

УДК 617.3

© Скребцов В.В., Процко В.Г., Скребцов А.В., Тамоев С.К., Никитина В.К., 2025

Оригинальное исследование / Original research



## ОРИГИНАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ГЕМИЭНДОПРОТЕЗИРОВАНИЯ В СОЧЕТАНИИ С ПЛАСТИКОЙ ПЛЮСНЕ-СЕСАМОВИДНОГО СУСТАВА КОЛЛАГЕНОВОЙ МЕМБРАНОЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОСТЕОАРТРИТА ПЕРВОГО ПЛЮСНЕФАЛАНГОВОГО СУСТАВА 3–4 СТАДИИ

**В.В. СКРЕБЦОВ<sup>1</sup>, В.Г. ПРОЦКО<sup>1,2</sup>, А.В. СКРЕБЦОВ<sup>1</sup>, С.К. ТАМОЕВ<sup>1</sup>, В.К. НИКИТИНА<sup>1</sup>**<sup>1</sup> ГБУЗ «ГКБ им. С. С. Юдина ДЗМ», 115446, Москва, Россия<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «РУДН им. Патриса Лумумбы», 117198, Москва, Россия

### Аннотация

**Актуальность.** Для сохранения движений первого плюснефалангового сустава при остеоартрите 3–4 стадий в настоящее время используют несколько методик. Однако, патология сесамовидных костей и плюсне-сесамовидного сустава, в частности, часто остаётся без внимания. Авторами предложен новый метод лечения остеоартрита первого плюснефалангового сустава 3–4 стадии с выраженными дегенеративными изменениями плюсне-сесамовидного сустава

**Цель работы** - Демонстрация оригинальной методики и результатов лечения остеоартрита первого плюснефалангового сустава 3–4 стадии с сопутствующими дегенеративными изменениями плюсне-сесамовидного сустава методом гемиендопротезирования первого плюснефалангового сустава керамическим имплантатом в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной

**Материалы и методы.** Техника операции включает резекцию суставной поверхности головки первой плюсневой кости, подбор размера гемиендопротеза проведение направляющей спицы через направлятель с последующим формированием канала с помощью компакторов двух видов. Выполняют резекцию измененной суставной поверхности головки первой плюсневой кости и её остеоперфорация по Бэку. При необходимости выполняют резекцию по плоскости гипертрофированных сесамовидных костей. Осуществляют адаптацию коллагеновой мембраны и фиксацию с помощью фибринового клея или шовного материала.

**Результаты.** В Центре Хирургии стопы ГКБ им. С. С. Юдина по описанной методике с периодом наблюдения более 12 месяцев прооперирован 21 пациент. Женщин – 17 (81,0%), мужчин – 4 (19,0%). Средний возраст пациентов – 61 лет  $\pm$  7,7 (43–72). Пациентов старше 60 лет – 12 пациентов (57,4%). Амплитуда движений 1 ПФС без нагрузки: до лечения –  $15^\circ \pm 3,3$  ( $5^\circ$ – $20^\circ$ ), через 12 месяцев  $25^\circ \pm 3,8$  ( $15^\circ$ – $30^\circ$ ). Амплитуда движений 1 ПФС с физиологической нагрузкой с имитацией фазы предпереноса: до лечения –  $15^\circ \pm 3,0$  ( $10^\circ$ – $25^\circ$ ), через 12 месяцев после оперативного вмешательства –  $35^\circ \pm 5,2$  ( $25^\circ$ – $45^\circ$ ). Результаты анкетирования пациентов с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ): до операции –  $7,7 \pm 1,9$  (4–10) баллов, через 12 месяцев после проведенного лечения –  $1,6 \pm 0,8$  (0–3) баллов. Анкетирование шкалой American Orthopaedic Foot and Ankle Society Hallux Score (AOFAS HS) до и через 12 месяцев после проведенного лечения –  $35,5 \pm 10,9$  (18–52) и  $82,7 \pm 5,2$  (73–90) соответственно. Показатели шкалы Foot Function Index (FFI) на момент предоперационного осмотра составили  $63,5\% \pm 9,9$  (48%–82%), через 12 месяцев –  $10,5\% \pm 2,5$  (7%–16%).

**Заключение.** Гемиендопротезирование первого плюснефалангового сустава в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной позволяет восстановить движения как в плюснефаланговом, так и в плюсне-сесамовидном суставах, что позволяет комплексно подойти к вопросу восстановления движений.

**Ключевые слова:** остеоартрит; hallux rigidus; сесамовидные кости.

**Конфликт интересов:** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Источник финансирования.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Для цитирования:** Скребцов В.В., Процко В.Г., Скребцов А.В., Тамоев С.К., Никитина В.К. оригинальная методика гемиендопротезирования в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной при лечении остеоартрита первого плюснефалангового сустава 3–4 стадии. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2025; 4: 119–125.

## THE ORIGINAL MODEL OF THE HEMIENDOPROSTHESIS OF THE FIRST METATARSOPHALANGEAL JOINT AND THE METHOD OF ITS INSTALLATION IN THE PREPARATION OF HALLUX RIGIDUS STAGES 3–4

**VLADIMIR V. SKREBTSOV<sup>1</sup>, VICTOR G. PROTSKO<sup>1,2</sup>, ALEXANDER V. SKREBTSOV<sup>1</sup>, SARGON K. TAMOEV<sup>1</sup>, VICTORIA K. NIKITINA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Yudin City Clinical Hospital, 115446, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "RUDN named after. Patrice Lumumba", 117198, Moscow, Russian Federation

## Abstract

**Relevance.** Several methods are currently used to maintain the motion of the first metatarsophalangeal joint in osteoarthritis of stage 3-4. However, the pathology of the sesamoid bones and the metatarsophalangeal joint, in particular, is often ignored. The authors proposed a new method for treating osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint of stage 3-4 with pronounced degenerative changes in the metatarsophalangeal joint. The aim of the work is to demonstrate an original technique and the results of treating osteoarthritis of the first metatarsophalangeal joint of stage 3-4 with concomitant degenerative changes in the metatarsophalangeal joint by hemiendoprosthesis of the first metatarsophalangeal joint with a ceramic implant in the UK with plastic surgery of the metatarsophalangeal joint with a collagen membrane.

**Materials and methods.** The surgical technique includes resection of the articular surface of the head of the first metatarsal bone, selection of the size of the hemiendoprosthesis, insertion of a guide pin through the guide followed by formation of a channel using two types of compactors. Resection of the altered articular surface of the head of the first metatarsal bone and its osteoperforation according to Beck are performed. If necessary, resection is performed along the plane of hypertrophied sesamoid bones. Adaptation of the collagen membrane and fixation using fibrin glue or suture material are performed.

**Results.** In the Foot Surgery Center of the S. S. Yudin City Clinical Hospital, 21 patients were operated on using the described technique with an observation period of more than 12 months. There were 17 women (81.0%) and 4 men (19.0%). The average age of the patients was 61 years  $\pm$  7.7 (43-72). There were 12 patients over 60 years old (57.4%). The range of motion of the 1 MTP joint without load: before treatment -  $15^\circ \pm 3.3$  ( $5^\circ$ - $20^\circ$ ), after 12 months  $25^\circ \pm 3.8$  ( $15^\circ$ - $30^\circ$ ). The range of motion of the first MTP joint with physiological load simulating the pre-transfer phase: before treatment -  $15^\circ \pm 3.0$  ( $10^\circ$ - $25^\circ$ ), 12 months after surgery -  $35^\circ \pm 5.2$  ( $25^\circ$ - $45^\circ$ ). Results of the patient questionnaire using the visual analogue scale (VAS): before surgery -  $7.7 \pm 1.9$  (4-10) points, 12 months after the treatment -  $1.6 \pm 0.8$  (0-3) points. Questionnaire using the American Orthopaedic Foot and Ankle Society Hallux Score (AOFAS HS) scale before and 12 months after the treatment -  $35.5 \pm 10.9$  (18-52) and  $82.7 \pm 5.2$  (73-90), respectively. The Foot Function Index (FFI) scores at the time of preoperative examination were  $63.5\% \pm 9.9$  (48% - 82%), after 12 months -  $10.5\% \pm 2.5$  (7% - 16%).

**Conclusion.** Hemiendoprosthesis of the first metatarsophalangeal joint in combination with plastic surgery of the metatarsophalangeal joint with a collagen membrane allows for the restoration of movement in both the metatarsophalangeal and metatarsophalangeal joints, which allows for a comprehensive approach to the issue of restoring movement.

**Key words:** osteoarthritis; hallux rigidus; sesamoid bones

**Conflict of interests:** The authors declare that there are no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Funding:** the study had no sponsorship

**For citation:** Skrebtsov V.V., Protso V.G., Skrebtsov A.V., Tamoev S.K., Nikitina V.K. The original model of the hemiendoprosthesis of the first metatarsophalangeal joint and the method of its installation in the preparation of hallux rigidus stages 3-4. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2025; 4: 119-125.

**DOI:** 10/17238/issn2226-2016.2025.4.119-125

## Введение

Тактика лечения, направленная на сохранение движений крупного сустава при его остеоартрите (ОА), является общепринятой и позволяет эффективно снизить болевой синдром и восстановить уровень активности пациента [1, 2]. Данный подход реализуется и в хирургии стопы. Несмотря на то, что золотым стандартом лечения ОА первого плюснефалангового сустава (1 ПФС) является артродез сустава, эндопротезирование 1 ПФС набирает популярность и позволяет достичь снижения интенсивности болевого синдрома при сохранении движений 1 ПФС в отдаленные сроки [3].

В последнее время 1 ПФС принято считать не простым, а комбинированным суставом, который состоит из суставных поверхностей четырех костей, где к первой плюсневой кости и основной фаланги первого пальца также относят две сесамовидные кости [4]. Поэтому при некоторых патологиях, например при лечении Hallux Valgus, взаимное положение первой плюсневой кости и сесамовидных костей специалистов интересует с точки зрения прогнозирования

результатов лечения [5]. Однако при анализе литературы, посвященной лечению ОА 1 ПФС, нами выявлены единичные публикации, освещающие терапевтическое или хирургическое лечение дегенеративных изменений плюсне-сесамовидного сустава в комплексе 1 ПФС [6].

Тактика лечения пациентов с ОА 1 ПФС, направленная на сохранение движений в суставе, по нашему мнению, также должна учитывать не только суставных поверхностей первой плюсневой кости и основной фаланги первого пальца, но и дегенеративные изменения в плюсне-сесамовидном суставе. В публикации представлено описание использования оригинальной методики гемиендопротезирования первого плюснефалангового сустава в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной [7].

Главной целью применения данной методики является восстановление движений 1 ПФС не только на уровне плюснефалангового сочленения, но и на уровне плюсне-сесамовидного сустава.

**Цель работы.** Демонстрация оригинальной методики гемизендопротезирования первого плюснефалангового сустава в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной для лечения ОА 1 ПФС 3–4 стадии с сопутствующими дегенеративными изменениями плюсне-сесамовидного сустава.

### Материалы и методы

Описание модели гемизендопротеза и методика выполнения оперативного вмешательства

Гемизендопротез оригинальной модели выполнен из циркониевой керамики, стабилизированной иттрием (рис 1.) [8] Преимуществами циркониевой керамики являются: хорошие коэффициенты трения и смачивания, высокая прочность, биоинертность, остеоинтеграция. Также данный материал является одним из наиболее щадящих по отношению к суставному хрящу. Суставная поверхность гемизендопротеза обладает низким уровнем шероховатости  $Ra \sim 0,02$  мкм [9–12]. Головка гемизендопротеза близка к анатомической форме головки первой плюсневой кости. Низкий профиль головки гемизендопротеза позволяет минимизировать необходимость резекции головки первой плюсневой кости. Это позволяет обеспечить стабильность гемизендопротеза и сохранить костную ткань для ревизионных вмешательств в случае возможных осложнений.

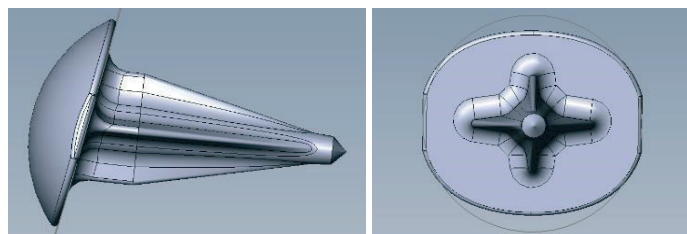


Рис. 1. Модель керамического гемизендопротеза 1 ПФС  
Fig. 1. Model of ceramic hemiendoprosthesis 1 MTP

На обратной стороне головки имплантата выполнены продольные и поперечные канавки, которые предназначены для увеличения площади контакта и последующего ускорения образования участков остеоинтеграции.

Ножка имплантата имеет четырёхлопастную форму, благодаря которой обеспечивается стабильность фиксации гемизендопротеза в метафизарной части первой плюсневой кости за счёт press-fit установки и увеличенной площади контакта на границе имплант-кость. Уровень шероховатости ножки составляет  $Ra \sim 1.5\text{--}2.5$  мкм. Этот уровень шероховатости способствует оптимальному вращению, обеспечивая прочное и надежное соединение между имплантом и тканями организма. Данная форма ножки гемизендопротеза позволяет обеспечить максимальную ротационную стабильность гемизендопротеза и минимизировать костный дефект при формировании канала в метафизарной части плюсневой кости.

Размерный ряд гемизендопротеза представлен 4 вариантами, позволяющими выполнить оперативное вмешательство при различном диаметре плюсневой кости.

Для пластики плюсне-сесамовидного сустава мы использовали биорезорбируемую коллагеновую мембрану с размерностью нановолокон (от 50 нм до 500 нм). Принцип работы биорезорбируемой коллагеновой мембраны заключается в создании каркаса и стабилизации стволовых клеток, которые выступают через субхондральную кость после её туннелизации. Происходит защита и связывание прогениторных белков с последующей их дифференциацией [13].

Положение пациента — на спине. Производится трёхкратная обработка операционного поля растворами антисептиков. Медиальным доступом выполняется артротомия первого плюснефалангового сустава (рис. 2).

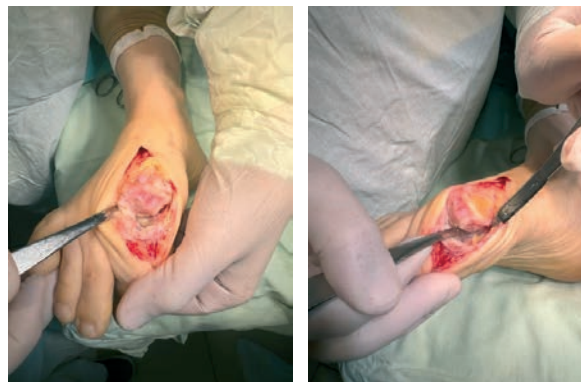


Рис. 2. Внешний вид сустава  
Fig. 2. External appearance of the joint

Осцилляторной пилой производится резекция костно-хрящевых экзостозов, осуществляется мягкотканый релиз первого плюснефалангового сустава и сесамовидного гамака. С помощью резекционного блока оригинальной модели выполняется удаление пораженного участка суставной поверхности головки первой плюсневой кости до кровоснабжаемой губчатой костной ткани (рис. 3).

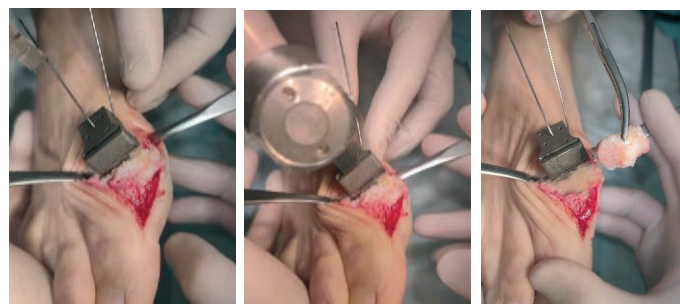


Рис. 3. Резекция суставной поверхности головки первой плюсневой кости с помощью резекционного блока  
Fig. 3. Resection of the articular surface of the head of the first metatarsal bone using a filing block

При необходимости задать большее укорочение плюсневой кости, резекционный блок устанавливается более проксимально и производится дополнительная резекция костной ткани. С помощью тестового шаблона производится интраоперационная оценка амплитуды движений, а достаточную интраоперационную амплитуду движений плюснефалангового сустава принимали: флексия – 60°, экстензия – 15°. Далее через направлятель в тестовом шаблоне проводится направляющая спица (рис 4.).

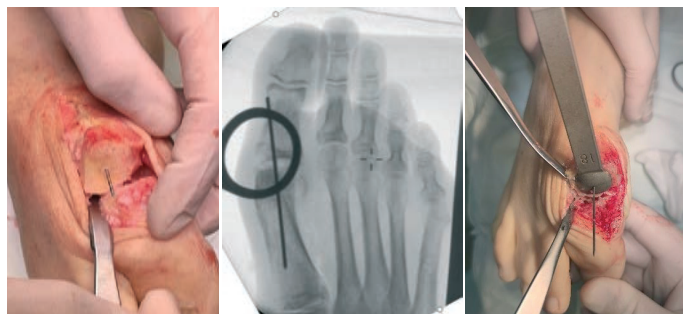


Рис 4. Установка направляющей спицы, подбор размера гемизендопротеза с помощью тестового шаблона  
Fig. 4. Installation of a guide pin, selection of the hemiendoprosthesis size using a test template

По спице с помощью компакторов двух размеров – стартового и финишного, выполняется подготовка канала для ножки гемизендопротеза (рис 5.).

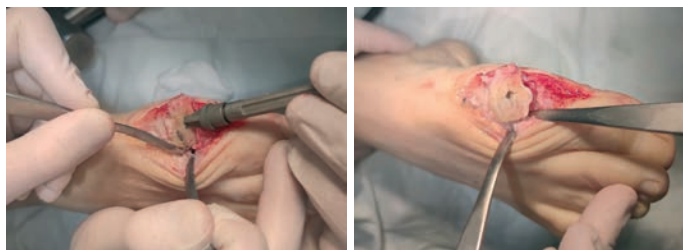


Рис. 5. Формирование канала гемизендопротеза с помощью компактора  
Fig. 5. Formation of the hemiendoprosthesis channel using a compactor

Следующим этапом производится пластика плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной. Выполняется резекция измененной суставной поверхности головки первой плюсневой кости со стороны плюсне-сесамовидного сустава, выполняется её остеоперфорация по Бэку спицей диаметром 1 мм до появления «кровяной росы». При необходимости выполняется резекция по плоскости гипертрофированных сесамовидных костей. Осуществляется примерка и адаптация коллагеновой мембраны под площадь поверхности плюсне-сесамовидного сустава. Далее возможны два варианта фиксации коллагеновой мембраны. В первом случае применяют фибриновый клей, с помощью которого происходит фиксация коллагеновой мембраны к сформированно-

му ложу. Фибриновый клей наносится на субхондральную кость, полностью заполняя область имплантации мембраны. Поверх укладывается коллагеновая мембрана, происходит выжидание экспозиции для застывания клея.

Второй вариант фиксации предполагает фиксацию рассасывающимся шовным материалом. С помощью спиц диаметром 1 мм. выполняется 4 отверстия в плюсневой кости в дорсально-плантарном направлении. Через отверстия проводится рассасывающаяся полифиламентная нить 4.0. Коллагеновая мембрана прошивается шовным материалом и фиксируется на узлах к плюсневой кости. С помощью импактора производится press-fit установка гемизендопротеза (рис. 6).

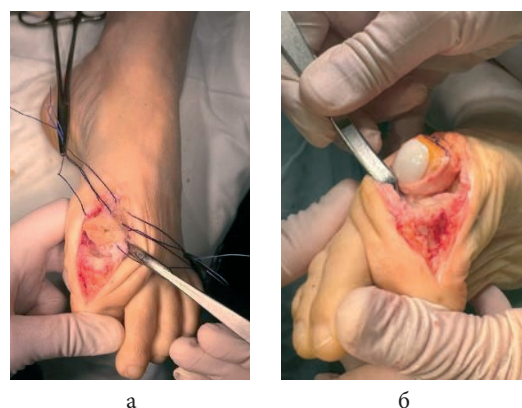


Рис. 6 А. Прошивание коллагеновой мембраны и её ориентирование на первой плюсневой кости. В. Внешний вид стопы после установки гемизендопротеза и пластики плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной  
Fig. 6. A. Suturing the collagen membrane and orienting it on the first metatarsal bone. B. Appearance of the foot after installation of the hemiendoprosthesis and plastic surgery of the metatarso-sesamoid joint with a collagen membrane

После установки гемизендопротеза выполняют повторную оценку амплитуды движения в суставе, оценивают фиксацию коллагеновой мембраны (Рис 7).

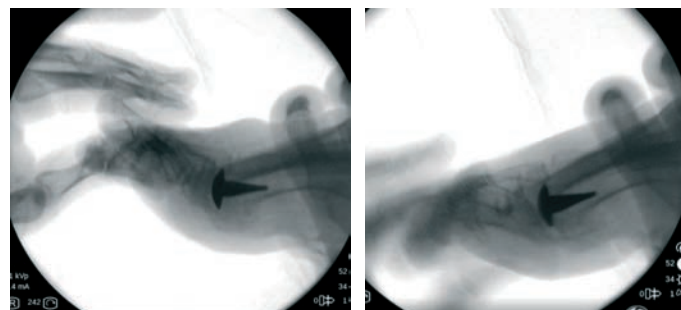


Рис. 7. Интраоперационная оценка амплитуды движений 1 ПФС после гемизендопротезирования 1 ПФС и пластики плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной  
Fig. 7. Intraoperative assessment of the range of motion of the 1 MTP joint after hemiendoprosthesis of the 1 MTP joint and plastic surgery of the metatarso-sesamoid joint with a collagen membrane

Рана обрабатывается растворами антисептиков. Рана послойно ушивается. Асептическая повязка на рану.

В послеоперационном периоде пациентам начиная с первых суток после оперативного вмешательства пациентом проводилась активная реабилитация пациента, которая заключалась в разработке активных и пассивных движений 1 ПФС. Для передвижения пациентов использовалась обувь Барука со скошенной подошвой в переднем отделе на протяжении 6 недель. Начиная с 7 недели для пациента пациенту разрешалась нагрузка на оперированную конечность с полной активной и пассивной разработкой движений.

### Результаты

В Центре Хирургии стопы ГKB им. С. С. Юдина по описанной методике с минимальным периодом наблюдения более 12 месяцев прооперирован 21 пациент. Женщин было 17 (81,0 %), мужчин 4 (19,0 %). Средний возраст пациентов составил 61 лет  $\pm$  7,7 (43–72). Пациентов старше 60 лет – 57,4 % (12 пациентов). Среди данной группы пациентов нами не было выявлено инфекционных осложнений и признаков нестабильности гемизэндопротеза. Средняя амплитуда движений 1 ПФС без нагрузки: до лечения —  $15^\circ \pm 3,3$  ( $5^\circ$ – $20^\circ$ ), на момент контрольного осмотра через 12 месяцев  $25^\circ \pm 3,8$  ( $15^\circ$ – $30^\circ$ ). Средняя амплитуда движений 1 ПФС с физиологической нагрузкой с имитацией фазы предпереноса: до лечения —  $15^\circ \pm 3,0$  ( $10^\circ$ – $25^\circ$ ), через 12 месяцев после лечения —  $35^\circ \pm 5,2$  ( $25^\circ$ – $45^\circ$ ) (рис. 8). Результаты анкетирования пациентов с помощью визуальной аналоговой шкалы (ВАШ) до операции составили  $7,7 \pm 1,9$  (4–10) баллов. Через 12 месяцев после проведенного лечения результаты анкетирования ВАШ составили  $1,6 \pm 0,8$  (0–3) баллов. Анкетирование шкалой American Orthopaedic Foot and Ankle Society Hallux Score (AOFAS HS) также позволяет сделать вывод о наличии положительной динамики до и через 12 месяцев после проведенного лечения: до операции –  $35,5 \pm 10,9$  (18–52), через 12 месяцев –  $82,7 \pm 5,2$  (73–90). Показатели шкалы Foot Function Index (FFI) на момент предоперационного осмотра равнялись  $63,5\% \pm 9,9$  (48%–82%), через 12 месяцев –  $10,5\% \pm 2,5$  (7%–16%).



Рис. 7. Оценка амплитуды движений с нагрузкой с имитацией фазы предпереноса

Fig. 7. Evaluation of the amplitude of movements with a load with the imitation of the pre-swing phase

### Обсуждение

Сесамовидные кости являются крайне важными анатомическими структурами, которые принимают участие в движении 1 ПФС и оказывают значительное влияние на биомеханику стопы в целом [14]. В фазе предпереноса (pre-swing) шага происходит подъём заднего отдела стопы. При этом первый палец и сесамовидные кости фиксированы на опоре, первая плюсневая кость по сесамовидным костям смещается проксимально и подошвенно. Таким образом происходит активация механизма лебедки – «windlass mechanism». Данный механизм позволяет увеличить моментное плечо мышц-сгибателей и обеспечить максимальную энергоэффективность в процессе шага [15].

При нарушении движений сесамовидных костей происходит смещение оси ротации 1 ПФС подошвенно на уровень соединения головки первой плюсневой кости и сесамовидных костей, таким образом происходит образование шарнира на уровне сесамо-фаланговой связки [16]. В результате основная фаланга первого пальца не может смещаться дорсально по головке первой плюсневой кости, что приводит к возникновению импиджмент синдрома с конфликтом по тыльной поверхности сустава. Flavin и соавт. определили, что напряжение суставного хряща на тыльной трети головки плюсневой кости при наличии тугоподвижности 1 ПФС увеличивалась с 3,6 МПа до 7,3 МПа [17]. Данные нарушения сопровождаются хронической травматизацией сесамовидных костей, приводит к их реактивной пролиферации и энтезопатии, что в далеко зашедших стадиях может проявляться гипертрофией сесамовидных костей и образованием субхондральных кист [18]. В анатомическом исследовании Aseyo D. и соавт., дегенеративные изменения плюсне-сесамовидного комплекса при ОА 1 ПФС наблюдали в 32%. Анкилоз данного сочленения отмечался в 4 % [19].

Таким образом, подход к лечению ОА 1 ПФС, направленному на сохранение движений в суставе, должен включать в себя: декомпрессию суставных поверхностей, восстановление конгруэнтности суставных поверхностей и оси ротации сустава. Для решения вышеперечисленных задач нами ранее была предложена методика изолированного гемизэндопротезирования 1 ПФС [20]. В период с 2021 по 2024 год нами выполнено 32 изолированных гемизэндопротезирования 1 ПФС. При анализе результатов лечения пациентов с ОА 1 ПФС 3–4 стадии наиболее частым осложнением после оперативного вмешательства являлась тугоподвижность данного сустава. Более подробный повторный анализ предоперационных рентгенограмм позволил выявить корреляцию между наличием выраженных дегенеративных изменений плюсне-сесамовидного сустава, возрастом пациентов и ограничением движений 1 ПФС. Для решения этой проблемы мы предложили данную методику [8].

Применение биодеградируемых коллагеновых мембран является одной из широко используемой методик, в том

числе и при лечении остеохондральных дефектов как коленного сустава, так и голеностопного сустава и стопы [21,22]. Принцип методики применения коллагеновых мембран заключается в активизации механизма хондрогенеза [23]. В литературе имеется большое количество исследований, подтверждающих эффективность применений коллагеновых мембран с целью восстановления хрящевой ткани [24].

### Заключение

Предложенная методика гемизендопротезирования первого плюснефалангового сустава керамическим гемизендопротезом в сочетании с пластикой плюсне-сесамовидного сустава коллагеновой мембраной, по нашему мнению, позволяет восстановить движения в плюсне-фаланговом суставе с учетом влияния на движения 1 ПФС плюсне-сесамовидного сустава, и таким образом, может быть эффективным и воспроизводимым методом оперативного лечения пациентов ОА 1 ПФС 3–4 стадии с сопутствующими дегенеративными изменениями плюсне-сесамовидного сустава.

### Список литературы / References:

1. Zhu S, Qian W, Jiang C, Ye C, Chen X. Enhanced recovery after surgery for hip and knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Postgrad Med J*. 2017; 93 (1106): 736-742. <https://doi.org/10.1136/postgradmedj-2017-134991>
2. Anger M, Valovska T, Beloeil H, et al. PROSPECT guideline for total hip arthroplasty: a systematic review and procedure-specific postoperative pain management recommendations. *Anaesthesia*. 2021; 76 (8): 1082-1097. <https://doi.org/10.1111/anae.15498>
3. de Bot RTAL, Veldman HD, Eurlings R, Stevens J, Hermus JPS, Witlox AM. Metallic hemiarthroplasty or arthrodesis of the first metatarsophalangeal joint as treatment for hallux rigidus: A systematic review and meta-analysis. *Foot and Ankle Surgery*. 2022; 28 (2): 139-152. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2021.03.004>
4. Nwawka OK, Hayashi D, Diaz LE, et al. Sesamoids and accessory ossicles of the foot: Anatomical variability and related pathology. *Insights Imaging*. 2013; 4 (5): 581-593. <https://doi.org/10.1007/s13244-013-0277-1>
5. Zhang L, Wang J, Liu J, Luo J. Classification of Hallucal Sesamoid Bone Correlated with Hallux Valgus Severity. *Biomed Res Int*. 2020; 2020 (1): 9658916. <https://doi.org/10.1155/2020/9658916>
6. Lui TH, Slocum AMY, Li CCH, Kumamoto W. Arthroscopic Dorsal Cheilectomy, Plantar Capsular Release, Flexor Hallucis Brevis Release, and Sesamoid Cheilectomy for Management of Early Stages of Hallux Rigidus. *Arthrosc Tech*. 2025; 14(2). <https://doi.org/10.1016/j.eats.2024.103198>
7. Способ лечения деформирующих повреждений плюсне-фалангового и плюсне-сесамовидного суставов с использованием коллагеновой мембраны N 2024116171; заявл. 13.06.2024; опубл. 11.03.2025/ Процко В. Г., Скребцов В.В., Тамоев С. К., Скребцов А. В. Бюл. № 8.
8. Патент N 211915 Российская Федерация, МПК A61F 2/42 (2006.01). Гемизендопротез первого плюснефалангового сустава N 2021126581; заявл. 08.09.2021; опубл. 28.06.2022 / Карлов А. В., Процко В.Г., Скребцов В.В. Бюл. № 19.
9. Chen YW, Moussi J, Drury JL, Wataha JC. Zirconia in biomedical applications. *Expert Rev Med Devices*. 2016; 13 (10): 945-963. <https://doi.org/10.1080/17434440.2016.1230017>
10. Vanlommel J, De Corte R, Luyckx JP, Anderson M, Labey L, Bellemans J. Articulation of Native Cartilage Against Different Femoral Component Materials. Oxidized Zirconium Damages Cartilage Less Than Cobalt-Chrome. *J Arthroplasty*. 2017; 32 (1): 256-262. <https://doi.org/10.1016/j.arth.2016.06.024>
11. Rezaei NM, Hasegawa M, Ishijima M, et al. Biological and osseointegration capabilities of hierarchically (Meso-/micro-/nano-scale) roughened zirconia. *Int J Nanomedicine*. 2018; 13: 3381-3395. <https://doi.org/10.2147/IJN.S159955>
12. Wimmer MA, Pacione C, Yuh C, et al. Articulation of an alumina-zirconia composite ceramic against living cartilage – An in vitro wear test. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020; 103: 103531. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2019.103531>
13. Gille J, Behrens P, Volpi P, et al. Outcome of Autologous Matrix Induced Chondrogenesis (AMIC) in cartilage knee surgery: data of the AMIC Registry. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2013; 133 (1): 87-93. <https://doi.org/10.1007/s00402-012-1621-5>
14. Shereff MJ, Bejjani FJ, Kummer FJ. Kinematics of the first metatarsophalangeal joint. *JBJS*. 1986; 68 (3). [https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/1986/68030/kinematics\\_of\\_the\\_first\\_metatarsophalangeal\\_joint\\_.12.aspx](https://journals.lww.com/jbjsjournal/fulltext/1986/68030/kinematics_of_the_first_metatarsophalangeal_joint_.12.aspx)
15. HICKS JH. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *J Anat*. 1954; 88(1): 25-30. <http://europepmc.org/abstract/MED/13129168>
16. Yoshioka Y, Siu DW, Cooke TD V, Bryant JT, Wyss U. Geometry of the first metatarsophalangeal joint. *Journal of Orthopaedic Research*. 1988; 6 (6): 878-885. <https://doi.org/10.1002/jor.1100060612>
17. Flavin R, Halpin T, O'Sullivan R, Fitz Patrick D, Ivankovic A, Stephens MM. A finite-element analysis study of the metatarsophalangeal joint of the hallux rigidus. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90-B (10): 1334-1340. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.90B10.20506>
18. Schweitzer ME, Maheshwari S, Shabshin N. Hallux valgus and hallux rigidus: Mri findings. *Clin Imaging*. 1999; 23 (6): 397-402. [https://doi.org/10.1016/S0899-7071\(00\)00167-4](https://doi.org/10.1016/S0899-7071(00)00167-4)
19. Aseyo D, Nathan H. Hallux sesamoid bones. Anatomical observations with special reference to osteoarthritis and hallux valgus. *Int Orthop*. 1984; 8 (1): 67-73. <https://doi.org/10.1007/BF00267743>
20. Скребцов В.В., Процко В.Г., Скребцов А.В., Тамоев С.К. Оригинальная модель гемизендопротеза первого плюснефалангового сустава и способ его установки при лечении Hallux rigidus 3–4 стадии. *Гений ортопедии*. 2024; 30 (6): 889-896.
21. Richter M, Zech S, Naef I, Meissner SA. Autologous Matrix induced Chondrogenesis plus Peripheral Blood Concentrate (AMIC+P-BC) in chondral defects of the first metatarsophalangeal joint - 7-year follow-up. *Foot and Ankle Surgery*. 2025; 31 (5): 460-465. <https://doi.org/10.1016/j.fas.2025.01.013>
22. Steinwachs Matthias R, Gille Justus, Volz Martin, et al. Systematic Review and Meta-Analysis of the Clinical Evidence on the Use of Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis in the Knee. *Cartilage*. 2019; 13(1\_suppl): 42S-56S. <https://doi.org/10.1177/1947603519870846>
23. Fontana A. A Novel Technique for Treating Cartilage Defects in the Hip: A Fully Arthroscopic Approach to Using Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis. *Arthrosc Tech*. 2012; 1(1): e63-e68. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2012.02.003>
24. McCarthy HS, Roberts S. A histological comparison of the repair tissue formed when using either Chondrograde or periosteum during autologous chondrocyte implantation. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013; 21 (12): 2048-2057. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2013.10.004>

## Авторы:

**Скребцов Владимир Владимирович** – к.м.н., врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии №4, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С. С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд, д.4 г. Москва, 115446, Россия. e-mail: Skrebtsov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-6628>

**Процко Виктор Геннадьевич** – д.м.н., профессор кафедры травматологии ортопедии, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы», г. Москва, 117198, Россия; врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии №4, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С.С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд, д.4 г. Москва, 115446, Россия. e-mail: 89035586679@mail.ru

**Скребцов Александр Владимирович** – врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии №4, ГБУЗ «Городская клиническая больница им. С. С. Юдина Департамента здравоохранения города Москвы», Коломенский проезд, д.4 г. Москва, 115446, Россия. e-mail: Skrebtsovaalex@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1418-3368>

**Саргон Константинович Тамоев**, к.м.н., врач травматолог-ортопед, заведующий отделением травматологии и ортопедии №4, e-mail: Sargonik@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8748-0059>

**Виктория Константиновна Никитина**, врач травматолог-ортопед, e-mail: vcnikitina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-0064-3175>

**Автор, ответственный за переписку:**

**Скребцов Александр Владимирович**, E-mail: Skrebtsovaalex@mail.ru, Тел.: +7 (985) 870 50 17

## Authors:

**Vladimir V. Skrebtsov**, PhD, Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital named after I.I. S.S. Yudin, e-mail: Skrebtsov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0833-6628>

**Victor G. Protsko** – MD, PhD, professor of department of Traumatology and Orthopedics, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "RUDN named after. Patrice Lumumba", Moscow, Russia; Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital named after I.I. S.S. Yudin, Moscow, 115446, Russia. e-mail: 89035586679@mail.ru [https:// orcid.org/0000-0002-5077-2186](https://orcid.org/0000-0002-5077-2186)

**Alexander V. Skrebtsov** – Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital named after I.I. S.S. Yudin, Moscow, 115446, Russia. e-mail: Skrebtsovaalex@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1418-3368>

**Sargon K. Tamoev** – PhD, Head of the department, Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital named after I.I. S.S. Yudin, Moscow, 115446, Russia. e-mail: Sargonik@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-8748-0059>

**Victoria K. Nikitina** – Orthopedic Surgeon, City Clinical Hospital named after I.I. S.S. Yudin, Moscow, 115446, Russia. e-mail: vcnikitina@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-0064-3175>

**Corresponding author:**

**Alexander V. Skrebtsov** – Orthopedic Surgeon, e-mail: Skrebtsovaalex@mail.ru.