

© Коллектив авторов, 2009

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА И РАННИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ НАВИГАЦИИ

А.И. Петухов, Н.Н. Корнилов, Т.А. Куляба, Р.М. Тихилов, А.В. Селин,
И.И. Кройтору, В.Л. Игнатенко, А.В. Сараев

ФГУ «Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена Росмедтехнологий», Санкт-Петербург

Проведены анализ пространственного расположения компонентов эндопротеза коленного сустава и сравнительная оценка функциональных результатов тотального эндопротезирования у 47 больных с терминальным гонартрозом, оперированных с применением оптической компьютерной навигации (основная группа), и у 50 пациентов, оперированных по стандартной методике (контрольная группа). Использование компьютерной навигации позволило повысить точность восстановления механической оси конечности после эндопротезирования и снизить частоту отклонений от нее. Достоверные различия между основной и контрольной группами выявлены при оценке положения бедренного компонента во фронтальной ($p < 0,05$) и большеберцового компонента — в сагиттальной ($p < 0,05$) плоскости. Балльная оценка функции коленного сустава по шкалам KSS и WOMAC на протяжении первых 6 мес в основной группе была достоверно выше, чем в контрольной, после 6 мес различия нивелировались.

Ключевые слова: коленный сустав, эндопротезирование, компьютерная навигация, механическая ось конечности.

Analysis of Implant Alignment and Early Functional Results of Total Knee Replacement Performed Using Computer Navigation System

A.I. Petukhov, N.N. Kornilov, T.A. Kulyaba, R.M. Tikhilov, A.V. Selin, I.I. Croitoru, V.L. Ignatenko, A.V. Saraev

Knee implant alignment analysis and comparative assessment of functional results of 47 total joint replacements with computer navigation system (main group) versus 50 conventional arthroplasties (control group) were performed. Computer assisted system improved the accuracy of limb alignment after knee arthroplasty and reduced the rate of deviations. The position of femoral component in frontal plane and tibial component in sagittal plane showed statistically reliable differences between two groups ($p < 0.05$). Within the first 6 months after surgery knee joint function (KSS and WOMAC score systems) in the main group was trustworthily better as compared to the control group. Later on those differences smoothed over.

Key words: total knee arthroplasty, computer-assisted surgery, mechanical axis.

В настоящее время эндопротезирование суставов является важным и динамично развивающимся направлением в травматологии и ортопедии, позволяющим в относительно короткие сроки существенно улучшить качество жизни пациентов с заболеваниями и повреждениями опорно-двигательной системы. Вместе с тем, несмотря на постоянное совершенствование дизайна, материалов и технологий изготовления эндопротезов, по прошествии того или иного времени после первичной операции значительная часть пациентов нуждаются в ревизионных вмешательствах.

Среди причин, вызывающих необходимость ревизионного эндопротезирования коленного сустава, ведущее место занимают ранние и поздние инфекционные осложнения, а также асептическая нестабильность компонентов эндопротеза, обусловленная:

- неправильной пространственной ориентацией эндопротеза;
- ошибками в технике цементирования;
- нестабильностью коленного сустава или сохранением контрактуры из-за неравномерности стигматического и разгибательного промежутков [7, 9].

Причины инфекционных осложнений известны, но хирург не всегда может активно повлиять на них, особенно в случае развития поздней хирургической инфекции. Материалы, используемые в настоящее время ведущими мировыми производителями для изготовления эндопротезов, обладают высокой прочностью. Поэтому основным фактором, обуславливающим преждевременный износ компонентов эндопротеза коленного сустава и, как следствие, развитие их асептической нестабильности, являются ошибки, допускаемые при установке имплантатов.

Ретроспективные исследования отдаленных результатов эндопротезирования коленного сустава доказали важность идеального восстановления механической оси конечности и правильного расположения компонентов эндопротеза. В частности Jeffery и соавт. [10] определили, что при отклонении механической оси конечности после эндопротезирования до 3° асептическое расшатывание имплантата возникает в 3% случаев, а если отклонение превышает 3° , то через 8 лет частота асептического расшатывания увеличивается до 24%.

На протяжении последних десятилетий в травматологии и ортопедии прослеживается четкая тенденция к повышению точности хирургических манипуляций для достижения наилучших результатов лечения. Постоянно совершенствуются как техника операций, так и имплантаты с инструментальными системами, необходимыми для их надежной установки. Однако, несмотря на обилие механических технических средств, ошибки при имплантации эндопротезов продолжают допускать даже опытные хирурги. По данным Delp и соавт. [6], отклонение от правильного пространственного расположения бедренного и большеберцового компонентов более 3° наблюдается почти в 10% случаев. Это связано с тем, что во всех современных инструментальных системах есть ограничения, лимитирующие их точность. Одним из них является необходимость постоянного контролирования хирургом нескольких пространственных параметров ad oculos. Кроме того, точность предоперационного планирования напрямую зависит от условий выполнения рентгенографии, т.е. от соблюдения правильной стандартной укладки, чего крайне сложно добиться при наличии деформации и контрактуры конечности [4].



Рис. 1. Компоненты навигационной системы: 1 — камера, 2 — передвижная стойка камеры, 3 — рабочая станция, 4 — тележка для системы.

Указанные факты явились побудительным мотивом для разработки систем компьютерной навигации, которые помогают хирургу наиболее точно восстановить нормальную механическую ось конечности с учетом индивидуальных особенностей пациента за счет правильного пространственного расположения компонентов эндопротеза, а также сбалансировать сгибательный и разгибательный промежутки для обеспечения адекватной стабильности сустава в пределах всей амплитуды движений. Однако обоснование показаний и противопоказаний к использованию компьютерной оптической навигации, равно как и анализ результатов ее клинического применения, в отечественной литературе до настоящего времени не представлены.

Целью нашего исследования было изучение пространственного расположения компонентов эндопротеза и сравнение функциональных результатов при тотальном эндопротезировании коленного сустава с использованием компьютерной навигации и обычных инструментальных систем.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведены анализ эффективности применения компьютерной навигации и сравнительное изучение функциональных результатов эндопротезирования коленного сустава в двух группах больных — оперированных с использованием компьютерной навигации (основная группа) и по стандартной методике (контрольная группа). Операции были выполнены в отделении патологии коленного сустава РНИИТО им Р.Р. Вредена в период с 2007 по 2008 г. Пациенты обеих групп страдали гонартрозом III стадии по классификации Н.С. Косинской [1]. Группы были сопоставимы по половой и возрастной структуре и степени функциональных ограничений (выраженность контрактуры и деформации конечности).

В основную группу вошли 47 пациентов (38 женщин и 9 мужчин) в возрасте от 50 до 80 лет (средний возраст $66,7 \pm 7,1$ года). Фронтальная деформация конечности варьировала у них от 18° варусной до 21° вальгусной (в среднем $7,8 \pm 4,8^\circ$), объем движений в коленном суставе составлял в среднем $85 \pm 15^\circ$ (амплитуда движений от 180 до 80°).

В контрольную группу были включены 50 пациентов (42 женщины и 8 мужчин) в возрасте от 51 года до 85 лет (средний возраст $68,5 \pm 7,5$ года). Деформация конечности составляла у них в среднем $9,1 \pm 4,0^\circ$ (от 17° варусной до 20° вальгусной), средний объем движений в коленном суставе — $90 \pm 10^\circ$ (амплитуда движений от 180 до 70°).

При выполнении операции в основной группе использовали оптическую навигационную систему «BrainLAB» (Германия). Конструктивно навигационная система состоит из неподвижных и мобильных датчиков, инфракрасной камеры с излучателем, улавливающей перемещение датчиков в пространстве, и компьютера с программным обеспечением (рис. 1).

Датчики пассивно отражают инфракрасный сигнал, генерируемый источником, вмонтированным в камеру. Неподвижные датчики фиксируются к диафизу бедренной и большеберцовой костей на одном—двух стержнях через верхний и нижний края раны либо через дополнительные пункционные разрезы и ориентируются таким образом, чтобы в пределах всей амплитуды движений в суставе они не выходили за границы обзора камеры, не мешая при этом установке резекторных блоков. Необходимо надежно зафиксировать стационарные датчики и следить за тем, чтобы во время операции они не были случайно смещены, так как в этом случае процесс регистрации придется выполнять заново. Мобильные датчики служат для регистрации анатомических ориентиров и уточнения плоскостей опилов мыщелков (рис. 2).

В системе компьютерной навигации, использованной нами, программное обеспечение было универсальным, что позволило применять эндопротезы и инструменты различных типов, в частности АСГ производства «Biomet» (Великобритания) и LCS или Sigma производства «De Puy J&J» (США). После завершения процесса регистрации и проверки точности виртуальной модели становится возможным выполнение основного этапа — навигации костных опилов и оценки баланса капсульно-связочных структур.

При операциях без применения компьютерной навигации использовали стандартные направители — экстрамедуллярные для резекции большеберцовой кости и интрамедуллярные для резекции бедренной кости.

Средняя продолжительность операции в основной группе составила 125 ± 20 мин, в контрольной — 100 ± 10 мин.

Точность пространственной ориентации определяли по послеоперационным телерентгенограммам всей нижней конечности, а также по рентгенограммам коленного сустава в прямой и боковой проекциях стандартной протяженности. Оценку механической оси нижней конечности проводили с использованием компьютерной программы Ortho View.

Для клинической оценки результатов эндопротезирования коленного сустава применяли системы балльной оценки KSS и WOMAC. Чтобы определить, следовало ли восстановление механической оси конечности за нормальным (Гауссовым) распределением, при статистическом анализе результатов использовали тест Колмогорова — Смирнова. Анализ полученных данных проводили с использованием параметрического критерия для сравнения двух независимых групп — independent t-test.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Среднее отклонение от механической оси конечности у пациентов основной группы составило $0,9 \pm 0,7^\circ$ (диапазон от 5° варусной деформации до

Рис. 2. Расположение стационарных и мобильного датчиков относительно коленного сустава.



3° вальгусной), у пациентов контрольной группы — $1,1 \pm 1,0^\circ$ (диапазон от 7° варусной деформации до 5° вальгусной) ($p < 0,05$). Положение механической оси конечности варьировало в пределах $\pm 3^\circ$ в группе компьютерной навигации в 91,5% случаев, в контрольной группе — в 80,0%. В основной группе механическая ось конечности выходила за пределы допустимых 3° (максимальное отклонение 5°) у 4 (8,5%) больных, в контрольной группе — у 10 (20%) пациентов (максимальное отклонение 7°), из них у 2 ось конечности отклонялась от механической оси более чем на 5° (рис. 3).

Подобные же различия выявлены при оценке ориентации большеберцового и бедренного компонентов во фронтальной и сагиттальной плоскостях.

Отклонение бедренного компонента от механической оси конечности во фронтальной плоскости не выходило за пределы $\pm 3^\circ$ у всех 47 пациентов основной группы, тогда как в контрольной группе — у 94,0% больных ($p < 0,05$) (рис. 4). В сагиттальной плоскости отклонение бедренного компонента от механической оси конечности в диапазоне от 0 до 5° сгибания констатировано в основной группе у 89,4% пациентов, в контрольной — у 72,0% ($p < 0,05$) (рис. 5).



Рис. 3. Степень отклонения механической оси конечности (Ω).



Рис. 4. Положение бедренного компонента во фронтальной плоскости (α).

Отклонение положения большеберцового компонента от механической оси конечности во фронтальной плоскости варьировало в пределах $\pm 3^\circ$ в основной группе у 97,9% пациентов, в контрольной — у 94,0%, составляя соответственно $0,9 \pm 0,7^\circ$ (диапазон от 5° варусной деформации до 3° вальгусной) и $1,1 \pm 1,0^\circ$ (диапазон от 7° варусной деформации до 5° вальгусной). Среднее отклонение от механической оси конечности во фронтальной плоскости для большеберцового компонента составило $1,1 \pm 0,9^\circ$ в основной группе и $1,5 \pm 1,2^\circ$ в контрольной группе ($p > 0,05$) (рис. 6). В сагиттальной плоскости отклонение большеберцового компонента от механической оси конечности варьировало в нормальных пределах сгибания в основной группе у 95,7% больных, в контрольной — у 86,0% ($p < 0,05$) (рис. 7).

Проведенный сравнительный анализ послеоперационных рентгенограмм 47 пациентов, оперированных с использованием компьютерной навигации, и 50 пациентов, оперированных по стандартной методике, подтвердил, что применение навигации приводит к повышению точности пространственной ориентации компонентов эндопротеза во

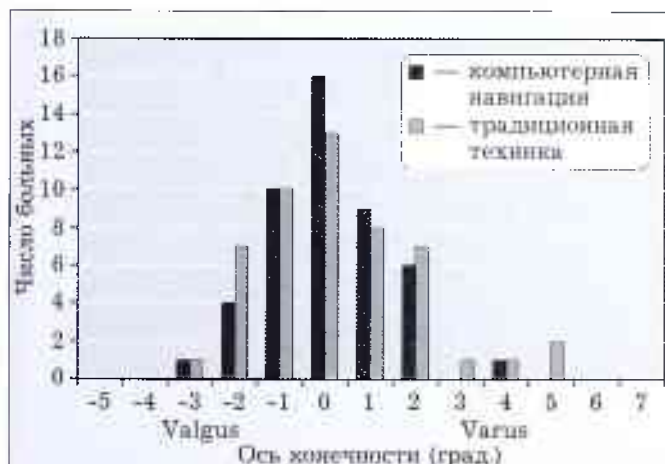


Рис. 6. Положение большеберцового компонента во фронтальной плоскости (β).

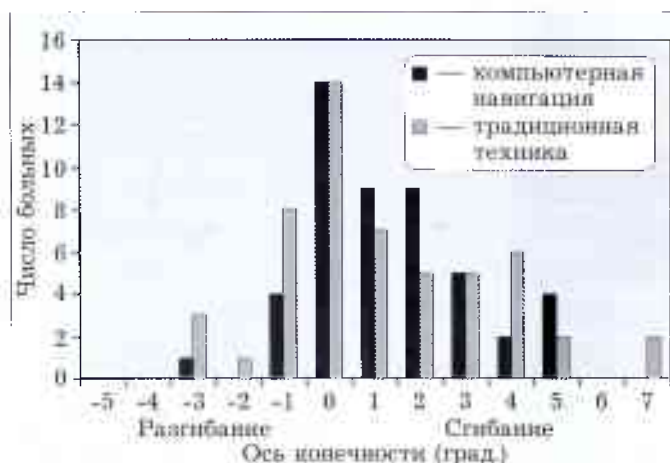


Рис. 5. Положение бедренного компонента в сагиттальной плоскости (γ).

всех плоскостях; для положения бедренного компонента во фронтальной и большеберцового в сагиттальной плоскости продемонстрированы достоверные различия ($p < 0,05$).

Наши данные согласуются с выводами большинства авторов о том, что точность имплантации компонентов эндопротеза коленного сустава при использовании компьютерной навигации достоверно повышается [2, 3, 5, 11]. Теоретически это должно способствовать снижению частоты ревизионных вмешательств, поскольку, как показали ретроспективные исследования отдаленных результатов, идеальное восстановление механической оси конечности и правильное расположение компонентов эндопротеза имеет важное значение для его долговечности [10, 12].

До операции средняя оценка функции коленного сустава по шкале KSS составляла в основной группе $68,5 \pm 4,8$ балла (от 51 до 83 баллов), в контрольной группе — $66,5 \pm 4,6$ балла (от 46 до 81 балла). Через 3 мес после эндопротезирования, выполненного с использованием компьютерной навигации, средняя оценка по шкале KSS была выше,

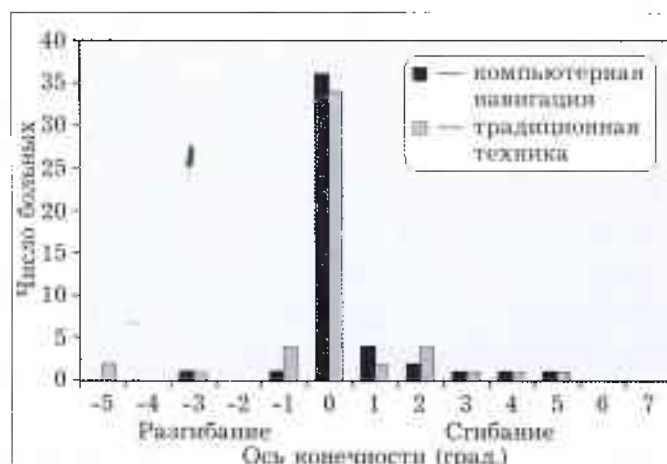


Рис. 7. Положение большеберцового компонента в сагиттальной плоскости (δ).

чем после эндопротезирования, выполненного по стандартной методике ($p=0,042$). Спустя 6 мес оценка возросла в основной группе до $92,5 \pm 3,8$ балла (85–100 баллов), в контрольной — до $91,4 \pm 4,0$ балла (77–100 баллов) ($p < 0,01$ для обеих групп). По шкале WOMAC выраженность болевого синдрома в основной группе была ниже, чем в контрольной, в течение 3 мес после операции ($p=0,020$); через 6 мес достоверных различий не выявлено.

Ранние функциональные результаты тотального эндопротезирования коленного сустава при выполнении операции с использованием компьютерной навигации и без нее, оцениваемые по клиническим балльным шкалам, сходны [8]. Вместе с тем Matsumoto и соавт. установили, что через 2 года амплитуда сгибания в коленном суставе у пациентов, оперированных с применением навигации, была на $7,8^\circ$ больше [11]. Авторы связывают это с более точным расположением бедренного и большеберцового компонентов в сагиттальной плоскости.

По нашему мнению, основными преимуществами компьютерной навигации являются облегчение ориентации резекторных блоков (особенно при малоинвазивных доступах), количественное отображение степени балансировки связок в пределах всей амплитуды движений в коленном суставе и точная коррекция механической оси конечности. Кроме того, не требуется вскрытия костномозговых каналов и применения интрамедуллярных направляющих, что предотвращает риск развития жировой эмболии.

Из недостатков нельзя не отметить высокую стоимость оборудования и увеличение продолжительности хирургического вмешательства (от 40 мин на этапе освоения методики до 20 мин при приобретении навыков ее использования). Кроме того, в ряде клинических ситуаций применение навигации невозможно, например, при анкилозе тазобедренного сустава или выраженном коксартрозе, так как ротация будет сопровождаться смещением таза, из-за чего возникнет погрешность при определении проксимальной точки оси конечности.

Каких-либо специфических осложнений, связанных с применением компьютерной навигации во время тотального эндопротезирования коленного сустава, выявлено не было.

ВЫВОДЫ

1. Использование компьютерной навигации при эндопротезировании коленного сустава приводит к более точной пространственной ориентации компонентов эндопротеза с меньшей частотой отклонений.

2. Эндопротезирование с применением компьютерной навигации в сроки до 3–6 мес после операции дает лучшие функциональные результаты, чем традиционная хирургическая техника, однако позднее различия практически исчезают. Потенциальное влияние компьютерной навигации на функциональное восстановление в отдаленные сроки наблюдения требует дальнейшего изучения.

3. Хотя компьютерная навигация в эндопротезировании коленного сустава в настоящее время еще продолжает совершенствоваться как в плане программного обеспечения, так и в плане конструктивных особенностей инструментов, широкое клиническое применение данных систем, безусловно, оправданно. Ни в коей мере не заменяя хирурга, они существенно облегчают достижение стоящей перед ним цели — восстановление функции пораженного сустава и максимальное увеличение срока службы эндопротеза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косинская Н.С., Рохлин Д.Г. Рабочая классификация и общая характеристика поражений костно-суставного аппарата. — Л., 1961.
2. Balthis H., Perlick L., Tingart M. et al. Alignment in total knee arthroplasty // J. Bone Jt Surg. — 2004. — Vol. 86B. — P. 682–687.
3. Balthis H., Perlick L., Tingart M. et al. Intraoperative cutting errors in total knee arthroplasty // Arch. Orthop. Trauma Surg. — 2005. — Vol. 125, N 1. — P. 16–20.
4. Brouwer R., Jakma T., Brouwer K., Verhaar J. Pitfalls in determining knee alignment: a radiographic cadaver study // J. Knee Surg. — 2007. — Vol. 20, N 3. — P. 210–215.
5. Chauhan S., Clark G., Loyd S. et al. Computer-assisted total knee replacement // J. Bone Jt Surg. — 2004. — Vol. 86B. — P. 818–823.
6. Delp S., Stulberg S., Davies B. et al. Computer-assisted knee replacement // Clin. Orthop. — 1998. — N 354. — P. 49–56.
7. Engh G.A., Rorabeck C.P. Revision total knee arthroplasty. — Philadelphia, 1997.
8. Ensini A., Catani F., Leardini A. et al. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty // Clin. Orthop. — 2007. — N 457. — P. 156–162.
9. Heck D.A., Melfi C.A., Mamlin L.A. Revision rates after knee replacement in the United State // Med. Care. — 1998. — Vol. 36. — P. 661–669.
10. Jeffery R., Morris R., Denham R. Coronal alignment after total knee replacement // J. Bone Jt Surg. — 1991. — Vol. 73B. — P. 709–714.
11. Matsumoto T., Tsumura N., Kurosaka M. et al. Clinical values in computer-assisted total knee arthroplasty // Orthopedics. — 2006. — Vol. 29, N 12. — P. 1115–1120.
12. Ritter M., Faris P., Keating E., Meding J. Postoperative alignment of total knee replacement: its effect on survival // Clin. Orthop. — 1994. — N 299. — P. 153–156.

Сведения об авторах: Петухов А.И. — младший науч. сотр. отделения патологии коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена; Корнилов Н.Н. — доктор мед. наук, ведущий науч. сотр. того же отделения; Куляба Т.А. — канд. мед. наук, зав. тем же отделением; Тихилова Р.М. — профессор, доктор мед. наук, директор РНИИТО им. Р.Р. Вредена; Селин А.В. — канд. мед. наук, науч. сотр. отделения патологии коленного сустава РНИИТО им. Р.Р. Вредена; Кроитор И.И. — канд. мед. наук, науч. сотр. того же отделения; Игнатенко В.Л. — младший науч. сотр. того же отделения; Сараев А.В. — ординатор того же отделения.

Для контактов: Петухов Алексей Иванович. 195427, Санкт-Петербург, ул. акад. Байкова, дом 8, РНИИТО им. Р.Р. Вредена. Тел.: (812) 556-08-34. E-mail: drpetukhov@yandex.ru