

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ИМПЛАНТОВ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ВАЛЬГУСНОЙ ДЕФОРМАЦИИ 1 ПЛЮСНЕ-ФАЛАНГОВОГО СУСТАВА

USE OF BIOABSORBABLE IMPLANTS FOR HALLUX VALGUS SURGERY

Авилов С.М. Аvilov S.M.
Городниченко А.И. Gorodnichenko A.I.

Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного профессионального образования «Центральная государственная медицинская академия»,
г. Москва, Россия

Central State Medical Academy,
Moscow, Russia

Вальгусная деформация первого пальца стопы (Hallux valgus), являясь самой часто встречающейся ортопедической патологией населения, характеризуется медиальным смещением 1 плюсневой кости и латеральным смещением 1 пальца с ротацией большого пальца вокруг продольной оси. Консервативное лечение не является достаточно эффективным.

Цель – проанализировать совершенствование тактики хирургического лечения при Hallux valgus, проследить эволюцию биodeградируемых материалов в ортопедии, изучить результаты, преимущества и недостатки использования биodeградуемых имплантов.

Материалы и методы. По данным зарубежной и отечественной литературы проанализированы все доступные исследования, посвященные остеотомии 1 плюсневой кости с использованием биodeградируемых материалов.

Результаты. Хирургических методов коррекции Hallux valgus предложено более 400, однако до настоящего времени ведутся поиски по улучшению его результатов, сокращению пребывания больного в стационаре и снижению затрат на проводимое лечение. Совершенствуются не только оперативные техники, но и способы фиксации 1 плюсневой кости после ее остеотомии. «Идеальный» фиксатор для остеотомии должен обеспечивать адекватную стабильность костных фрагментов, иметь достаточную прочность до полного сращения кости и адсорбироваться после сращения, устраняя необходимость повторной операции по поводу удаления фиксатора.

Выводы. Современные биоабсорбирующиеся импланты обладают необходимой прочностью для фиксации костной ткани, а распад полимера начинается после сращения остеотомии 1 плюсневой кости. Характеристики жесткости костной ткани и биополимеров схожи, поэтому при их использовании не развивается stress-shielding синдром. Экономическая целесообразность использования биodeградируемых имплантов не определена: производство их дорогостоящее, однако отсутствует необходимость удаления фиксатора.

Уровень осложнений при использовании биodeградируемых винтов и металлических сопоставим. Нет исследований по изучению качества жизни после коррегирующей остеотомии 1 плюсневой кости с использованием биodeградируемых имплантов.

Ключевые слова: остеотомия 1 плюсневой кости; биоабсорбируемые, биodeградируемые, биорассасывающиеся импланты.

Hallux valgus is the most frequent orthopedic pathology in the population. It is characterized by medial displacement of the first metatarsal bone and lateral displacement of the hallux and its rotation around the longitudinal axis. Conservative treatment is not effective enough.

Objective – to analyze the improvement in surgical techniques for treating hallux valgus, to study the evolution of the bioabsorbable materials in orthopedics, to investigate the results, advantages and disadvantages of using the bioabsorbable implants.

Materials and methods. According to the foreign and domestic literature, we reviewed all available studies concerning osteotomy for the first metatarsal bone using the biodegradable materials.

Results. There are more than 400 correction techniques for hallux valgus. However at the present time the techniques for improvement in the outcomes, decrease in hospital stay and reducing treatment costs are being studied. The improvement is associated with both the surgical techniques and the methods for fixing the first metatarsal bone after osteotomy. The “ideal” implant for osteotomy should provide adequate stability of bone fragments, have sufficient strength up to the moment of complete bone union and produce absorption after union, excluding the need for repeated surgery for removing the fixator.

Conclusions. The modern bioabsorbable implants have the good strength to fix the bone tissue. Absorption of polymer begins after fusion of the first metatarsal bone. Bone and biopolymers characteristics of hardness are similar, but their use does not result in stress-shielding syndrome. The economic feasibility of the use of bioabsorbable implants is determined yet: the production is expensive, but there is no need to remove. Rate of complication after use of the biodegradable and metal implants is similar. There are no researches of the quality of life after osteotomy of the first metatarsal bone using the bioabsorbable implants.

Key words: hallux valgus; first metatarsal osteotomy; bioabsorbable and biodegradable implants.

Нallux (abducto) valgus – наиболее часто встречающийся в литературе термин, обозначающий любые деформации на уровне медиального плюснефалангового сустава, которые

в большинстве случаев вальгусным отклонением первого пальца [1].

Интересен тот факт, что нет четких абсолютных признаков, чтобы однозначно определить границу между нормой и вальгусным отклонением 1 пальца, однако значения, превышающие 15 градусов для 1 плюсне-фалангового угла (угла вальгусной деформации, НВА), и более 9 градусов — для 1 межплюсневого угла считаются патологическими. Тем не менее, есть люди, которые имеют большие значения 1 плюсне-фалангового и межплюсневого углов, но не имеют никаких симптомов вальгусного отклонения 1 пальца [2].

Из-за отсутствия четких критериев, определяющих заболевание, достаточно трудно судить о распространенности патологии в популяции; по мнению разных авторов, она колеблется от 19 до 70 % [1-3].

Сложность патогенеза развития заболевания требует дифференциального подхода, определения направленности лечебных мероприятий. Сформировалось несколько приоритетных направлений в лечении данной патологии, которые можно подразделить на консервативное и хирургическое, однако единого мнения по характеру, объему и радикальности проводимого лечения нет [3].

Консервативное лечение основывается на замедлении прогрессирования патологического процесса в стопе и является методом выбора для пациентов, впервые обратившихся с вальгусной деформацией 1 пальца стопы [4]. Оно направлено на уменьшение нефиксированной вальгусной деформации, растяжение сморщенных мягких тканей вокруг сустава с использованием ночных шин, повышение мышечного тонуса стопы с использованием упражнений, а также ношение ортопедических стелек [5]. В рандомизированном исследовании Juriansz (1996) сравнивались пациенты, применявшие ночное шинирование, и пациенты без лечения, при этом достоверно значимой разницы в величине вальгусного отклонения, величине 1 межплюсневого угла и уровне боли в группах не обнаружено [6]. Сходное рандомизированное исследование с использованием функционального ортезирования провели Kilmartin et al. (1994)

среди 122 детей (9-10 лет). При обследовании групп через 3 года была выявлена статистически значимая разница в угле вальгусной деформации в пользу исследуемой группы [7]. Большинство исследователей пришли к заключению, что консервативные методы у взрослых неэффективны [1, 2, 8].

С древних времен хирурги уделяли внимание патологии области 1 плюсне-фалангового сустава. Theodorice писал в 1267, что «сначала надо удалить все вокруг, а затем прижечь шпору». Voeger в 1826 году рекомендовал «абляцию кисты» 1 плюсне-фалангового сустава. В 1837 г. Fricke описал, что оперировал 2 случая «круглых экзостозов на стопе ... произвел резекцию костей, которые образуют 1 плюсне-фаланговый сустав, что имело отличный результат». Результаты резекции 1 плюсне-фалангового сустава были опубликованы Pancoast в 1844 и Hilton в 1853. Rose в 1874 году в дополнение к резекции сустава удалил сесамовидные кости. Reverdin (1881) пропагандировал только удаление экзостозов. В 1904 году Keller начал проводить резекции основания проксимальной фаланги большого пальца [1, 8].

В 20 веке стремительно увеличилось число операций для коррекции вальгусной деформации 1 пальца. Metcalf (в 1912 году) обобщил 15 различных видов операций, Timmer (в 1930 г.) упоминает 25, а Verbrugge (в 1933 году) описывает 51 вид хирургического лечения, в 1946 (Perrot) их уже 68. К 1990 году было описано «около 150» различных операций (Luthje 1990), а к настоящему времени предложено около 400 методов хирургической коррекции статических деформаций переднего отдела стоп [9, 10]. Огромное количество оперативных методов указывает на то, что ни один из них не является универсальным, а многие техники имеют серьезные недостатки. Для достижения хорошего функционального результата выбор хирургической тактики должен зависеть от анатомических особенностей и основы патологических изменений, которые имеются у пациента [2, 8].

Для выбора тактики хирургического лечения существует множество классификаций, которые основаны на различных принципах: анатомическом (мягкотканые или костные), виде выполняемого вмешательства, локализации операции. Выбранная техника должна исправить все элементы деформации: остеофит головки 1 плюсовой кости, вальгусная деформация проксимальной фаланги 1 пальца, увеличенный 1 межплюсневый угол, конгруэнтность суставных поверхностей, подвывих сесамовидных костей и пронация большого пальца [9].

Наибольшее распространение на практике нашли различные виды остеотомии 1 плюсовой кости. Предлагаемые авторами техники включают диафизарные и метафизарные остеотомии (проксимального и дистального концов 1 плюсовой кости) и отличаются по направлению линии остеотомии [10, 11, 12].

Каким бы ни был выбор хирурга относительно вида остеотомии, фиксация ее производится с помощью разнообразных металлоконструкций. При анализе осложнений после остеотомии 1 плюсовой кости выявлено, что немалая их часть связана с фиксацией металлическими имплантатами. Фиксация ими обеспечивает надежную фиксацию костных фрагментов, однако «жесткость фиксации» избыточна, что ведет к остеолиту на границе металл-кость («stress-shielding» синдром) и миграции металлоконструкций [13, 14, 15]. По данным многих исследователей, данное явление связано с различной эластичностью костной ткани и металла (модуль Юнга кортикальной кости 10-30 GPa, а металла — 100-200 GPa). Второй недостаток металлических фиксаторов — это потребность в повторной операции для его удаления [16].

В связи с высокой распространенностью в популяции патология имеет не только медицинское, но и экономическое значение. Ввиду большой распространенности данной патологии до настоящего времени ведутся поиски по улучшению результатов хирургического лечения, сокращению пребывания

больного в стационаре и снижению затрат на проводимое лечение. Совершенствуются не только оперативные техники, но и способы фиксации 1 плюсневой кости после ее остеотомии [17].

«Идеальный» фиксатор для остеотомии должен обеспечивать адекватную стабильность костных фрагментов, иметь достаточную прочность до полного сращения кости и адсорбироваться после сращения, устраняя необходимость повторной операции по поводу удаления фиксатора [18].

История использования биodeградируемых материалов

α -полигидроксикислоты — это класс синтетических эфирных полимеров α -гидроксикислот, наиболее яркими представителями данного класса являются полимолочная и полигликолиевая кислоты.

Bischoff and Walden синтезировали низкомолекулярную полигликолевую кислоту (PGA) в 1893 г., высокомолекулярный ее полимер с эластическими свойствами выделен Higgins в 1954 году и был первым абсорбирующимся шовным материалом. Полимеры гликолевой кислоты представляют собой твердые кристаллические соединения, нерастворимые в жидкости, с температурой плавления 224-228°C [20]. Биodeградация сложных полиэфиrow происходит путем неспецифического гидролитического расщепления до диоксида углерода и воды [21]. Время абсорбции зависит от окружающих условий, молекулярной массы и размера имплантата. Механическая прочность PGA теряется через 4-7 недель, и полимер полностью абсорбируется, по данным разных авторов, через 6-12 месяцев и колеблется от 12 недель до 9 месяцев [22]. По мнению Vasenius (1990), PGA является прочным материалом, с жесткостью, достаточной для фиксации большинства переломов, однако из-за своей гидрофильности деградация полимера происходит слишком быстро [23]. Из-за их быстрой деградации, а также развития асептических синусов имплантаты из «чистого» PGA больше не используются для остеосинтеза [24].

Полимеры молочной кислоты (полилактиды (PLA)) являются полукристаллическими по структуре и гидрофобными. PLA состоит из повторяющихся звеньев молочной кислоты, которые имеют две стереоизомерные формы, L и D-изомеров. L-изомер образуется внутри человеческого организма, например, в результате анаэробного метаболизма глюкозы. D-изомер содержится в организме в чрезвычайно малых количествах. L-изомер имеет высокую механическую прочность и медленно абсорбируется, поэтому именно его используют для производства ортопедических имплантатов. Высокомолекулярный синтетический полимер молочной кислоты, обладавший термоэластическими свойствами, был выделен в 1955 году Schneider. По сравнению с другими биodeградируемыми материалами из PGA, L-полимеры молочной кислоты (PLLA) имеют долгий период деградации от 2 до 6 лет [25, 26]. Деградация полилактида происходит путем неферментного гидролиза с распадом до пирувата. Время деградации зависит от соотношения полимеров в импланте, твердости и молекулярного веса, по данным Voutilainen et al. (2002), составляет до 9,3 лет [27]. Наличие преимуществ и недостатков каждого из полимеров привело к разработке имплантатов из кополимеров, содержащих как L-, так и D-изомеры молочной кислоты. Скорость абсорбции и механическая плотность имплантата соответственно зависят от количественного содержания различных изометрических форм L- и D-мономеров в полимерной цепи. Прочность кополимеров PLA может быть значительно улучшена путем смешивания их с абсорбируемыми каучуками, например, триметиленовым капроном [28].

Первое литературное упоминание об использовании биodeградируемых полимеров в медицине относится к концу 60-х гг. XX века. В 1966 году Kulkarni et al. опубликовали доклад о биосовместимости L-полилактида (LPLA) у животных. Полимер был имплантирован в организм морских свинок и крыс в форме порошка.

Исследователи установили, что полимер был нетоксичным, не вызывал реакцию окружающих тканей и имел длительный период деградации. В 1971 году были представлены результаты исследования по использованию биodeградируемых пластин и винтов из того же полимера (L-полилактид (LPLA)) для фиксации перелома нижней челюсти в эксперименте на животных [28]. В том же году Cutright et al. опубликовали свою работу на ту же тему [29]. Оба исследования показали, что материал не вызывает воспаления или реакции организма на инородное тело, хотя он не полностью абсорбировался к концу исследования. В 1984 впервые в мире в ортопедической практике (Rokkanen et al., 1985) биodeградируемые импланты были использованы у человека для остеосинтеза лодыжек в Хельсинки, Финляндия [30].

В настоящее время используются кополимеры PLA и PGA, которые называются полилактид-гликолид (PLGA). Биoабсорбируемые импланты имеют важные преимущества над металлическими имплантатами, например, постепенное увеличение нагрузки на срастающуюся кость (по мере деградации полимера), а также отсутствие необходимости удаления фиксатора [31]. Согласно анализу базы Cochrane (Jainandusing et al., 2009), не было выявлено достоверных различий между биорассасывающимися и другими имплантатами в отношении отдаленных результатов, функционального статуса, уровня осложнений [32]. Уровень повторных операций при использовании таких фиксаторов ниже в сравнении с другими группами. Авторы сделали вывод, что для фиксации простых переломов (тип A) использование биodeградируемых имплантов является надежным способом лечения с низким уровнем осложнений и сокращает расходы на лечение на 20 % [33].

Одни авторы утверждают, что биомеханические особенности биoадсорбируемых винтов и пластин схожи с металлическими при применении их на малых трубчатых костях [34], другие авторы говорят,

что биоабсорбируемые имплантаты имеют более низкую механическую прочность и торсионную стабильность по сравнению с металлическими [35], что является преимуществом при фиксации переломов с малыми фрагментами, фиксации артрореза мелких суставов, остеотомии малых костей, а также фиксации связочных и мягкотканых структур плечевого и коленного суставов.

Результаты применения биоабсорбируемых материалов для фиксации 1 плюсневой кости

Первые сообщения об использовании адсорбирующихся фиксаторов для коррекции вальгусной деформации 1 пальца описывали в основном осложнения от их применения, такие как формирование гранулемы вокруг импланта, реакция окружающих тканей, потеря механической стабильности импланта и коррекции 1 плюсневой кости [36-38]. А проблема остеолита, для решения которой стали применять биоабсорбируемые материалы взамен металлическим, по-прежнему была актуальна. Burns AE et al. нашел рентгенографические признаки остеолита более чем у 22 % оперированных больных, что, однако, не повлияло на функциональный результат [39].

Были и сообщения об эффективном использовании биодеградирующихся винтов. Brunetti VA et al. описывает единичный случай применения биоабсорбирующихся винтов для фиксации шевронной остеотомии с удовлетворительным функциональным результатом [40].

В дальнейшем, в связи с поиском оптимального соотношения полимеров, совершенствованием биоабсорбирующихся имплантов, исследователи описывают удовлетворительные результаты их применения. Hirvensalo et al. произвели 78 шевронных остеотомий 1 плюсневой кости с фиксацией винтами из полигликолиевой кислоты. В 75 % случаев результаты операции были оценены как отличные или хорошие, однако 15 % пациентов отметили боли в 1 плюсне-фаланговом суставе при нагрузке, а 10 %

– вновь возникшую деформацию [35]. Другие авторы также сообщают о положительных результатах использования биодеградируемых имплантов [41-49].

De Orio и Ware описали результаты фиксации с использованием полидиаксоновых пинов с уровнем коррекции, при этом не отмечалось таких осложнений, как остеолит, инфекция, асептический некроз головки или несращение остеотомии [46].

Winemaker et al. сравнили результаты после фиксации спицами и биорассасывающимися винтами. Функциональный индекс AO FAS был сопоставим в двух группах. При фиксации спицами осложнения отмечены у 4 из 21 пациента, в то время как в другой группе осложнений не было [47].

Varca et Busa выполнили 35 шевронных остеотомий с фиксацией винтами из полимолочной кислоты. Во всех случаях они отметили стабильную фиксацию и нормальное послеоперационное сращение кости, 90 % пациентов сообщили об удовлетворительном функциональном и косметическом результате. В одном случае произошел асептический некроз головки плюсневой кости [48]. Реакция окружающих тканей имеет место быть как при использовании металлических фиксаторов, так и при биоабсорбирующихся, что проявляется формированием гранулем, «стерильного синуса», остеолитом и фиброзной перестройкой тканей вокруг импланта.

Morandi A (2013) опубликовал 5-летние результаты использования биоабсорбируемых винтов для фиксации шевронной остеотомии (439 операций). Авторы сделали вывод, что использование полимерных винтов дает хорошие клинические и рентгенологические результаты даже в отдаленном периоде (до 5 лет) с низким числом осложнений (0,7 %) [45].

Помимо медицинских аспектов применения биоабсорбирующихся винтов, есть и экономические. Valletjo-Torres L et al. (2011) провели исследование экономической эффективности использования биорассасывающихся винтов

в сравнении с металлическими. Они сделали вывод, что, хотя стоимость производства таких имплантов возрастает, суммарно расходы на лечение 1 пациента снижаются из-за отсутствия необходимости выполнения повторной операции по удалению фиксатора [50, 51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ зарубежной и отечественной литературы показал, что однозначного взгляда на вопрос использования биоабсорбирующихся материалов для коррекции Hallux valgus нет.

Одни авторы считают, что эффективность и надежность полимеров сопоставима с металлическими фиксаторами, а уровень осложнений низкий. Другие исследователи утверждают, что полимеры хрупкие, вокруг импланта развивается остеолит, происходит формирование гранулем.

В течение 50 последних лет происходило совершенствование биоматериалов, и процентное соотношение в них полимеров молочной и гликолевой кислот в современных биодеградируемых имплантах оптимально для стабильной фиксации кости и распада полимера после сращения остеотомии.

Экономический аспект вопроса также подвергается обсуждению. С одной стороны, производство полимеров – дорогостоящий высокотехнологический процесс, что сказывается на конечной стоимости импланта. С другой стороны – отсутствует необходимость в удалении фиксатора, а значит – и в повторной госпитализации, что снижает итоговые затраты на лечение 1 пациента.

В связи с выше изложенным, актуальным остается вопрос: могут ли современные биоабсорбируемые фиксаторы заменить стандартные металлические, и как это повлияет на функциональный статус и качество жизни пациентов с вальгусной деформацией 1 пальца стопы.

ВЫВОДЫ:

1. Современные биоабсорбирующиеся импланты обладают необходимой прочностью для фиксации костной ткани, а распад

- полимера начинается после сращения остеотомии 1 плюсневой кости.
- Характеристики жесткости костной ткани и биополимеров схожи, поэтому при их использовании не развивается stress-shielding синдром.
 - Экономическая целесообразность использования биодеградируемых имплантов не определена:
- производство их дорогостоящее, однако отсутствует необходимость удаления фиксатора.
- Уровень осложнений при использовании биодеградируемых имплантов и металлических сопоставим при фиксации остеотомии 1 плюсневой кости.
 - Нет исследований по изучению качества жизни после корригирующей остеотомии 1 плюсневой

кости с использованием биодеградируемых имплантов.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Kardanov A. The schemes and the pictures of surgery of the anterior part of the foot. *Medpractica*. M., 2012. P. 20-25. Russian (Карданов А. Хирургия переднего отдела стопы в схемах и рисунках. *Медпрактика*. М, 2012. С. 20-25.)
- Hetherington V. *Hallux valgus and forefoot surgery*. Churchill Livingstone, 1994. 582 p.
- Lyabakh AP, Zazirny IM, Semenov IP, Rudenko RI. Etiology and pathogenesis of Hallux valgus (literature review). *Herald of Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*; 2013. 3 (78): 70-72. (Russian (Лябах А.П., Зази́рный И.М., Семенов И.П., Руденко Р.И. Этиология и патогенез Hallux valgus (Обзор литературы) // Вестник ортопедии, травматологии та протезування. 2013. № 3 (78). С. 70-72.)
- Goleva AV. Hallux valgus. *Zemsky Vrach*; 2010. 2: 22-24. Russian (Голева А.В. Hallux valgus // Земский врач. 2010. № 2. С. 22-24.)
- Ferrari J, Higgins JPT, Williams RL. Interventions for treating hallux valgus (abductovalgus) and bunions (Cochrane Review). *The Cochrane Library*. 2000. Issue 1. Oxford: UpdateSoftware.
- Juriansz AM. Conservative treatment of hallux valgus: a randomized controlled clinical trial of a hallux valgus night splints (M.Sc. thesis). King's College, London University, London 1996.
- Kilmartin TE, Barrington RL, Wallace WA. A controlled prospective trial of a foot orthosis for juvenile hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br*. 1994; 76: 210-214.
- Protsko VG. Choice of optimal treatment technique for Hallux valgus : dissertation of candidate of medical science / Peoples' Friendship University of Russia. M., 2004. 124 p. Russian (Процко В.Г. Выбор оптимального метода лечения вальгусной деформации первого пальца стопы : дисс. канд. мед. наук / Российский университет дружбы народов. М., 2004. 124 с.)
- Tertyshnik SS. Surgical treatment of deformations of the anterior part of the foot in Hallux valgus: dissertation of candidate of medical science / Russian Scientific Center "Reconstructive Traumatology and Orthopedics". Kurgan, 2011. 144 p. Russian (Тертышник С.С. Оперативное лечение деформаций переднего отдела стопы при Hallux valgus: дис. ... канд. мед. наук / ФГУН «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия». Курган, 2011. 144 с.)
- Kim AD, Kim DS. The methods for correction of hallux valgus. In: *Herald of the Public Organization "the Association of Surgeons of Irkutsk Region": the materials from 20th meeting of the Association of Surgeons of Irkutsk Region*, April 26, 2013. Irkutsk: Scientific Center of Reconstructive Surgery of Siberian department of Russian Academy of Medical Science, 2013. P. 153-155. (Ким А.Д., Ким Д.С. Способы устранения hallux valgus // Вестник Общественной организации «Ассоциация хирургов Иркутской области»: материалы XX съезда АХИО, 26 апреля 2013 г. Иркутск: НЦРВХ СО РАМН, 2013. С. 153-155.)
- Tertyshnik SS, Grekova NM, Pfeier AV, Atmanskiy IA, Astapenkov DS. Surgical correction of deformations of the anterior part of the foot in hallux valgus. Chelyabinsk: Elit-pechat publ., 2015. 158 p. Russian (Тертышник С.С., Грекова Н.М., Пфейфер А.В., Атманский И.А., Астапенков Д.С. Оперативная коррекция деформаций переднего отдела стопы при hallux valgus. Челябинск : Издательство Элит-печать, 2015. 158 с.)
- Golovakha ML, Shishka IV, Banit OV, Babich YuA, Tverdokvskiy AO, Zabelin IN. The results of treatment of Hallux valgus with use of CHEVRON-STEOTOMY. *Orthopedics, Traumatology and Prosthetics*. 2012; 3 (588) : 42-46. Russian (Головаха М.Л., Шишка И.В., Банит О.В., Бабич Ю.А., Твердовский А.О., Забелин И.Н. Результаты лечения Hallux valgus с применением CHEVRON-ОСТЕОТОМИИ // Ортопедия, травматология и протезирование. 2012. № 3 (588). С. 42-46.)
- Bobrov DS, Slinyakov LYu, Yakimov LA, Khurtsilava ND. Shaft correcting osteotomy SCARF in treatment of foot deformations. *Chair traumatology and orthopedics*. 2012; (1): 16-19. Russian (Бобров Д.С., Слиняков Л.Ю., Якимов Л.А., Хурцилава Н.Д., Диафизарная корригирующая остеотомия SCARF в лечении деформаций стоп // Кафедра травматологии и ортопедии. 2012. № 1. С. 16-19.)
- Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br*. 2002; 84(8):1093-1110.
- Uthoff HK, Poitras P, Backman DS. Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments. *J Orthop Sci*. 2006; 11(2):118-126.
- Ambrose CG, Clanton TO. Bioabsorbable implants: review of clinical experience in orthopedic surgery. *Ann Biomed Eng*. 2004; 32 (1): 171-177.
- Sorokin EP, Kardanov AA, Lasunskiy SA, Bezgodkov YuA, Gudz AI. Surgical treatment of hallux valgus and possible complications (literature review). *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2011; 4 (62): 123-130. Russian (Сорокин Е.П., Карданов А.А., Ласунский С.А., Безгодков Ю.А., Гудз А.И. Хирургическое лечение вальгусного отклонения первого пальца и его возможные осложнения (обзор литературы) // Травматология и ортопедия России. 2011. № 4 (62). С. 123-130.)
- Bezgodkov YuA, Al D. Improvement in surgical treatment of hallux valgus. *Modern problems of science and education*. 2015; (6-0): 194. Russian (Безгодков Ю.А., Аль Д. Совершенствование хирургического лечения hall ux valgus // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6-0. С. 194.)
- Schmitt EE, Polistina RA. Polyglycolid acid prosthetic devices: U.S. Patent. 1969. 3 463 158 edn.

20. Williams DF. Biodegradation of surgical polymers. *Journal of Materials Science*. 1982; 17 (5): 1233-1246.
21. Vainionpää S, Kilpikari J, Laiho J, Helevirta P, Rokkanen P.U. Törmälä P. Strength and strength retention invitro, of absorbable, self-reinforced polyglycolide (PGA) rods for fracture fixation. *Biomaterials*. 1987; 8 (1) : 46-48.
22. Vert M, Christel P, Chabot F, Leray J. Bioresorbable plastic materials for bone surgery in Macromolecular biomaterials. Eds. G.W. Hastings & P. Ducheyne. CRC Press, Florida, 1984. P. 119-142.
23. Vasenius J, Vainionpää S, Vihtonen K, Mäkelä EA, Rokkanen PU, Mero M. et al. Comparison of in vitro hydrolysis, subcutaneous and intramedullary implantation to evaluate the strength retention of absorbable osteosynthesis implants. *Biomaterials*. 1990; 11 (7): 501-504.
24. Böstman OM, Hirvensalo E, Vainionpää S, Vihtonen K, Törmälä P, Rokkanen PU. Degradable polyglycolide rods for the internal fixation of displaced bimalleolarfractures. *International orthopaedics*. 1990; 14 (1): 1-8.
25. Nakamura T, Hitomi S, Watanabe S, Shimizu Y, Jamshidi K, Hyon SH, et al. Bioabsorption of polylactides with different molecular properties. *J Biomed Mater Res*. 1989; 23: 1115–1130.
26. Törmälä P, Pohjonen T, Rokkanen P. Bioabsorbable polymers: materials technology and surgical applications. *Proc Inst Mech Eng H*. 1998; 212 (2): 101-111.
27. Voutilainen NH, Hess MW, Toivonen TS, Krogerus LA, Partio EK, Pätäilä H. A long-term clinical study on dislocated ankle fractures fixed with self-reinforced polylevolactide (SR-PLLA) implants. *Journal of long-term effects of medical implants*. 2002; 12 (1): 35-52.
28. Kulkarni RK, Moore EG, Hegyeli AF, Leonard F. "Biodegradable poly (lactic acid) polymers". *Journal of Biomedical Materials Research*. 1971; 5 (3): 169-181.
29. Cutright DE, Hunsuck EE, Beasley JD. Fracture reduction using a biodegradable material, polylactic acid. *Journal of oral surgery*. 1971; 29 (6): 393-397.
30. Rokkanen PU, Böstman OM, Vainionpää S, Vihtonen K, Törmälä P, Laiho J, et al. Biodegradable implants in fracture fixation: early results of treatment of fractures of the ankle. *Lancet*. 1985; 1 (8443): 1422-1424.
31. Hanafusa S, Matsusue Y, Yasunaga T, Yamamuro T, Oka M, Shikinami Y, et al. Biodegradable plate fixation of rabbit femoral shaft osteotomies. A comparative study. *Clin Orthop Relat Res*. 1995; (315): 262-271.
32. Jainandunsing JS, van der Elst M, van der Werken C. WITHDRAWN: Bioresorbable fixation devices for musculoskeletal injuries in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2009 Jan 21; (1): CD004324. doi: 10.1002/14651858.CD004324.pub3. Review.
33. Böstman OM, Pihlajamäki HK, Partio EK, Rokkanen PU. Clinical biocompatibility and degradation of polylevolactide screws in the ankle. *Clinical orthopaedics and related research*. 1995; (320): 101-109.
34. Weiler A, Helling H-J, Kirch U, Zirbes TK, Rehm KE. Foreign-body reaction and the course of osteolysis after polyglycolide implants for fracture fixation. Experimental study in sheep. *J Bone Joint Surg Br*. 1996; 78 (3): 369–376.
35. Hirvensalo E, Böstman OM, Törmälä P, Vainionpää S, Rokkanen PU. Chevron osteotomy fixed with absorbable polyglycolide pins. *Foot Ankle*. 1991; 11(4): 212-218.
36. Gerbert J. Effectiveness of absorbable fixation devices in Austin bunionectomies. *J Am Podiatr Med Assoc*. 1992; 82 (4): 189-195.
37. Miketa JP, Prigoff MM. Foreign body reactions to absorbable implant fixation of osteotomies. *J Foot Ankle Surg*. 1994; 33(6): 623-627.
38. Pavlovich R Jr, Caminear D. Granuloma formation after chevron osteotomy fixation with absorbable copolymer pin: a case report. *J Foot Ankle Surg*. 2003; 42(4): 226-9.
39. Burns AE. Biofix fixation techniques and results in foot surgery. *J Foot Ankle Surg*. 1995; 34(3): 276-282.
40. Brunetti VA, Trepal MJ, Jules KT. Fixation of the Austin osteotomy with bioresorbable pins. *J Foot Surg*. 1991; 30(1): 56-65.
41. Pihlajamäki H, Böstman O, Hirvensalo E, Törmälä P, Rokkanen P. Absorbable pins of self-reinforced poly-L-lactic acid for fixation of fractures and osteotomies. *J Bone Joint Surg Br*. 1992; 74(6): 853-857.
42. Hetherington VJ, Shields SL, Wilhelm KR, Laporta DM, Nicklas BJ., Absorbable fixation of first ray osteotomies. *J Foot Ankle Surg*. 1994. 33(3): 290-294.
43. Small HN, Braly WG, Tullos HS. Fixation of the Chevron osteotomy utilizing absorbable polydioxanon pins. *Foot Ankle Int*. 1995; 16 (6): 346-350.
44. Caminear DS, Pavlovich R Jr, Pietrzak WS. Fixation of the chevron osteotomy with an absorbable copolymer pin for treatment of hallux valgus deformity. *J Foot Ankle Surg*. 2005; 44(3): 203-210.
45. Morandi A, Ungaro E, Fraccia A, Sansone V. Chevron osteotomy of the first metatarsal stabilized with an absorbable pin: our 5-year experience. *Foot Ankle Int*. 2013; 34(3): 380-385.
46. Deorio JK, Ware AW. Single absorbable polydioxanone pin fixation for distal chevron bunion osteotomies. *Foot Ankle Int*. 2001; 22 (10): 832-835.
47. Winemaker MJ, Amendola A. Comparison of bioabsorbable pins and Kirschner wires in the fixation of chevron osteotomies for hallux valgus. *Foot Ankle Int*. 1996; 17(10): 623-628.
48. Barca F, Busa R. Austin/chevron osteotomy fixed with bioabsorbable poly-L-lactic acid single screw. *J Foot Ankle Surg*. 1997; 36(1): 15-20.
49. Vallejo-Torres L, Steuten L, Parkinson B, Girling AJ, Buxton MJ. Integrating health economics into the product development cycle: a case study of absorbable pins for treating hallux valgus. *Med Decis Making*. 2011; 31(4): 596-610.
50. Khoninov BV, Sergunin ON, Skoroglyadov PA. The analysis of clinical efficiency of use of biodegradable implants in surgical treatment of hallux valgus. *Herald of Russian State Medical University*. 2015; (3): 20-24. Russian (Хонинов Б.В., Сергунин О.Н., Скороглядов П.А. Анализ клинической эффективности применения биодеградируемых имплантов в хирургическом лечении вальгусной деформации 1 пальца стопы // Вестник Российского государственного медицинского университета. 2015. № 3. С. 20-24.)
51. Leonova SN, Usoltsev IV. Use of biodegradable screws in treatment of patients with hallux valgus. *Herald of East-Siberian scientific center of Surgical department of Russian Academy of Medical Science*. 2016; 1 (4): 51-55. Russian (Леонова С.Н., Усольцев И.В. Использование биодеградируемых винтов при лечении пациентов с hallux valgus // Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. 2016. Т. 1, № 4 (110). С. 51-55.)

Сведения об авторах:

Авилов С.М., аспирант кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ дополнительного профессионального образования «Центральная государственная медицинская академия», г. Москва, Россия.

Городниченко А.И., д.м.н., профессор кафедры травматологии и ортопедии, ФГБУ дополнительного профессионального образования «Центральная государственная медицинская академия», г. Москва, Россия.

Адрес для переписки:

Авилов С.М., ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, г. Москва, Россия, 121359

Тел: +7 (903) 978-56-37

E-mail: sam.avilov@gmail.com

Information about authors:

Avilov S.M., postgraduate of chair of traumatology and orthopedics, Central State Medical Academy, Moscow, Russia.

Gorodnichenko A.I., MD, PhD, professor, chair of traumatology and orthopedics, Central State Medical Academy, Moscow, Russia.

Address for correspondence:

Avilov S.M., Marshala Timoshenko St., 19, building 1A, Moscow, Russia, 121359

Tel: +7 (903) 978-56-37

E-mail: sam.avilov@gmail.com

