

## Научная статья

УДК 616.728.3-007.248-089.843-77

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-12-18>

## Влияние принципа персонализированного выравнивания на положение компонентов эндопротеза при тотальном эндопротезировании коленного сустава

В.В. Кузин, А.В. Кузин, А.В. Германов, М.А. Шпак✉

Городская клиническая больница № 1 им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Мария Алексеевна Шпак, ShpakMA1@zdrav.mos.ru

### Аннотация

**Введение.** Недовольство пациентов результатами эндопротезирования коленного сустава с использованием метода выравнивания по механической оси бедренной кости привели к поиску других технологий. Наиболее популярным оказался метод кинематического выравнивания, не опирающегося на механическую ось бедренной кости, развитие которого привело к появлению персонализированного выравнивания.

**Цель работы** — сравнительная оценка положения компонентов эндопротеза коленного сустава после тотального эндопротезирования методами механического и персонализированного выравниваний.

**Материалы и методы.** Проведено проспективное одноцентровое рандомизированное контролируемое исследование 159 пациентов с остеоартрозом коленного сустава III–IV степени по Kellgren и Lawrence. Метод выравнивания по механическим осям применен у 76 больных (66 женщин и 10 мужчин), персонализированное выравнивание — в 83 случаях (60 женщин и 23 мужчины). У пациентов обеих групп не было анатомических, функциональных и иных отличий, способных повлиять на результаты исследования. Оценку положения компонентов эндопротезов и осей конечностей проводили на цифровых панорамных рентгенограммах нижних конечностей с использованием компьютерной программы MediCAD.

**Результаты.** Положения компонентов эндопротеза после операций с применением механического и персонализированного выравниваний по многим параметрам не имеют существенных отличий, несмотря на то, что их позиционирование проводили на основе совершенно разных принципов. Отсутствовали различия между средними значениями углов после операций с механической и анатомической осями бедренной кости в обеих группах исследований (разница составила  $0,1^\circ$  при  $p = 0,595$ ). Единственным отличием в группах было положение тибialного компонента эндопротеза по отношению к горизонтальной поверхности в положении стоя: при персонализированном выравнивании угол составил  $0,9^\circ$ , а при механическом выравнивании —  $2,4^\circ$  на вальгус ( $p < 0,001$ ).

**Обсуждение.** Отсутствие значимых различий по основным параметрам положения компонентов эндопротеза и восстановления нормальной оси конечности (НКА угол достоверно не отличается в обеих группах) говорит о том, что персонализированное выравнивание позволяет достичь во время операции тех же пространственных показателей нижней конечности, что и механическое. Расположение линии сустава в положении стоя, более близкое к горизонтальному, указывает на более выгодное распределение нагрузок на тибialный компонент эндопротеза при персонализированном выравнивании по сравнению с механическим.

**Заключение.** При использовании персонализированного выравнивания во время тотального эндопротезирования коленного сустава ось послеоперационной нижней конечности исследованных пациентов не выходила за безопасный диапазон  $3^\circ$  от механической оси, а положение суставной линии во фронтальной оси в положении стоя было значительно ближе к параллели с полом, чем при применении выравнивания по механическим осям.

**Ключевые слова:** тотальное эндопротезирование коленного сустава, персонализированное выравнивание, кинематическое выравнивание, механическое выравнивание, артроз коленного сустава

**Для цитирования:** Кузин В.В., Кузин А.В., Германов А.В., Шпак М.А. Влияние принципа персонализированного выравнивания на положение компонентов эндопротеза при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2025;31(1):12-18. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-12-18.

## Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-1-12-18>



## Impact of personalized alignment technique on implant components position in total knee arthroplasty

V.V. Kuzin, A.V. Kuzin, A.V. Germanov, M.A. Shpak✉

Pirogov City Clinical Hospital No 1, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author:** Maria A. Shpak, ShpakMA1@zdrav.mos.ru

### Abstract

**Introduction** Due to substantial rates of dissatisfaction in patients with mechanical alignment in total knee replacement, surgeons began searching for alternative techniques to improve functional outcome. In the recent decade, kinematic alignment that is not based on the mechanical axis of the femur has become the most popular alternative to mechanical alignment. Kinematic alignment technique development has led to creation of a personalized alignment technique.

**Purpose** To compare postoperative implant positions in full-length standing lower-leg radiographs between kinematic alignment and mechanical alignment groups of patients.

**Materials and methods** A prospective, single-center, randomized, controlled study was performed in 139 patients with grade 3–4 knee osteoarthritis (Kellgren – Lawrence). We collected data from 76 cases of mechanical alignment (66 women and 10 men) and 83 cases of personalized alignment group (60 women and 23 men). There were no patients with significant post-traumatic or other deformities of the lower limb which can alter the results in the study. All measurements were done on digital full-length standing X-rays of the lower legs with special MediCAD software.

**Results** The positions of the implant components in mechanical and personalized alignments did not differ significantly in many parameters after operations, despite the fact that the alignment was based on completely different principles. There were no differences between the average values of the angles after operations with mechanical and anatomical axes of the femur in both study groups (the difference was  $0.1^\circ$  at  $p = 0.595$ ). The only difference in the groups was the position of the tibial component in relation to the horizontal surface in the standing position: in personalized alignment, the angle was  $0.9^\circ$ , and in mechanical alignment it was  $2.4^\circ$  valgus ( $p < 0.001$ ).

**Discussion** The absence of significant difference in the postoperative leg alignment and implant position except in the joint line orientation between the groups demonstrates possibility to achieve good leg alignment with both techniques. In the personalized alignment group, the joint line orientation in the coronal plane was found nearly parallel to the ground which can result in a more balanced weight distribution compared to mechanical alignment.

**Conclusion** In patients who receive total knee replacement with the personalized technique, the postoperative lower limb alignment was found within the safe boundaries of  $3^\circ$  from the mechanical axis while the joint line orientation in the coronal plane was significantly closer to be parallel with the ground compared with mechanical alignment group.

**Keywords:** total knee arthroplasty, personalized alignment, kinematic alignment, mechanical alignment, knee osteoarthritis

**For citation:** Kuzin VV, Kuzin AV, Germanov AV, Shpak MA. Impact of personalized alignment technique on implant components position in total knee arthroplasty. *Genij Ortopedii*. 2025;31(1):12-18. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-1-12-18.

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие в мировом ортопедическом сообществе всё больший интерес вызывают альтернативные методы выравнивания нижней конечности при тотальном эндопротезировании коленного сустава, приходящие на смену классической методике механического выравнивания [1, 2]. Предлагаются другие техники, в частности кинематическое выравнивание [3, 4, 5], которые демонстрируют значительное улучшение функциональных результатов [6–15].

Среди сторонников традиционного механического выравнивания находится немало противников кинематического выравнивания. Их главным аргументом является то, что у пациентов после операции из-за «неправильной позиции компонентов эндопротеза» остаются деформации конечности, возникшие на фоне развития заболевания [16–20], и что такая установка компонентов неминуемо окажет отрицательное влияние на сроки эксплуатации эндопротеза и увеличит частоту ревизий [21, 22].

Сторонники кинематического выравнивания, принимая во внимание значительную вариабельность анатомии пациентов, считают, что попытки достижения одинаковых осей конечности и суставной линии для всех пациентов при использовании механического выравнивания могут значительно нарушить распределение нагрузок в суставе, что, в свою очередь, может влиять на клинический результат [23–27].

**Цель работы** — сравнительная оценка положения компонентов эндопротеза коленного сустава после тотального эндопротезирования методами механического и персонализированного выравниваний.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы 76 случаев (66 женщин и 10 мужчин) применения метода выравнивания по механическим осям (первая группа) и 83 случая (60 женщин и 23 мужчины) персонализированного выравнивания (вторая группа). Пациентам первой группы операцию проводили по общепринятым методикам с релизом мягких тканей и наружной ротацией бедренного компонента. Во второй группе операцию проводили с использованием авторского метода персонализированного выравнивания, основанного на принципе кинематического выравнивания и подробно изложенного в патенте РФ на изобретение [27].

**Критерии включения:** возраст не менее 18 лет, наличие клинически и инструментально подтвержденного гонартроза III–IV степени, наличие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании.

**Критерии невключения:** возраст менее 18 лет, отсутствие клинически и инструментально подтвержденного диагноза гонартроза, наличие тяжелой сопутствующей патологии, ставшей причиной отказа от хирургического лечения (некомпенсированный сахарный диабет, острое нарушение мозгового кровообращения и острый инфаркт миокарда, перенесенные менее чем за 4 мес.).

**Критерии исключения:** отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании, смена места жительства (переезд пациента в другой регион РФ), развившиеся в послеоперационном периоде инфекционные осложнения, потребовавшие повторного оперативного вмешательства.

Пациенты перед операцией и через 3 мес. после нее заполняли опросники KOOS и Oxford, в те же сроки им оценивали объем движений в оперированном суставе.

Исследованы положение компонентов эндопротеза и параметры выравнивания конечности на панорамных рентгенограммах с помощью программы MediCAD (Hectec GmbH, Германия). Во фронтальной плоскости оценивали следующие параметры: НКА угол — угол между механической осью бедренной и механической осью большеберцовой костей, угол между линией сустава и горизонтальной поверхностью пола, угол наклона большеберцового компонента эндопротеза к механической оси большеберцовой кости ( $90^\circ$  — mMPТА) и угол между механической и анатомической осями бедренной кости (рис. 1). Необходимо отметить, что оценку результатов положения компонентов эндопротеза осуществляли с помощью программы MediCAD автоматически, и влияние исследователей на результаты было исключено.

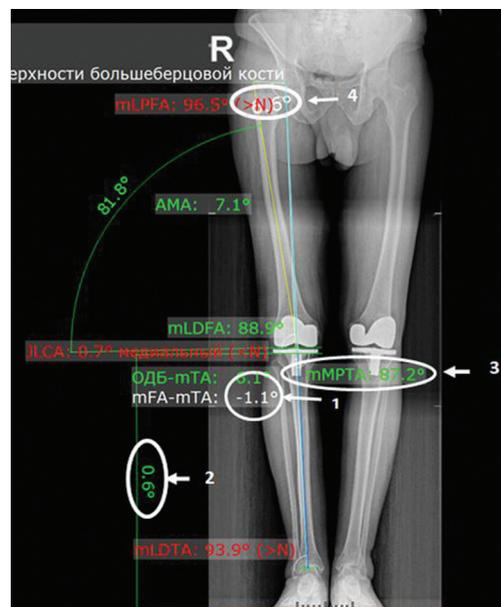


Рис. 1. Оценка результатов тотального эндопротезирования коленного сустава с помощью программы mediCAD: 1 — НКА угол между механической осью бедренной и большеберцовой костей; 2 — угол между линией вновь образованного сустава и полом; 3 — угол отклонения тибального компонента от механической оси большеберцовой кости; 4 — угол между механической и анатомической осями бедренной кости

Панорамные рентгенограммы выполняли в сроки не менее 3 мес. после операции. При постановке пациента на платформу мы отказались от рекомендуемого расстояния 30 см между стопами, так как для человека ростом 150 см и 190 см — это совершенно разная по удобству постановка ног. Рекомендуемое расстояние нормально для высокого человека, но для низкого человека ноги слишком широко расставлены, что при очень полных ногах нередко бывает невозможным. Поэтому пациенты устанавливали ноги на платформе в комфортном для себя положении.

При оценке исходного состояния перед операцией пациенты обеих исследуемых групп имели достоверные отличия только по возрасту и средним срокам контрольного осмотра после операции. По всем остальным параметрам пациенты обеих групп были идентичны (табл. 1).

Таблица 1

## Характеристики пациентов до операции

Показатели	Первая группа	Вторая группа	p
	механическое выравнивание	персонализированное выравнивание	
BMI, Ме [IQR]	32,30 [28,62; 34,92]	33,39 [27,70; 35,48]	0,701
Возраст (лет), М (SD)	64 (8)	67 (8)	0,019*
Сроки между операцией и осмотром (мес.), Ме [IQR]	24 [4; 53]	7 [3; 11]	< 0,001*
КС Оксфорд до опер., Ме [IQR]	17,00 [12,00; 20,00]	17,00 [13,00; 22,00]	0,192
КОOS S д/о, Ме [IQR]	36,00 [25,00; 46,00]	36,00 [25,00; 46,00]	0,638
Д/о объём движений (градус), Ме [IQR]	95 [90; 100]	95 [90; 105]	0,743

Операции с ориентацией на механические оси проводили по стандартной методике. Балансировку суставов осуществляли путём релиза мягких тканей. При предоперационном планировании измеряли угол между механической и анатомической осью бедренной кости с помощью специальных шаблонов или путём планирования в программе MediCAD. Целью планирования была оценка общего состояния оперированного сустава, величины дефектов хряща и костной ткани, состояния связочного аппарата сустава.

При выполнении исследования использовали систему захвата движений Vicon, стабилметрическую платформу Neurolog. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью программы StatTech v. 4.1.7 (ООО «Статтех», Россия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализируя результаты проведённого исследования, мы в первую очередь обратили внимание на то, что отклонение механических осей бедренной и большеберцовой костей оперированной конечности не имели отличий между пациентами разных групп. Углы наклона тиббиального компонента эндопротеза в группах механического и персонализированного выравнивания также не имели статистически значимых отличий (табл. 2).

Таблица 2

## Выравнивание конечности и положение компонентов эндопротеза после операции в положении стоя

Показатели	Первая группа	Вторая группа	p
	механическое выравнивание	персонализированное выравнивание	
НКА (градус), М (SD)	-2,3 (3,4)	-2,8 (3,2)	0,391
Факт. Q угол (градус), Ме [IQR]	6,4 [5,9; 7,1]	6,5 [6,1; 7,1]	0,595
Гориз. угол (градус), Ме [IQR]	2,4 [0,6; 4,3]	0,9 [-0,3; 1,8]	< 0,001*
T варус (градус), Ме [IQR]	-0,5 [-2,2; 1,1]	-2,2 [-3,8; 1,7]	0,114

На послеоперационных рентгенограммах угол между механической и анатомической осями бедренной кости (Q угол) имел крайне незначительные отличия между двумя группами пациентов. В первой группе пациентов, прооперированных методом механического выравнивания, перед операцией в процессе планирования определяли Q угол с помощью транспортира или в программе MediCad. Во второй группе больных (с персонализированным выравниванием) предоперационное планирование заключалось в оценке степени износа хряща, субхондральной кости, выраженности остеофитов.

Определение соотношений осей нижней конечности не производили. Разница средних значений Q угла между группами была статистически не значима и составила всего 0,1°.

Наиболее важным в положении компонентов в исследуемых группах больных было существенное отличие углов наклона суставной линии эндопротеза по отношению к горизонтали. Угол наклона плоскости сустава в группе с персонализированным выравниванием был значительно меньше,

чем в группе пациентов, которым была выполнена операция с ориентацией на механические оси ( $0,9^\circ$  и  $2,4^\circ$  соответственно,  $p < 0,001$ ) (рис. 2).

Существенным отличием явилось то, что при использовании персонализированного метода выравнивания допустимый объём движений в коленном суставе оказался существенно больше, чем при механическом выравнивании (рис. 3).

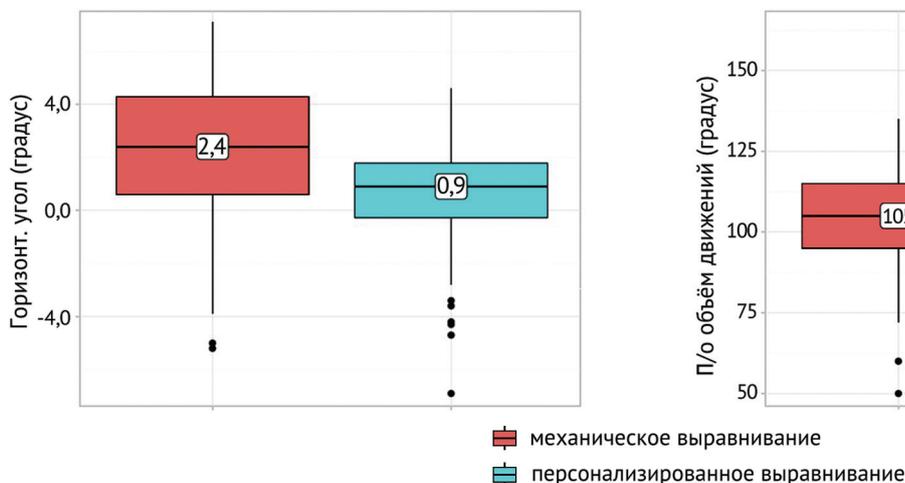


Рис. 2. Наклон линии сустава по отношению к горизонтальной поверхности в положении стоя

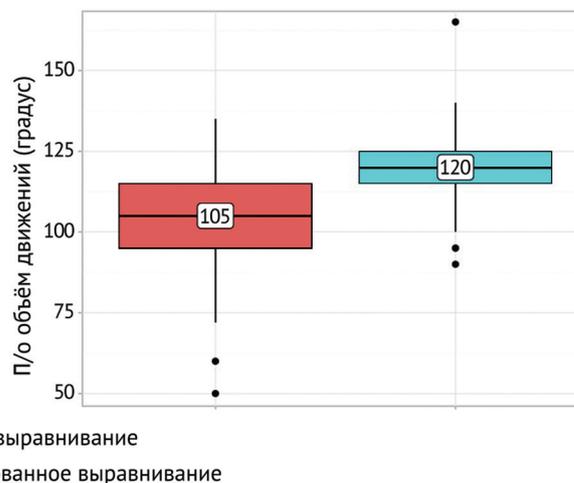


Рис. 3. Средний объём движений в сроки не меньше, чем 3 мес. после операции

## ОБСУЖДЕНИЕ

Позиционирование компонентов в двух группах проводили на основе совершенно разных принципов. Несмотря на это, сравнение положения компонентов после операций с применением механического и персонализированного выравнивания не выявило существенных отличий. Определяемая перед операцией у пациентов первой группы механическая ось бедренной кости являлась отправной точкой, от которой шло последующее построение нового сустава. При персонализированном выравнивании перед операцией и во время нее оценивали степень износа сустава и связочный баланс. Необходимо подчеркнуть, что пациенты обеих групп статистически не имели отличий по всем параметрам, в том числе по степени тяжести патологического процесса.

Отсутствие отличий в результатах послеоперационной оценки НКА демонстрирует достаточную коррекцию оси конечности при использовании персонализированного выравнивания. Послеоперационная ось конечности находится в том же диапазоне, что и при операциях, выполненных с механическим выравниванием. Аналогичные результаты получены при оценке положения тибального компонента по отношению к анатомической оси большеберцовой кости: статистически достоверной разницы между группами не выявлено.

Особый интерес вызвал факт отсутствия разницы в углах между механической и анатомической осями бедренной кости (т.н. Q угол). В операциях с ориентацией на механическую ось этот угол является «краеугольным камнем» и первым, что определяют при предоперационном планировании. Всё может поменяться во время операции, но только Q угол останется неизменным. В процессе предоперационного планирования при персонализированном выравнивании Q угол нас не интересовал, мы его не определяли и, соответственно, никак его не учитывали. Однако отличие между группами составило  $0,1^\circ$  и было статистически не достоверным ( $p = 0,595$ ). Полноценного, научно обоснованного объяснения, мы не нашли. Возможно, при значительно большей выборке пациентов данные будут иметь больше отличий. Определяемая при предоперационном планировании механическая ось бедренной кости соответствовала реальной оси конечности у большинства пациентов и оставалась неизменной при персонализированном принципе выравнивания.

Единственным и наиболее значимым отличием стала разница в положении тибального компонента и линии вновь созданного сустава по отношению к горизонтальной поверхности в положении стоя. При механическом выравнивании средний угол наклона линии сустава в вальгусное положение составил  $2,4^\circ$ , а при персонализированном —  $0,9^\circ$  на вальгус при высокой статистической значимости различий ( $p < 0,001$ ). Схожие данные описаны и другими авторами [28]. Этот результат говорит о том, что линия коленного сустава после тотального эндопротезирования с персонализированным принципом выравнивания достоверно ближе к норме  $2-3^\circ$  на варус, чем при выполнении операции с ориентацией на механические оси, и не приводит к перегрузке медиальных отделов вновь созданного сустава [29].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что большинство параметров положения компонентов эндопротеза при тотальном эндопротезировании коленного сустава не зависит от принципов выравнивания, персонализированного или механического. Главное отличие заключается в том, что при персонализированном выравнивании в положении стоя линия воссозданного сустава достоверно больше соответствует линии здорового сустава, что может объяснить лучшие функциональные результаты после тотального эндопротезирования коленного сустава, широко представленные в литературе.

**Конфликт интересов.** Не заявлен.

**Источник финансирования.** Исследование проводилось в рамках реализации Гранта Правительства Москвы.

**Этическая экспертиза.** На исследование получено согласие этического комитета ГКБ № 1.

**Информированное согласие.** Перед началом исследования каждый пациент заполнил информированное согласие на проведение исследования и публикацию результатов.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Кузин В.В., Загородний Н.В., Кузин А.В. О неизбежности выравнивания конечности по механической оси бедренной кости при тотальном эндопротезировании коленного сустава. *Медицинский вестник МВД*. 2024;(3):6-12. doi: 10.52341/20738080\_2024\_130\_3\_6.
- Bull AM, Kessler O, Alam M, Amis AA. Changes in knee kinematics reflect the articular geometry after arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(10):2491-2499. doi: 10.1007/s11999-008-0440-z.
- Rivière C, Iranpour F, Harris S, et al. The kinematic alignment technique for TKA reliably aligns the femoral component with the cylindrical axis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2017;103(7):1069-1073. doi: 10.1016/j.otsr.2017.06.016.
- Howell SM. Calipered Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty: An Accurate Technique That Improves Patient Outcomes and Implant Survival. *Orthopedics*. 2019;42(5):126-135. doi: 10.3928/01477447-20190424-02.
- Nedopil AJ, Howell SM, Hull ML. Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty Using Calipered Measurements, Manual Instruments, and Verification Checks. 2020 Jul 1. In: Rivière C, Vendittoli PA. (eds.) *Personalized Hip and Knee Joint Replacement [Internet]*. Cham (CH): Springer; 2020. Chapter 24. doi: 10.1007/978-3-030-24243-5\_24.
- Wang G, Chen L, Luo F, et al. Superiority of kinematic alignment over mechanical alignment in total knee arthroplasty during medium- to long-term follow-up: A meta-analysis and trial sequential analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2024;32(5):1240-1252. doi: 10.1002/ksa.12093.
- McEwen PJ, Daska CE, Jovanovic IA, et al. Computer-Assisted Kinematic and Mechanical Axis Total Knee Arthroplasty: A Prospective Randomized Controlled Trial of Bilateral Simultaneous Surgery. *J Arthroplasty*. 2020;35(2):443-450. doi: 10.1016/j.arth.2019.08.064.
- Howell SM, Hull ML, Nedopil AJ, Rivière C. Caliper-Verified Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty: Rationale, Targets, Accuracy, Balancing, Implant Survival, and Outcomes. *Instr Course Lect*. 2023;72:241-259.
- Davis KR, Soti V. Effectiveness of Kinematic Alignment-Total Knee Arthroplasty in Treating Preoperative Varus and Valgus Deformities in Patients With Knee Osteoarthritis. *Cureus*. 2024;16(1):e53230. doi: 10.7759/cureus.53230.
- Sarzaeem MM, Movahedinia M, Mirahmadi A, et al. Kinematic Alignment Technique Outperforms Mechanical Alignment in Simultaneous Bilateral Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *J Arthroplasty*. 2024;39(9):2234-2240. doi: 10.1016/j.arth.2024.03.045.
- Hiranaka T, Suda Y, Saitoh A, et al. Current concept of kinematic alignment total knee arthroplasty and its derivatives. *Bone Jt Open*. 2022;3(5):390-397. doi: 10.1302/2633-1462.35.BJO-2022-0021.R2.
- Liu B, Feng C, Tu C. Kinematic alignment versus mechanical alignment in primary total knee arthroplasty: an updated meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2022;17(1):201. doi: 10.1186/s13018-022-03097-2.
- Elbuluk AM, Jerabek SA, Suhardi VJ, et al. Head-to-Head Comparison of Kinematic Alignment Versus Mechanical Alignment for Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2022;37(8S):S849-S851. doi: 10.1016/j.arth.2022.01.052.
- Лычагин А.В., Рукин Я.А., Грицюк А.А., Чжэной Пан. Влияние баланса сгибательно-разгибательного промежутка при первичном тотальном эндопротезировании колена на функцию сустава. *Гений Ортопедии*. 2023;29(2):159-166. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-2-159-166.
- Shelton TJ, Gill M, Athwal G, et al. Outcomes in Patients with a Calipered Kinematically Aligned TKA That Already Had a Contralateral Mechanically Aligned TKA. *J Knee Surg*. 2021;34(1):87-93. doi: 10.1055/s-0039-1693000.
- Begum FA, Kayani B, Magan AA, et al. Current concepts in total knee arthroplasty : mechanical, kinematic, anatomical, and functional alignment. *Bone Jt Open*. 2021;2(6):397-404. doi: 10.1302/2633-1462.26.BJO-2020-0162.R1.
- Rivière C, Harman C, Boughton O, Cobb J. The kinematic alignment technique for total knee arthroplasty. In: Rivière C, Vendittoli P-A. (eds.) *Personalized Hip and Knee Joint Replacement*. Cham (CH): Springer; 2020:175-195. doi: 10.1007/978-3-030-24243-5\_16.
- Lustig S, Sappey-Marinière E, Fary C, et al. Personalized alignment in total knee arthroplasty: current concepts. *SICOT J*. 2021;7:19. doi: 10.1051/sicotj/2021021.
- Sterneder CM, Faschingbauer M, Haralambiev L, et al. Why Kinematic Alignment Makes Little Sense in Valgus Osteoarthritis of the Knee: A Narrative Review. *J Clin Med*. 2024;13(5):1302. doi: 10.3390/jcm13051302.
- Shatrov J, Batailler C, Sappey-Marinière E, et al. Kinematic alignment fails to achieve balancing in 50% of varus knees and resects more bone compared to functional alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2022;30(9):2991-2999. doi: 10.1007/s00167-022-07073-5.
- Streck LE, Faschingbauer M, Brenneis M, et al. Individual Phenotype Does Not Impact the Outcome of Mechanical Aligned Total Knee Arthroplasties for Valgus Osteoarthritis. *Medicina (Kaunas)*. 2023;59(10):1852. doi: 10.3390/medicina59101852.
- Гиркало М.В., Щаницын И.Н., Островский В.В. Анализ причин ревизионных артропластик коленного сустава. *Гений ортопедии*. 2024;30(3):327-336. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-3-327-336.
- Winnock de Grave P, Van Criekinge T, Luyckx T, et al. Restoration of the native tibial joint line obliquity in total knee arthroplasty with inverse kinematic alignment does not increase knee adduction moments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2023;31(11):4692-4704. doi: 10.1007/s00167-023-07464-2.
- Trepczynski A, Moevis P, Damm P, et al. Dynamic Knee Joint Line Orientation Is Not Predictive of Tibio-Femoral Load Distribution During Walking. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021;9:754715. doi: 10.3389/fbioe.2021.754715.
- Kour RYN, Guan S, Dowsey MM, Choong PF, Pandy MG. Kinematic function of knee implant designs across a range of daily activities. *J Orthop Res*. 2023;41(6):1217-1227. doi: 10.1002/jor.25476.

26. Blakeney W, Clément J, Desmeules F, Hagemester N, Rivière C, Vendittoli PA. Kinematic alignment in total knee arthroplasty better reproduces normal gait than mechanical alignment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2019;27(5):1410-1417. doi: 10.1007/s00167-018-5174-1.
27. Кузин В.В., Кузин А.В., Германов А.В. *Способ персонализированного тотального эндопротезирования коленного сустава.* Патент РФ на изобретение № 2823533. 23.07.2024. Бюл. № 21. Доступно по: [https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&rn=8118&DocNumber=2823533&TypeFile=html](https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&rn=8118&DocNumber=2823533&TypeFile=html). Ссылка активна на 12.11.2024.
28. Roth JD, Howell SM, Hull ML. Kinematically aligned total knee arthroplasty limits high tibial forces, differences in tibial forces between compartments, and abnormal tibial contact kinematics during passive flexion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(6):1589-1601. doi: 10.1007/s00167-017-4670-z.
29. Shelton TJ, Nedopil AJ, Howell SM, Hull ML. Do varus or valgus outliers have higher forces in the medial or lateral compartments than those which are in-range after a kinematically aligned total knee arthroplasty? limb and joint line alignment after kinematically aligned total knee arthroplasty. *Bone Joint J.* 2017;99-B(10):1319-1328. doi: 10.1302/0301-620X.99B10.BJJ-2017-0066.R1.

Статья поступила 30.09.2024; одобрена после рецензирования 11.11.2024; принята к публикации 10.12.2024.

The article was submitted 30.09.2024; approved after reviewing 11.11.2024; accepted for publication 10.12.2024.

#### **Информация об авторах:**

Виктор Васильевич Кузин — доктор медицинских наук, профессор, врач — травматолог-ортопед, [kvicvas@yandex.ru](mailto:kvicvas@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0006-0379-9657>;

Антон Викторович Кузин — врач — травматолог-ортопед, [doctorkuzinav@gmail.com](mailto:doctorkuzinav@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1475-9179>;

Алексей Владимирович Германов — врач — травматолог-ортопед, [Germ-aleksej@yandex.ru](mailto:Germ-aleksej@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-7004-5989>;

Мария Алексеевна Шпак — врач — травматолог-ортопед, [shpakmasha@mail.ru](mailto:shpakmasha@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-0569-0239>.

#### **Information about the authors:**

Viktor V. Kuzin — Doctor of Medical Sciences, Professor, orthopaedic surgeon, [kvicvas@yandex.ru](mailto:kvicvas@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0006-0379-9657>;

Anton V. Kuzin — orthopaedic surgeon, [doctorkuzinav@gmail.com](mailto:doctorkuzinav@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-1475-9179>;

Aleksey V. Germanov — orthopaedic surgeon, [Germ-aleksej@yandex.ru](mailto:Germ-aleksej@yandex.ru), <https://orcid.org/0009-0005-7004-5989>;

Maria A. Shpak — orthopaedic surgeon, [shpakmasha@mail.ru](mailto:shpakmasha@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0004-0569-0239>.