

ТРАВМАТОЛОГИЯ И ОРТОПЕДИЯ

TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS

УДК 617.3

doi:10.21685/2072-3032-2023-1-1

Принцип восстановления суставной линии при ревизионном эндопротезировании коленного сустава

Д. Н. Ефимов¹, Н. С. Николаев²

^{1,2}Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования,
Чебоксары, Россия

¹Defimov84@gmail.com, ²Nikolaevns@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Потребность в ревизионном эндопротезировании коленного сустава увеличивается с каждым годом. Технические сложности представляет определение корректного уровня линии сустава при дефектах бедренной кости. Цель исследования: определить среднестатистические коэффициенты дистализации суставной линии. *Материалы и методы.* Изучены параметры коленного сустава, определяемые рентгенологически. На основании этих параметров определены коэффициенты взаимосвязи анатомических структур в зависимости от пола. *Результаты.* На основе этих данных были получены среднестатистические коэффициенты дистализации суставной линии. *Выводы.* Предложенный метод определения дистализации линии сустава является универсальным, так как изученные параметры относительны, что позволяет нивелировать погрешность между ними при измерении исследуемых величин рентгенологическим методом и в процессе оперативного вмешательства.

Ключевые слова: коленный сустав, ревизионное эндопротезирование, суставная линия

Для цитирования: Ефимов Д. Н., Николаев Н. С. Принцип восстановления суставной линии при ревизионном эндопротезировании коленного сустава // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. 2023. № 1. С. 5–13. doi:10.21685/2072-3032-2023-1-1

The principle of the joint line restoring in revision knee replacement

D.N. Efimov¹, N.S. Nikolaev²

^{1,2}Federal center of traumatology, orthopedics and arthroplasty, Cheboksary, Russia

¹Defimov84@gmail.com, ²Nikolaevns@mail.ru

Abstract. *Background.* The need for revision knee replacement is increasing every year. Technical difficulties are the determination of the correct level of the joint line in case of femoral defects. The purpose of the study is to determine the average coefficients of the

joint line distalization. *Materials and Methods*. The parameters of the knee joint determined by X-ray were studied. Based on these parameters, the coefficients of the relationship of anatomical structures depending on gender were determined. *Results*. Using these data, the average coefficients of the joint line distalization were obtained. *Conclusions*. The proposed method for determining the joint line distalization is universal, since the studied parameters are relative, which makes it possible to level the error between them when measuring the studied values by the X-ray method and during the surgical intervention.

Keywords: Knee joint, revision replacement, joint line

For citation: Efimov D.N., Nikolaev N.S. The principle of the joint line restoring in revision knee replacement. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Meditsinskie nauki* = *University proceedings. Volga region. Medical sciences*. 2023;(1):5–13. (In Russ.). doi:10.21685/2072-3032-2023-1-1

Введение

Распространенность остеоартроза коленного сустава среди взрослого населения составляет 6–30 % [1]. В последнее время для лечения терминальных стадий данной патологии все чаще используются методы артропластики. По статистическим данным, только в США к 2030 г. потребность в первичном эндопротезировании суставов превысит 3 млн в год, что на 600 % больше, чем в 2005 г. [2], это неизбежно повлечет за собой увеличение количества ревизионных вмешательств [3]. Несмотря на внедрение новых технических решений, учитывающих географические, расовые и гендерные факторы, нестабильность эндопротеза встречается в 5–22 % случаев и является основной причиной ревизионных операций [4]. Курение и ожирение (особенно III–IV степени) способствуют развитию нестабильности эндопротеза [5]. Каждая последующая ревизия коленного сустава сопровождается потерей костной массы и увеличением дефектов суставных поверхностей, требующих применения более массивных конструкций [6], а также более высоким риском послеоперационных неинфекционных и инфекционных [7] осложнений.

Известно, что нарушения нормальной кинематики коленного сустава после ревизионного эндопротезирования приводят к плохим клиническим результатам [8]. Изменение положения суставной линии более чем на 4 мм по отношению к нативной влечет за собой уменьшение амплитуды движений, болевому синдрому в передних отделах оперированного коленного сустава ввиду изменения прочности разгибателей или избыточной нагрузки на надколенник [9]. Хороший результат после оперативного лечения имеет прямую зависимость от корректного восстановления линии сустава [10], однако выраженные дефекты костей, образующих коленный сустав, зачастую вызывают трудности с определением нормального положения линии сустава [11].

Материалы и методы

Данное исследование одобрено локальным этическим комитетом и направлено на изучение взаимосвязи анатомических параметров коленного сустава (Патент на изобретение RU 2611911).

Проведена оценка анатомических параметров сустава (рис. 1):

- 1) надмыщелковая линия (**AB**), соединяющая вершину медиального надмыщелка и латерального надмыщелка бедренной кости в прямой проекции.
- 2) латеральная дистализация суставной линии – отрезок **AD**, проведен от вершины наружного надмыщелка бедренной кости к плоскости суставной

поверхности мыщелков бедренной кости (n) под прямым углом к надмыщелковой линии АВ.

3) медиальная дистализация суставной линии – отрезок **CX**, проведен под прямым углом к надмыщелковой линии от вершины бугристости к которой прикрепляется большая приводящая мышца бедра к плоскости суставной поверхности мыщелков бедренной кости (n).

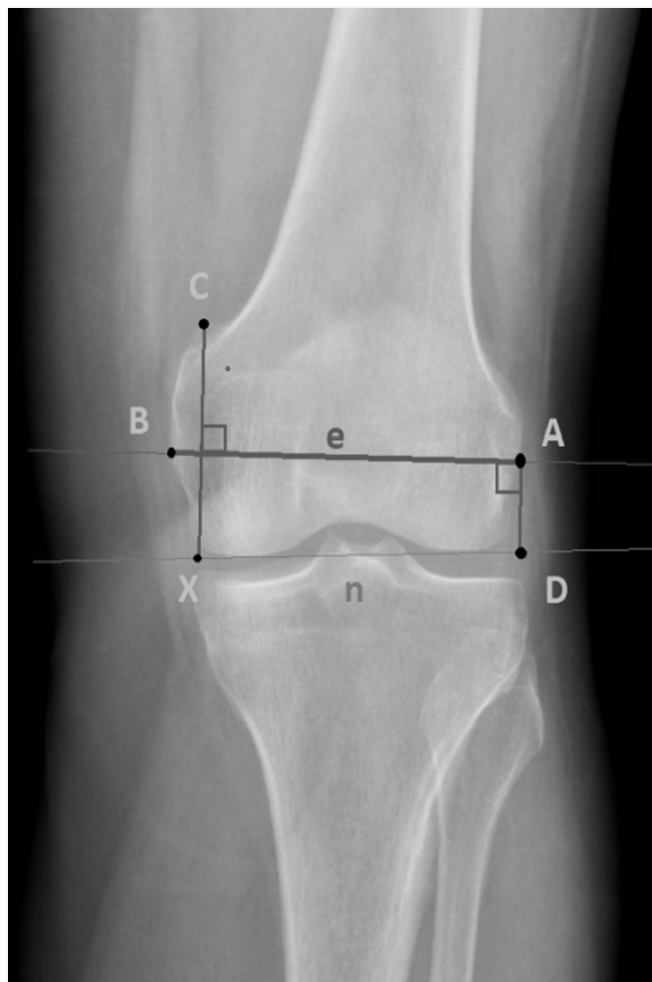


Рис. 1. Рентгенологические измерения линий **AB**, **AD**, **CX**

Результаты

На основании изучения 437 рентгенограмм коленного сустава было установлено, что средняя длина линии **AB** составляет $90,9 \pm 6,3$ мм. Показатели измерения линии **AB** у мужчин и женщин были статистически значимыми. Для мужчин она составила $91,6 \pm 7,3$ мм, для женщин $90,1 \pm 5,2$ мм; [$t_{(435)} = 5,685$; $p < 0,001$]. Средняя длина линии **AD** составила $24,3 \pm 3,5$ мм. Не найдено существенных различий между измерениями линии в зависимости от пола. Для мужчин она составила $24,6 \pm 3,5$ мм, для женщин $24,1 \pm 3,33$ мм [$t_{(435)} = 1,463$; $p = 0,15$]. Средняя длина линии **CX** составила $46,86 \pm 4,78$ мм. Размеры линии **CX** показали статистически значимые различия в зависимо-

сти от пола. Для мужчин длина составила $47,9 \pm 5,42$ мм, для женщин – $45,5 \pm 3,77$ мм [$t_{(435)} = 8,025$; $p < 0,001$].

На основе этих данных были получены среднестатистические коэффициенты дистализации суставной линии:

– латеральный коэффициент дистализации суставной линии:

$$AD_{\text{муж}} = 0,269 \times AB; AD_{\text{жен}} = 0,267 \times AB;$$

– медиальный коэффициент дистализации суставной линии:

$$CX_{\text{муж}} = 0,523 \times AB; CX_{\text{жен}} = 0,504 \times AB.$$

Особенности хирургической техники

В настоящее время общепринятым методом оценки потери костной ткани является классификация AORI. Данный метод наиболее удобен в применении при дефектах бедренной кости F2A, F2B.

По полученным коэффициентам дистализации суставной линии по рентгенограмме определяется корректное положение имплантата.

Определяется положение надмыщелковой линии (AB) и линии сустава n (см. рис. 1). Для определения медиального коэффициента дистализации из точки С, являющейся местом прикрепления большой приводящей мышцы бедра, в прямой проекции проводится медиальная линия (CX) в сторону суставной линии, перпендикулярная надмыщелковой линии. Длина медиальной линии (CX) – это 0,523 длины надмыщелковой линии AB у мужчин и 0,504 – у женщин. Из точки А (см. рис. 1), являющейся вершиной латерального надмыщелка, в прямой проекции проводится латеральная линия (AD), перпендикулярная надмыщелковой, в сторону линии сустава. Длина линии AD составляет 0,27 длины надмыщелковой линии. В ходе операции для исключения радиологической погрешности измерения длины надмыщелковой линии проводится ее измерение в натуральную величину. При совпадении интраоперационных данных с данными предоперационного планирования используются ранее полученные расстояния CX и AD. В случае расхождения между интраоперационными измерениями длины надмыщелковой линии и рассчитанными в процессе предоперационного планирования проводятся новые расчеты линии CX и AD.

Имплантация бедренного компонента эндопротеза осуществляется с учетом соответствия суставной поверхности бедренного компонента с исходной линией сустава. Для этого определяется положение точек С и А, которые легко пальпируются. Используя измерительный инструмент (штангенциркуль, линейка и т.д.) от точки С в сторону суставной линии отмеряется расстояние, равное медиальному отрезку CX. Из точки А в сторону суставной линии отмеряется расстояние, равное латеральному отрезку AD.

Бедренный компонент крепится к бедренной кости в заданном положении. При необходимости проводится моделирование суставного конца бедренной и большеберцовой костей при помощи костного цемента, костного пластического материала, искусственного материала. Имплантация тибиального компонента осуществляется с соблюдением нормального связочного баланса коленного сустава. Имплантация бедренного компонента эндопротеза по отношению к бедренной кости при заранее рассчитанном расстоянии CX и

АД в прямой проекции обеспечивает совпадение линии суставной поверхности бедренного компонента с суставной поверхностью бедренной кости.

Клинический пример

Пациентка К., диагноз: артикулирующий спейсер правого коленного сустава. Дефекты по AORI: F2a, T2a.

Пациентке проведено рентгенологическое исследование коленного сустава (рис. 2). В процессе предоперационного планирования на рентгенограмме коленного сустава определили положение и длину надмыщелковой линии бедра; длина составила 89 мм. Затем определили оптимальное пространственное положение суставной линии. Для этого рассчитали длину отрезка медиальной дистализации суставной линии: от точки крепления большой приводящей мышцы бедра на расстояние 44,5 мм (0,50 длины надмыщелковой линии). Затем рассчитали длину отрезка латеральной дистализации суставной линии от вершины латерального надмыщелка на расстояние 24 мм (0,27 от длины надмыщелковой линии).

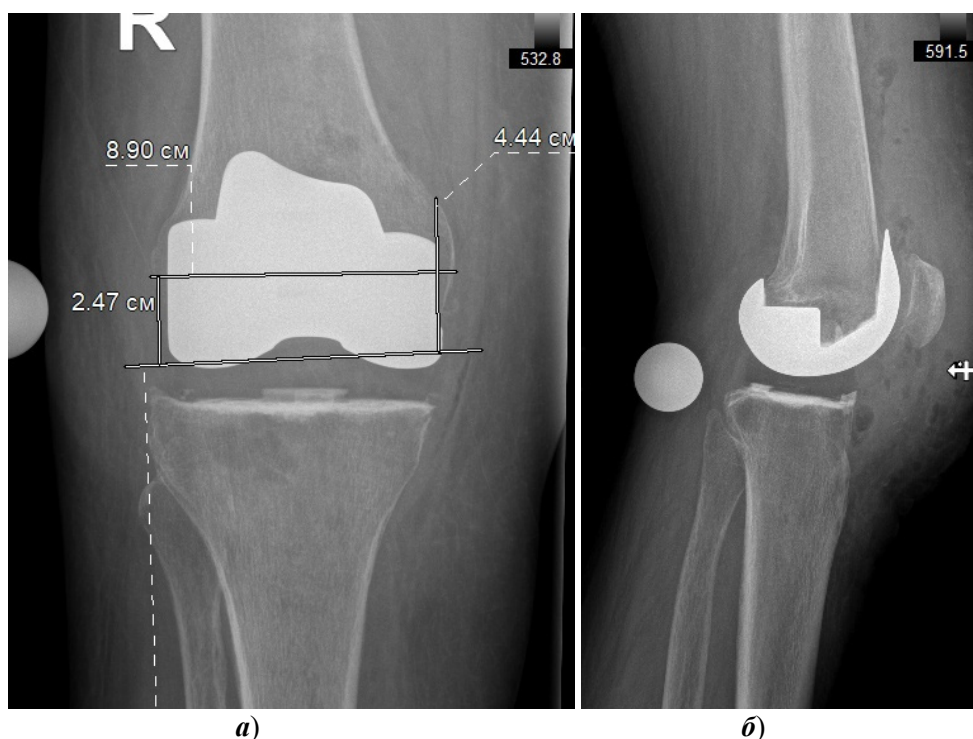


Рис. 2. Рентгенологические измерения дистализации суставной линии (до оперативного лечения)

Пациентке К. проведено ревизионное эндопротезирование правого коленного сустава медиальным парapatеллярным стандартным доступом в соответствии с общепринятой хирургической методикой [12]. В ходе операции удалены компоненты спейсера. На бедренной кости определена бугристость большой приводящей мышцы бедра, верхушки надмыщелков. С помощью подручного измерительного инструмента определена длина надмыщелковой

линии, которая составила 88 мм. Медиальный отрезок дистализации составил 44 мм, латеральный – 24 мм. С учетом полученных коэффициентов выполнена установка эндопротеза коленного сустава. Затем проведена установка тиббиального компонента эндопротеза с условием поддержания нормального связочного баланса (относительной равномерности растяжения связок, симметрии суставной щели в положении допустимой амплитуды движений). Проведен послеоперационный рентгенологический контроль для подтверждения корректности установки эндопротеза (рис. 3).

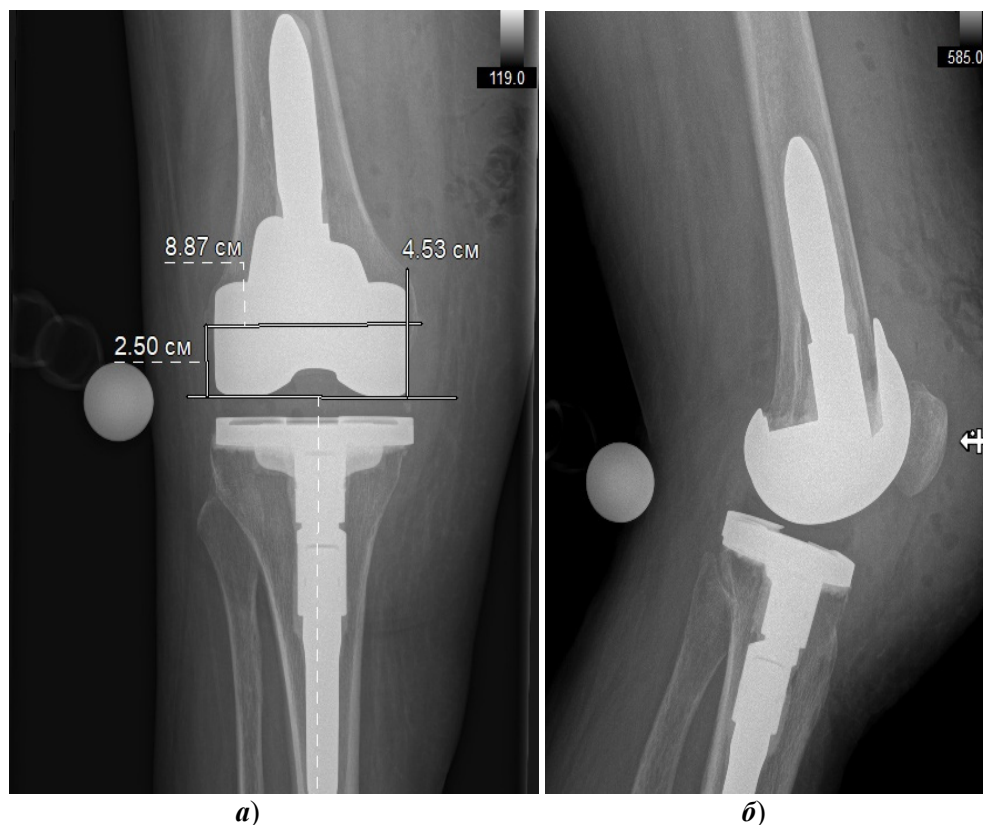


Рис. 3. Рентгенологические измерения дистализации суставной линии (после оперативного лечения)

Дискуссия

Одним из критериев успешного ревизионного эндопротезирования является восстановление биомеханики коленного сустава. В отношении бедренной кости нормальная биомеханика конвенционально базируется на «трех китах» – корректный угол вальгусного отклонения бедренной кости, корректная ротация бедренного компонента относительно оси бедренной кости, корректное положение суставной линии. В ревизионной артропластике стандартный набор инструментов систем ревизионного эндопротезирования позволяет выполнить оперативное вмешательство с учетом вальгусного отклонения бедренной кости и ротации бедренного компонента, однако определение корректного положения суставной линии может вызвать определенные трудности.

Известные способы определения суставной линии, использующие в качестве ориентиров расстояние до суставной линии бугристость большеберцовой кости, расстояние от надмыщелков бедра, расстояние от головки малоберцовой кости, имеют недостаточную точность из-за большого диапазона разброса данных. Так, например, среднее расстояние до суставной линии от латерального надмыщелка составляет 23 мм от медиального – 28 мм с диапазоном разброса до 11 мм с учетом гендерных различий. Расстояние от головки малоберцовой кости до суставной линии составляет в среднем 14 мм (в диапазоне 4,1–22,13) без гендерных различий. Расстояние от бугристости большеберцовой кости до суставной линии составляет в среднем 22 мм (диапазон 10,61–32,09) [13]. Известно, что расстояние от суставной линии до верхней части головки малоберцовой кости одинаково на обеих ногах [14], что мы можем учитывать при восстановлении суставной линии, но это требует дополнительной лучевой нагрузки на пациента. Однако значение этого измерения будет сомнительным при двустороннем поражении суставов и рентгенологических погрешностях.

Предложенный метод определения взаимосвязи между надмыщелковой линией является более точным, чем известные [15], он принимает во внимание различия между полами и в то же время является более универсальным, так как изученные параметры относительны, что позволяет нивелировать погрешность между ними при измерении исследуемых величин рентгенологическим методом и в процессе оперативного вмешательства.

Заключение

Используя данные пропорции, можно определить положение суставной линии в прямой проекции и уровень установки имплантата при дефекте значительной части суставного конца бедренной кости, конечно, при условии сохранения обозначенных анатомических ориентиров.

Список литературы

1. Carvalho R. T. de., Santos D. B. Neto, Chammas V., Arrebola L. S., Colombo M. L., Scalizi C. Junior. Influence of body mass index in revision total knee arthroplasty // *Acta Ortop Bras.* 2015. Vol. 23 (6). P. 290–293.
2. Cherian J. J., Bhavne A., Harwin S. F., Mont M. A. Outcomes and Aseptic Survivorship of Revision Total Knee Arthroplasty // *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2016. Vol. 45 (2). P. 79–85.
3. Angelini F. J., Helito C. P., Veronesi B. A., Guimarães T. M., Pécora J. R., Demange M. K. Knee arthroplasty revision with a constrained implant using hinge and rotating tibial // *Acta Ortop Bras.* 2016. Vol. 24 (1). P. 22–26. doi:10.1590/1413-785220162401153984
4. Cottino U., Sculco P. K., Sierra R. J., Abdel M. P. Instability After Total Knee Arthroplasty // *Orthop Clin North Am.* 2016. Vol. 47 (2). P. 311–316. doi:10.1016/j.ocl.2015.09.007
5. Корнилов Н. Н., Куляба Т. А., Филь А. С., Муравьева Ю. В. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. П. П. Вредена за 2011–2013 годы // *Травматология и ортопедия России.* 2015. № 1 (75). С. 136–151.
6. Бовкис Г. Ю., Куляба Т. А., Корнилов Н. Н. Компенсация дефектов метаэпифизов бедренной и большеберцовой костей при ревизионном эндопротезировании коленного сустава – способы и результаты их применения (обзор литературы) // *Травматология и ортопедия России.* 2016. № 2 (80). С. 101–113.

7. Barry J. J., Thielen Z., Sing D. C., Yi P. H., Hansen E. N., Ries M. Length of Endoprosthetic Reconstruction in Revision Knee Arthroplasty Is Associated With Complications and Reoperations // *Clin Orthop Relat Res*. 2016. Apr. 19.
8. Akbari Shandiz M., Boulos P., Saevarsson S. K., Yoo S., Miller S., Anglin C. Changes in knee kinematics following total knee arthroplasty // *Proc Inst Mech Eng H*. 2016. Vol. 230 (4). P. 265–278. doi:10.1177/0954411916632491
9. Hofmann A. A., Kurtin S. M., Lyons S., Tanner A. M., Bolognesi M. P. Clinical and radiographic analysis of accurate restoration of the joint line in revision total knee arthroplasty // *J Arthroplasty*. 2006. Vol. 21 (8). P. 1154–1162.
10. Yoshii I., Whiteside L. A., White S. E., Milliano M. T. Influence of prosthetic joint line position on knee kinematics and patellar position // *J Arthroplasty*. 1991. Vol. 6 (2). P. 169–177.
11. Seon J. K., Song E. K. Joint line and patellar height restoration after revision total knee arthroplasty // *Indian J Orthop*. 2016. Vol. 50 (2). P. 159–165. doi:10.4103/0019-5413.177569
12. Abdel M. P., Della Valle C. J. The surgical approach for revision total knee arthroplasty // *Bone Joint J*. 2016. 98-B (1 Suppl A). P. 113–155. doi:10.1302/0301-620X.98B1.36315
13. Servien E., Viskontas D., Giuffrè B. M., Coolican M. R., Parker D. A. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008. Vol. 16 (3). P. 263–269.
14. Clavé A., Le Henaff G., Roger T., Maisongrosse P., Mabit C., Dubrana F. Joint line level in revision total knee replacement: assessment and functional results with an average of seven years follow-up // *Int Orthop*. 2016. Jan. 8.
15. Iacono F., Raspugli G. F., Filardo G., Bruni D., Zaffagnini S., Bignozzi S., Lo Presti M., Akkawi I., Neri M. P., Marcacci M. The adductor tubercle: an important landmark to determine the joint line level in revision total knee arthroplasty // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015. Mar. 12.

References

1. Carvalho R.T.de., Santos D.B. Neto, Chammas V., Arrebola L.S., Colombo M.L., Scalizi C. Junior. Influence of body mass index in revision total knee arthroplasty. *Acta Ortop Bras*. 2015;23(6):290–293.
2. Cherian J.J., Bhavé A., Harwin S.F., Mont M.A. Outcomes and Aseptic Survivorship of Revision Total Knee Arthroplasty. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2016;45(2):79–85.
3. Angelini F.J., Helito C.P., Veronesi B.A., Guimarães T.M., Pécora J.R., Demange M.K. Knee arthroplasty revision with a constrained implant using hinge and rotating tibial. *Acta Ortop Bras*. 2016;24(1):22–26. doi:10.1590/1413-785220162401153984
4. Cottino U., Sculco P. K., Sierra R.J., Abdel M.P. Instability After Total Knee Arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. 2016;47(2):311–316. doi:10.1016/j.ocl.2015.09.007
5. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil' A.S., Murav'eva Yu.V. Knee replacement registry data of the Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden for 2011-2013. *Travmatologiya i ortopediya Rossii = Traumatology and orthopedics in Russia*. 2015;(1):136–151. (In Russ.)
6. Bovkis G.Yu., Kulyaba T.A., Kornilov N.N. Compensation for defects in the metaepiphyses of the femur and tibia in revision knee replacement - methods and results of their application. *Travmatologiya i ortopediya Rossii = Traumatology and orthopedics in Russia*. 2016;(2):101–113. (In Russ.)
7. Barry J.J., Thielen Z., Sing D.C., Yi P.H., Hansen E.N., Ries M. Length of Endoprosthetic Reconstruction in Revision Knee Arthroplasty Is Associated With Complications and Reoperations. *Clin Orthop Relat Res*. 2016;Apr.19.
8. Akbari Shandiz M., Boulos P., Saevarsson S.K., Yoo S., Miller S., Anglin C. Changes in knee kinematics following total knee arthroplasty. *Proc Inst Mech Eng H*. 2016;230(4):265–278. doi:10.1177/0954411916632491

9. Hofmann A.A., Kurtin S.M., Lyons S., Tanner A.M., Bolognesi M.P. Clinical and radiographic analysis of accurate restoration of the joint line in revision total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2006;21(8):1154–1162.
10. Yoshii I., Whiteside L.A., White S.E., Milliano M.T. Influence of prosthetic joint line position on knee kinematics and patellar position. *J Arthroplasty*. 1991;6(2):169–177.
11. Seon J.K., Song E.K. Joint line and patellar height restoration after revision total knee arthroplasty. *Indian J Orthop*. 2016;50(2):159–165. doi:10.4103/0019-5413.177569
12. Abdel M.P., Della Valle C.J. The surgical approach for revision total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2016;98-B(1 Suppl A):113–155. doi:10.1302/0301-620X.98B1.36315
13. Servien E., Viskontas D., Giuffrè B.M., Coolican M.R., Parker D.A. Reliability of bony landmarks for restoration of the joint line in revision knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2008;16(3):263–269.
14. Clavé A., Le Henaff G., Roger T., Maisongrosse P., Mabit C., Dubrana F. Joint line level in revision total knee replacement: assessment and functional results with an average of seven years follow-up. *Int Orthop*. 2016;Jan.8.
15. Iacono F., Raspugli G.F., Filardo G., Bruni D., Zaffagnini S., Bignozzi S., Lo Presti M., Akkawi I., Neri M.P., Marcacci M. The adductor tubercle: an important landmark to determine the joint line level in revision total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;Mar.12.

Информация об авторах / Information about the authors

Дмитрий Николаевич Ефимов

кандидат медицинских наук,
заведующий операционным блоком,
Федеральный центр
травматологии, ортопедии
и эндопротезирования
(Россия, г. Чебоксары, ул. Федора
Гладкова, 33)

E-mail: Defimov84@gmail.com

Dmitriy N. Efimov

Candidate of medical sciences,
head of operations unit, Federal center
of traumatology, orthopedics
and arthroplasty (33 Fyodora Gladkova
street, Cheboksary, Russia)

Николай Станиславович Николаев

доктор медицинских наук, главный врач,
Федеральный центр
травматологии, ортопедии
и эндопротезирования
(Россия, г. Чебоксары, ул. Федора
Гладкова, 33)

E-mail: Nikolaevns@mail.ru

Nikolay S. Nikolaev

Doctor of medical sciences,
head physician, Federal center
of traumatology, orthopedics
and arthroplasty (33 Fyodora Gladkova
street, Cheboksary, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию / Received 11.10.2022

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 28.12.2022

Принята к публикации / Accepted 15.01.2023