

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ РАСШАТЫВАНИЯ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА

Лычагин А.В.¹, Рукин Я.А.¹, Захаров Г.Г.¹, Серова Н.С.¹,
Бахвалова В.А.¹, Диллон Х.С.^{1,2}

Цель исследования. Определить возможности функциональной компьютерной томографии для диагностики расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава.

Материалы и методы. Обследовано 12 пациентов с подозрением на расшатывание компонентов эндопротеза коленного сустава. Выполняли динамическую компьютерную томографию на аппарате Toshiba Aquilion One 640. На МIP-изображениях в трех плоскостях сустава в статическом положении обозначались до 5 линий, каждая из которых соединяла точку в структуре/толще компонента протеза и точку в структуре кортикальной пластинки кости, в которую погружен данный компонент. Затем компьютер анализировал реконструкцию функционального исследования и отображал длину тех же линий на каждом этапе сгибания коленного сустава. Если длина хотя бы одной из линий менялась более чем на 1,1 мм, мы делали вывод о расшатывании компонента эндопротеза.

Результаты. По данным динамической компьютерной томографии у 2 пациентов выявлено расшатывание тибиального компонента эндопротеза, у одного пациента – расшатывание бедренного компонента эндопротеза и у одного пациента – расшатывание и тибиального, и бедренного компонентов эндопротеза. У 8 пациентов компоненты эндопротеза стабильны. 10 пациентам выполнено ревизионное эндопротезирование, интраоперационная диагностика полностью подтвердила данные КТ-исследования. 4 пациента оперированы по поводу расшатывания компонентов эндопротеза, 6 пациентов – по поводу дисконгруэнтности пателлофemorального сустава. 2 пациента пролечены консервативно с положительной динамикой.

Заключение. Разработанный способ динамического КТ-исследования эндопротезированного коленного сустава позволил с высокой эффективностью диагностировать расшатывание компонентов эндопротеза, что подтвердилось интраоперационными наблюдениями.

Ключевые слова: тотальное эндопротезирование коленного сустава, асептическое расшатывание, динамическая компьютерная томография.

Контактный автор: Рукин Я. А., e-mail yar.ruikin@gmail.com

Для цитирования: Лычагин А.В., Рукин Я.А., Захаров Г.Г., Серова Н.С., Бахвалова В.А., Диллон Х.С. Функциональная компьютерная томография для диагностики расшатывания эндопротеза коленного сустава. REJR 2018; 8(4):134-142. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-134-142.

Статья получена: 10.10.18

Статья принята: 11.11.18

1 – Сеченовский
Университет. Москва,
Россия.

2 - Медицинский Центр
доктора Санни. Аль
Шахба, Шарджа, ОАЭ.

FUNCTIONAL COMPUTED TOMOGRAPHY FOR DIAGNOSTICS OF THE KNEE ENDOPROSTHESIS LOOSENING

Lychagin A.V.¹, Rukin Y.A.¹, Zakharov G.G.¹, Serova N.S.¹,
Bahvalova V.D.¹, Dhillon H.S.^{1,2}

Purpose. The purpose of this study was to determine possibilities of functional computed tomography for diagnostics of the knee endoprosthesis loosening.

Materials and methods. A total of 12 patients with suspected knee endoprosthesis loosening were observed. We performed dynamic computed tomography on the Toshiba Aquilion One 640. On MIP images in the three planes of the joint in the static position, we marked up to 5 lines. Every line connected the point in prosthesis component with the point in the periprosthetic cortical bone. After that, the computer analysed the functional research reconstruction and showed the length of the same lines at each stage of knee flexion. If the length of at least one of the lines changes by more than 1.1 mm, we can confirm loosening of the endoprosthesis component.

Results. According to data of dynamic computed tomography, in 2 patients we identified loosening of the tibial components, 1 patient – the loosening of the femoral component and 1 patient – the loosening of both components. In 8 patients knee implants were stable. In 10 patients we performed total revision knee arthroplasty. Computed tomography data were fully confirmed by intraoperative examinations. 4 patients were operated because of components loosening, 6 patients were operated because of patellofemoral incongruence. 2 patients were treated conservatively with good results.

Conclusion. The dynamic computed tomography of the knee after total arthroplasty showed high efficiency in diagnostics of the knee endoprosthesis loosening.

Keywords: total knee arthroplasty, aseptic loosening, dynamic computed tomography.

Corresponding author: Rukin Y.A., e-mail: yar.rukin@gmail.com

For citation: Lychagin A.V., Rukin Y.A., Zakharov G.G., Serova N.S., Bahvalova V.D., Dhillon H.S. Functional computed tomography for diagnostics of the knee endoprosthesis loosening. REJR 2018; 8(4):134-142. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-134-142.

Received: 10.10.18

Accepted: 11.11.18

Тотальное эндопротезирование коленного сустава по-прежнему остается единственным эффективным методом лечения тяжелых дегенеративных поражений коленного сустава с 10-15-летней выживаемостью, превышающей 90% [1 - 5]. Тем не менее, от 11% до 25% пациентов, перенесших первичное эндопротезирование коленного сустава, не удовлетворены результатом [6]. Причины такой неудовлетворенности очень разнообразны: глубокая перипротезная инфекция, асептическое расшатывание компонентов, дисконгруэнтность пателлофemorального сустава, перипротезные переломы и т.д. По данным регистра РНИИТО им. Р.Р. Вредена расшатывание компонентов эндопротеза является самой частой причиной асептических ревизионных вмешательств и составило 15% в 2011 году, 19,9% в 2012 году и 16,1% в 2013 году (по отношению к общему количеству асептических ревизионных вмешательств) [7]. По данным ре-

гистра Англии и Уэльса асептическое расшатывание и лизис явились причиной ревизионного эндопротезирования коленного сустава в 40% случаев [8].

В диагностике асептического расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава ключевую роль играют лучевые методы диагностики. Так, рентгенологическими признаками расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава являются широкие (более 2 мм) или прогрессирующие линии просветления на границе «цемент – кость» или «цемент – металл», миграция или проседание компонентов эндопротеза и поломка цементной мантии [9]. Для более точной оценки контактные поверхности импланта, цемента и кости разбиваются на условные зоны (рис. 1, 2) [10, 11].

Однако у стандартных рентгенологических методов диагностики есть ограничения. С помощью рентгенограмм нельзя оценить кон-

1 - Sechenov University.

Moscow, Russia.

2 - Dr. Sunny Medical

Centre. Al Shahba,

Sharjah, UAE.

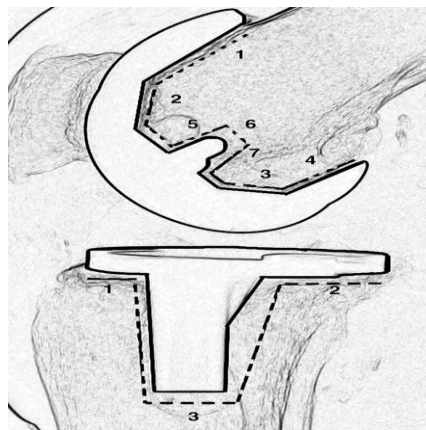


Рис. 1 (Fig. 1)

Рис. 1. Схема. Зоны контакта импланта, цемента и кости в боковой проекции.

Бедренный компонент: зоны 1 и 2 – передний фла-нец; зоны 3 и 4 – задние отделы; 5, 6, 7 – центральная зона или ножка (при ее наличии). Тибийный компо-нент: зона 1 – передний отдел; зона 2 – задний отдел, зона 3 – ножка [10].

Fig. 1. Scheme. Contact zones between implant, cement and bone. Lateral view.

Femoral component: zones 1 and 2 – anterior flange, zones 3 and 4 – posterior area, zones 5, 6 and 7 – central portion or stem. Tibial component: 1 – anterior plateau, 2 – posterior plateau, 3 – stem [10].

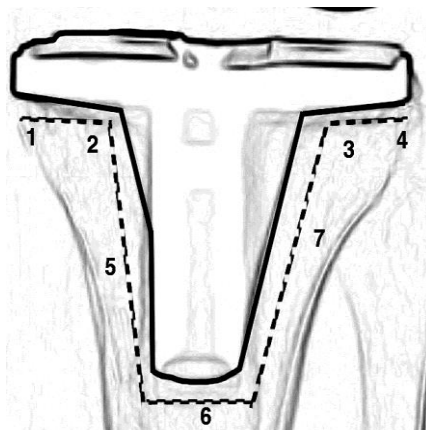


Рис. 2 (Fig. 2)

Рис. 2. Схема. Зоны контакта тибийного компонента, цемента и кости в прямой проекции.

1, 2 зоны – медиальное плато; 3, 4 зоны – латеральное плато; 5, 6, 7 зоны – ножка [10].

Fig. 2. Contact zones between tibial component, cement and bone. Anteroposterior view.

Zones 1 and 2 – medial plateau, zones 3 and 4 – lateral plateau, zones 5, 6 and 7 – stem [10].

такт бедренного компонента и кости в прямой проекции. Кроме того, в течение 2 лет после эндопротезирования происходит перестройка кости в области контакта с цементом или имплантом, что приводит к появлению линий просветления, однако компоненты эндопротеза остаются стабильными [12].

Компьютерная томография позволяет уточнить локализацию и протяженность зон остеолитизиса в области эндопротеза коленного сустава, однако, как и в случае с рентгенограммами, наличие зон просветления не всегда означает расшатывание компонентов эндопротеза, что может приводить к неправильной диагностике [13].

Разработка новых, эффективных методов лучевой диагностики расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава может помочь в решении данной проблемы.

Материалы и методы.

Подтвердить расшатывание компонентов эндопротеза с высокой точностью можно, отметив миграцию его компонентов в процессе движений в коленном суставе. Мы выполняли динамическую компьютерную томографию коленного сустава на аппарате Toshiba Aquilion One 640. Пациент укладывался с валиком под коленным суставом так, чтобы сгибание в суставе составляло 90 градусов. Пациент совершал плавное разгибание в коленном суставе до

максимально возможного уровня в течение временного интервала от 8 до 10 секунд сканирования. Режим томографирования объемный. После производилась реконструкция в режиме подавления артефактов от металлоконструкций SEMAR, режиме 3D и в новейшем режиме 4D-ортопедик (4D-Orthopedic). После оценки элементов протеза по изображениям MIP (толщина среза 0,5 мм) и 3D-реконструкции производилась реконструкция и анализ в режиме 4D-ортопедик. На MIP-изображениях в трех плоскостях сустава в статическом положении обозначались до 5 линий, каждая из которых соединяла точку в структуре/толще компонента протеза и точку в структуре кортикальной пластинки кости, в которую погружен данный компонент. Компьютер отображал длину каждой линии в мм (рис. 3, 4).

Затем компьютер анализировал реконструкцию функционального исследования и отображал длину тех же линий на каждом этапе сгибания коленного сустава. Длину линий на каждом этапе процесса сгибания компьютер преобразовывал в сводный график, где кривые/либо изолинии разнообразных цветов соответствовали изменениям длины каждой из линий. Учитывая наличие динамических и остаточных артефактов от металлоконструкции, нами принято считать допустимой погрешность измерений равной или менее 1 мм.

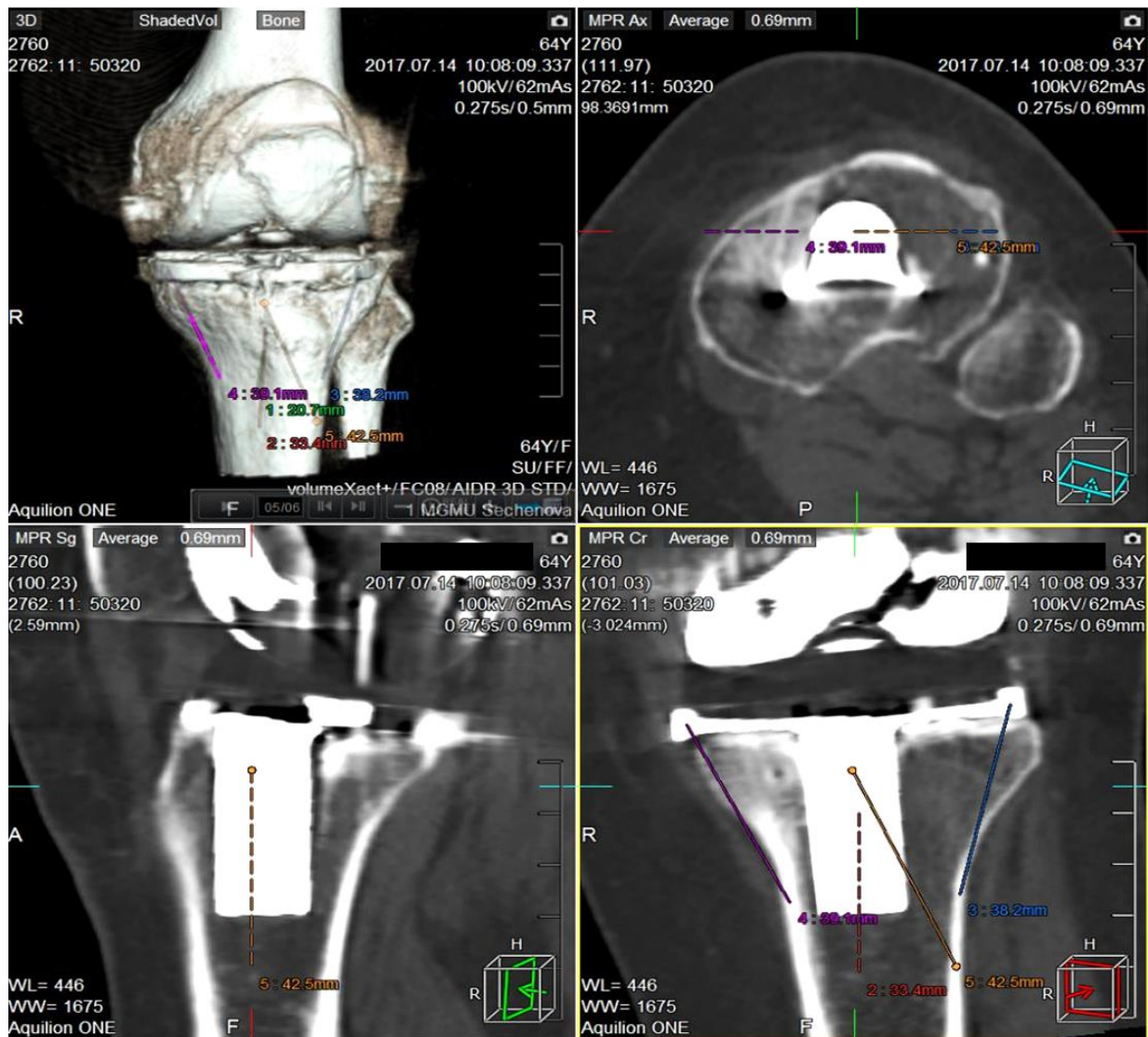


Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. КТ коленного сустава.

Расставление точек при диагностике нестабильности тибияльного компонента.

Fig. 3. MSCT, knee joint.

The placement of points in the diagnosis of instability of the tibial component.

Соответственно, если мы наблюдали, что длина линий, проведенных через структуры, которые должны быть неподвижны относительно друг друга (кость и протез), изменяется в процессе движения на 1,1 мм и более, то мы делали вывод, что присутствуют признаки нестабильности. Если же ли линии оставались неизменными либо длина их менялась менее чем на 1 мм, то данных за нестабильность нет (рис. 5, 6).

С января 2017 года с помощью указанной методики нами были обследованы 12 пациентов с подозрением на расшатывание компонентов эндопротеза коленного сустава. Средний возраст пациентов составил $62,09 \pm 3,21$ лет (55 – 69 лет). Среди пациентов было 11 женщин (91,67%) и 1 мужчина (8,33%). Средний срок после первичного эндопротезирования коленно-

го сустава составил 18,6 месяцев (5 – 61 месяц). Всех больных беспокоили болевой синдром и ограничение движений в области оперированного сустава.

Пациенты с доказанной глубокой перипротезной инфекцией коленного сустава в данную группу не включались.

На рентгенограммах в двух проекциях не отмечалось достоверных признаков нестабильности компонентов эндопротеза коленного сустава (широкие (более 2 мм) или прогрессирующие линии просветления на границе «цемент-кость», миграция или проседание компонентов эндопротеза, поломка цементной мантии), что и привело к необходимости дообследования этих пациентов с помощью динамической компьютерной томографии.

Результаты были проанализированы с ис-

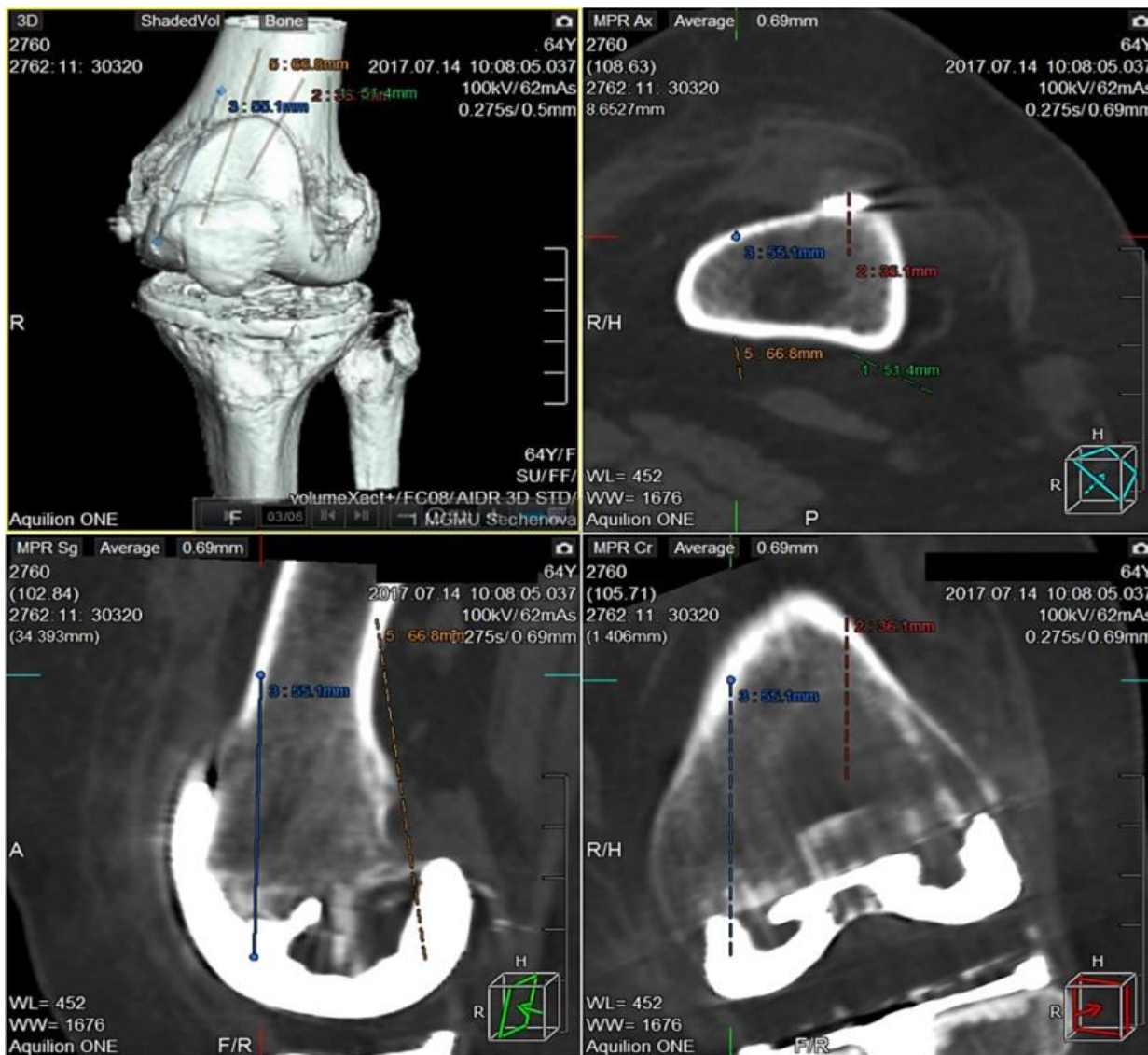


Рис. 4 (Fig. 4)

Рис. 4. КТ коленного сустава.

Расставление точек при диагностике нестабильности бедренного компонента.

Fig. 4. MSCT, knee joint.

The placement of points in the diagnosis of instability of the femoral component.

пользованием программного обеспечения Microsoft Excel for Mac. Количественные данные были описаны с использованием средних величин в группах и стандартного отклонения, а также с помощью процентного отношения.

Результаты.

Признаками расшатывания компонента эндопротеза коленного сустава считали изменение длины хотя бы одной из линий при движениях в коленном суставе более чем на 1,1 мм. Десяти пациентам (83,3%) в сроки до 3 месяцев после исследования было выполнено ревизионное эндопротезирование коленного сустава с заменой компонентов эндопротеза. Результаты распределились следующим образом (табл. №2).

Таким образом, данные относительно расшатывания компонентов эндопротеза ко-

ленного сустава, полученные с помощью динамической компьютерной томографии, в 100% случаев подтвердились интраоперационно, расхождений не было.

В 6 случаях (50%) ревизионное эндопротезирование коленного сустава выполнено по поводу нарушений пателлофemorального сустава вследствие мальротации тibiaльного и (или) бедренного компонентов эндопротеза, при этом компоненты были стабильны.

В 2 случаях (16,7%) механических и инфекционных осложнений выявлено не было, проведен курс консервативного реабилитационного лечения с положительным исходом.

Обсуждение.

Только точная диагностика причин неудачи первичного эндопротезирования коленного

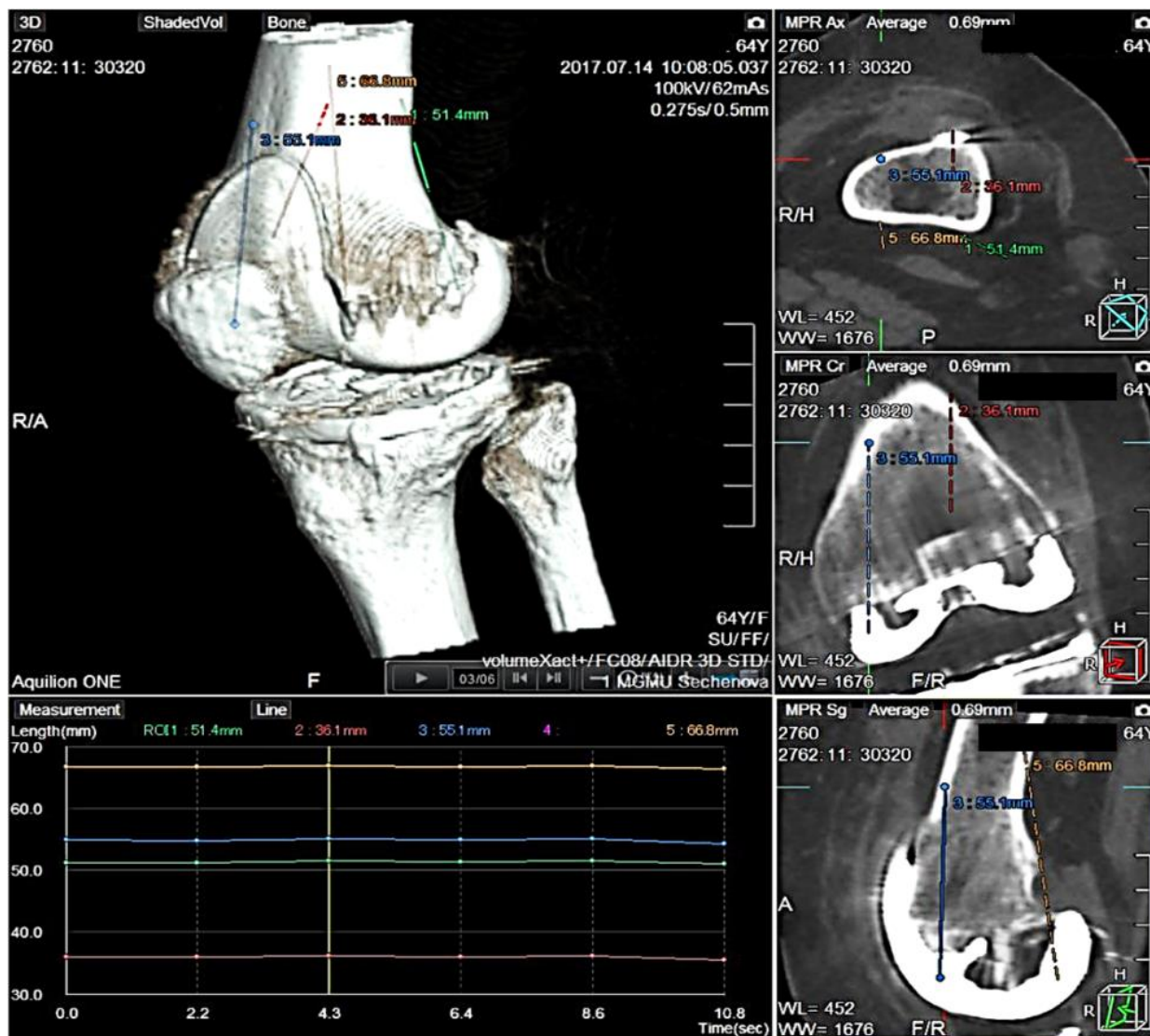


Рис. 5 (Fig. 5)

Рис. 5. График 4D-реконструкции в отношении бедренного компонента.

4 изолинии (практически), в числовых значениях дельта измерений у всех линий не превышает 0,5 мм – нет признаков нестабильности бедренного компонента.

Fig. 5. Graph of 4D-reconstruction for the femoral component.

It's showing 4 isolines (practically), in numerical values of delta measurements for all lines does not exceed 0.5 mm - there are no signs of instability of the femoral component.

сустава может обеспечить успех ревизионного эндопротезирования. В случаях, когда пациента беспокоят ранние боли после операции, в первую очередь необходимо исключить глубокую перипротезную инфекцию [14]. Так, в США глубокая перипротезная инфекция является первой по частоте причиной ревизионного эндопротезирования коленного сустава с общей частотой от 1% до 3% [15 - 17].

В процессе функционирования эндопротеза, по мере износа полиэтиленового вкладыша, мельчайшие частицы полиэтилена проникают в костную ткань на границе с эндопротезом, что вызывает асептическое воспаление и остеолит с расшатыванием компонентов эндопротеза. Частота такого асептического расша-

тывания среди всех причин ревизионного эндопротезирования может достигать 39,9% [18]. К другим механическим причинам неудачи тотального эндопротезирования коленного сустава относят: нестабильность пателлофemorального сустава, нестабильность связочного аппарата, мальпозицию компонентов эндопротеза в любой из плоскостей, перипротезные переломы. Кроме того, к проблемам могут приводить невроты области коленного сустава, частота развития которых после первичного эндопротезирования может составлять до 9,7% [19]. Поражение тазобедренного сустава со стороны операции или поясничного отдела позвоночника также может вызывать болевой синдром в области протезированного коленного сустава и

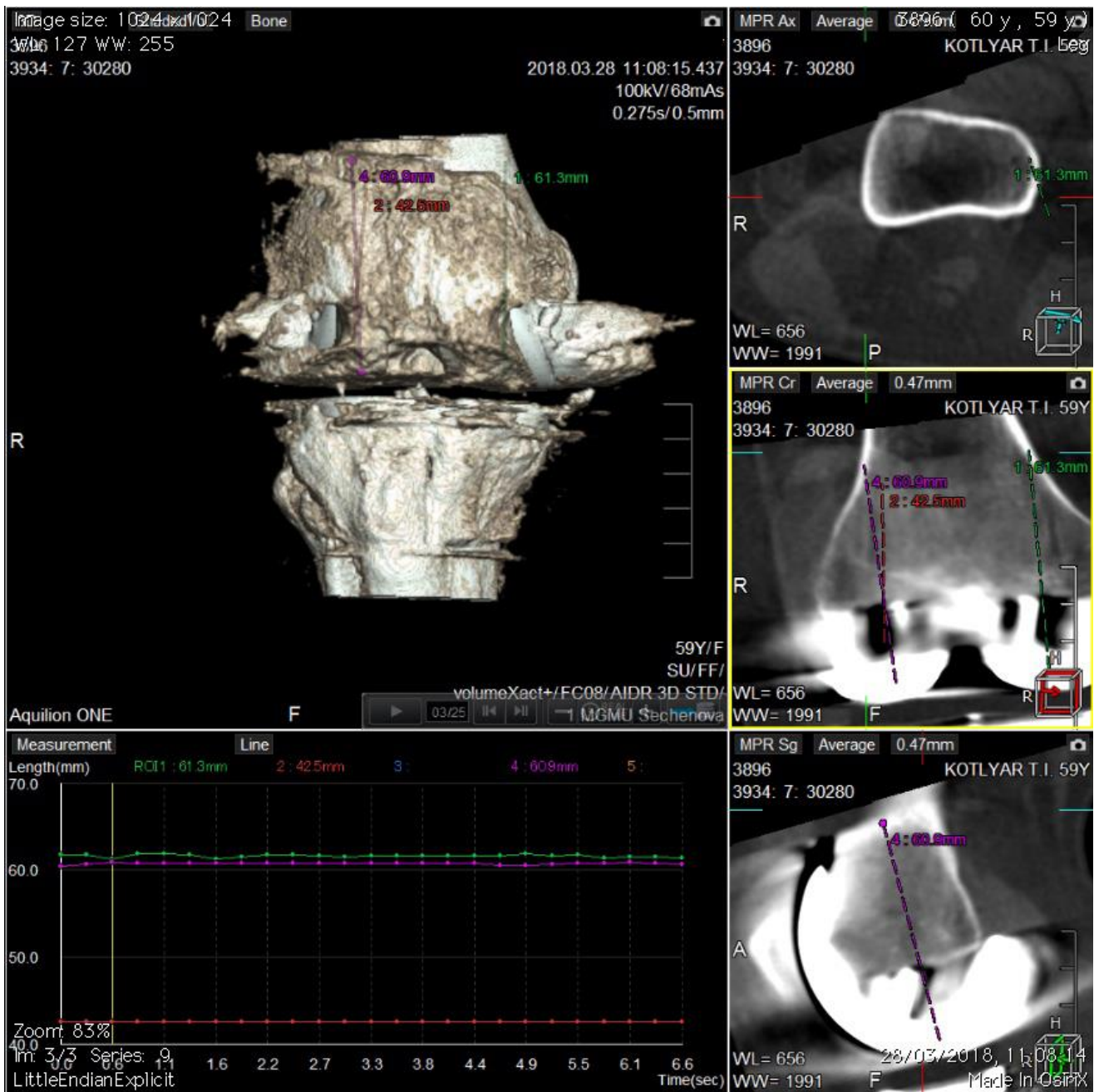


Рис. 6 (Fig. 6)

Рис. 6. График 4D-реконструкции в отношении бедренного компонента.

На 0,6 секунде отмечается миграция бедренного компонента по зеленой изолинии в пределах 2 мм, что свидетельствует о его нестабильности.

Fig. 6. Graph of 4D-reconstruction for the femoral component.

At 0.6 second, migration of the femoral component along the green contour within 2 mm is observed, indicating its instability.

неудовлетворенность пациента.

Лучевые методы диагностики играют важнейшую роль в выявлении проблем после эндопротезирования коленного сустава. Часто на обычных рентгенограммах в двух проекциях мы можем выявить расшатывание компонентов эндопротеза, остается только определить инфекционную или асептическую природу этого расшатывания для подбора правильной так-

тики лечения. Однако линии просветления на границе «цемент-кость» или «имплант-кость» не всегда свидетельствуют о расшатывании импланта, а по некоторым данным, они могут даже регрессировать со временем [20].

Компьютерная томография с качественной обработкой изображения и подавлением артефактов от металла может уточнить расположение и протяженность зон остеолизиса.

Таблица №1. Сравнение данных динамической КТ и интраоперационных наблюдений.

| | Расшатывание тибиа- ального компонента | Расшатывание бедренного компонента | Расшатывание тибиального и бедренного компонентов |
|----------------------------|---|---------------------------------------|--|
| Данные динамического КТ | 2 | 1 | 1 |
| Интраоперационно | 2 | 1 | 1 |

Кроме того, с помощью КТ возможно установить и другие причины неудачи операции такие, как ротационная мальпозиция компонентов эндопротеза, чего не видно на обычных рентгенограммах.

Пожалуй, одним из самых достоверных признаков расшатывания компонентов эндопротеза коленного сустава является миграция его компонентов относительно костного ложа в процессе движений. Разработанная нами методика динамического КТ исследования эндопротезированного коленного сустава позволяет верифицировать такую миграцию с точностью до 1 мм. Разумеется, данный метод не является универсальным для диагностики осложнений эндопротезирования коленного сустава, однако в комплексном обследовании пациентов он может помочь и предотвратить выполнение ревизионных вмешательств на коленном суставе без правильно определенных показаний.

Проведенная нами работа имеет ряд ограничений. Пока обследовано только малое количество пациентов. Необходимо стандарти-

зировать локализацию контрольных точек на компонентах эндопротеза и кортикальных костных ориентирах. Дальнейшие исследования помогут разрешить эти проблемы, а возможно открыть и новые эффективные способы лучевой диагностики осложнений эндопротезирования крупных суставов с использованием современного оборудования.

Заключение.

Разработанный способ динамического КТ-исследования эндопротезированного коленного сустава позволил с высокой эффективностью диагностировать расшатывание компонентов эндопротеза, что подтвердилось интраоперационными наблюдениями. Следует отметить, что в нашей серии пациентов больше было проблем, связанных не с расшатыванием компонентов эндопротеза коленного сустава, а с дисконгруэнтностью пателлофemorального сустава вследствие ротационной мальпозиции компонентов, что свидетельствует о необходимости комплексного обследования таких больных.

Список литературы:

1. Ronald Delanois, Jaydev B. Mistry, Chukwuweike U. Gwam, Nequesha S. Mohamed, Ujval S. Choksi, Michael A. Mont. Current Epidemiology of Revision Total Knee Arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. 2017; 32: 2663-2668.
2. Indelli PF, Aglietti P, Buzzi R, Baldini A. The Insall-Burstein II prosthesis: a 5- to 9-year follow-up study in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty*. 2002; 17: 544e9.
3. Mistry JB, Elmallah RK, Chughtai M, Oktem M, Harwin SF, Mont MA. Longterm survivorship and clinical outcomes of a single radius total knee arthroplasty. *Surg Technol Int* 2016; 28: 247e51.
4. Ji H-M, Ha Y-C, Baek J-H, Ko Y-B. Advantage of minimal anterior knee pain and long-term survivorship of cemented single radius posterior-stabilized total knee arthroplasty without patella resurfacing. *Clin Orthop Surg*. 2015; 7: 54e61.
5. Schwartz AJ, Della Valle CJ, Rosenberg AG, Jacobs JJ, Berger RA, Galante JO. Cruciate-retaining TKA using a third-generation system with a four-pegged tibial component: a minimum 10-year followup note. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468: 2160e7.
6. Sell R., Pape D. Causes of failure and etiology of painful primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19 (9): 1418-32.
7. Н. Н. Корнилов, Т. А. Куляба, А. С. Филь, Ю. В. Муравьева. Данные регистра эндопротезирования коленного сустава РНИИТО им. П. П. Вредена за 2011 – 2013 г. *Травматология и ортопедия России*. 2015; (1): 136-151.
8. National Joint Registry for England and Wales. 9th Annual Report. 2012.
9. Allen AM, Ward WG, Pope TL Jr. Imaging of the total knee arthroplasty. *Radiol Clin North Am* 1995; 33: 289–303.
10. Hyojeong Mulcahy, Felix S. Chew. Current Concepts in Knee Replacement: Complications. *American Journal of Roentgenology*. 2014; 202: W76-W86.
11. Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roentgenographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; 248: 9–12.
12. Math KR, Zaidi SF, Petchprapa C, Harwin SF. Imaging of total knee arthroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2006; 10: 47–63.
13. Suter T, Zanetti M, Schmid M, Romero J. Reproducibility of measurement of femoral component rotation after total knee arthroplasty using computer tomography. *J Arthroplasty*. 2006; 21 (5): 744–748.
14. Fehring TK, Odum S, Griffin WL, Mason JB, Nadaud M. Early failures in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*.

2001; 392: 315-8.

15. Javad Parvizi, Bahar Adeli, Benjamin Zmistowski, Camilo Restrepo, Alan Seth Greenwald. Management of Periprosthetic Joint Infection: The Current Knowledge. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94: e104(1-9).

16. Vessely MB, Whaley AL, Harmsen WS, Schleck CD, Berry DJ. Long-term survivorship and failure modes of 1000 cemented condylar total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res*. 2006; 452: 28-34.

17. Clohisy JC, Calvert G, Tull F, McDonald D, Maloney WJ. Reasons for revision hip surgery: a retrospective review. *Clin Orthop Relat Res*. 2004; 429: 188-92.

References:

1. Ronald Delanois, Jaydev B. Mistry, Chukwuweike U. Gwam, Nequesha S. Mohamed, Ujval S. Choksi, Michael A. Mont. Current Epidemiology of Revision Total Knee Arthroplasty in the United States. *J Arthroplasty*. 2017; 32: 2663-2668.

2. Indelli PF, Aglietti P, Buzzi R, Baldini A. The Insall-Burstein II prosthesis: a 5- to 9-year follow-up study in osteoarthritic knees. *J Arthroplasty*. 2002; 17: 544e9.

3. Mistry JB, Elmallah RK, Chughtai M, Oktem M, Harwin SF, Mont MA. Longterm survivorship and clinical outcomes of a single radius total knee arthroplasty. *Surg Technol Int* 2016; 28: 247e51.

4. Ji H-M, Ha Y-C, Baek J-H, Ko Y-B. Advantage of minimal anterior knee pain and long-term survivorship of cemented single radius posterior-stabilized total knee arthroplasty without patella resurfacing. *Clin Orthop Surg*. 2015; 7: 54e61.

5. Schwartz AJ, Della Valle CJ, Rosenberg AG, Jacobs JJ, Berger RA, Galante JO. Cruciate-retaining TKA using a third-generation system with a four-pegged tibial component: a minimum 10-year followup note. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468: 2160e7.

6. Sell R., Pape D. Causes of failure and etiology of painful primary total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011; 19 (9): 1418-32.

7. Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Fil A.S., Muravyeva Y.V. Data of knee arthroplasty register of Vreden Russian Research Institute of Traumatology and Orthopedics for period 2011-2013. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015; (1): 136-151 (in Russian).

8. National Joint Registry for England and Wales. 9th Annual Report. 2012.

9. Allen AM, Ward WG, Pope TL Jr. Imaging of the total knee arthroplasty. *Radiol Clin North Am* 1995; 33: 289-303.

10. Hyojeong Mulcahy, Felix S. Chew. Current Concepts in Knee Replacement: Complications. *American Journal of Roentgenology*. 2014;202: W76-W86.

11. Ewald FC. The Knee Society total knee arthroplasty roent-

18. Schwartz AJ, Della Valle CJ, Rosenberg AG, Jacobs JJ, Berger RA, Galante JO. Cruciate-retaining TKA using a third-generation system with a four-pegged tibial component: a minimum 10-year followup note. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468: 2160e7.

19. Shi SM, Meister DW, Graner KC, Ninomiya JT. Selective Denervation for Persistent Knee Pain After Total Knee Arthroplasty: A Report of 50 Cases. *J Arthroplasty*. 2017; 32 (3): 968-973.

20. Mutsuzaki H, Watanabe A, Kinugasa T, Ikeda K. Radiolucent lines are decreased at 3 years following total knee arthroplasty using trabecular metal tibial components. *J Int Med Res*. 2018; 46 (5): 1919-1927.

genographic evaluation and scoring system. *Clin Orthop Relat Res*. 1989; 248: 9-12.

12. Math KR, Zaidi SF, Petchprapa C, Harwin SF. Imaging of total knee arthroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2006; 10: 47-63.

13. Suter T, Zanetti M, Schmid M, Romero J. Reproducibility of measurement of femoral component rotation after total knee arthroplasty using computer tomography. *J Arthroplasty*. 2006; 21 (5): 744-748.

14. Fehring TK, Odum S, Griffin WL, Mason JB, Nadaud M. Early failures in total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2001; 392: 315-8.

15. Javad Parvizi, Bahar Adeli, Benjamin Zmistowski, Camilo Restrepo, Alan Seth Greenwald. Management of Periprosthetic Joint Infection: The Current Knowledge. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; 94: e104(1-9).

16. Vessely MB, Whaley AL, Harmsen WS, Schleck CD, Berry DJ. Long-term survivorship and failure modes of 1000 cemented condylar total knee arthroplasties. *Clin Orthop Relat Res*. 2006; 452: 28-34.

17. Clohisy JC, Calvert G, Tull F, McDonald D, Maloney WJ. Reasons for revision hip surgery: a retrospective review. *Clin Orthop Relat Res*. 2004; 429: 188-92.

18. Schwartz AJ, Della Valle CJ, Rosenberg AG, Jacobs JJ, Berger RA, Galante JO. Cruciate-retaining TKA using a third-generation system with a four-pegged tibial component: a minimum 10-year followup note. *Clin Orthop Relat Res*. 2010; 468: 2160e7.

19. Shi SM, Meister DW, Graner KC, Ninomiya JT. Selective Denervation for Persistent Knee Pain After Total Knee Arthroplasty: A Report of 50 Cases. *J Arthroplasty*. 2017; 32 (3): 968-973.

20. Mutsuzaki H, Watanabe A, Kinugasa T, Ikeda K. Radiolucent lines are decreased at 3 years following total knee arthroplasty using trabecular metal tibial components. *J Int Med Res*. 2018; 46 (5): 1919-1927.