

Янова Эльвира Умаржоновна¹ <https://orcid.org/0000-0001-8588-1297>

1. Самаркандский государственный медицинский университет,
Самарканд, Республика Узбекистан

КТ-ОЦЕНКА АСИММЕТРИИ НАГРУЗКИ В КОЛЕННОМ ЭНДОПРОТЕЗЕ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА КОСТНЫХ СТРУКТУР

Аннотация

Асимметричное распределение нагрузки после тотального эндопротезирования коленного сустава является одним из ключевых факторов, способствующих ускоренному износу компонентов импланта, периимплантному остеолиту и формированию нестабильности. На ранних этапах данные изменения могут протекать субклинически и не сопровождаться выраженной симптоматикой. Компьютерная томография (КТ), обладая высокой пространственной разрешающей способностью, позволяет проводить детальный анализ положения компонентов эндопротеза и ремоделирования костных структур, что делает возможной объективную оценку асимметрии нагрузки. Целью данной работы является анализ возможностей КТ в выявлении признаков неравномерного распределения нагрузки в зоне коленного эндопротеза на основе пространственного анализа костных структур.

Ключевые слова: компьютерная томография; коленный эндопротез; асимметрия нагрузки; биомеханика коленного сустава; пространственный анализ; ротационное выравнивание; периимплантное костное ремоделирование; плотность костной ткани; субклиническая нестабильность; тотальное эндопротезирование коленного сустава.

Yanova Elvira Umarjonovna¹

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti,
Samarqand, O'zbekiston Respublikasi

SUYAK TUZILMALARINING FAZOVIIY TAHLILI ASOSIDA TIZZA ENDOPROTEZIDAGI YUKLAMA ASIMMETRIYASINI KT-BAHOLASH

Annotatsiya

Tizza bo'g'imini total endoprotezlashdan tizza yuklamaning assimetrik taqsimlanishi implant komponentlarining tezlashgan yeyilishi, periimplant osteolizi va nostabillik shakllanishiga olib keluvchi asosiy omillardan biri hisoblanadi. Dastlabki bosqichlarda bu o'zgarishlar subklinik tarzda kechishi va yaqqol simptomlar bilan birga kuzatilmaligi mumkin. Kompyuter tomografiyasi (KT) yuqori fazoviy ajratish qobiliyatiga ega bo'lib, endoprotez komponentlari holatini batafsil tahlil qilish va suyak tuzilmalarini qayta modellashtirish imkonini beradi, bu esa yuklama asimmetriyasini obyektiv baholash imkonini beradi. Tadqiqotning maqsadi suyak tuzilmalarining fazoviy tahlili asosida tizza endoprotezi sohasida yuklamaning notekis taqsimlanishi belgilarini aniqlashda KT imkoniyatlarini tahlil qilishdan iborat.

Tayanch iboralar: kompyuter tomografiya; tizza endoprotezlash; yuklama asimmetriyasi; tizza bo'g'imi biomexanikasi; fazoviy tahlil; rotatsion tekislash; periimplant suyak remodellanishi; suyak to'qimasi zichligi; subklinik nostabillik; tizza bo'g'imini total endoprotezlash.

Yanova Elvira Umarjonovna¹

1. Samarkand State Medical University,

CT ASSESSMENT OF LOAD ASSIMMETRY IN THE KNEE ENDOPROTASE BASED ON SPATIAL ANALYSIS OF BONE STRUCTURES

Abstract

Asymmetrical load distribution after total knee endoprosthetics is one of the key factors contributing to accelerated wear of implant components, peri-implant osteolysis, and the formation of instability. In the early stages, these changes may occur subclinically and not be accompanied by pronounced symptoms. Computed tomography (CT), possessing a high spatial resolution, allows for a detailed analysis of the position of endoprosthesis components and bone structure remodeling, making it possible to objectively assess the load asymmetry. The purpose of this work is to analyze CT capabilities in identifying signs of uneven load distribution in the knee endoprosthesis area based on spatial analysis of bone structures.

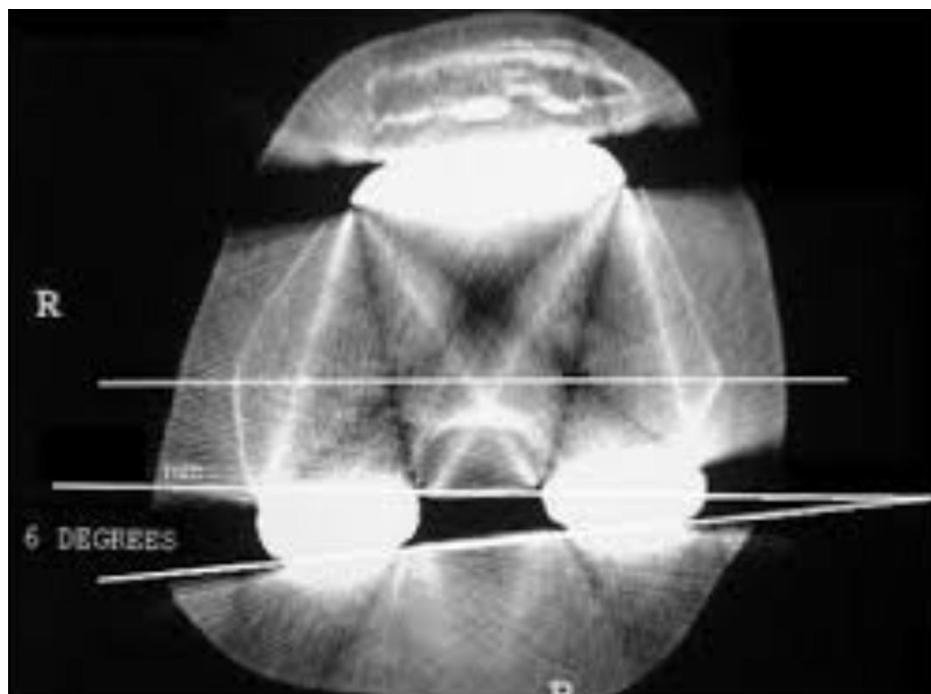
Keywords: computed tomography; knee endoprosthesis; load asymmetry; knee joint biomechanics; spatial analysis; rotational alignment; peri-implant bone remodeling; bone density; subclinical instability; total knee joint endoprosthesis.

Введение

Тотальное эндопротезирование коленного сустава признано эффективным методом лечения дегенеративных и посттравматических поражений, однако даже при технически корректно выполненной операции отдалённые результаты во многом зависят от биомеханического баланса в системе «имплант – кость». Нарушение оси конечности, ротационная или фронтальная малпозиция компонентов эндопротеза приводят к асимметрии нагрузки между медиальным и латеральным отделами сустава.

Асимметричная нагрузка способствует локальному повышению контактных напряжений, что запускает процессы адаптивного и патологического костного ремоделирования. Эти изменения предшествуют клиническим проявлениям и могут быть выявлены только с помощью методов лучевой диагностики. В этом контексте КТ является оптимальным инструментом для количественной и качественной оценки пространственных взаимоотношений компонентов эндопротеза и прилежащих костных структур.

Рисунок 1. КТ-реконструкция коленного эндопротеза с анализом фронтального и ротационного выравнивания компонентов.



Материалы и методы

КТ-исследование коленного сустава выполняется в аксиальной плоскости с последующими мультипланарными и трёхмерными реконструкциями. Особое внимание уделяется анализу фронтального и сагиттального выравнивания компонентов, их ротационного положения относительно анатомических ориентиров, а также симметрии кортикального слоя и плотности губчатого вещества бедренной и большеберцовой костей.

Для пространственного анализа используются измерения угловых параметров, толщины кортикального слоя, а также зональной оценки плотности костной ткани в НУ. Сравнительный анализ медиального и латерального отделов позволяет выявить признаки неравномерного распределения нагрузки. Для повышения точности применяются алгоритмы снижения металлических артефактов.

Результаты

КТ-оценка позволяет выявить ранние признаки асимметрии нагрузки в коленном эндопротезе. К наиболее частым находкам относятся утолщение кортикального слоя и повышение плотности губчатой кости в зонах повышенной нагрузки, преимущественно в медиальном или латеральном компартменте. В противоположных отделах нередко отмечаются признаки относительной остеопении.

Таблица 1. КТ-признаки асимметрии нагрузки в коленном эндопротезе

КТ-признак	Интерпретация
Утолщение кортикального слоя	Повышенная локальная нагрузка

Повышение плотности губчатой кости	Адаптивное ремоделирование
Асимметрия плотности (HU)	Неравномерное распределение нагрузки
Малпозиция компонентов	Биомеханический дисбаланс

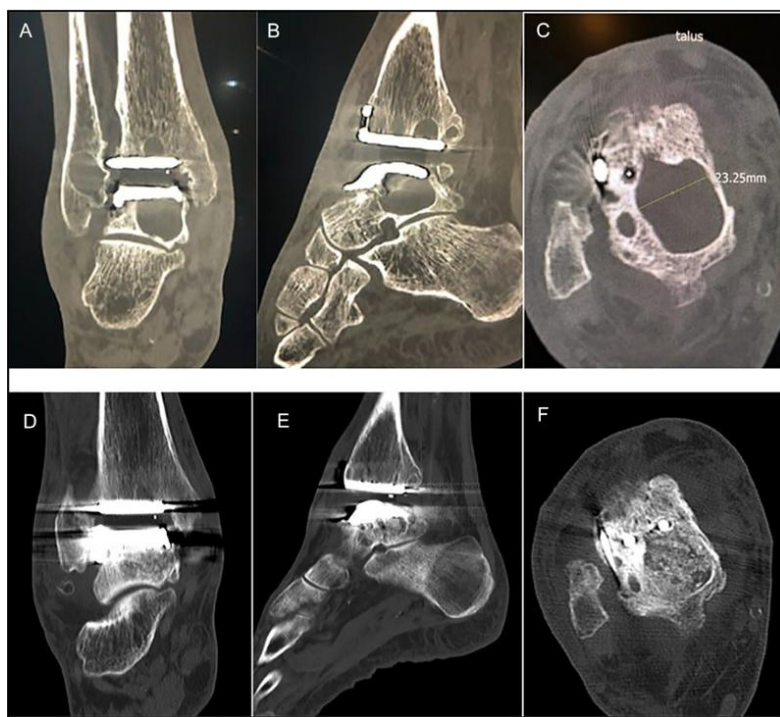
Ротационная или фронтальная малпозиция компонентов эндопротеза коррелирует с выраженностью асимметричных костных изменений. В ряде случаев выявляется несоответствие между клиническим благополучием пациента и выраженностью КТ-признаков перераспределения нагрузки, что указывает на субклинический характер выявленных изменений.

Обсуждение

Пространственный анализ костных структур с использованием КТ позволяет объективизировать биомеханические последствия эндопротезирования коленного сустава. В отличие от стандартной рентгенографии, КТ обеспечивает точную оценку ротационного положения компонентов и выявляет ранние адаптивные изменения костной ткани.

Выявление асимметрии нагрузки на доклиническом этапе имеет важное прогностическое значение, поскольку позволяет выделить группу пациентов с повышенным риском развития нестабильности и перипротезного остеолита. Это создаёт предпосылки для ранней коррекции реабилитационных программ и более тщательного динамического наблюдения.

Рисунок 2. Зональная оценка плотности костной ткани вокруг компонентов эндопротеза как маркер асимметрии нагрузки.



Заключение

Компьютерная томография является высокоинформативным методом оценки асимметрии нагрузки в коленном эндопротезе. Пространственный анализ положения компонентов и состояния костных структур позволяет выявлять признаки неравномерного распределения нагрузки задолго до появления клинических симптомов. Включение КТ-анализа в алгоритмы послеоперационного контроля способствует раннему выявлению неблагоприятных биомеханических факторов и улучшению долгосрочных результатов эндопротезирования коленного сустава.

Список литературы

1. Suter T, Zanetti M, Jakob RP, Hodler J. Reproducibility of measurement of femoral component rotation after total knee arthroplasty on CT. *J Arthroplasty*. 2006;21(5):744–8. doi:10.1016/j.arth.2005.08.012
2. Jazrawi LM, Birdzell L, Kummer FJ, Di Cesare PE. The accuracy of CT for determining rotational alignment of femoral and tibial components in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2000;15(6):761–6. doi:10.1054/arth.2000.7233
3. Cho Y, Lee MC. Rotational alignment in total knee arthroplasty. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*. 2014;1(3–4):130–6. doi:10.1016/j.asmart.2014.07.003
4. Hirschmann MT, Konala P, Amsler F, Iranpour F, Friederich NF, Cobb JP. The role of imaging in evaluation of painful total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(6):1709–21. doi:10.1007/s00167-014-3277-z
5. Pessis E, Campagna R, Sverzut JM, et al. Imaging of total knee arthroplasty. *Diagn Interv Imaging*. 2015;96(9):861–76. doi:10.1016/j.diii.2015.06.007
6. Van der Bruggen W, Hirschmann MT, Strobel K, et al. SPECT/CT in the postoperative painful knee arthroplasty. *Semin Nucl Med*. 2018;48(5):439–53. doi:10.1053/j.semnuclmed.2018.05.003
7. Berend KR, Lombardi AV Jr, Adams JB. Why knee replacements fail: patient, surgeon, or implant? *Bone Joint J*. 2014;96-B(11 Suppl A):101–4. doi:10.1302/0301-620X.96B11.34399
8. Sharkey PF, Lichstein PM, Shen C, Tokarski AT, Parvizi J. Why are total knee arthroplasties failing today—has anything changed after 10 years? *J Arthroplasty*. 2014;29(9):1774–8. doi:10.1016/j.arth.2013.07.024
9. Victor J, Dujardin J, Vandenuecker H, Arnout N, Bellemans J. Rotational alignment of the femoral component in TKA: does it really matter? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013;21(12):2718–26. doi:10.1007/s00167-012-2300-1
10. Innocenti B, Pianigiani S, Ramundo G, Thienpont E. Biomechanical effects of tibial component malrotation in total knee arthroplasty. *Knee*. 2016;23(4):625–30. doi:10.1016/j.knee.2016.04.002
11. Meijer MF, Reininga IHF, Boerboom AL, et al. The influence of alignment on bone remodeling after total knee arthroplasty. *Bone Joint J*. 2018;100-B(12):1577–83. doi:10.1302/0301-620X.100B12.BJJ-2018-0360.R1
12. Hirschmann MT, Iranpour F, Konala P, et al. Clinical value of SPECT/CT in patients with painful knees after TKA. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2013;40(3):386–94. doi:10.1007/s00259-012-2294-3

13. Турдуматов Ж.А., Мардиева Г.М. II типдаги қандли диабетдаўпканинг сурункали обструктив касаллиги рентгенологик семиотики [Рентгенологическая семиотика хронической обструктивной болезни лёгких при сахарном диабете II типа]. Журнал гуманитарных и естественных наук. 2025;2(19):235–241. URL: <https://journals.tnmu.uz/index.php/gtfj/article/view/1295>
14. Жалилов Х. М. и др. Краткая история искусственного интеллекта и роботизированной хирургии в ортопедии и травматологии и ожидания на будущее //Central Asian Journal of Medical and Natural Science. – 2022. – Т. 3. – №. 6. – С. 223-232.
15. Гиясова Н. К., Негматов И. С. Молекулярный состав хряща при остеоартрите коленного сустава //Science and Education. – 2023. – Т. 4. – №. 5. – С. 483-495.
16. Негматов И. С. ЭТАПНАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПАЦИЕНТОВ ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ ПЕРЕДНЕЙ КРЕСТООБРАЗНОЙ СВЯЗКИ КОЛЕННОГО СУСТАВА //Healthway. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 180-190.
17. Ходжанов И.Ю., Жалилов Х.М., Мансуров Д.Ш. Современные аспекты эпидемиологии и терапии венозных тромбозмболических осложнений при травмах. *Российский хирургический журнал*. 2025;1(1):72-78.
18. Ткаченко А. Н. и др. 3 Республиканская больница имени ВА Баранова, Петрозаводск, Республика Карелия, Россия 4 Военно-медицинская академия имени СМ Кирова, Санкт-Петербург, Россия.
19. Турдуматов Ж. А., Мардиева Г. М. II ТИПДАГИ ҚАНДЛИ ДИАБЕТДА ЎПКАНИНГ СУРУНКАЛИ ОБСТРУКТИВ КАСАЛЛИГИ РЕНТГЕНОЛОГИК СЕМИОТИКАСИ //Журнал гуманитарных и естественных наук. – 2025. – №. 19 [2]. – С. 235-241.
20. Негматов И. С. НЕМЕДИКАМЕНТОЗНАЯ ТЕРАПИЯ КОЛЕННОГО ОСТЕОАРТРИТА: КЛЮЧЕВЫЕ ПОДХОДЫ И ВЛИЯНИЕ ФИЗИОТЕРАПИИ //Healthway. – 2025. – Т. 1. – №. 1. – С. 262-272.

Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
kollibri8889@gmail.com		