполнен под контролем КН после регистрации важных костных ориентиров (надмыщелки бедренной кости, центр вращения головки бедренной кости, задние края мыщелков бедренной кости, суставная поверхность и элементы межмыщелкового возвышения большеберцовой кости, переднезадняя ось голени, центр голеностопного сустава и, при необходимости, другие анатомические элементы). Определить необходимость выполнения дополнительного релиза мягких тканей до выполнения костных опилов зачастую невозможно, в связи с чем данные процедуры выполнялись нами последовательно по мере перемещения по различным отделам сустава.

В контрольной группе сначала выполняли резекцию бедренной кости (дистальная резекция 7–9 мм, угол вальгусного отклонения 3–7° с использованием интрамедуллярного направителя в соответствии с предоперационным планированием), затем большеберцовой кости – перпендикулярно ее механической оси с использованием экстремедуллярного направителя, уровень резекции, как правило, 6–10 мм от вершины сохраненной суставной поверхности). Баланс мягких тканей затем осуществляли и оценивали как в разгибании, так и в сгибании.

Для достижения баланса натяжения мягких тканей вокруг коленного сустава в ходе хирургического вмешательства возможно выполнение либо дополнительной резекции подлежащих костно-хрящевых разрастаний (при наличии), либо частичного отсепа-рования от точек фиксации, либо релиза (частичного пересечения) самой мягкотканной структуры, чего следует избегать, либо, в некоторых случаях, ее «пункционного удлинения» за счет нанесения множества проколов пункционной иглой, что ведет к ослаблению сформировавшейся у пациента склеротической матрицы и «размягчению» связки либо области капсулы сустава. Необходимость выполнения данных приемов определялась типом деформации коленного сустава в конкретном клиническом случае, выраженностью костно-хрящевых разрастаний вокруг суставных поверхностей костей, формирующих коленный сустав, а также возможным наличием костных дефектов. В наблюдаемой в данной исследовании когорте пациентов значительных костных дефектов выявлено не было.

В перечень мягкотканых элементов, подвергавшихся хирургическому воздействию в ходе наших наблюдений, входили по внутреннему отделу сустава: медиальная коллатеральная связка, сухожилие полуперепончатой мышцы, поверхностная медиаль-

ная коллатеральная связка, сухожилия и мышцы, образующие «гусиную лапку», задняя крестообразная связка и задняя капсула коленного сустава; по наружному отделу сустава: илиотибиальный тракт, сухожилие подколенной мышцы, латеральная коллатеральная связка, сухожилие латеральной головки икроножной мышцы, задняя крестообразная связка и задняя капсула коленного сустава.

**Результаты и обсуждение.** Через 12 месяцев наблюдения пациентов оценивали с помощью шкал Knee Society Score (KSS), Functional Knee Society Score (FKSS) и шкалы Womac. Также была произведена сравнительная оценка топограмм нижних конечностей пациентов обеих групп для выявления отклонений механической оси от запланированной: отклонение в 3° или более в вальгусном либо варусном направлении оценивалось нами как несоответствие плоскости резекции предоперационному плану. Также были произведены функциональные стресс-тесты для оценки стабильности коленного сустава во фронтальной плоскости: смещаемость центра голеностопного сустава во фронтальной плоскости более чем на 3 см (что соответствует >4° раскрытия суставной щели) при фиксированном коленном суставе регистрировалось как наличие фронтальной нестабильности коленного сустава (см. таблицу 1).

В результате оценки полученных данных нам не удалось выявить значимой разницы между исследуемыми группами пациентов в функциональном состоянии коленных суставов после хирургического вмешательства ( $p > 0,05$ ). Однако при этом определяется достоверно меньшая доля случаев несоответствия плоскостей резекции, по которым были выполнены опилы, запланированным в основной группе (6,5 %) в сравнении с контрольной (19,4 %,  $p < 0,05$ ). Кроме того, определяется меньшая частота фронтальной капсульно-связочной нестабильности коленного сустава в основной группе (3,2 % против 8,1 %), однако без необходимого уровня достоверности данного утверждения ( $p > 0,05$ , возможно, это обусловлено малым числом наблюдений).

Основная задача ТЭКС – восстановление механической оси и баланса мягких тканей для обеспечения полноценной функции сустава. Нарушение механической оси, также как и отсутствие должного мягкотканного баланса, могут привести к плохому функциональному результату, а также преждевременному асептическому расшатыванию компонентов протеза с возникновением необходимости в ревизионном эндопротезировании. Компьютерная навигация позволяет выполнять точные резекции бедренной и большеберцовой костей и контролируемое освобождение мягких тканей [2, 4]. Восстановление механической оси нижней конечности и баланс капсульно-связочного аппарата тесно связаны между собой и должны быть достигнуты в ходе хирургического вмешательства совместно. Навигационное программное обеспечение регистрирует трансэпикондилярную ось бедренной кости, линию Whiteside, задние линии мышечков и другие ориентиры для минимизации ошибки резекции и достижения должного позиционирования компонентов.

Наше исследование ограничено небольшим количеством пациентов и короткими сроками послеоперационного наблюдения. Продолженное наблюдение предоставит больше данных для оценки влияния использования КН на достижение баланса капсульно-связочного аппарата и улучшение функции коленного сустава при ТЭКС.

Таким образом, тотальное эндопротезирование коленного сустава с использованием КН позволяет выполнять точные резекции бедренной и большеберцовой кости (что подтверждается меньшим числом нарушений оси нижней конечности в основной группе: 6,5 % против 19,4 %).

Высокая степень соответствия уровней резекции предоперационному плану в основной группе позволила достичь лучшей стабильности коленных суставов во фронтальной плоскости (признаки мягкотканной нестабильности выявлены в 3,2 % случаев против 8,1 % в контрольной группе).

Таблица 1. Результаты оценки функции коленных суставов с использованием различных шкал и методик до операции и 12 месяцев после операции

Оценка		Основная (КН) группа, n = 62	Контрольная группа, n = 62
KSS	До операции	23 ± 10,2	22,3 ± 5,7
	После операции	85,7 ± 8,6	84,3 ± 10,1
FKSS	До операции	41,8 ± 11,4	56,1 ± 5,5
	После операции	91,3 ± 7	89,3 ± 7,4
Womac	До операции	66,7 ± 7,2	65,2 ± 5,5
	После операции	11,7 ± 3,9	13,6 ± 5
Нарушение анатомической оси ≥3°, n (%)	До операции	43 (69,4 %)	40 (64,5 %)
	После операции	4 (6,5 %)	12 (19,4 %)
Фронтальная нестабильность, n (%)	До операции	12 (19,4 %)	14 (22,6 %)
	После операции	2 (3,2 %)	5 (8,1 %)

Оптимальный баланс связок и мягких тканей, по данным литературы, приводит к лучшим функциональным результатам оперативного лечения и большей удовлетворенности пациентов хирургическим вмешательством, однако в нашем наблюдении значимой разницы в оценке по шкалам KSS, FKSS, WOMac между основной и контрольной группами выявлено не было, что, возможно, обусловлено малым сроком послеоперационного наблюдения.

С учетом полученных данных, а также принимая во внимание высокую стоимость оборудования для КН, мы не рекомендуем ее рутинное использование при ТЭКС, однако при сложном предоперационном планировании, обусловленном выраженной контрактурой, внесуставными деформациями, а также при невозможности применения классической оперативной техники (например, при наличии имплантов в костномозговом канале бедренной кости) для точного определения правильной плоскости резекции при восстановлении механической оси конечности КН следует применять во всех случаях.

### Литература

1. Герасименко, М. А., Белецкий А. В. Патология коленного сустава у детей и пациентов молодого возраста / М. А. Герасименко, А. В. Белецкий. – Минск: Тэхналогія, 2015. – С. 215.
2. Dennis, D. A. Measured resection: an outdated technique in total knee arthroplasty / D. A. Dennis // *Orthopedics*. – 2008. – Vol. 31. – P. 940–4.
3. Dennis, D. A. Gap balancing versus measured resection technique for total knee arthroplasty / D. A. Dennis, R. D. Komistek, R. H. Kim, A. Sharma // *Clin Orthop Relat Res*. – 2010. – Vol. 468. – P. 102–7.
4. Griffin, F. M. Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees / F. M. Griffin, K. Math, G. R. Scuderi, J. N. Insall, P. L. Poilvache // *J Arthroplasty*. – 2000. – Vol. 15. – P. 354–9.
5. Hernandez-Vaquero, D. Computer assistance increases precision of component placement in total knee arthroplasty with articular deformity / D. Hernandez-Vaquero, A. Suarez-Vazquez, M. A. Sandoval-Garcia, A. Noriega-Fernandez // *Clin Orthop Relat Res*. – 2010. – Vol. 468. – P. 1237–41.
6. Heesterbeek, P. J. Effects of the balanced gap technique on femoral component rotation in TKA / P. J. Heesterbeek, W. C. Jacobs, A. B. Wymenga // *Clin Orthop Relat Res*. – 2009. – Vol. 467. – P. 1015–22.
7. Heesterbeek, P. J. Correction of axial and rotational alignment after medial and lateral releases during balanced gap TKA. A clinical study of 54 patients / P. J. Heesterbeek, A. B. Wymenga // *Acta Orthop*. – 2010. – Vol. 81. – P. 347–53.

8. Kinzel, V. Can the epicondylar axis be defined accurately in total knee arthroplasty / V. Kinzel, M. Ledger, D. Shakespeare // *Knee*. – 2005. – Vol. 12. – P. 293–6.

9. Rosenberger, R. E. Improved accuracy of component alignment with the implementation of image-free navigation in total knee arthroplasty / R. E. Rosenberger, C. Hoser, S. Quirbach, R. Attal, A. Hennerbichler, C. Fink // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2008. – Vol. 16. – P. 249–57.

10. Takasaki, M. Accuracy of image-free navigation for severely deformed knees / M. Takasaki, S. Matsuda, S. Fukagawa, H. Mitsuyasu, H. Miura, Y. Iwamoto // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2010. – Vol. 18. – P. 763–8.

### References

1. Gerasimenko, M. A., Beleckij A. V. Patologiya kolennogo sustava u detej i pacientov mladogo vozrasta / M. A. Gerasimenko, A. V. Beleckij. – Minsk: Tekhnologiya, 2015. – S. 215.

2. Dennis, D. A. Measured resection: an outdated technique in total knee arthroplasty / D. A. Dennis // *Orthopedics*. – 2008. – Vol. 31. – P. 940–4.

3. Dennis, D. A. Gap balancing versus measured resection technique for total knee arthroplasty / D. A. Dennis, R. D. Komistek, R. H. Kim, A. Sharma // *Clin Orthop Relat Res*. – 2010. – Vol. 468. – P. 102–7.

4. Griffin, F. M. Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees / F. M. Griffin, K. Math, G. R. Scuderi, J. N. Insall, P. L. Poilvache // *J Arthroplasty*. – 2000. – Vol. 15. – P. 354–9.

5. Hernandez-Vaquero, D. Computer assistance increases precision of component placement in total knee arthroplasty with articular deformity / D. Hernandez-Vaquero, A. Suarez-Vazquez, M. A. Sandoval-Garcia, A. Noriega-Fernandez // *Clin Orthop Relat Res*. – 2010. – Vol. 468. – P. 1237–41.

6. Heesterbeek, P. J. Effects of the balanced gap technique on femoral component rotation in TKA / P. J. Heesterbeek, W. C. Jacobs, A. B. Wymenga // *Clin Orthop Relat Res*. – 2009. – Vol. 467. – P. 1015–22.

7. Heesterbeek, P. J. Correction of axial and rotational alignment after medial and lateral releases during balanced gap TKA. A clinical study of 54 patients / P. J. Heesterbeek, A. B. Wymenga // *Acta Orthop*. – 2010. – Vol. 81. – P. 347–53.

8. Kinzel, V. Can the epicondylar axis be defined accurately in total knee arthroplasty / V. Kinzel, M. Ledger, D. Shakespeare // *Knee*. – 2005. – Vol. 12. – P. 293–6.

9. Rosenberger, R. E. Improved accuracy of component alignment with the implementation of image-free navigation in total knee arthroplasty / R. E. Rosenberger, C. Hoser, S. Quirbach, R. Attal, A. Hennerbichler, C. Fink // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2008. – Vol. 16. – P. 249–57.

10. Takasaki, M. Accuracy of image-free navigation for severely deformed knees / M. Takasaki, S. Matsuda, S. Fukagawa, H. Mitsuyasu, H. Miura, Y. Iwamoto // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. – 2010. – Vol. 18. – P. 763–8.

Поступила 22.01.2021 г.