

Предоперационное планирование по телерентгенограммам при тотальном эндопротезировании коленного сустава и его значимость для воссоздания нейтральной оси конечности во фронтальной плоскости

М.П. Зиновьев¹, И. А. Атманский², А.А. Белокобылов³, Д.В. Римашевский⁴

¹ ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр», г. Нижний Тагил, Россия

² ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», г. Челябинск, Россия

³ РГП «Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

⁴ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, Москва, Россия

Реферат

Значимость измерения угла между механической и анатомической осями бедра (FVA) при предоперационном планировании эндопротезирования коленного сустава (ТЭКС) признается не всеми. Есть мнение, что допустимо устанавливать во всех случаях одинаковый угол наклона дистального бедренного резекционного блока или ориентироваться на рост пациента, и с его увеличением уменьшать FVA. **Цель исследования** — выявить факторы, определяющие ось нижней конечности после тотального эндопротезирования коленного сустава, сравнить результаты выравнивания оси нижней конечности с учетом индивидуального или среднего FVA для жителей Свердловской области. **Материал и методы.** На первом этапе исследования выполнен ретроспективный анализ рентгенограмм 261 пациента (273 сустава), которым установлен тотальный эндопротез коленного сустава (ТЭКС) для выявления зависимости между FVA и углом варусной деформации, с одной стороны, и полом, возрастом, индексом массы тела (ИМТ), ростом пациентов и степенью связанности эндопротезов, с другой стороны. Вторым этапом авторы провели проспективное исследование (225 пациентов, 225 ТЭКС). Пациентов рандомизировали в две группы. В первой группе ($n = 121$) дистальный бедренный направлятель устанавливали под углом, соответствующим FVA (группа индивидуального FVA), в контрольной группе ($n = 104$) — под углом 7° (средний FVA в популяции жителей Свердловской области). Мы сопоставили рентгенологические результаты ТЭКС обеих групп. **Результаты.** Авторы не выявили корреляции FVA с возрастом, ИМТ, ростом и полом пациентов ($p > 0,05$). Средний FVA у пациентов Свердловской области составил $6,7 \pm 1,5^\circ$ ($3-11^\circ$). После ТЭКС отклонение оси конечности от нейтральной более 3° ($3,9 \pm 1,06^\circ$) наблюдалось в 7% случаев (19 суставов). Мы выявили линейную связь между частотой ошибки в воссоздании нейтральной оси нижней конечности при ТЭКС и двумя факторами: ИМТ и выраженностью исходной деформации ($p = 0,003$ и $p < 0,001$ соответственно). В контрольной группе отклонение бедренных компонентов от перпендикуляра к механической оси конечности более 3° наблюдалось в 3 раза чаще, чем в группе индивидуального FVA (9 против 3, $p = 0,021$). Разницы в частоте малпозиции большеберцовых компонентов не наблюдалось — в обеих группах по 11%. Суммарное количество случаев с непреднамеренной варусной деформацией более 3° за счет бедренного и/или большеберцового компонентов после ТЭКС в контрольной группе было вдвое больше, чем в группе индивидуального FVA — 14 (14%) и 9 (7%) соответственно ($p = 0,034$). **Заключение.** При исходной варусной деформации более 20° и ИМТ более 30 кг/м^2 имеется повышенный риск установки компонентов с отклонением от механической оси конечности $>3^\circ$. Средний FVA у пациентов Свердловской области составляет $6,7 \pm 1,5^\circ$ ($3-11^\circ$). Выполнение дистальной резекции бедренной кости под углом, равным индивидуальному FVA, в 3 раза уменьшает вероятность ошибки в позиционировании бедренного компонента и в 2 раза вероятность остаточной варусной деформации.

Ключевые слова: тотальное эндопротезирование коленного сустава, угол вальгусного отклонения бедра, варусная деформация.

Зиновьев М.П., Атманский И.А., Белокобылов А.А., Римашевский Д.В. Предоперационное планирование по телерентгенограммам при тотальном эндопротезировании коленного сустава и его значимость для воссоздания нейтральной оси конечности во фронтальной плоскости. *Травматология и ортопедия России*. 2019;25(1):32-40. DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-32-40.

Cite as: Zinoviev M.P., Atmansky I.A., Belokobyllov A.A., Rimashevskiy D.V. [Preoperative TKA Planning on Long-Leg Hip-Knee-Ankle Radiographs and It's Impact on Postoperative Coronal Knee Alignment]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2019;25(1):32-40. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2019-25-1-32-40.

✉ Зиновьев Максим Павлович / Zinovev Maxim Pavlovich; e-mail: max_travma@mail.ru

Рукопись поступила/Received: 23.01.2019. Принята в печать/Accepted for publication: 11.03.2019.

Preoperative TKA Planning on Long-Leg Hip-Knee-Ankle Radiographs and It's Impact on Postoperative Coronal Knee Alignment

M.P. Zinoviev¹, I.A. Atmansky², A.A. Belokobylov³, D.V. Rimashevskiy⁴

¹ Ural Clinical Medical and Rehabilitation Center, Nizhny Tagil, Russian Federation

² The South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

³ Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedic, Nur-Sultan, Kazakhstan

⁴ People's Friendship University of Russia, Medical Institute, Moscow, Russian Federation

Abstract

The importance of measuring of the angle between the mechanical and anatomical femoral axis (FVA) during the preoperative total knee arthroplasty (TKA) planning is not recognized by all. Some surgeons believe that it is acceptable to set distal femoral resection guide at 6° or 7° in all cases or adjust femoral resection guide FVA accordingly with patient height. **We conducted two studies.** One — retrospective analysis of radiographs of patients with TKA performed since 1.09.2014 till 31.01.2015 ($n = 261, 273$ TKA). In this cohort, we were looking for correlation between the parameters obtained on long hip-knee-ankle radiographs (FVA, coronal knee alignment) and gender, age, body mass index (BMI) and height, as well as the implant model and the level of constraint. After that we conducted a prospective, randomized trial with TKA performed since 1.02.2015 till 31.05.2015 ($n = 225, 225$ TKA). The patients were randomly divided into two groups. In the “individual FVA” group ($n = 121$), the distal femoral resection guide FVA was set accordingly with measured FVA, in the control group ($n = 104$) — at 7° (average FVA for the Sverdlovsk area patients' population). We compared TKA x-ray results of both groups. **Results.** First stage. We found no correlation between FVA and age, BMI, height and sex of patients ($p > 0.05$). After TKA residual varus deformity of more than 3° (malalignment) (3.9 ± 1.06) was observed in 7% of cases (19 joints). We found correlation between coronal knee malalignment after TKA and two factors: BMI and initial severity of varus deformity ($p = 0.003$ and $p < 0.001$). Second stage. In the control group we've seen femoral component deviation of more than 3° from the perpendicular to neutral mechanical axis (malposition) 3 times more often then in the “individual FVA” group (9 vs. 3, $p = 0.021$). **Conclusions.** We did not identify the dependence of FVA on sex, age, BMI and height. With initial varus of more than 20° and BMI of more than 30 kg/m², the risk of coronal components malalignment is increased. The average FVA in patients of Sverdlovsk area is $6,7 \pm 1,5^\circ$ (3–11°). Implementation of preoperative FVA measurement and following femoral distal cut adjustments improves femoral component positioning and overall leg alignment postoperatively.

Keywords: total knee arthroplasty, valgus deformity, components malalignment, knee alignment.

Competing interests: the authors declare that they have no competing interests.

Funding: the authors have no support or funding to report.

Consent for publication: the patient provided voluntary consent for publication of case data.

Введение

На сегодняшний день существуют две философии выполнения резекций при тотальном эндопротезировании коленного сустава (ТЭКС) и позиционирования компонентов эндопротеза, которые конкурируют между собой: механическая и кинематическая. Вне зависимости от используемой методики, необходимо стремиться сделать результаты операции стабильными и предсказуемыми [1].

В этом нам призвано помочь цифровое предоперационное планирование, которое позволяет не только подобрать оптимально подходящий по размеру имплантат, но и рассчитать необходимое для его правильной установки направление и уровень резекций [2].

Наши наблюдения и работы коллег ставят под сомнение необходимость нейтрального выравнивания оси нижней конечности у пациентов с исходной варусной деформацией [1, 3–7]. Тем не менее, большинство ортопедов до сих пор остаются сторонниками коррекции механической оси нижней конечности до нейтрального положения (с отклонением в пределах $\pm 3^\circ$) при ТЭКС [8–11].

Применение компьютерной навигации и робототехники позволяют более точно ориентировать резекции и устанавливать компоненты эндопротеза и, как следствие, чаще выводить ось конечности в нейтральное положение [12, 13]. Однако эти методы ведут к существенному удорожанию операции, требуя применения дорогостоящего оборудования и расходных материалов, предпола-

гают кривую обучения и удлиняют время выполнения операции [14]. Поэтому в нашей стране они не получили широкого распространения, и основным методом выравнивания оси нижней конечности в повседневной практике ортопедов остается применение интрамедуллярного направителя для резекции дистального отдела бедренной кости и интра- либо экстрамедуллярного направителя для резекции проксимального отдела большеберцовой кости. При тщательном предоперационном планировании и соблюдении хирургической техники это позволяет выполнять резекции с точностью, существенно не уступающей компьютерной навигации [15].

Одним из ключевых элементов традиционного предоперационного планирования ТЭКС является измерение угла вальгусного отклонения бедра FVA (угол между анатомической и механической осями бедра) [16] (рис. 1).

Некоторые авторы предлагают отказаться от ориентировки блока дистальной резекции бедра согласно индивидуально рассчитанному углу FVA и всегда выбирать среднее значение для популяции, считая такой подход абсолютно безопасным [17, 18]. Другие, напротив, настаивают на необходимости индивидуального измерения FVA для каждого пациента, демонстрируя большую погрешность при использовании фиксированного угла FVA [19–21].

Пользуясь имеющимися у нас возможностями точного предоперационного планирования и учета послеоперационных результатов, а также высокой степенью однородности выполняемых в нашем центре ТЭКС, мы решили внести свой вклад в эту дискуссию.

Цель исследования — выявить факторы, определяющие ось нижней конечности после тотального эндопротезирования коленного сустава, сравнить результаты выравнивания оси нижней конечности с учетом индивидуального или среднего FVA для жителей Свердловской области.

Материал и методы

Для реализации цели исследование состояло из двух этапов: первый этап исследования носил ретроспективный характер, второй этап исследования – проспективный.

Мы проанализировали результаты 951 операций ТЭКС, выполненных в нашем центре с сентября 2014 по май 2015 г. 933 пациентам с исходной варусной деформацией нижней конечности.

Из электронной базы центра были взяты следующие данные о всех пациентах: пол, возраст, ИМТ, рост, тип и степень связанности имплантата, суммарная деформация, угол между центрами головки бедренной кости, коленного сустава

и голеностопного сустава (НКА), угол между анатомической и механической осями бедра (FVA), дистально-бедренный угол (LDFA), проксимально-тибиальный угол (МРТА), исходный угол FVA до и через 3 мес. после ТЭКС.

Оценку фронтального выравнивания оси нижней конечности после ТЭКС проводили с помощью телерентгенографии, которую выполняли на рентгенодиагностическом аппарате Philips Diagnost 56 (Нидерланды) и результаты оценивали по методике, описанной А. Durandet с соавторами [22], на персональном компьютере при помощи программы «VEPRO ver.8.2» (Германия) (рис. 2).

Критерии включения в исследование:

- гонартроз 3-й стадии (по Н.С. Косинской) с исходной варусной деформацией нижней конечности;
- ТЭКС с применением стандартной хирургической техники без компьютерной навигации;
- наличие предоперационной и контрольной (через 3 мес. после ТЭКС) телерентгенограмм с измерением FVA, сохраненных в электронной базе;
- отсутствие в анамнезе внесуставной деформации (более 10°), корригирующих остеотомий и эндопротезирования тазобедренного сустава;
- регистрация пациента в Свердловской области.

Для реализации задач исследования мы разделили его на два этапа.

Первый этап — поиск корреляции между: 1) полом, возрастом, ростом, ИМТ и FVA; 2) полом, возрастом, ростом, ИМТ, типом эндопротеза, степенью связанности эндопротеза и остаточной варусной деформацией после ТЭКС.

На первом этапе исследования во всех случаях во время операции использовался расчетный угол FVA (согласно протоколу операции из истории болезни пациента). Из всех пациентов, оперированных с 01.09.2014 по 31.01.2015 г. (512 суставов у 502 пациентов) критериям включения соответствовал 261 пациент (273 ТЭКС). Данные об этих пациентах и были подвергнуты статистической обработке. Некоторые данные первого этапа исследования представлены в таблице 1.

Во всех случаях во время операции угол дистальной резекции бедренной кости выставлялся в соответствии с расчетным углом FVA.

Второй этап. Для определения значимости индивидуального расчета FVA был проведен анализ рентгенограмм у пациентов после ТЭКС с гонартрозом 3 ст. и исходной варусной деформацией.

Из всех пациентов, оперированных в нашем центре с 01.02 по 31.05.2015 г. (439 ТЭКС/431 пациент), критериям включения соответствовали 225 пациентов, которым было установлено 225 суставов.

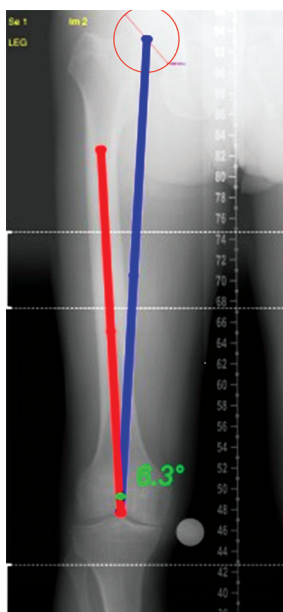


Рис. 1. Измерение вальгусного угла отклонения бедра: красной линией отмечена анатомическая, а синей — механическая оси бедренной кости, зеленым цветом указан угол между анатомической и механической осями бедренной кости (FVA)

Fig. 1. X-ray of the right femur, measuring the angle of femur valgus deviation: red line — anatomical axis, blue line mechanical axis, green — FVA angle

До операции пациенты методом компьютерной рандомизации были разделены на две группы. В первой группе (121 пациент, 121 сустав) дистальная резекция бедренной кости выполнялась с учетом расчетного FVA. Во второй группе (104 пациента, 104 сустава) — под углом в 7° к интрамедуллярному стержню (средний угол FVA в популяции). В обеих группах эндопротезирование проводилось по стандартной методике без компьютерной навигации, с интрамедуллярным направлятелем на бедре и экстаемедуллярным направлятелем на голени. Операции выполнялись тремя опытными бригадами хирургов (опыт имплантации более 2000 ТЭКС и более 300 операций в год). Группы исследования были сопоставимы по полу, возрасту, ИМТ, углу исходной варусной деформации (табл. 2).

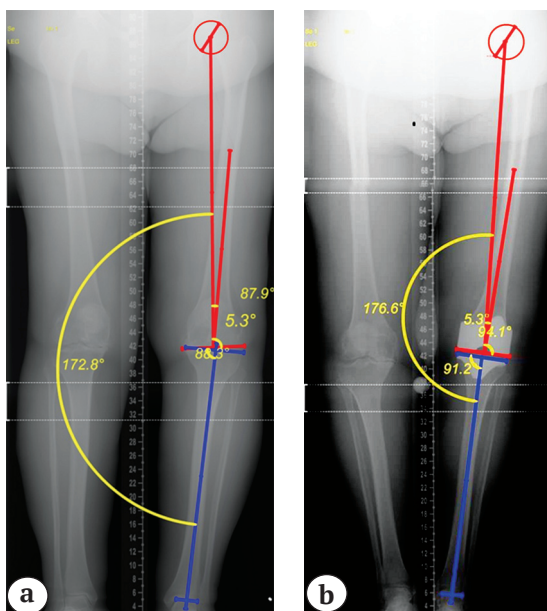


Рис. 2. Телерентгенограммы пациента с гонартрозом 3 ст. и варусной деформацией: FVA = 5,3°, LDFA = 87,9°; MPТА = 88,3°, HKA = 172,8° (а); через 3 месяца после операции: FVA = 5,3°, LDFA = 94,1°, MPТА = 91,2°, HKA = 176,6°, остаточный варус — 3,4° (б)

Fig. 2. Hip-knee-ankle x-ray of the patient with varus knee osteoarthritis: FVA = 5,3°, LDFA = 87,9°; MPТА = 88,3°, HKA = 172,8° (a); 3 months after TKA: FVA = 5,3°, LDFA = 94,1°, MPТА = 91,2°, HKA = 176,6°, residual varus — 3,4° (b)

Таблица 1

Характеристика первого этапа исследования (273 ТЭКС/261 пациент)

Параметр	Показатель
Возраст, лет	64,6±8,9
Пол муж/жен	65/196
ИМТ, кг/м ²	29,4±4,8
Средняя варусная деформация, град.	11,9±5,5
Тип связанности эндопротеза CR/UC/PS	99/52/122
Производитель имплантата и модель:	
Aescular Columbus UC	52
Biomet AGC CR	21
Implantcast CR/PS	24
Stryker Scorpio NRG CR/PS	94
Zimmer NexGen CR/PS	82

Таблица 2

Сравнительная характеристика исследуемых групп пациентов

Параметры	Первая группа (n = 121) Индивидуальный FVA	Вторая группа FVA = 7°
Пол, муж/жен	32/89	26/78
Возраст, лет	64,21±5,4	63,66±7,2
ИМТ, кг/м ²	28,1±6,1	30,4±8,1
Средний показатель варусной деформации, град.	10,8±5,4	9,1±5,1

p>0,05.

Для повышения качества оценки позиционирования компонентов эндопротеза и восстановления нейтральной оси конечности мы использовали телерентгенограммы, выполненные через 3 мес. после ТЭКС, во время явки пациента на контрольный осмотр.

Статистический анализ

Статистическая обработка выполнялась с помощью пакета для обработки результатов StatSoft Statistica 6.0 с использованием стандартного отклонения SD. Оценку различий сравниваемых групп проводили с помощью U-теста

Манна–Уитни, линейную связь между изменениями значений переменных данных вычисляли с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Критерием статистической значимости получаемых результатов считали величину *p*<0,05.

Результаты

Первый этап исследования

Среднее значение FVA у мужчин составило 6,7±1,5° (от 3° до 11°) и 6,6±1,49° у женщин (*p*>0,05) (табл. 3). Мы не выявили корреляции между FVA и возрастом, ИМТ и ростом пациентов (*p*>0,05) (табл. 4–6).

Таблица 3

Распределение FVA по полу, %

Пол	FVA°								
	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Мужской	0	5	15	29	18	23	6	2	2
Женский	2	6	16	24	21	19	8	2	2

p>0,05.

Таблица 4

Распределение FVA по возрасту, %

Возраст, лет	FVA°								
	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
<60	2	5	17	17	28	22	5	2	2
60–70	2	6	19	31	15	16	8	1	2
>70	0	6	9	20	27	25	9	3	1

p>0,05.

Таблица 5

Распределение FVA по ИМТ, %

ИМТ, кг/м ²	FVA°								
	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
<30	1	6	17	24	26	17	6	2	1
≥30	1	6	14	28	17	23	8	1	2

p>0,05.

Таблица 6

Распределение FVA по росту, %

Рост, см	FVA°								
	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
150	0	4	17	14	17	26	9	4	9
150–160	3	6	16	34	9	16	16	0	0
160–170	1	6	9	22	23	27	9	3	0
170–180	1	5	24	28	23	13	5	0	1
>180	0	7	11	26	27	20	2	2	5

Таким образом, ни один из оцениваемых факторов не оказывал влияния на величину угла вальгусного отклонения бедра. Анализ 273 послеоперационных телерентгенограмм показал, что отклонение механической оси конечности от нейтрального положения более 3° (в среднем 3,9±1,06°) было выявлено в 19 (7%) случаях. В 18 случаях сохранялась остаточная варусная деформация, и в одном случае была выявлена вальгусная гиперкоррекция в 4°. В большинстве случаев 17 (90%) отклонение оси от нейтрального положения (мальориентация) находилось в пределах от 3,1° до 5,0°. В оставшихся двух случаях этот показатель составил 5,1° и 6,0°. В одном наблюдении источником остаточной деформации была мальпозиция бедренного компонента (5%), в 15 случаях — обоих компонентов и в 3 случаях — только большеберцового компонента. Проведенный анализ показал, что у пациентов с исходной варусной деформацией нижней конечности более 20° и ИМТ более 30 кг/м² имеется повышенный риск мальпозиции компонентов

эндопротеза. Относительный риск с 95% доверительным интервалом составил 6,667 и 4,506 соответственно ($p < 0,05$). Однако нами не выявлено влияния таких факторов, как пол, возраст, FVA, нозологическая группа, тип связанности протеза, производитель имплантата, на выравнивание фронтальной оси нижней конечности после ТЭКС (табл. 7).

Второй этап исследования

Обе группы были сопоставимы по FVA, который составил в первой группе 6,6°±1,5° и в контрольной 6,7°±1,4° ($p = 0,621$). Результаты анализа контрольных рентгенограмм представлены в таблице 8. Мальпозиция бедренного компонента в 3 раза чаще наблюдалась в контрольной группе (9 против 3, $p = 0,021$), по частоте мальпозиции большеберцового компонента группы не отличались (11%). При этом мальориентация в контрольной группе наблюдалась в два раза чаще, чем в группе индивидуального FVA: 14 (14%) против 9 (7%) ($p = 0,034$).

Таблица 7

Факторы, связанные с пациентами/имплантатами и их влияние на выравнивание нейтральной оси нижней конечности после ТЭКС

Фактор	Всего	Отклонение от нейтральной оси				p	
		<3°		≥3°			
		n	%	n	%		
Пол	муж	68 (25%)	64	94,1	4	5,9	0,688
	жен	205 (75%)	190	92,7	15	7,3	
Возраст, лет	<60	66 (24%)	61	92,4	5	7,6	0,877
	60–70	136 (50%)	126	92,6	10	7,4	
	>70	71 (26%)	67	94,4	4	5,6	
ИМТ, кг/м ²	<30	149 (55%)	145	97,3	4	2,7	0,003
	≥30	124 (45%)	109	87,9	15	12,1	

Окончание таблицы 7

Фактор	Всего	Отклонение от нейтральной оси				p	
		<3°		≥3°			
		n	%	n	%		
Исходная деформация, град.	<10	96 (35%)	94	97,9	2	2,1	<0,001
	10-20	138 (51%)	131	94,9	7	5,1	
	>20	39 (14%)	29	74,4	10	25,6	
FVA, град.	≤5	62 (23%)	60	96,8	2	3,2	0,219
	6-8	180 (66%)	167	92,8	13	7,2	
	≥9	31 (11%)	27	87,1	4	12,9	
Тип связанности эндопротеза	CR	99 (36%)	94	94,9	5	5,1	0,642
	UC	52 (19%)	48	92,3	4	7,7	
	PS	122 (45%)	112	91,8	10	8,2	
Модель и производитель имплантата	Aesculap Columbus UC	52 (19%)	49	94,2	3	5,8	0,367
	Biomet AGC CR	21 (8%)	19	90,5	2	9,5	
	Implantcast CR/PS	24 (9%)	20	83,3	4	16,7	
	Stryker Scorpio NRG CR/PS	94 (34%)	89	94,7	5	5,3	
	Zimmer NexGen CR/PS	82 (30%)	77	93,9	5	6,1	

Таблица 8

Частота мальпозиции компонентов эндопротеза в группах исследования

Компонент	Мальпозиция >3°		p
	Первая группа (n = 121)	Вторая группа (n = 104)	
Бедренный	3 (3%)	9 (9%)	0,021
Большеберцовый	13 (11%)	12 (11%)	0,954
Суммарная остаточная деформация	9 (7%)	14 (14%)	0,034

Обсуждение

За последние десятилетия было опубликовано большое количество работ, посвященных необходимости фронтального выравнивания компонентов в нейтральном положении относительно механической оси нижней конечности [9, 10, 23]. Несмотря на то, что многие авторы считают, что остаточная варусная деформация не влечет за собой негативных клинических последствий, никто из них и не призывает к преднамеренному выравниванию нижней конечности в варусном положении [5, 24, 25]. Нейтральное выравнивание оси нижней конечности до сих пор является стандартом тотального эндопротезирования коленного сустава [26].

При использовании стандартной хирургической техники ТЭКС для восстановления механи-

ческой оси бедренного компонента эндопротеза рекомендуют устанавливать интрамедуллярный направлятель под углом, равным FVA. У пациентов нашего региона с гонартрозом и исходной варусной деформацией средний FVA составил 6,7±1,5° (от 3° до 11°) и не зависел от пола, возраста и конституциональных особенностей. Наши данные согласуются с данными J. Stucinskas с соавторами: FVA = 6,7±1,3° (от 4 до 10°) [21]. Однако в британской популяции N. Kharwadkar с соавторами определили среднее значение FVA как 5,4±0,9° (от 3,1 до 8°) [17]. По данным W.M. Tang с соавторами у лиц с гонартрозом в Китае FVA = 5,1±0,9° (от 2,6 до 7,4°) [27].

Недавно K. Zhou с соавторами провели мета-анализ шести исследований (суммарно 1167 пациентов с ТЭКС) и пришли к выводу, что исполь-

зование индивидуального FVA при дистальной резекции бедренной кости может повысить точность послеоперационного выравнивания всей нижней конечностей и бедренного компонента во фронтальной плоскости [28]. Наше исследование также подчеркнуло значимость предоперационного определения FVA. Так, установка направлятеля резекции бедра под углом, рассчитанным при предоперационном планировании FVA, позволило уменьшить частоту ошибок в позиционировании бедренного компонента эндопротеза во фронтальной плоскости в 3 раза, а частоту отклонения оси нижней конечности от нейтрального положения в 2 раза.

Несмотря на то, что статистически значимой корреляции между какими-либо факторами пациентов и FVA мы не нашли, у пациентов с исходной варусной деформацией более 20° и ИМТ более 30 кг/м² мы чаще наблюдали остаточную варусную деформацию ($p < 0,05$), что согласуется с работой A.B. Mullaji с соавторами в части исходной варусной деформации более 20° [29]. J. Järvenpää с соавторами по результатам своего исследования подчеркнули, что у лиц с ожирением (ИМТ ≥ 30 кг/м²) хуже клинические и рентгенологические результаты ТЭКС по сравнению с людьми с меньшим ИМТ [24]. Мы также считаем, что тучные пациенты должны быть предупреждены о повышенном риске осложнений ТЭКС.

В заключении необходимо отметить, что наше исследование не ставило целью изучить влияние фронтального выравнивания оси нижней конечности на клинико-функциональные исходы ТЭКС. Благодаря этому нам удалось включить в исследование достаточно большие группы пациентов: 273 — на первом и 225 — на втором этапах исследования соответственно. Очевидно, что на клинический результат ТЭКС оказывает влияние не только фронтальное положение компонентов, но многие другие факторы: исходный объем движений, подход хирурга к балансу связок, сопутствующая патология, тип имплантата и положение его компонентов в сагиттальной и горизонтальной плоскостях, программа послеоперационной реабилитации и т.д. Для того чтобы изучить, как влияет исключительно фронтальное положение компонентов на клинический результат, необходимо в сравнимых группах учитывать все эти факторы, что мы постарались сделать в опубликованных ранее исследованиях [3, 4]. Все данные об оперированных в нашем центре пациентах систематически вносятся в электронную базу данных, в том числе и данные ежегодных контрольных осмотров. Это позволит нам в ближайшие годы провести полноценный анализ значимости позиционирования компонентов.

Этика публикации: пациенты дали добровольное информированное согласие на публикацию клинического наблюдения.

Конфликт интересов: не заявлен.

Источник финансирования: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Литература [References]

- Parratte S., Pagnano M.W., Trousdale R.T., Berry D. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92(12): 2143-2149. DOI: 10.2106/JBJS.I.01398.
- Tanzer M., Makhdom A.M. Preoperative planning in primary total knee arthroplasty. *J Am Acad Orthop Surg.* 2016;24(4):220-230. DOI: 10.5435/JAAOS-D-14-00332.
- Зиновьев М.П., Паськов Р.В., Римашевский Д.В. Влияние остаточной варусной деформации на клинико-функциональные, рентгенологические и динамометрические результаты тотального эндопротезирования коленного сустава. *Травматология и ортопедия России.* 2017;(1):108-116. DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-208-116. Zinoviev M.P., Paskov R.V., Rimashevsky D.V. Influence of residual varus deformity on clinical, functional, radiological and dynamometric outcomes of total knee arthroplasty. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2017;23(1):108-116. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2017-23-1-208-116.
- Зиновьев М.П., Паськов Р.В., Сергеев К.С., Римашевский Д.В. Остаточная деформация после двустороннего эндопротезирования коленных суставов: влияние на краткосрочные результаты. *Травматология и ортопедия России.* 2018;24(2):19-28. DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28. Zinoviev M.P., Paskov R.V., Sergeev S.K., Rimashevsky D.V. [Residual deformity after bilateral knee arthroplasty: impact on short term outcomes]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2018;24(2):19-28. (In Russ.). DOI: 10.21823/2311-2905-2018-24-2-19-28.
- Bellemans J. Neutral mechanical alignment: a requirement for successful TKA: opposes. *Orthopedics.* 2011;34(9): e507-509. DOI: 10.3928/01477447-20110714-41.
- Bellemans J., Colyn W., Vandenuecker H., Victor J. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res.* 2012;470(1):45-53. DOI: 10.1007/s11999-011-1936-5.
- Vanlommel L., Vanlommel J., Claes S., Bellemans J. Slight undercorrection following total knee arthroplasty results in superior clinical outcomes in varus knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2013;21(10):2325-2330. DOI: 10.1007/s00167-013-2481-4.
- Chao E.Y., Neluhani E.V., Hsu R.W., Paley D. Biomechanics of malalignment. *Orthop Clin North Am.* 1994;25(3):379-386.
- Longstaff L.M., Sloan K., Stamp N., Scaddan M., Beaver R. Good alignment after total knee arthroplasty leads to faster rehabilitation and better function. *J Arthroplasty.* 2009;24(4):570-578.
- Ritter M.A., Davis K.E., Meding J.B., Pierson J.L., Berend M.E., Malinzak R.A. The effect of alignment and BMI on failure of total knee replacement.

- J Bone Joint Surg Am.* 2011;93(17):1588-1596. DOI: 10.2106/JBJS.J.00772.
11. Ritter M.A., Faris P.M., Keating E.M., Meding J.B. Postoperative alignment of total knee replacement. Its effect on survival. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(299):153-156.
 12. Song E.K., Seon J.K., Park S.J., Jung W.B., Park H.W., Lee G.W. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011;19(7):1069-1076. DOI: 10.1007/s00167-011-1400-9.
 13. Sparmann M., Wolke B., Czapalla H., Banzer D., Zink A. Positioning of total knee arthroplasty with and without navigation support: a prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85(6):830-835.
 14. Петухов А.И., Корнилов Н.Н., Куляба Т.А., Тихилов Р.М., Селин А.В., Кройтору И.И., Игнатенко В.Л., Сараев А.В., Муранчик Ю.И. Современные взгляды на применение компьютерных навигационных систем при первичном тотальном эндопротезировании коленного сустава (обзор литературы). *Травматология и ортопедия России.* 2010;(1):115-123. DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-115-123.
 15. Petukhov A.I., Kornilov N.N., Kulyaba T.A., Tikhilov R.M., Selin A.V., Kroitoru I.I., Ignatenko V.L., Saraev A.V., Muranchik Y.I. [Contemporary view on computer navigation using at primary knee total replacement (review)]. *Travmatologiya i ortopediya Rossii* [Traumatology and Orthopedics of Russia]. 2010;(1):115-123. (In Russ.) DOI: 10.21823/2311-2905-2010-0-1-115-123.
 16. Kim Y.H., Kim J.S., Yoon S.H. Alignment and orientation of the components in total knee replacement with and without navigation support: a prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(4):471-476. DOI: 10.1302/0301-620X.89B4.18878
 17. Deakin A.H., Basanagoudar P.L., Nunag P., Johnston A.T., Sarungi M. Natural distribution of the femoral mechanical-anatomical angle in an osteoarthritic population and its relevance to total knee arthroplasty. *Knee.* 2012;19(2):120-123. DOI: 10.1016/j.knee.2011.02.001.
 18. Kharwadkar N., Kent R.E., Sharara K.H., Naique S. 5 degrees to 6 degrees of distal femoral cut for uncomplicated primary total knee arthroplasty: is it safe? *Knee.* 2006;13(1):57-60. DOI: 10.1016/j.knee.2005.07.001.
 19. Wang, Y., Zeng, Y., Dai, K., Zhu Z., Xie L. Normal lowerextremity alignment parameters in healthy Southern Chinese adults as a guide in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2010;25(4):563-570. DOI: 10.1016/j.arth.2009.03.021.
 20. Charlson M.E., Pompei P, Ales K.L., McKenzie C.R. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chron Dis.* 1987;40(5):373-383.
 21. Deakin, A.H., Sarungi, M. A comparison of variable angle versus fixed angle distal femoral resection in primary total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2014; 29(6):1133-1137. DOI: 10.1016/j.arth.2013.11.009.
 22. Stucinskas J., Robertsson O., Sirka A., Lebedev A., Wingstrand H., Tarasevicius S. Moderate varus/valgus malalignment after total knee arthroplasty has little effect on knee function or muscle strength 91 patients assessed after 1 year. *Acta Orthop.* 2015;86(6):728-733. DOI: 10.3109/17453674.2015.1059689.
 23. Durandet A., Ricci P.-L., Saveh A.H., Vanat Q., Wang B., Esat I., Chizari M. Radiographic Analysis of lower limb axial alignments. In: Proceedings of the World Congress on Engineering. London, 2013. Vol. II, WCE 2013, July 3-5, 2013. Available from: <http://www.iaeng.org/publication/WCE2013/>
 24. Fang D.M., Ritter M.A., Davis K.E. Coronal alignment in total knee arthroplasty: just how important is it. *J Arthroplasty.* 2009;24(6 Suppl):39-43. DOI: 10.1016/j.arth.2009.04.034.
 25. Järvenpää J., Kettunen J., Kröger H., Miettinen H. Obesity may impair the early outcome of total knee arthroplasty. *Scand J Surg.* 2010;99(1):45-49. DOI: 10.1177/145749691009900110.
 26. Song M.H., Yoo S.H., Kang S.W., Kim Y.J., Park G.T., Pyeun Y.S. Coronal alignment of the lower limb and the incidence of constitutional varus knee in Korean females. *Knee Surg Relat Res.* 2015;27(1):49-55. DOI: 10.5792/ksrr.2015.27.1.49.
 27. Abdel M.P., Oussedik S., Parratte S., Lustig S., Haddad F.S. Coronal alignment in total knee replacement: historical review, contemporary analysis, and future direction. *Bone Joint J.* 2014;96-B(7):857-862. DOI: 10.1302/0301-620X.96B7.33946.
 28. Tang W.M., Zhu Y.H., Chiu K.Y. Axial alignment of the lower extremity in Chinese adults. *J Bone Joint Surg Am.* 2000;82-A(11):1603-1608.
 29. Zhou K., Ling T., Xu Y., Li J., Yu H., Wang H. Zhou Z., Pei F. Effect of individualized distal femoral valgus resection angle in primary total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis involving 1300 subjects. *Int J Surg.* 2018;50:87-93. DOI: 10.1016/j.ijsu.2017.12.028.
 30. Mullaji A.B., Shetty G.M., Lingaraju A.P., Bhayde S. Which factors increase risk of malalignment of the hip-knee-ankle axis in TKA? *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(1):134-41. DOI: 10.1007/s11999-012-2520-3.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Зиновьев Максим Павлович — врач ортопед-травматолог ортопедического отделения № 1, ООО «Уральский клинический лечебно-реабилитационный центр», г. Нижний Тагил

Атманский Игорь Александрович — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», г. Челябинск

Белокобылов Алексей Александрович — канд. мед. наук, заведующий 4-м ортопедическим отделением, РГП «Научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии», г. Нур-Султан, Республика Казахстан

Римашевский Денис Владимирович — канд. мед. наук, доцент кафедры травматологии и ортопедии, ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов» Минобрнауки России, Москва

INFORMATION ABOUT AUTHORS:

Maxim P. Zinoviev — orthopedic surgeon, Orthopedic Department N 1, Ural Clinical Medical and Rehabilitation Center, Nizhny Tagil, Russian Federation

Igor A. Atmansky — Dr. Sci. (Med.), professor, Orthopedic Department, South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aleksei A. Belokobyllov — Cand. Sci. (Med.), head of the Orthopedics department No. 4, Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopaedic, Nur-Sultan, Kazakhstan

Denis V. Rimashevskiy — Cand. Sci. (Med.), associate professor, Orthopedic and Trauma Department, Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation