

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

Раббимов Шохжахон Пахлавонвич²

1. Самаркандский государственный медицинский университет
г. Самарканд, Узбекистан
2. Самаркандский государственный медицинский университет
г. Самарканд, Узбекистан

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ОЦЕНКЕ РОТАЦИОННОГО И ОСЕВОГО ПОЛОЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЭНДОПРОТЕЗА КОЛЕННОГО СУСТАВА

Аннотация

Целью работы является показать, как стандартизированная компьютерная томография позволяет надёжно оценивать ротационное и осевое положение компонентов тотального эндопротезирования коленного сустава, какие анатомические ориентиры следует применять для бедренного и большеберцового компонентов, каким образом минимизировать металлические артефакты и как переводить полученные измерения в клинические решения. Представлен практический протокол: нейтральная укладка конечностей, тонкие срезы 0,5–1,0 мм, реконструкции в аксиальной, коронарной и сагиттальной плоскостях с прицельными плоскостями по осям интереса, применение алгоритмов подавления металлических артефактов и двухэнергетической КТ, последовательность измерений для бедренного компонента по хирургической трансэпикондиллярной оси и заднемышечковой оси, а для большеберцового — по линии Акага либо по ориентиру на медиальную треть бугристости. Дополнительно рассматриваются оценка механической оси, сагиттального наклона платформы и параметров пателлофemorального трекинга. По результатам систематизации методики КТ обеспечивает воспроизводимую количественную оценку, наиболее устойчивыми ориентирами являются трансэпикондиллярная ось для бедренного компонента и линия Акага для большеберцового, а применение современных техник снижения артефактов повышает уверенность в зоне металл–кость. В выводах подчёркивается, что стандартизированный протокол с фиксированным набором осей и унифицированной отчётностью повышает сопоставимость исследований и обоснованность решений о реабилитации или ревизии.

Ключевые слова: Компьютерная томография; тотальное эндопротезирование коленного сустава; ротационное выравнивание; механическая ось; линия Акага; эпикондиллярная ось; подавление металлических артефактов.

Yanova Elvira Umarjonovna¹

Rabbimov Shohjahon Pahlavonovich²

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
Samarqand sh., O'zbekiston
2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
Samarqand sh., O'zbekiston

**TIZZA BO'G'IMI ENDOPROTEZI KOMPONENTLARINING ROTATSION VA
O'QIY HOLATINI BAHOLASHDA KOMPYUTER TOMOGRAFIYASI IMKONIYATLARI**

Annotatsiya

Tadqiqotning maqsadi standartlashtirilgan kompyuter tomografiyasi tizza bo'g'imini total endoprotezlash komponentlarining rotatsion va o'qiy holatini ishonchli baholash, son va katta boldir komponentlari uchun qanday anatomik ko'rsatkichlarni qo'llash, metall artefaktlarni qanday minimallashtirish va olingan o'lchovlarni klinik yechimlarga qanday o'tkazish mumkinligini ko'rsatishdan iborat. Amaliy protokol taqdim etilgan: oyoq-qo'llarni neytral yotqizish, 0,5-1,0 mm yupqa kesmalar, aksial, koronar va sagittal tekisliklarda qiziqish o'qlari bo'yicha nishon tekisliklari bilan rekonstruksiya qilish, metall artefaktlarni bostirish va ikki energiyali KT algoritmlarini qo'llash, jarrohlik trans-epikondilyar o'qi va orqa do'ng o'qi bo'yicha son komponenti uchun o'lchov ketma-ketligi, katta boldir uchun esa - Akaga chizig'i yoki g'adir-budurlikning medial uchdan bir qismiga yo'naltirilgan. Bundan tashqari, mexanik o'q, platformaning sagittal qiyaligi va patellofemoral trekking parametrlarini baholash ko'rib chiqiladi. Metodikani tizimlashtirish natijalariga ko'ra, KT qayta tiklanadigan miqdoriy baholashni ta'minlaydi, eng barqaror mo'ljallar son komponenti uchun trans-epikondilyar o'q va katta boldir uchun Akaga chizig'i hisoblanadi, artefaktlarni kamaytirishning zamonaviy usullarini qo'llash esa metall-suyak zonasiga ishonchni oshiradi. Xulosalarda ta'kidlanishicha, belgilangan o'qlar to'plami va yagona hisobotga ega standartlashtirilgan protokol tadqiqotlarning taqqoslanuvchanligini va rehabilitatsiya yoki taftish to'g'risidagi qarorlarning asoslilikini oshiradi.

Kalit so'zlar: Kompyuter tomografiyasi; tizza bo'g'imini total endoprotezlash; rotatsion tekislash; mexanik o'q; Akaga chizig'i; epikondilyar o'q; metall buyumlarni bostirish.

Yanova Elvira Umarjonovna¹

Rabbimov Shohjahon Pakhlavonovich²

1. Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan.

2. Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

OPPORTUNITIES OF COMPUTER TOMOGRAPHY IN EVALUATING THE ROTATIONAL AND AXIAL POSITION OF THE ENDOPROTHESIS COMPONENTS OF THE KNEE JOINT

Abstract

The purpose of the work is to demonstrate how standardized computed tomography allows for reliable assessment of the rotational and axial position of the knee joint total endoprosthesis components, which anatomical guidelines should be used for the femoral and tibial components, how to minimize metal artifacts, and how to translate the obtained measurements into clinical solutions. The practical protocol is presented: neutral positioning of the limbs, thin cuts of 0.5-1.0 mm, reconstruction in axial, coronal, and sagittal planes with aiming planes along the axes of interest, application of algorithms for suppressing metal artifacts and dual-energy CT, sequence of measurements for the femoral component along the surgical trans-epicondylar axis and posterior cranial axis, and for the tibial component along the Akaga line or along the medial third of the tuberosity. Additionally, the assessment of the mechanical axis, platform sagittal inclination, and patellofemoral tracking parameters is considered. Based on the results of systematizing the

methodology, CT provides reproducible quantitative assessment, the most stable benchmarks are the trans-epicondyle axis for the femoral component and the Akaga line for the tibial component, and the application of modern artifact reduction techniques increases confidence in the metal-bone zone. The conclusions emphasize that a standardized protocol with a fixed set of axes and unified reporting increases the comparability of research and the validity of rehabilitation or audit decisions.

Keywords: Computed tomography; total endoprosthetics of the knee joint; rotational alignment; mechanical axis; Akaga line; epicondylar axis; suppression of metal artifacts.

Введение

После тотального эндопротезирования коленного сустава одной из частых причин болевого синдрома и функциональных нарушений остаются несоответствие ротационного и осевого положения компонентов, дисбаланс мягких тканей и нарушения пателлофemorального трекинга. Рентгенография полезна для общей ориентации, однако не обеспечивает надёжной количественной оценки ротации. Компьютерная томография с тонкими срезами и целевыми реконструкциями остаётся оптимальным методом объективизации ротационных и осевых параметров, особенно у пациентов с болью неясной этиологии, ограничением сгибания или разгибания, нестабильностью надколенника, а также при планировании ревизионного вмешательства. В клинической практике максимальная ценность метода достигается тогда, когда протокол съёмки и алгоритм измерений стандартизированы и воспроизводимы между наблюдениями.

Цель

Целью исследования является изложение практико-ориентированного КТ-протокола для оценки ротационного и осевого положения компонентов эндопротеза коленного сустава, уточнение устойчивых ориентиров для измерений, описание типичных ловушек интерпретации и формулировок заключения, пригодных для прямого использования в рутинной отчётности.

Материалы и методы

Сканирование выполняется в положении на спине при нейтральной ротации обеих стоп, которые фиксируются для исключения произвольных разворотов; ось конечности должна совпадать с осью стола. Перед началом исследования необходимо убедиться в отсутствии внешних металлических предметов в зоне интереса. Область охвата включает среднюю треть бедра и дистальную треть голени с обязательной визуализацией надколенника. Толщина среза составляет 0,5–1,0 мм с реконструкциями шагом 0,5–0,8 мм. Выполняются стандартные костные реконструкции и серии с активированным профилем подавления металлических артефактов; при наличии двухэнергетического режима формируются виртуальные моноэнергетические изображения на нескольких уровнях энергии для баланса между подавлением артефактов и сохранением контрастности. Дозиметрические параметры регистрируются в протоколе, предпочтительна автоматическая модуляция тока и напряжения при узкой коллимации, а суммарный DLP фиксируется для контроля лучевой нагрузки.

Для бедренного компонента ключевым ориентиром служит хирургическая трансэпикондилярная ось, проведённая через латеральный и медиальный эпикондилы; дополнительная оценка возможна по заднемышечковой оси импланта и линии Уайтсайда в межмышечковой борозде. Угол ротации компонента рассчитывается как отклонение

относительно трансэпикондиллярной оси с обязательным указанием знака поворота. Для большеберцового компонента в качестве основного ориентира используется линия Акага, проведённая от центра прикрепления задней крестообразной связки к медиальному краю прикрепления связки надколенника; альтернативой при изменённой анатомии является ориентир на медиальную треть бугристости большеберцовой кости. Угол ротации рассчитывается как отклонение переднего края платформы относительно выбранной референтной линии, также со знаком. Осевое выравнивание оценивается по протяжённым реконструкциям с определением механической оси конечности, коронарного положения компонентов и сагиттального наклона большеберцовой платформы; дополнительно анализируются параметры пателлофemorальной механики, включая наклон и латерализацию надколенника. Для обеспечения воспроизводимости фиксируются уровни срезов, выбранные оси, режимы подавления артефактов и параметры энергетических реконструкций; в спорных случаях полезно сохранять и анализировать пары серий с MAR и без него.

Результаты

Применение указанного протокола позволяет последовательно получать количественные показатели ротации бедренного и большеберцового компонентов, выявлять их согласованность либо несоответствие и сопоставлять ротационные углы с осевыми параметрами и пателлофemorальной биомеханикой. В клинических наблюдениях наибольшей устойчивостью отличались измерения бедренного компонента относительно трансэпикондиллярной оси и оценка большеберцового компонента по линии Акага; при альтернирующем выборе ориентиров отмечается снижение согласованности, что подчёркивает важность постоянства методики между исследованиями. Современные алгоритмы подавления металлических артефактов и виртуальные моноэнергетические реконструкции двухэнергетической КТ улучшают визуализацию интерфейсов металл–кость, уменьшают выраженность полосовых и усилительных артефактов и повышают уверенность в определении контуров импланта, хотя избыточное «выглаживание» способно смещать видимый край, поэтому сопоставление с исходными реконструкциями остаётся обязательным. В случаях стойкой передней боли и нарушений трекинга надколенника количественно подтверждённая внутренняя ротация бедренного компонента и/или избыточный разворот большеберцовой платформы внутри чаще обнаруживаются у симптомных пациентов, особенно при наличии ротационного несоответствия между компонентами; однако интерпретация всегда требует клинической корреляции с учётом дизайна импланта и состояния мягких тканей. Оценка механической оси, коронарных углов и сагиттального уклона дополняет ротационный анализ, помогая объяснить перегрузку отделов и ограничения амплитуды движений.

Таблица-1. КТ-протокол оценки ротации и осевого выравнивания компонентов коленного эндопротеза.

Компонент / параметр	Референсная ось / ориентир	Уровень среза / плоскость	Что измеряем (угол/в	Как измерять (кратко)	Формулировка в отчёте (пример)	Типичные ошибки / ловушки

			еличин а)			
Бедренны й компонен т (ротация)	sTEA (трансэпикон диллярная ось); доп. РСА, линия Уайтсайда	Аксиально на истинном уровне эпикондилей	Угол «компо нент— sTEA», со знаком	Провести sTEA через латеральны й и медиальный эпикондилы ; измерить отклонение оси компонента от sTEA	«Бедренн ый компонен т разверну т на ___° относите льно sTEA (знак)»	Неверный уровень среза; ненейтраль ная позиция конечности ; агрессивны й MAR смещает кромку
Тибиаьны й компонен т (ротация)	Линия Акага; альтернатива — медиальная треть бугристости	Аксиально на уровне платформы и бугристости	Угол «перед ний край платфо рмы— ориент ир», со знаком	Провести линию Акага от центра PCL к медиальном у краю прикреплен ия связки надколенни ка; измерить отклонение	«Тибиаьн ый компонен т разверну т на ___° относите льно линии Акага (знак)»	Вариабельн ость ориентиров при рубцах; выбор «не той» линии; несоответс твие уровней
Пателлоф еморальна я механика	Trochlear groove / ось надколенник а	Аксиально и коронарно (троклея/надк оленник)	Tilt надкол енника (°), латерал изация (мм)	Сопоставит ь ось надколенни ка с бороздой; фиксироват ь знак/мм	«PF-tilt = ___°; латерали зация = ___ мм»	Неполное включение надколенни ка; артефакты от фиксаторов ; без клин. корреляции

Механическая ось (НКА)	Центры ТБС, колена, голеностопа	Протяжённые реконструкции (long-leg/3D)	Отклонение НКА (°), варус/вальгус	Построить механическую ось; измерить отклонение во фронтальной плоскости	«НКА = ___° (варус/вальгус)»	Неточный центр ТБС; разная поза конечности между сериями
Tibial slope (сагиттальный уклон)	Диафизарная ось большеберцовой кости	Сагиттальные реконструкции	Уклон платформы (°)	Провести ось диафиза; измерить угол платформы в сагиттале	«Tibial slope = ___°»	Неверные срезы при деформациях; влияние артефактов на контур
Параметры съёмки / MAR–DECT	MAR-профиль; VMI (кэВ)	Серии с MAR и без MAR; DECT	DLP (мГр·см); режимы MAR/DECT	Указать профиль MAR, кэВ VMI; сохранить «сырые» серии	«DLP = ___ мГр·см; MAR: ___; DECT VMI: ___ кэВ; артефакты — ___»	Перереконструкция краёв при агрессивном MAR; отсутствие параметров в протоколе

Обсуждение

Компьютерная томография остаётся «золотым стандартом» для количественной оценки ротации компонентов после эндопротезирования коленного сустава, поскольку сочетает высокое пространственное разрешение и возможность точного размещения измерительных осей на уровне, где анатомические ориентиры и геометрия импланта представлены наиболее надёжно. Ключевой предпосылкой к воспроизводимости служит единообразие протокола: нейтральная укладка, тонкие срезы, фиксированный набор ориентиров и обязательное указание уровня срезов, по которым выполнены расчёты. Дополнительным фактором качества выступает корректное применение технологий подавления артефактов и разумный выбор энергии при двухэнергетической реконструкции; совместный просмотр серий с MAR и без него позволяет избежать «перереконструкции» кромок. Интерпретация числовых значений всегда должна учитывать клинический контекст: один и тот же угол может иметь различное значение при разных конструкциях импланта, разной балансировке мягких тканей и особенностях пателлофemorальной механики. Наибольшую практическую ценность КТ приобретает при болевом синдроме неясной этиологии, ограничении сгибания, подозрении на

пателлофemorальную нестабильность и планировании ревизии, когда точная количественная характеристика положения компонентов помогает разграничить показания к консервативной коррекции и хирургическому вмешательству.

Заключение

Стандартизованный КТ-протокол с чётким выбором ориентиров для бедренного и большеберцового компонентов, обязательной фиксацией знака и величины углов, описанием параметров подавления артефактов и единообразной формой отчётности переводит изображение в клинически интерпретируемые цифры. Такая методика повышает межнаблюдательную согласованность, делает динамические наблюдения сопоставимыми и обеспечивает более обоснованное принятие решений о реабилитации либо ревизии.

Список литературы

1. Suter T, Zanetti M, Jakob RP, Hodler J. Reproducibility of measurement of femoral component rotation after TKA on CT. J Arthroplasty. 2006;21(5):744–748.
2. Vaidya SV, Ranawat CS, Aroojis A, Laud NS. Computed tomographic evaluation of femoral component rotation after TKA. Clin Orthop Relat Res. 2013;471(1):199–205.
3. Jazrawi LM, Birdzell L, Kummer FJ, Di Cesare PE. The accuracy of CT for determining rotational alignment of femoral and tibial components in TKA. J Arthroplasty. 2000;15(6):761–766.
4. Cho Y, Lee MC. Rotational alignment in total knee arthroplasty: a review. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 2014;1(3–4):130–136.
5. Saffarini M, Demey G, Nover L, et al. The original Akagi line is the most reliable: systematic review of tibial rotational landmarks in TKA. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2019;27(4):1018–1027.
6. Baldini A, Anderson JA, Cerulli-Mariani P, et al. Rotational alignment of the tibial component in TKA. Muscles Ligaments Tendons J. 2014;4(3):205–213.
7. Negmatov IS, Mansurov DSh. Tizza bo‘g‘imini to‘liq endoprotezlashda kompleks reabilitatsiya: hayot sifatini oshirish omili sifatida. New Day in World Medicine. 2024;3(6):45–50.
8. Турдуматов ЖА, Мардиева ГМ. Рентгенологическая семиотика хронической обструктивной болезни лёгких при сахарном диабете II типа. Журнал гуманитарных и естественных наук. 2025;2(19):235–241.
9. Жалилов ХМ, 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;3(6):223–232.
10. Гиясова НК, Негматов ИС. Молекулярный состав хряща при остеоартрите коленного сустава. Science and Education. 2023;4(5):483–495.
11. Аскарова НР. Лучевые методы в комбинированном лечении опухолевой механической желтухи. Healthway. 2025;1(4):204–212.
12. Негматов ИС. Этапная реабилитация пациентов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава. Healthway. 2025;1(2):180–190.
13. Ходжанов ИЮ, Жалилов ХМ, Мансуров ДШ. Современные аспекты эпидемиологии и терапии венозных тромбозных осложнений при травмах. Российский хирургический журнал. 2025;1(1):72–78.

14. Аскарова НР. Возможности чрескожных вмешательств в коррекции билиарных свищей после операций на печени и желчных путях [Internet]. Healthway. 2025 Sep 24 [cited 2025 Dec 22];1(4):188–194. Available from: (ссылка не указана).

15. Негматов ИС. Немедикаментозная терапия коленного остеоартрита: ключевые подходы и влияние физиотерапии. Healthway. 2025;1(1):262–272.

16. Аскарова НР. Роль интервенционных вмешательств в коррекции посттравматических повреждений печени и желчных путей. Healthway. 2025;1(4):195–203.

Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
kolibri8889@gmail.com		