

двигать в коленном суставе достаточно, чтобы выполнять повседневные действия с комфортом и легкостью. Применение системы компьютерной навигации (КН) при ТЭКС позволяет более точно позиционировать бедренный и большеберцовый компоненты эндопротеза в сагиттальной плоскости, что имеет значение в восстановлении функции коленного сустава и амплитуды движений (АД) в нем [2]. Коронарный баланс также важен при коррекции гиперэкстензии. В современных конструкциях отсутствует эффект кулачка разгибания, что делает сагиттальную балансировку критической. Рекурвацию трудно исправить после ТЭКС, и эту проблему важно решить во время выполнения операции [4]. Использование навигационной системы помогло оценить деформацию, которую нелегко обнаружить при осмотре. Современные навигационные системы упрощают сбор точных данных о выравнивании имплантов во время процедуры ТЭКС. Навигация улучшает правильную установку элементов протеза, что важно для функционирования и износа имплантатов. Также применение КН, как доказано многими исследователями, является более точным методом оценки степени сгибания коленного сустава с уменьшенным диапазоном ошибок по сравнению с клинической оценкой. Поэтому использование компьютерной хирургии может предоставить хирургам информацию, необходимую для более последовательного восстановления полного разгибания во время тотальной артропластики коленного сустава [7].

КН была внедрена в ТЭКС для повышения точности процедуры. Многочисленные авторы показали, что КН улучшает точность резекции костей в коронарной и сагиттальной плоскостях. Также было отмечено, что нормализует вращательное выравнивание бедренного компонента и полноценно оценивается, балансируется деформация мягких тканей в коронарной плоскости.

Целью работы явилось проведение сравнительной характеристики стандартного ТЭКС и эндопротезирования, выполненного с использованием системы КН в достижении оптимальной амплитуды движений с коррекцией сгибательной контрактуры и гиперэкстензии.

Материал и методы

Настоящее 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 применялся 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 осуществления костных резекций являлось также удаление (при наличии) костно-хрящевых разрастаний (экзостозов) вокруг суставных поверхностей на бедренной, большеберцовой костях и надколеннике. Система позволила выполнить резекцию костных элементов

в соответствии с предоперационным планированием на основе рентгенограмм (топограмм нижних конечностей) и анатомических ориентиров, доступных 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 функции 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, передне-задняя ось голени, центр голеностопного сустава и, при необходимости, другие анатомические элементы). Определить необходимость осуществления дополнительного релиза мягких тканей до выполнения костных опилов зачастую невозможно, в связи с чем данные процедуры проводились 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 экстрамедуллярного направителя. Уровень резекции; как правило, отстоял на 6–10 мм от вершины сохраненной суставной поверхности). Баланс мягких тканей затем осуществляли и оценивали как в разгибании, так и в сгибании. При ис-

пользовании КН сокращение протяженности артротомии стало возможным благодаря тому, что во время ориентировки резекторных блоков отсутствовала необходимость широкого обзора операционного поля для одновременной оценки нескольких анатомических ориентиров, что положительно отразилось на снижении травматичности вмешательства и, как следствие, сроках восстановления функции сустава. Чтобы достигнуть равномерности сгибательного и разгибательного промежутков в ходе операции ТЭКС баланс мягких тканей традиционно неоднократно оценивался на разных этапах операции. Компьютерная навигационная система при тотальном замещении коленного сустава постоянно количественно отображала не только величину сгибательного и разгибательного промежутков, но и позволяла оценивать ось нижней конечности на любом этапе операции. Это существенно облегчало проведение постепенного пошагового мягкотканого релиза для достижения симметричности сгибательного и разгибательного промежутков.

Результаты и обсуждение

В течение от 6 до 36 месяцев наблюдения пациентов оценивали с помощью шкал Knee Society Score (KSS), Functional Knee Society Score (FKSS) и шкалы Womac. Также были произведены функциональные оценки АД: гиперэкстензия более 125 и менее 115 – сгибательная контрактура. Также была произведена сравнительная оценка рентгенограмм коленного сустава пациентов обеих групп для выявления отклонений положения бедренного (Υ) и большеберцового (δ) компонентов в сагиттальной плоскости от запланированной: отклонение в (Υ) 5° и (δ) от 0 до –3 или более в переднем или заднем направлении оценивалось нами как несоответствие плоскости резекции предоперационному плану (см. таблицу 1).

Таблица 1. Результаты оценки функции коленных суставов с использованием различных шкал и методик до и 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
АД	До операции	94,8±16,4	98,4±15,5
	После операции	124,8±1,7	127±4,7
Сагиттальная нестабильность, n (%)	После операции	6 (9,6 %)	16 (25,8%)
Нарушение положение компонентов	(Υ)	-0,19±0,58	-0,77±1,41
	(δ)	-2,69±0,97	-2,97±1,43

В результате оценки полученных данных не удалось выявить значимой разницы между исследуемыми группами пациентов в функциональном состоянии коленных суставов после хирургического вмешательства ($p > 0,05$). Однако при амплитуде движений $124,8 \pm 1,7$ против $127 \pm 4,7$ наблюдалась достоверно меньшая доля случаев ($p < 0,05$). Кроме того, определялась меньшая частота сагиттальной нестабильности коленного сустава в основной группе (9,6% против 25,8%), и оценка положения бедренного компонента в сагиттальной плоскости (Υ). Точность в положении бедренного компонента в сагиттальной плоскости у больных основной группы была выше, чем в контрольной – меньше значения крайних параметров и стандартного отклонения, а также ошибки средней, однако статистическая достоверность найденных отличий не была подтверждена.

Таким образом, различия положения большеберцового компонента в сагиттальной плоскости (δ) недостоверны, но в основной группе больше точность – меньше значения крайних параметров и стандартного отклонения.

Проведённый нами сравнительный анализ послеоперационных рентгенограмм 62 пациентов, оперированных с использованием компьютерной навигации, и 62 пациентов, которым тотальное замещение

коленного сустава было выполнено по стандартной методике, подтвердил повышение точности пространственной ориентации компонентов во всех плоскостях, несмотря на то, что пациентов обеих групп оперировали хирурги, обладающие достаточным опытом эндопротезирования.

Цель операции ТЭКС – обеспечить наилучший возможный функциональный результат для пациента. Имеется много факторов, влияющих на исход оперативного вмешательства. Диапазон движений был основным показателем исхода оперативного вмешательства и важной частью большинства систем оценки функции коленного сустава. Нарушение сагиттальной плоскости, также как и отсутствие должных позиционирований компонентов эндопротеза, могут привести к плохому функциональному результату, а также гиперэкстензии и сгибательной контрактуре. Из-за различных препятствий на пути к анатомическим ориентирам, к примеру таких как пневматические жгуты и хирургические простыни, визуальная оценка была затруднена. С применением КН некоторые исследователи отметили улучшение выравнивания имплантатов в коронарной и сагиттальной плоскостях [3, 6]. КН была внедрена в ТЭКС для повышения точности процедуры. Многочисленные авторы показали, что КН повышает точность костных резекций

в коронарной [5, 8] и сагиттальной плоскостях [8, 9]. Также было доказано, что она улучшает ротационное выравнивание бедренного компонента [10]. 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 транс-эпикондиллярную ось бедренной кости, линию Whiteside, задние линии мышечков и другие ориентиры для минимизации ошибки резекции и достижения должного позиционирования компонентов.

Наше исследование продемонстрировало более последовательное выравнивание промежутков разгибания и сгибания с использованием компьютерной техники балансировки зазоров и, следовательно,

меньшей фиксированной деформацией сгибания. Таким образом, КН является полезным инструментом для облегчения метода балансировки зазоров. Кроме того, была улучшена механическая центровка элементов эндопротеза. Наше рандомизированное контролируемое исследование с лучшей балансировкой зазора и механическим выравниванием смогло продемонстрировать улучшение показателей функции коленного сустава за период наблюдения.

Выводы. Компьютерная навигация позволяет при выполнении резекции бедра и большеберцовой костей в сагиттальных плоскостях учесть сгибательную контрактуру и гиперэкстензию коленного сустава, что сокращает время при тестовых примерках и создает условия для достижения адекватной амплитуды движений.

Литература

1. Герасименко М.А., Белецкий А.В. Патология коленного сустава у детей и пациентов молодого возраста / М.А. Герасименко, А.В. Белецкий // Минск: Техналогія, 2015. – С. 215.
2. Жук Е.В. Сравнение результатов использования навигационной и традиционной методике тотального эндопротезирования коленного сустава / Е.В. Жук, П. И. Лознухо // Инновации в медицине и фармации. –2018. – БГМУ. – С. 265–268.
3. Bathis H. Alignment in total knee arthroplasty. A comparison of computer assisted surgery with the conventional technique / H. Bathis, L. Perlick, M. Tingart, et al. // J Bone Joint Surg Br. – 2004. – 86. – P. 682–687.
4. Bayers-Thering M, Genu Recurvatum in Total Knee Arthroplasty / M. Bayers-Thering, K.A. Krackow, B.E. McGrath, M.J. Phillips // Annual Meeting ORS. –2011. –Poster No. 1225.
5. Decking R. Leg axis after computer navigated total knee arthroplasty / Decking R, Markmann Y, Fuchs J, et al. // J Arthroplasty. 2005. – 20. – P. 282–290.

6. Dutton AQ. Computer-assisted minimally invasive total knee arthroplasty compared with standard total knee arthroplasty. A prospective randomized study / AQ Dutton, SJ Yeo, KY Yan, et al. // J Bone Joint Surg Am. – 2008. – 90. – P. 2–9.
7. Gallie A.M. Computer-assisted navigation for the assessment of fixed flexion in knee arthroplasty / A.M. Gallie, Edward, T. Davis, K. Macgroarty, J. P. Waddell, E.H. Schemitsch // Can J Surg. – 2010. – Feb. – 53.1. – P. 42–46.
8. Haaker RG. Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty/ Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, et al. // Clin Orthop Relat Res. 2005. – 433. – P. 152–161.
9. Sparmann M. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomised study / Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, et al. // J Bone Joint Surg Br. 2003. – 85. – P. 830–835.
10. Stockl B. Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty / Stockl B, Nogler M, Rosiek R, et al. // Clin Orthop Relat Res. – 2004. – 426. P. 180–186.

References

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

2. Zhuk E.V. Sravnenie rezul'tatov ispol'zovaniya navigacionnoj i tradicionnoj metodike total'nogo endoprotezirovaniya kolennogo sustava / E.V. Zhuk, P. I. Loznuho // Innovacii v medicine i farmacii. – 2018. – BGMU. – S. 265–268.

3. *Bathis H.*, Alignment in total knee arthroplasty. A comparison of computer assisted surgery with the conventional technique / H. Bathis, L. Perlick, M. Tingart, et al. // *J Bone Joint Surg Br.* – 2004. – 86. – P. 682–687.

4. *Bayers-Thering M.*, Genu Recurvatum in Total Knee Arthroplasty / M. Bayers-Thering, K.A. Krackow, B.E. McGrath, M.J. Phillips // Annual Meeting ORS. – 2011. –Poster No. 1225.

5. *Decking R.* Leg axis after computer navigated total knee arthroplasty / Decking R, Markmann Y, Fuchs J, et al. // *J Arthroplasty.* 2005. – 20. – P. 282–290.

6. *Dutton AQ.* Computer-assisted minimally invasive total knee arthroplasty compared with standard total knee arthroplasty. A prospective randomized study / AQ Dutton, SJ Yeo, KY Yan, et al. // *J Bone Joint Surg Am.* – 2008. – 90. – P. 2–9.

7. *Gallie A.M.* Computer-assisted navigation for the assessment of fixed flexion in knee arthroplasty / A.M. Gallie, Edward, T. Davis, K. Macgroarty, J. P. Waddell, E.H. Schemitsch // *Can J Surg.* – 2010. – Feb. – 53.1. – P. 42–46.

8. *Haaker RG.* Computer-assisted navigation increases precision of component placement in total knee arthroplasty / Haaker RG, Stockheim M, Kamp M, et al. // *Clin Orthop Relat Res.* 2005. – 433. – P. 152–161.

9. *Sparmann M.* Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support. A prospective, randomised study / Sparmann M, Wolke B, Czupalla H, et al. // *J Bone Joint Surg Br.* 2003. – 85. – P. 830–835.

10. *Stockl B.* Navigation improves accuracy of rotational alignment in total knee arthroplasty / Stockl B, Nogler M, Rosiek R, et al. // *Clin Orthop Relat Res.* – 2004. – 426. P. 180–186.

Поступила 17.11.2022 г.