

Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 4. С. 599-607.
Genij Ortopedii. 2022. Vol. 28, no. 4. P. 599-607.



Обзорная статья

УДК 616.727.8-089.843-77 (048.8)

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2022-28-4-599-607>

Эндопротезирование пястно-фалангового сустава (обзор литературы)

Г.П. Котельников, А.Н. Николаенко, В.В. Иванов, С.О. Дороганов✉, Д.О. Згирский, П.Ю. Исайкин

Самарский государственный медицинский университет, Самара, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Святослав Олегович Дороганов, svdor95@gmail.com

Аннотация

Введение. Заболевания и повреждения мелких суставов кисти, в частности пястно-фалангового, ведут к резкому ограничению ее функции и снижению качества жизни пациентов. Высокие функциональные запросы органа предъявляют строгие требования к его восстановлению, в связи с чем разработка новых и улучшение существующих методов хирургического лечения суставов кисти остаётся серьёзной задачей для научного и практического сообщества. На сегодняшний день эндопротезирование пястно-фалангового сустава широко применяется и является лучшим методом восстановления его функции. Однако, несмотря на длительную историю развития, данный метод лечения характеризуется противоречивостью функциональных результатов. **Цель.** Провести обзор зарубежной и отечественной литературы, посвящённой эндопротезированию пястно-фалангового сустава, и проанализировать современное состояние проблемы. **Материалы и методы.** В представленном обзоре литературы проведён анализ зарубежных и отечественных научных публикаций, посвящённых вопросам лечения заболеваний и повреждений пястно-фалангового сустава. Поиск научных статей за последние пять лет был выполнен в электронных базах данных Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral на русском и английском языках по ключевым словам «эндопротезирование пястно-фалангового сустава», «остеоартрит пястно-фалангового сустава», «эндопротезирование суставов кисти». **Результаты и дискуссия.** Прошедшее тернистый путь, эндопротезирование на сегодняшний день отмечено широким рядом видов имплантатов, обозначены современные тенденции к анатомической адаптации конструкций. Определены условия использования различных типов эндопротезов. Однако остаётся высоким процент неудовлетворительных результатов и осложнений, связанных с конструктивными особенностями имплантатов и последствиями их эксплуатации. **Заключение.** Эндопротезирование, несомненно, является основным видом хирургического лечения заболеваний и повреждений пястно-фалангового сустава. Для улучшения результатов лечения необходимы дальнейшие поиски конструктивных решений и материалов для изготовления эндопротезов пястно-фалангового сустава.

Ключевые слова: эндопротезирование пястно-фалангового сустава, остеоартрит пястно-фалангового сустава, эндопротезирование суставов кисти

Для цитирования: Эндопротезирование пястно-фалангового сустава (обзор литературы) / Г.П. Котельников, А.Н. Николаенко, В.В. Иванов, С.О. Дороганов, Д.О. Згирский, П.Ю. Исайкин // Гений ортопедии. 2022. Т. 28, № 4. С. 599-607. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-599-607. EDN WJQRJD.

Review article

Arthroplasty of the metacarpophalangeal joint (literature review)

G.P. Kotelnikov, A.N. Nikolaenko, V.V. Ivanov, S.O. Doroganov✉, D.O. Zgirsky, P.Yu. Isaikin

Samara State Medical University, Samara, Russian Federation

Corresponding author: Svyatoslav O. Doroganov, svdor95@gmail.com

Abstract

Introduction Diseases and injuries that affect the small joints of the hand, the metacarpophalangeal, in particular, lead to a limited hand function and a reduced quality of life. The high functional demands of the hand impose strict restoration requirements and the development of the new and improvement of the existing surgical treatments of hand joints remains a serious challenge for the medical community. Arthroplasty of the metacarpophalangeal joint is widely used and can help restore function to hand. Despite the long history of arthroplasty procedures there is controversy concerning functional results. **Objective** Review foreign and Russian literature on metacarpophalangeal joint replacement and analyze the current state of the problem. **Material and methods** Foreign and Russian scientific publications on the treatment of metacarpophalangeal diseases and injuries were reviewed. Online searching for the articles published in Russian and English in the last five years was performed with the help of Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral using the keywords "arthroplasty of the metacarpophalangeal joint", "osteoarthritis of the metacarpophalangeal joint", "finger joint replacement". **Results and discussion** Today, a wide range of total hip prosthesis designs, differing in geometric configurations and features is available with the current trend towards adaptation of the soft tissues to the structural modifications. Major indications for the use of different types of arthroplasty have been identified. Specific design features of implants can show higher failure rates and postoperative complications. **Conclusion** Arthroplasty is the best surgical treatment option for diseases and injuries of the metacarpophalangeal joint and improved construction solutions and materials for metacarpophalangeal arthroplasty are essential for better outcomes.

Keywords: metacarpophalangeal arthroplasty, metacarpophalangeal osteoarthritis, finger joint replacement

For citation: Kotelnikov G.P., Nikolaenko A.N., Ivanov V.V., Doroganov S.O., Zgirsky D.O., Isaikin P.Yu. Arthroplasty of the metacarpophalangeal joint (literature review). *Genij Ortopedii*, 2022, vol. 28, no 4, pp. 599-607. DOI: 10.18019/1028-4427-2022-28-4-599-607.

ВВЕДЕНИЕ

Кисть человека – уникальный инструмент, выполняющий команды мозга, выражающий тонкости разума. В процессе исполнения этих задач кисть способна воспроизводить бесконечное количество положений, одни из которых экспрессивны, некоторые связаны с теми или иными прикосновениями, другие – вовлече-

ны в процесс взаимодействия с объектами для получения информации, а часть направлена на приложение различных сил к объекту. Для выполнения целого каскада задач наша кисть должна быть адаптируемым инструментом, хамелеоном, способным на бесконечное множество положений и состояний [1, 2].

Одной из основных способностей человеческой кисти является функция хвата. Napier в 1956 году классифицировал хват на грубый и точный. При грубом хвате объект удерживается «щипцами», сформированными между частично согнутыми 2–5 пальцами, основанием ладони и противопоставленным им лучом большого пальца. При точном хвате объект зажат между сгибательными поверхностями 2–5 пальцев и opponирующим большим [3]. Из этого простого разделения вытекает то бесконечное множество положений, актов, состояний, которое в сумме даёт нам полноценный и по праву совершенный инструмент интеракции с окружающим миром и собственным организмом [4, 5, 6]. Но данная симфония не может играть стройно, если повреждены струны солирующего инструмента: для выполнения точных, дозированных движений кисти восстановление функции её составляющих является первостепенной задачей кистевого хирурга и целого ряда других специалистов. Понимание биомеханики суставов кисти, взаимодействия мельчайших структур и прецизионное восста-

новление их функции – один из ключей к комплексному восстановлению функции кисти [7].

На протяжении нескольких десятилетий происходило развитие и эволюция хирургии мелких суставов кисти, в частности пястно-фаланговых. Опираясь на опыт сначала нефизиологических методов лечения, а впоследствии и эндопротезирования крупных суставов конечностей, исследователи и клиницисты достигли определённых успехов эндопротезирования мелких суставов кисти [8]. Несмотря на длительный и тернистый путь развития, многообразие конструкций существующих имплантатов, эндопротезирование пястно-фалангового сустава отличается противоречивыми результатами и высоким числом и разнообразием осложнений [9]. Несомненно, что для эффективного восстановления функции кисти требуется поиск новых конструктивных решений имплантатов и материалов для их изготовления.

Цель – провести обзор зарубежной и отечественной литературы, посвящённой эндопротезированию пястно-фалангового сустава, и проанализировать современное состояние проблемы

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В представленном обзоре литературы проведён анализ зарубежных и отечественных научных публикаций, посвящённых вопросам лечения заболеваний и повреждений пястно-фалангового сустава. Поиск научных статей за последние пять лет был выполнен в электронных базах данных Google Scholar, PubMed, eLIBRARY, PubMedCentral на русском и английском языках по клю-

чевым словам «эндопротезирование пястно-фалангового сустава», «артродез пястно-фалангового сустава», «остеоартрит пястно-фалангового сустава». Также в материал обзора вошли актуальные научные публикации по функциональной анатомии и биомеханике пястно-фалангового сустава. Проанализированы материалы с 1959 по 2022 год включительно.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ДИСКУССИЯ

Решающее значение для успеха эндопротезирования мелких суставов кисти имеет понимание анатомических и биомеханических особенностей звеньев этого уникально точного и чрезвычайно сложного органа. Ниже приведены актуальные анатомические сведения о пястно-фаланговом суставе, важные с хирургической и клинической точек зрения.

Пястно-фаланговый сустав (ПФС) – сочленение, образуемое головками пястных костей и основаниями проксимальных фаланг кисти. По своей форме ПФС первого пальца относится к блоковидным ввиду более уплощённой формы головки первой пястной кости, чем и обосновывается отличная от остальных пальцев кисти кинематика и ограниченный объём движений. Дальнейшее внимание в тексте будет сосредоточено на ПФС 2–5 пальцев кисти. По форме относящийся к мыщелковым, ПФС имеет две степени свободы: сгибание/разгибание, приведение/отведение и циркумдукция [10, 11].

Отдельного внимания с хирургической, биомеханической и биоинженерной точек зрения заслуживает форма суставных поверхностей. В дорсальной части головки пястной кости суставная поверхность более узкая и расширяется с переходом на ладонный аспект сустава, таким образом, конгруэнтность сустава увеличивается с переходом в положение сгибания. Мыщелки головки также асимметричны: лучевой крупнее локтевого, особенно это выражено в суставах 2 и 3 пальцев. Этим обосновывается ультрадная девиация пальцев при

артрите. Точки крепления коллатеральных связок представлены дорсо-латеральными бугорками головок, а места прикрепления сухожилий межкостных мышц – бороздами, ориентированными от проксимально-ладонного до дистально-дорсального аспектов [12].

Основание проксимальной фаланги имеет меньший радиус кривизны своей суставной поверхности, чем таковая у головки пястной кости. В то время как головка пястной кости имеет больший сагиттальный и меньший поперечный размеры, основание проксимальной фаланги, наоборот, имеет больший поперечный размер [13].

Суставная капсула ПФС, прикрепляющаяся по шейке пястной кости и ладонным и дорсальным гребням основания проксимальной фаланги, относительно свободная и рыхлая, однако окружена со всех сторон рядом важнейших биомеханических структур. Дорсально она укреплена разгибательным апоневрозом, а с ладонной стороны – ладонной пластинкой, толстой фиброзной прослойкой, вплетающейся в глубокую поперечную пястную связку, которая соединяет и удерживает головки 2–5 пястных костей вместе. Ладонная пластинка прочная, но эластичная, и является мощным протектором вывихов в ПФС. Важнейшей функцией ладонной пластинки является обеспечение конгруэнтности различных по форме суставных поверхностей ПФС. Латерально капсула сустава укреплена проходящими здесь сагиттальными пучками разгибательного апоневроза, коллатеральными связками и сухожилиями собственных мышц кисти – межкостных и червеобразных.

Огромную роль в функционировании и стабилизации ПФС играет система коллатеральных связок. Они расположены в два слоя: глубокий слой представлен собственными коллатеральными связками, поверхностный – добавочными коллатеральными и фаланго-гленоидальными. Собственная коллатеральная связка идёт от дорсо-латерального бугорка головки пястной кости до латерального бугорка основания проксимальной фаланги. Добавочная коллатеральная связка располагается от борозды головки пястной кости до ладонной пластинки [14].

Наконец, поверхностно расположены фаланго-гленоидальные связки, которые идут от основания проксимальной фаланги и вплетаются в ладонную пластинку и кольцевидную связку сухожильного влагалища. Они работают синергетически вместе с добавочными коллатеральными связками [15].

Большое клиническое значение имеет состояние связочного аппарата в зависимости от положения сустава: собственные коллатеральные связки, расположенные дорсальнее центра ротации ПФС, натянуты в состоянии сгибания и релаксированы при разгибании, в то время как добавочные коллатеральные связки, расположенные волярнее центра ротации, релаксированы при сгибании и натянуты при разгибании. Эти биомеханические особенности следует учитывать при иммобилизации кисти: оптимальным положением считается сгибание в ПФС до 80–90 градусов для профилактики укорочения собственных коллатеральных связок и, следовательно, постиммобилизационных контрактур [16, 17].

Таким образом, стабильность ПФС обеспечивается следующими факторами:

1) форма суставных поверхностей. Шаровидный тип сочленения, выпуклая головка пястной кости и вогнутое основание фаланги препятствуют подвывиху и полному вывиху в суставе при обычной жизнедеятельности;

2) суставная капсула, коллатеральные связки, ладонные связки и ладонная (в современной литературе часто именуемая термином «волярная» на манер западных руководств по хирургии кисти) пластинка создают капсульно-связочный аппарат сустава. Именно капсульно-связочный аппарат является основным первичным стабилизатором ПФС;

3) собственные мышцы кисти – межкостные и червеобразные – вместе с «внешним» мышечным аппаратом мышц-сгибателей и мышц-разгибателей, действующих через сухожилия, проходящие пальмарно и дорсально соответственно, являются третьим звеном в обеспечении стабильности ПФС и непосредственно обеспечивают его кинематику в процессе работы кисти.

Эти анатомо-биомеханические факторы должны быть учтены при хирургическом лечении заболеваний и повреждений ПФС, особенно при его эндопротезировании.

Современные тенденции хирургии суставов показывают необходимость тщательного изучения и понимания биомеханики для достижения оптимальных результатов при их лечении, в связи с чем приводим актуальную информацию по данному разделу.

Амплитуда сгибания в ПФС составляет 90 градусов и увеличивается от второго пальца к пятому. Активное разгибание в ПФС составляет 20–30 градусов и у некоторых лиц может достигать 90 градусов пассивно

при выраженной слабости капсульно-связочного аппарата. Характерным и функциональным являются боковые движения в ПФС с амплитудой до 40 градусов, которые можно назвать отведением и приведением. Наибольшей амплитудой боковых движений, а также наибольшей их самостоятельностью, изолированностью от других обладает второй палец. По некоторым историческим данным, именно поэтому он именуется указательным. Однако ряд биомеханических исследований функции кисти в повседневной деятельности (в частности, удержание зубной щётки, поворот ключа в замке, набор текста) показал, что для пациента без специфических профессиональных требований к функции кисти меньший объём движений достаточен для выполнения большинства необходимых задач. Такая амплитуда движений названа функциональной и составляет от 30 до 70 градусов сгибания. Нагрузка, прилагаемая к ПФС во время щипкового хвата, может достигать 190 Н и значительно возрастает при силовом захвате. Данные показатели имеют важное клиническое значение для выбора метода хирургического лечения и прогнозирования результатов [18, 19, 20].

Среди заболеваний пястно-фалангового сустава, требующих оперативного лечения, выделяют остеоартрит ПФС (до 65 %), посттравматический артрит ПФС (до 15 %) и ревматоидный артрит (до 15 %). В клинической практике в значительно меньшей степени имеют место подагра, опухоли и опухолеподобные заболевания костей ПФС и гнойные артриты (до 5 %). Среди опухолевых поражений выделяют злокачественные новообразования (хондросаркома, остеосаркома) и доброкачественные опухоли (гигантоклеточная опухоль, хондромы с выраженным деструктивным компонентом) [21, 22, 23].

Ревматоидный артрит – хроническое прогрессирующее воспалительное заболевание, при котором до 95 % случаев поражается ПФС. Ранними симптомами РА ПФС являются боль и отёк из-за синовита суставов. В дальнейшем ревматоидный синовит может привести к дегенеративным изменениям в кости, суставном хряще, капсульно-связочном и мышечном аппаратах кисти – стабилизаторах ПФС. Трагическими последствиями для функции кисти и в частности ПФС становятся локтевая девиация пальцев в связи с разрушением капсулы и связок, мышечная контрактура, ладонный подвывих фаланг. Деформирующий остеоартроз и посттравматический артрит также характеризуются выраженным болевым синдромом, развитием контрактур и деформацией пальцев [24].

Основные задачи хирургического лечения заболеваний и повреждений ПФС лаконично представлены Adkinson et al. (табл. 1) [25].

Таблица 1

Задачи хирургического лечения заболеваний и повреждений ПФС

Долгосрочные задачи
Купирование болевого синдрома
Адекватный объём движений
Стабильность сустава
Срок службы
Краткосрочные задачи
Быстрая реабилитация
Низкий процент осложнений

Одним из способов хирургического лечения заболеваний и повреждений ПФС является его артродезирование. Данный метод хорошо зарекомендовал себя в лечении тяжёлых деформаций и контрактур межфаланговых суставов и нередко по сей день является альтернативой эндопротезированию. Современные тенденции хирургии кисти говорят о возможности артродеза только применительно к первому пястно-фаланговому суставу при условии хорошего функционального состояния межфалангового и первого запястно-пястного сустава [26]. Несмотря на относительную простоту и дешевизну способа, артродез ПФС 2–5 пальцев не даёт удовлетворительных функциональных результатов, как в случае с межфаланговыми суставами в функционально выгодном положении. В современной литературе всё чаще встречаются упоминания артродеза ПФС 2–5 пальцев как вынужденной меры после неудачного эндопротезирования, примером служит сообщение Mikolyzk et al. [27]. Эта причина наряду с развитием биоинженерных технологий и хирургии кисти в целом подтолкнула к поиску новых методов реконструкции мелких суставов кисти.

Биологическая реконструкция ПФС имеет ряд преимуществ, таких как абсолютная биосовместимость и меньший риск развития инфекционных осложнений. Первые попытки пересадки комплекса тканей со стопы были предприняты в 1913 году и имели ограниченное клиническое применение ввиду развития асептического некроза и хондромалии. Однако с развитием микрохирургии, пересадка суставов пальцев стопы стала применяться кистевыми хирургами и нашла отклик в детской ортопедии: прямое кровоснабжение сустава давало возможности роста тканей. Типичной донорской зоной для аутологической реконструкции ПФС является плюсне-фаланговый сустав второго пальца стопы. Несмотря на перспективны долгосрочных результатов, данный метод хирургического лечения отличается чрезвычайной сложностью исполнения, необходимостью специализированного оборудования и обученной команды микрохирургов. Ряд систематических исследований показывает низкую амплитуду движений в ПФС после аутологической реконструкции, что в совокупности сужает потенциал применения данной методики [28, 29].

Непосредственным предшественником эндопротезирования ПФС была резекционная и интерпозиционная артропластика. В начале 1940-х годов капсулы из биоинертного сплава кобальта, хрома и молибдена применялись для лечения посттравматических артритов мелких суставов кисти, опираясь на опыт подобных хирургических вмешательств на суставах нижних конечностей. Хотя достигался функциональный объём движений, стабильность сустава после данной процедуры оказывалась низкой, что в ряде случаев приводило к ревизионным вмешательствам – артродезу и ампутации [30].

Эндопротезирование, несомненно, является на сегодняшний день ведущим методом оперативного лечения заболеваний и повреждений ПФС. Первые попытки эндопротезирования предприняты в 1959 году и представляли собой замену сустава металлическим имплантом связанного типа. Операции были

выполнены 14 солдатам действующей армии и имели удовлетворительные функциональные результаты в среднесрочном периоде, однако анализ отдалённых результатов выявил осложнения в виде перелома импланта и выраженной костной резорбции. Тем не менее, это побудило всё больший интерес клиницистов к развитию данного направления, продолжающемуся по настоящее время [31].

Исторически импланты ПФС претерпевали значительные изменения в общей конструкции, форме замкового механизма, а также в материалах изготовления. Подробное описание эволюции данного направления составили В.М. Прохоренко с соавторами (2018). В своём обзоре авторы представили анализ эндопротезов по поколениям, выделив конструктивные особенности и недостатки [32].

Наиболее актуальная классификация существующих эндопротезов ПФС, представленная ниже, отражает их функциональный статус:

- 1) по ограничению степеней свободы: связанные, полусвязанные, несвязанные;
- 2) по типу фиксации в кости: цементные, бесцементные;
- 3) по трибологической паре: металл-металл, металл-полиэтилен, керамика-керамика, пирокарбон, силикон.

Следует отметить, что цементная фиксация не получила широкого распространения в хирургии мелких суставов кисти. Это связано с рядом типичных осложнений, встречающихся при данном способе фиксации. Минимальные размеры и резерв костной ткани делает затруднительным ревизионные вмешательства после цементного эндопротезирования, а тепловая реакция в процессе полимеризации метилметакрилата оказывает губительное действие на перипротезную костную ткань, что приводит к многочисленным случаям костной резорбции, проседания имплантата и, наконец, нестабильности его компонентов. Таким образом, современная хирургия мелких суставов кисти практически полностью обращена в сторону бесцементной фиксации компонентов, за исключением случаев индивидуального эндопротезирования [33].

Отдельным пунктом в хирургии ПФС стоят силиконовые связанные эндопротезы. Swanson открыл отдельную эру эндопротезирования мелких суставов, разработав силиконовый спейсер в 1966 г. Стержни имплантата были спроектированы таким образом, чтобы действовать как поршень внутри кости, обеспечивая повышенную подвижность. В 1985 г. к имплантатам Swanson были добавлены металлические втулки на стыке стержня и втулки для противодействия эрозии кости и перелому импланта, хотя значительных улучшений результатов отмечено не было. На сегодняшний день в практике кистевого хирурга широко применяются четыре вида силиконовых эндопротезов ПФС: Swanson MCP (Wright Medical Technology), Stryker Silicone MCP (Stryker Orthopedics), Neuflex MCP (DePuy Synthes), Integra Silicone MCP (Integra LifeSciences) (рис. 1). Основные отличия силиконовых эндопротезов, претерпеваемые со времён Swanson, коснулись конструктивных особенностей замкового компонента и предизогнутости эндопротезов на 30 градусов сгибания для обеспе-

чения снижения нагрузки на имплантат в состоянии покоя кисти [34, 35].

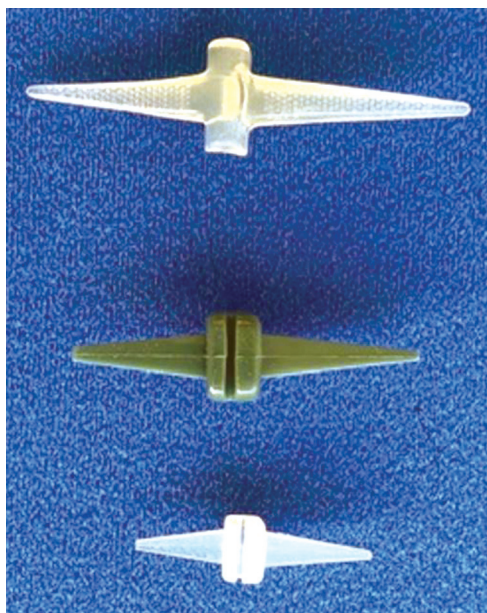


Рис. 1. Семейство силиконовых эндопротезов ПФС. Сверху вниз: Swanson, Stryker, Integra

За последние четыре десятилетия эндопротезирование силиконовыми имплантатами стало эталоном, с которым сравнивают другие имплантаты для эндопротезирования ПФС и ПМФС. Однако, несмотря на широкое применение рядом хирургов данных эндопротезов, особенно для лечения пациентов с ревматоидной кистью, у семейства силиконовых эндопротезов существует ряд грозных осложнений, ограничивающих их повсеместное признание и использование.

Одним из основных осложнений является перелом компонента эндопротеза. Многочисленные клинические и экспериментальные исследования выявили 3 основных типа повреждения силиконовых имплантатов: поверхностное; растрескивание или фрагментация замковой части; перелом ножки. Частота переломов силиконовых имплантатов колеблется от 0 до 84 %. Выживаемость имплантата составляет 74,3 %

через 3 года и 67,9 % через 5 лет. Существует зависимость вероятности и сроков разрушения конструкции импланта и объёма движений в ПФС. Так, многие исследователи не рекомендуют превышать объём сгибания свыше 60 градусов во избежание раннего выхода конструкции из строя [24, 32, 35]. Это ограничивает использование данных имплантатов для пациентов с высокими требованиями к функции кисти (рис. 2).

Также в ряде исследований сообщается о явлениях периимплантной костной резорбции и кистовидной перестройки, связанной, по-видимому, с поршневой кинематикой ножки эндопротеза. Частота таких осложнений достигает 41 % и является основной причиной неудовлетворительных результатов и необходимости ревизионной хирургии [36, 37].

Ульнарная деформация ПФС после эндопротезирования силиконовыми имплантатами – одна из причин рецидива болевого синдрома и ограничения функции. Частота данного осложнения достигает 58 %, хотя это не всегда влечет за собой неудовлетворённость пациента и необходимость повторного вмешательства [38].

Периимплантный синовит ПФС возникает под воздействием мельчайших фрагментов силикона, выявляемых в тканях и клетках в процессе эксплуатации импланта. Данное явление ведёт к возвращению болевого синдрома, утолщению и отёку синовиальной оболочки и ограничению объёма движений, что наблюдалось в 25 % случаев [38, 39].

Подводя некоторое заключение по семейству силиконовых имплантатов, можно вынести следующие положения:

- 1) силиконовые эндопротезы не восстанавливают анатомическую кинематику пястно-фаланговых суставов ввиду связанной конструкции и высокого количества осложнений;
- 2) показаны для пожилых пациентов с тяжёлой предоперационной деформацией суставов, но ограничены в применении для молодых пациентов с большей силой хвата, объёмом движений до операции и функциональными требованиями к кисти;
- 3) продукты распада при эксплуатации эндопротеза ведут к деструктивным последствиям в периимплантной кости и мягких тканях.



Рис. 2. Состояние силиконовых эндопротезов после ревизионной операции по поводу перелома имплантатов и рецидива ульнарной деформации пальцев

Силиконовые эндопротезы ПФС остаются «золотым» стандартом в лечении пациентов с остеоартритом, однако за последние три десятилетия несвязанный эндопротез стали хорошей альтернативой устоявшемуся методу. В настоящее время тенденции хирургии ПФС привели к использованию эндопротезов третьего поколения, представляющих собой два несвязанных компонента, установленных бесцементной фиксацией и с минимальной резекцией суставных поверхностей [9]. Наиболее яркие представители – пирокарбоновые (Integra) и металл-полиэтиленовые (SRA).

Пирокарбон – уникальный материал, впервые использованный в хирургии клапанов сердца. Он образуется путём пиролиза газообразного углеводорода, в результате чего появляется материал с механическими характеристиками между графитом и алмазом. Эластический модуль, близкий к кортикальной кости, минимизирует явления стресс-шилдинга. Пирокарбоновые имплантаты проявляют отличные прочностные характеристики и показатели износостойкости с минимальным количеством продуктов распада в процессе циклической нагрузки. Вдобавок к своей биоинертности, те минимальные частицы, возникающие при эксплуатации материала, не вызывают иммунного ответа, какой возникает при изнашивании силикона или полиэтилена. Впервые использованный в 1979 году, пирокарбоновый эндопротез ПФС претерпевал изменения, прежде чем достичь актуальной конструкции. Дизайн пирокарбоновых имплантатов Integra основан на анатомических, биомеханических и хирургических аспектах пястно-фалангового сустава. Центр ротации сустава смещён пальмарно, а конструкция суставных поверхностей предполагает минимальную резекцию с сохранением капсульно-связочного аппарата. Данный имплантат поставляется в шести размерах (рис. 3) [35, 40].

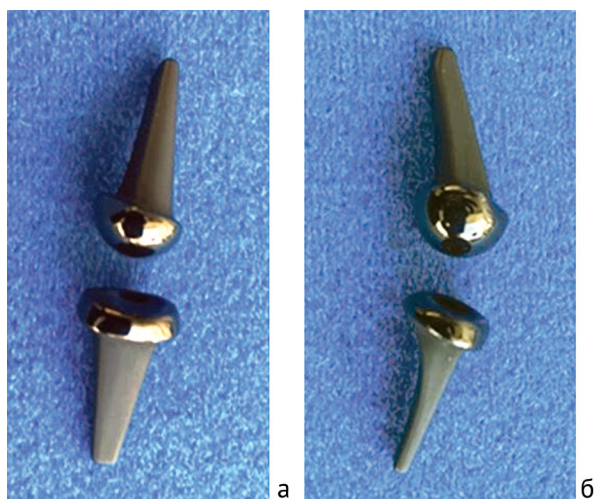


Рис. 3. Пирокарбоновый эндопротез Integra: а – вид спереди; б – вид сбоку

Анализ литературы показал, что частота осложнений после эндопротезирования пирокарбоновыми имплантатами выше, чем силиконовыми эндопротезами. Cummings et al. в исследовании 124 случаев эндопротезирования ПФС выявили, что ревизионное вмешательство через 3 года потребовалось в 15 % случаев, а об-

щее число реопераций за период наблюдения (10 лет) составило 29 %. Общее число осложнений составило 34 % [41].

Основными причинами ревизионного вмешательства после эндопротезирования пирокарбоновыми имплантатами являются вывих и подвывих, перипротезный перелом и тугоподвижность сустава (рис. 4). В исследовании Wanderman из 816 эндопротезирований ПФС вывих выявлен в 37 случаях (4 %), при этом закрытое устранение вывиха не приводило к стойкому улучшению. Данные случаи осложнений потребовали повторной операции с реконструкцией мягких тканей и заменой имплантата [42].



Рис. 4. Рентгенограмма третьего ПФС после эндопротезирования пирокарбоновым имплантатом. Чёрной стрелкой отмечена линия перипротезного перелома проксимальной фаланги, возникшего через 2 недели после установки имплантата

Риск развития перипротезного перелома возникает даже интраоперационно и наблюдается в 3 % случаев. Данное осложнение возникает во время установки компонента «press-fit» в подготовленный костномозговой канал [43].

Недостатком пирокарбоновых имплантатов является отсутствие остеоинтеграции на полированной поверхности ножки, вследствие чего возникает нестабильность. Анализ рентгенологических наблюдений показал, что проседание имплантата возникает в 80 %, костная эрозия в 35 % и прогрессирующий ободок просветления на границе эндопротез-кость в 9 % случаев наблюдений. Однако данные рентгенологические находки не всегда коррелируют с клиническими результатами, но являются серьёзной предпосылкой к развитию острых состояний, описанных выше [44].

При всех достоинствах высокая частота осложнений, ревизионных вмешательств, а также дороговизна имплантатов из пирокарбона ограничивает сферу применения данного вида эндопротеза ПФС.

Металл-полиэтиленовые эндопротезы SRA (Styker) имеют метакарпальный компонент из пористого сплава кобальта и хрома и фаланговый компонент из сверхвысокомолекулярного полиэтилена высокой прочности (UHMWPE). Как и пирокарбоновый, это эндопротез типа «ball-socket», воспроизводящий анатомию и кинематику нативного ПФС в большей степени, чем силиконовый. Головка метакарпального компонента сужается в дорсо-волярном направлении, усиливая стабильность при сгибании в ПФС. В дополнение к

отличиям от дизайна пирокарбонового эндопротеза, имеются луче-локтевые расширения, которые обеспечивают стабильность во фронтальной плоскости, а также препятствуют потенциальной тенденции к лучевой или локтевой девиации пальцев. Ножка проксимального компонента также имеет антиротационные расширения, вдобавок облегчающие его установку. Возможна как цементная, так и бесцементная фиксация. Дистальный фаланговый компонент, выполненный из полиэтилена, устанавливается с помощью цемента. Несмотря на то, что данный имплантат уступает прочностным и трибологическим характеристикам пирокарбону, металл-полиэтиленовый эндопротез показал высокие результаты доклинических тестов, а достижения в кросс-линкинге полиэтилена минимизируют количество частиц-продуктов распада в процессе его эксплуатации (рис. 5) [9, 25, 35].

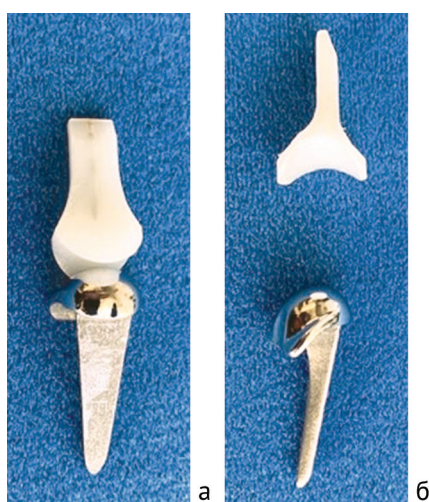


Рис. 5. Металл-полиэтиленовый эндопротез Stryker SRA: а – вид спереди; б – вид сбоку

Claxton et al. в своём анализе 17 случаев эндопротезирования ПФС описанным имплантатом сообщают об осложнениях в 13 случаях (65 %) со средним сроком их возникновения 20 месяцев (от 0 до 75 месяцев). В четырёх случаях осложнения имели множественный характер, чаще всего причиной повторной операции были тугоподвижность (3), подвывих/функциональная нестабильность (3), мягкотканная контрактура (2), гетеротопическая оссификация (2). Десятилетняя выживаемость имплантата составила 79 %, что является отличным результатом лечения этим всё ещё diskutabelным методом. Также авторы акцентировали особое внимание на значительных трудностях ревизионного вмешательства, связанных с цементной фиксацией компонентов [45]. Это подтверждают аспекты, упомянутые выше в данном обзоре.

Как пирокарбоновые, так и металл-полиэтиленовые эндопротезы показывают удовлетворительные функциональные результаты при соблюдении определённых клинических условий, которые можно выделить в качестве показаний для использования данных типов имплантатов:

1) молодой возраст пациентов (до 55 лет) с высокими требованиями к функции кисти;

2) адекватное состояние мягких тканей;

3) возможность минимальной резекции для обеспечения интактности стабилизаторов ПФС, в первую очередь, коллатеральных связок;

4) невоспалительный характер остеоартрита.

Наихудшие результаты, сообщают также Claxton et al., наблюдались при использовании несвязанных пирокарбоновых и металл-полиэтиленовых имплантатов у пациентов с воспалительным характером заболевания (ревматоидный артрит), плохим состоянием мягких тканей и капсульно-связочного аппарата, выраженной деформацией подвывихом в ПФС (усугубляющими состояние основных стабилизаторов сустава) и компрометированной костной тканью периимплантных зон. Ревизионная артропластика требовалась в 15 % случаев, а общее число повторных операций – в 29 % [46].

Несмотря на высокие прочностные и трибологические характеристики, ни пирокарбоновые, ни металл-полиэтиленовые эндопротезы не дают значимой прибавки в объёме движений после операции. Aujila et al. в анализе более 800 исследований сообщают о среднем увеличении объёма движений в 13 градусов при использовании пирокарбоновых имплантатов [9].

Всё больший интерес биоинженеров и клиницистов вызывает керамический гранулят в качестве материала. Характеристики материала – износостойкость, биоинертность и биосовместимость, высокая коррозионная устойчивость – нашли широчайший отклик в стоматологии, хирургии крупных суставов. Многие эндопротезисты по праву считают пару трения «керамика-керамика» лучшей среди существующих, отмечены высокие функциональные результаты эндопротезирования коленных, тазобедренных, плечевых суставов [47]. В настоящее время оксиды алюминия и циркония также стали объектом исследования и активного применения в аддитивной ортопедии, что значительно расширяет потенциал этого поистине уникального материала [48]. В хирургии кисти и в частности ПФС имеются немногочисленные сведения об использовании керамических эндопротезов. Так, Горякин М.В. с соавт. докладывают случай успешного эндопротезирования второго ПФС в остром периоде травмы с удовлетворительным функциональным результатом в краткосрочном периоде [49]. Пожалуй, самым крупным отечественным исследованием керамических имплантатов кисти стало сообщение Мурадова М.И. с соавт. об анализе результатов эндопротезирования 81 сустава. Авторы отмечают стойкое увеличение объёма движений с 16 до 73 градусов и высокий процент удовлетворённости пациентов – 82 % [50].

На сегодняшний день в хирургии мелких суставов кисти керамика представлена линейкой несвязанных эндопротезов Moje Keramik Implantate. Однако данных об отдалённых результатах эндопротезирования по-прежнему недостаточно, а имеющиеся сообщения характеризуются своей противоречивостью. По нашему мнению, существующие керамические эндопротезы суставов кисти требуют конструктивных доработок, что, безусловно, выведет это направление в число ведущих.

Пястно-фаланговый сустав играет весомую роль в биомеханике кистевого хвата. Спектр нозологических

форм, поражающих ПФС, диктует тенденции к поиску оптимальных методов хирургического лечения. Среди известных методик лидирующее место, несомненно, заняло эндопротезирование ПФС. Прошедшее тернистый путь, вышедшее из нефизиологических методов лечения, эндопротезирование ПФС претерпело значительные изменения за свою более чем шестидесятилетнюю историю. Разнообразие имплантатов, материалов для их изготовления создало возможность выбора решений хирургу для того или иного случая, определило показания и противопоказания для их использования. Тем не менее, нередки случаи отрицательных результатов эндопротезирования в виде воспалительных реакций, стойкого болевого синдрома и тугоподвижности. Анализ литературных источников показал широкий

ряд осложнений в виде перипротезных переломов, переломов компонентов эндопротеза и вывихов. Многообразие функции кисти, её точные, дозированные движения диктуют высокие требования к результатам лечения.

Данный обзор литературы позволил осветить актуальную тему хирургии кисти – эндопротезирование пястно-фалангового сустава. Были обозначены основные исторические вехи данного направления, изложено современное состояние проблемы. Принимая во внимание вышесказанное, несомненным остаётся необходимость поиска новых конструктивных решений в эндопротезировании пястно-фалангового сустава, внедрения новых материалов, что делает данное направление актуальным для научно-практической проработки.

ВЫВОДЫ

1. Лечение заболеваний и повреждений пястно-фалангового сустава является неотъемлемой частью комплексного восстановления функции кисти. Наиболее результативным среди существующих методов лечения на сегодняшний день является эндопротезирование ПФС.

2. Современные тенденции эндопротезирования ПФС направлены в сторону анатомической адаптации имплантатов, минимальной костной резекции и сохранения капсульно-связочного аппарата – основного стабилизатора сустава.

3. Несмотря на более чем полувековую эволюцию, процент осложнений после эндопротезирования ПФС остаётся на высоком уровне, а функциональные результаты – противоречивыми. Это свидетельствует о необходимости создания новых конструктивных решений для имплантатов, поиска и внедрения оптимальных трибологических пар, в свете чего керамические эндопротезы являются, по нашему мнению, перспективным направлением.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Swann J. The world at your finger tips: how the hand functions // *Nursing and Residential Care*. 2015. Vol. 17, No 8. P. 444-448. DOI: 10.12968/nrc.2015.17.8.444.
- "Mind the thumb": Judging hand laterality is anchored on the thumb position / M. Conson, A. Di Rosa, F. Polito, I. Zappullo, C. Baiano, L. Trojano // *Acta Psychol. (Amst)*. 2021. Vol. 219. Art. 103388. DOI: 10.1016/j.actpsy.2021.103388.
- Young R.W. Evolution of the human hand: the role of throwing and clubbing // *J. Anat.* 2003. Vol. 202, No 1. P. 165-174. DOI: 10.1046/j.1469-7580.2003.00144.x.
- Qiu S., Kermani M.R. Inverse Kinematics of High Dimensional Robotic Arm-Hand Systems for Precision Grasping // *J. Intell. Robot. Syst.* 2021. Vol. 101, No 70. DOI: 10.1007/s10846-021-01349-7.
- Qiu S., Kermani M.R. Precision Grasp using an Arm-Hand System as a Hybrid Parallel-Serial System: A Novel Inverse Kinematics Solution // *IEEE Robotics and Automation Letters*. 2021. Vol. 6, No 4. P. 8530-8536. DOI: 10.1109/LRA.2021.3111078.
- Cognitive archeology, body cognition, and hand-tool interaction / E. Bruner, A. Fedato, M. Silva-Gago, R. Alonso-Alcalde, M. Terradillos-Bernal, M.Á. Fernández-Durantes, E. Martín-Guerra // *Prog. Brain Res.* 2018. Vol. 238. P. 325-345. DOI: 10.1016/bs.pbr.2018.06.013.
- Key Insights into Hand Biomechanics: Human Grip Stiffness can be decoupled from force by cocontraction and predicted from electromyography / H. Höppner, M. Große-Dunker, G. Stillfried, J. Bayer, P. van der Smagt // *Front. Neurobot.* 2017. Vol. 11. P. 17. DOI: 10.3389/fnbot.2017.00017.
- A Systematic review of different implants and approaches for proximal interphalangeal joint arthroplasty / M. Yamamoto, S. Malay, Y. Fujihara, L. Zhong, K.C. Chung // *Plast. Reconstr. Surg.* 2017. Vol. 139, No 5. P. 1139e-1151e. DOI: 10.1097/PRS.0000000000003260.
- Unconstrained metacarpophalangeal joint arthroplasties: a systematic review / R.S. Aujla, N. Sheikh, P. Divall, B. Bhowal, J.J. Dias // *Bone Joint J.* 2017. Vol. 99-B, No 1. P. 100-106. DOI: 10.1302/0301-620X.99B1.37237.
- Rozmaryn L.M. The Collateral Ligament of the Digits of the Hand: Anatomy, Physiology, Biomechanics, Injury, and Treatment // *J. Hand Surg. Am.* 2017. Vol. 42, No 11. P. 904-915. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.08.024.
- Komatsu I., Lubahn J.D. Anatomy and biomechanics of the thumb carpometacarpal joint // *Oper. Tech. Orthopaedics*. 2018. Vol. 28, No 1. P. 1-5. DOI: 10.1053/j.oto.2017.12.002.
- Traumatic Finger Injuries: What the Orthopedic Surgeon wants to know / G.G. Wieschhoff, S.E. Sheehan, J.R. Wortman, G.S. Dyer, A.D. Sodickson, K.I. Patel, B. Khurana // *Radiographics*. 2016. Vol. 36, No 4. P. 1106-1128. DOI: 10.1148/rq.2016150216.
- Yao L., Li C., Li J. Research progress in artificial metacarpophalangeal joint and interphalangeal joint prostheses // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2019. Vol. 33, No 10. P. 1326-1330. DOI: 10.7507/1002-1892.201902015.
- Draghi F., Gitto S., Bianchi S. Injuries to the Collateral Ligaments of the Metacarpophalangeal and Interphalangeal Joints: Sonographic Appearance // *J. Ultrasound. Med.* 2018. Vol. 37, No 9. P. 2117-2133. DOI: 10.1002/jum.14575.
- Pursley R., Collins A. Finger Dislocation. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2022.
- Tang J.B. On the safe position for hand immobilization // *J. Hand Surg. Eur. Vol.* 2019. Vol. 44, No 9. P. 993-995. DOI: 10.1177/1753193419873899.
- Revisiting the dogma of the Edinburgh position for safe immobilization / D.J. Jordan, J.M. Leow, P.H.C. Stirling, W.L. Lam // *J. Hand Surg. Eur. Vol.* 2021. Vol. 46, No 1. P. 37-44. DOI: 10.1177/1753193420966233.
- Proposal of a New Dynamic Distraction Device to Treat Complex Periarticular Fractures of the Metacarpophalangeal Joint of Long Finger / F. Kistoris, F. Addevico, L. Murena, M. Scaglione, A. Poggetti // *Hand (N Y)*. 2020. Vol. 15, No 1. P. 87-91. DOI: 10.1177/1558944718787859.
- Anatomie des Fingergrund- und -mittelgelenks unter Berücksichtigung der Endoprothetik / B. Hohendorff, C.K. Spies, F. Unglaub, L.P. Müller, C. Ries // *Orthopäde*. 2019. Vol. 48, No 5. P. 368-377. DOI: 10.1007/s00132-019-03716-7.
- Pylios T., Shepherd D.E. Biomechanics of the normal and diseased metacarpophalangeal joint: implications on the design of joint replacement implants // *J. Mech. Med. Biol.* 2007. Vol. 7, No 2. P. 163-174. DOI: 10.1142/s0219519407002248.
- Earp B., Cefalu C., Blazar P. Thumb Metacarpophalangeal Joint Arthritis // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2019. Vol. 27, No 23. P. e1029-e1039. DOI: 10.5435/JAAOS-D-18-00683.
- Injectable Capsaicin for the Management of Pain due to Osteoarthritis / J.N. Campbell, R. Stevens, P. Hanson, J. Connolly, D.S. Meske, M.K. Chung, B.D.X. Lascelles // *Molecules*. 2021. Vol. 26, No 4. P. 778. DOI: 10.3390/molecules26040778.

23. Mülkoğlu C., Ayhan F.F. A case with Behçet's disease involving erosive Metacarpophalangeal joint arthritis: the value of ultrasonography in the diagnosis of an Erosion // *BMC Med. Imaging*. 2020. Vol. 20, No 1. P. 60. DOI: 10.1186/s12880-020-00461-8.
24. Родоманова Л.А., Афанасьев А.О. Сравнительный анализ эффективности эндопротезирования пястно-фаланговых суставов у больных с ревматоидным поражением кисти // *Травматология и ортопедия России*. 2015. № 1 (75). С. 42-50.
25. Adkinson J.M., Chung K.C. Advances in Small Joint Arthroplasty of the Hand // *Plast. Reconstr. Surg.* 2014. Vol. 134, No 6. P. 1260-1268. DOI: 10.1097/PRS.0000000000000733.
26. Arthrodesis of the thumb metacarpophalangeal joint: Conventional open technique with a locking plate or compression pins versus minimally invasive technique with compression pins or screws / M. Swaisi, Y. Igeta, R. Pavalache, P. Vernet, S. Facca, J.J. Hidalgo Diaz, P. Liverneux // *Hand Surg. Rehabil.* 2019. Vol. 38, No 3. P. 174-178. DOI: 10.1016/j.hansur.2019.02.002.
27. Mikolyzk D.K., Stern P.J. Steinmann Pin Arthrodesis for Salvage of Failed Small Joint Arthroplasty // *J. Hand Surg. Am.* 2011. Vol. 36, No 8. P. 1383-1387. DOI: 10.1016/j.jhsa.2011.05.027.
28. Dautel G. Vascularized toe joint transfers to the hand for PIP or MCP reconstruction // *Hand Surg. Rehabil.* 2018. Vol. 37, No 6. P. 329-336. DOI: 10.1016/j.hansur.2018.03.008.
29. Trost J.G., Kaufman M., Netscher D.T. Nonvascularized Toe Joint Transfers to the Hand in Young Children: Technique Revisited // *Hand (N Y)*. 2020. 1558944720948243. DOI: 10.1177/1558944720948243.
30. Singh H., Dias J.J. Surface replacement arthroplasty of the proximal interphalangeal and metacarpophalangeal joints: The current state // *Indian J. Plast. Surg.* 2011. Vol. 44, No 2. P. 317-326. DOI: 10.4103/0970-0358.85353.
31. Brannon E.W., Klein G. Experiences with a finger-joint prosthesis // *J. Bone Joint Surg. Am.* 1959. Vol. 41-A, No 1. P. 87-102.
32. Прохоренко В.М., Симонова Е.Н., Александров Т.И. Эндопротезирование пястно-фаланговых суставов пальцев кисти // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2018. № 4. С. 104-112. DOI: 10.17116/vto201803-041104.
33. Muder D., Hailer N.P., Vedung T. Two-component surface replacement implants compared with perichondrium transplantation for restoration of metacarpophalangeal and proximal interphalangeal joints: a retrospective cohort study with a mean follow-up time of 6 respectively 26 years // *BMC Musculoskelet. Disord.* 2020. Vol. 21, No 1. P. 657. DOI: 10.1186/s12891-020-03687-3.
34. Morrell N.T., Weiss A.C. Silicone metacarpophalangeal arthroplasty for osteoarthritis: long-term results // *J. Hand Surg. Am.* 2018. Vol. 43, No 3. P. 229-233. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.10.010.
35. Silicone and Pyrocarbon artificial finger joints / F.A. Alnaimat, H.A. Owida, A. Al Sharah, M. Alhaj, M. Hassan // *Appl. Bionics Biomech.* 2021. Vol. 2021. 5534796. DOI: 10.1155/2021/5534796.
36. Functional and patient-reported outcomes of the Swanson metacarpo-phalangeal arthroplasty in the rheumatoid hand / F.K. Elherik, S. Dolan, J. Antrum, F. Unglaub, C.R. Howie, S.J. Breusch // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 2017. Vol. 137, No 5. P. 725-731. DOI: 10.1007/s00402-017-2675-1.
37. A rare complication of a metacarpophalangeal joint replacement in a rheumatoid hand: a case report / R. Chopra, D.K. Jain, R. Murali, E.G. Chelliah // *Cases J.* 2009. Vol. 2. P. 7864. DOI: 10.4076/1757-1626-2-7864.
38. Factors associated with reoperation after silicone metacarpophalangeal joint arthroplasty in patients with inflammatory arthritis / B.J.W. Notermans, J. Lans, D. Arnold, J.B. Jupiter, N.C. Chen // *Hand (N Y)*. 2020. Vol. 15, No 6. P. 805-811. DOI: 10.1177/1558944719831236.
39. Risk Factors Contributing to Early Implant Fracture in Silicone Metacarpophalangeal Joint Arthroplasty for Patients with Rheumatoid Arthritis / T. Iwamoto, K. Ishii, T. Suzuki, H. Kimura, N. Matsumura, K. Sato // *J. Hand Surg. Am.* 2021. Vol. 46, No 3. P. 243.e1-243.e7. DOI: 10.1016/j.jhsa.2020.09.002.
40. Der Gelenkersatz der Fingergrundgelenke / C.K. Spies, M.F. Langer, S. Löw, J. Oppermann, B. Hohendorff, L.P. Müller, F. Unglaub // *Orthopäde.* 2019. Vol. 48, No 5. P. 386-393. DOI: 10.1007/s00132-019-03715-8.
41. Outcomes of Pyrocarbon Arthroplasty in Metacarpophalangeal Joints Affected by Rheumatoid Arthritis / P.E. Cummings, M.R. Claxton, E.R. Wagner, M. Rizzo // *Hand (N Y)*. 2022. 15589447211063577. DOI: 10.1177/15589447211063577.
42. Outcomes following acute metacarpophalangeal joint arthroplasty dislocation: An analysis of 37 Cases / N. Wanderman, E. Wagner, S. Moran, M. Rizzo // *J. Hand Surg. Am.* 2018. Vol. 43, No 3. P. 289.e1-289.e6. DOI: 10.1016/j.jhsa.2017.10.001.
43. Skie M., Gove N., Ciocanel D. Intraoperative fracture of a pyrocarbon PIP total joint – a case report // *Hand (N Y)*. 2007. Vol. 2, No 3. P. 90-93. DOI: 10.1007/s11552-007-9027-5.
44. Bellemère P. Pyrocarbon implants for the hand and wrist // *Hand Surg. Rehabil.* 2018. Vol. 37, No 3. P. 129-154. DOI: 10.1016/j.hansur.2018.03.001.
45. Claxton M.R., Wagner E.R., Rizzo M. Outcomes of surface replacement arthroplasty in metacarpophalangeal joints affected by noninflammatory arthritis // *Hand (N Y)*. 2021. 15589447211028917. DOI: 10.1177/15589447211028917.
46. Claxton M.R., Wagner E.R., Rizzo M. Long-term outcomes of MCP surface replacement arthroplasty in Patients with rheumatoid arthritis // *Hand (N Y)*. 2022. Vol. 17, No 2. P. 271-277. DOI: 10.1177/1558944720926631.
47. Ceramic-on-ceramic total hip arthroplasty with large diameter heads: A systematic review / F. Castagnini, M. Cosentino, G. Bracci, C. Masetti, C. Faldini, F. Traina // *Med. Princ. Pract.* 2021. Vol. 30, No 1. P. 29-36. DOI: 10.1159/000508982.
48. Additive manufacturing of advanced ceramic materials / Y. Lakhdar, C. Tuck, J. Binner, A. Terry, R. Goodridge // *Progress in Materials Science.* 2021. Vol. 116, art. 100736. DOI: 10.1016/j.pmatsci.2020.100736.
49. Горякин М.В., Ульянов В.Ю. Опыт тотального эндопротезирования при внутрисуставном оскольчатом переломе пястно-фалангового сустава (клинический случай) // *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2020. Т. 16, № 2. С. 485-487.
50. Оценка отдаленных результатов эндопротезирования суставов пальцев кисти / М.И. Мурадов, В.Ф. Байтингер, Ф.Ф. Камолов, П.Ю. Сайк, О.С. Курочкина // *Вопросы реконструктивной и пластической хирургии*. 2016. № 1 (56). С. 33-40.

Статья поступила в редакцию 05.03.2022; одобрена после рецензирования 05.03.2022; принята к публикации 23.05.2022.

The article was submitted 05.03.2022; approved after reviewing 05.03.2022; accepted for publication 23.05.2022.

Информация об авторах:

1. Геннадий Петрович Котельников – академик РАН, доктор медицинских наук, профессор, info@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>;
2. Андрей Николаевич Николаенко – доктор медицинских наук, nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>;
3. Виктор Вячеславович Иванов – кандидат медицинских наук, Viktor_travm@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2813-5826>;
4. Святослав Олегович Дороганов – svdor95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7169-5370>;
5. Денис Олегович Згирский – zgi-denis@yandex.ru;
6. Павел Юрьевич Исайкин – pavelisaykin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0460-6638>.

Information about authors:

1. Gennady P. Kotelnikov – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences, Professor, info@samsmu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7456-6160>;
2. Andrey N. Nikolaenko – Doctor of Medicine, nikolaenko.83@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3411-4172>;
3. Viktor V. Ivanov – Candidate of Medical Sciences, Viktor_travm@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2813-5826>;
4. Svyatoslav O. Doroganov – M.D., svdor95@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7169-5370>;
5. Denis O. Zgirsky – M.D., zgi-denis@yandex.ru;
6. Pavel Yu. Isaikin – M.D., pavelisaykin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0460-6638>.