

## Научная статья

УДК 616.717.4-001.59:(616.71-089.844+616.71-089.227.84):616.71-003.93

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-502-509>

## Вариант восстановления плечевой кости при псевдоартрозе свободными аутотрансплантатами малоберцовой кости в условиях чрескостного остеосинтеза

Ш.М. Давиров<sup>1</sup>, П.У. Уринбаев<sup>2</sup>, Д.Ш. Мансуров<sup>2</sup>, Ф.А. Гафуров<sup>2</sup>, Д.Ю. Борзунов<sup>3,4</sup>✉

<sup>1</sup> Самаркандский филиал Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра травматологии и ортопедии, Самарканд, Узбекистан

<sup>2</sup> Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

<sup>3</sup> Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия

<sup>4</sup> Центральная городская клиническая больница № 23, Екатеринбург, Россия

**Автор, ответственный за переписку:** Дмитрий Юрьевич Борзунов, [borzunov@bk.ru](mailto:borzunov@bk.ru)

### Аннотация

**Введение.** Результатом безуспешной хирургической реабилитации пациентов с переломами плечевой кости является формирование многокомпонентного патологического симптомокомплекса, включающего ложный сустав или костный дефект, изменение формы и длины отломков плечевой кости, развитие стойких ангиотрофических расстройств верхней конечности и контрактур плечевого и локтевого суставов. Несмотря на эффективность использования погружных металлоконструкций, имеются риски безуспешных оперативных вмешательств и несостоятельности остеосинтеза при сложных анатомо-функциональных поражениях.

**Цель работы** — продемонстрировать новую технологию использования свободных фрагментов малоберцовой кости в качестве костно-пластического материала для восстановления целостности плечевой кости при ложных суставах и костных дефектах в условиях чрескостного остеосинтеза и трансоссальной фиксации имплантатов спицами.

**Материалы и методы.** В качестве костно-пластического материала использовали свободный ауто-трансплантат малоберцовой кости в виде цилиндр – фрагмента, который резецировали проксимальнее уровня голеностопного сустава на 8,0-9,0 см. Интраоперационно имплантат малоберцовой кости фрагментировали. Имплантацию фрагментов осуществляли по периферии отломков плечевой кости с перекрытием зоны псевдоартроза. Свободные ауто-трансплантаты малоберцовой кости трансоссально фиксировали спицами. Для фиксации сегмента использовали спице-стержневой вариант аппарата Илизарова из трех внешних опор.

**Обсуждение.** «Золотым стандартом» костно-пластического материала является аутокость. При локализации дефектов и ложных суставов плечевой кости в дистальном метаэпифизе использование малоберцовой кости в дизайне цилиндр – фрагмента с внутрикостным армированием плечевой кости технически затруднено. Открытая адаптация плечевой кости с адекватным контактом между отломками, использование оптимального аутогенного костно-пластического материала с перекрытием зоны псевдоартроза для увеличения объема костной массы обеспечивают восстановление костной регенерации в зоне псевдоартроза. Для фиксации отломков плечевой кости и костных имплантатов оптимальным является использование аппаратов внешней фиксации.

**Заключение.** Оригинальность разработанной технологии заключается в использовании нескольких свободных костных ауто-трансплантатов, сформированных из малоберцовой кости и имплантируемых по периферии зоны стыка отломков плечевой кости. Зона активного остеогенеза создается благодаря комбинированному эффекту открытой адаптации концов отломков плечевой кости с резекцией замыкательных пластинок и костной аутопластикой с перекрытием проблемной зоны. Дополнительная трансоссальная фиксация костных ауто-трансплантатов спицами обеспечивает стабильность свободных имплантатов. Управляемая фиксация отломков плечевой кости с поддержанием компрессии и адекватного контакта отломков достигается при использовании аппарата Илизарова.

**Ключевые слова:** псевдоартроз, ложный сустав, плечевая кость, ауто-трансплантаты малоберцовой кости, чрескостный остеосинтез, Илизаров, костно-пластический материал

**Для цитирования:** Давиров Ш.М., Уринбаев П.У., Мансуров Д.Ш., Гафуров Ф.А., Борзунов Д.Ю. Вариант восстановления плечевой кости при псевдоартрозе свободными ауто-трансплантатами малоберцовой кости в условиях чрескостного остеосинтеза в. *Гений ортопедии*. 2025;31(4):502-509. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-502-509.

© Давиров Ш.М., Уринбаев П.У., Мансуров Д.Ш., Гафуров Ф.А., Борзунов Д.Ю., 2025

## Original article

<https://doi.org/10.18019/1028-4427-2025-31-4-502-509>



## Variant of bone restoration in humeral nonunion with a free fibular autograft in the conditions of transosseous osteosynthesis

Sh.M. Davirov<sup>1</sup>, P.U. Urinbaev<sup>2</sup>, Dz.Sh. Mansurov<sup>2</sup>, F.A. Gafurov<sup>2</sup>, D.Yu. Borzunov<sup>3,4</sup>✉

<sup>1</sup> Samarkand branch of the Republican specialized scientific and practical medical center of traumatology and orthopedics, Samarkand, Uzbekistan

<sup>2</sup> Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

<sup>3</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russian Federation

<sup>4</sup> Central city clinical hospital No. 23, Yekaterinburg, Russian Federation

**Corresponding author:** Dmitry Yu. Borzunov, borzunov@bk.ru

### Abstract

**Introduction** Failures in surgical rehabilitation of patients with humeral fractures result in the formation of a multicomponent complex of pathological symptoms, including nonunion or bone defect, changes in the shape and length of humeral fragments, development of persistent angiotrophic disorders of the upper limb and contractures of the shoulder and elbow joints. Despite the effectiveness of using metal implants, there are risks in surgical osteosynthesis in complex anatomical and functional lesions.

The **purpose** of the work was to demonstrate a new technology of bone plasty with free fragments of the fibula as a bone-plastic material for restoring the integrity of the humerus in bone nonunion and defects in the conditions of transosseous osteosynthesis and transosseous fixation of the grafts with wires.

**Materials and methods** A free autograft of the fibula shaped as a cylindrical fragment, which was resected proximally to the ankle joint level at 8.0-9.0-cm distance, was used as a bone plastic material. The fibula graft was fragmented intraoperatively. Fragments were implanted along the periphery of the humerus fragments overlapping of the pseudarthrosis site. Free autografts of the fibula were transosseously fixed with wires. A wire/half-pine Ilizarov apparatus with three external supports was placed to fix the segment.

**Discussion** The "gold standard" material for bone plasty is autogenous bone. If defects and pseudoarthroses of the humerus are located in the distal metaepiphysis, the application of the fibular cylinder-shaped fragment with intraosseous reinforcement of the humeral bone is technically difficult. Open co-aptation of the humeral fragments with adequate contact between them and application of the optimal autogenous bone-plastic material which overlaps the pseudarthrosis zone to increase the volume of bone mass ensure the restoration of bone regeneration in the pseudarthrosis zone. External fixation is optimal for fixation of bone fragments and grafts.

**Conclusion** The originality of the developed technology lies in the use of several free bone autografts from the fibula implanted along the periphery of the humeral fragments junction. The area of active osteogenesis is thus created due to the combined effect of open co-aptation of the ends of the humeral fragments with resection of the endplates and bone autogenous grafts that overlap the problematic area. Additional transosseous fixation of bone autografts with wires ensures the stability of free grafts. Controlled fixation of humeral fragments with compression and adequate contact of the fragments is achieved with the Ilizarov apparatus.

**Keywords:** nonunion, pseudarthrosis, humerus, fibular autografts, transosseous osteosynthesis, Ilizarov, bone plasty material

**For citation:** Davirov SM, Urinbaev PU, Mansurov DzSh, Gafurov FA, Borzunov DYu. Variant of bone restoration in humeral nonunion with a free fibular autograft in the conditions of transosseous osteosynthesis. *Genij Ortopedii*. 2025;31(4):502-509. doi: 10.18019/1028-4427-2025-31-4-502-509.

## ВВЕДЕНИЕ

По данным Федеральной службы государственной статистики РФ повреждения верхних конечностей в период с 2020 по 2023 гг. составляли от 34,6 % до 34,9 % в структуре скелетной травмы и ее последствий. К сожалению, не все пациенты со скелетной травмой верхней конечности имели благоприятные исходы лечения. Так, при переломах плечевой кости ложные суставы и костные дефекты выявляли в 2–30 % случаев [1]. Как правило, в результате безуспешной хирургической реабилитации у пациентов формируется многокомпонентный патологический симптомокомплекс, включающий ложный сустав или костный дефект, изменение формы и длины отломков плечевой кости, развитие стойких ангиотрофических расстройств верхней конечности и контрактур плечевого и локтевого суставов [2]. Патологические процессы отражаются на архитектонике костной ткани отломков плечевой кости, что приводит к их эбурнеации и атрофии, при этом отломки имеют мозаичное сочетание на протяжении участков склероза и остеопороза [2].

По данным литературы, в настоящее время ортопеды-травматологи в качестве средств и способов фиксации отдают предпочтение динамическим пластинам DCP, LCP, интрамедуллярному блокируемому остеосинтезу. Вместе с тем, признавая эффективность использования погружных металлоконструкций, авторы признают наличие рисков безуспешности оперативных вмешательств и в ряде случаев несостоятельности остеосинтеза при сложных анатомо-функциональных поражениях плечевой кости [1, 3–6].

**Цель работы** — продемонстрировать новую технологию использования свободных фрагментов малоберцовой кости в качестве костно-пластического материала для восстановления целостности плечевой кости при ложных суставах и костных дефектах в условиях чрескостного остеосинтеза и трансоссальной фиксации имплантатов спицами.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведена ретроспективная оценка реконструкции плечевой кости с использованием свободных аутооттрансплантатов малоберцовой кости в условиях чрескостного остеосинтеза и трансоссальной фиксации имплантатов спицами. Новизна технологии подтверждена зарегистрированной в ФИПС заявкой на получение Патента на изобретение «Аутооттрансплантация малоберцовой кости при дефектах диафиза длинных трубчатых костей» (рег. № 2024137957 от 17.12.2024).

**Техническое исполнение**

В качестве костно-пластического материала использовали свободный аутооттрансплантат малоберцовой кости в виде цилиндр – фрагмента длиной до 7 см, который резецировали проксимальнее уровня голеностопного сустава на 8–9 см. Резецированный аутооттрансплантат малоберцовой кости разделяли на два цилиндра – фрагмента и фрагментировали по длине на несколько имплантатов. Далее выполняли доступ к зоне псевдоартроза, резецировали сформированные замыкательные пластинки на концах отломков, отломки плечевой кости адаптировали с созданием торцевого контакта. Для увеличения объема костной массы в зоне псевдоартроза и костного дефекта, а также предполагаемого увеличения прочностных свойств формируемой мозоли по периферии зоны ложного сустава имплантировали ранее заготовленные костные аутооттрансплантаты с перекрытием зоны стыка отломков. Для исключения возможности миграции аутооттрансплантатов их дополнительно фиксировали трансоссально проведенными спицами, погруженными в мягкие ткани плеча по периферии. После контроля гемостаза рану зашивали послойно и наглухо. Для фиксации сегмента использовали аппарат Илизарова из трех внешних опор в спице-стержневом варианте фиксации костных отломков. Учитывая трансоссальную фиксацию костных трансплантатов и создание торцевого упора между отломками плечевой кости, мы воздержались от традиционного поддержания компрессии на стыке отломков в послеоперационном периоде, фактически перейдя на нейтральный вариант чрескостного остеосинтеза. После сращения отломков по результатам рентгенконтроля и клинической пробы консолидации аппарат Илизарова демонтировали.

**Клинический пример**

Пациент 38 лет поступил в клинику 23.04.2024. Давность травмы — 19 лет. Пациент перенес неоднократные и безуспешные оперативные вмешательства. К сожалению, полной медицинской документации о предшествующих этапах лечения пациент на руках не имел.

Несращение левой плечевой кости пациента классифицировано как ложный сустав с нормотрофическим типом костеобразования по классификации Weber & Cech [7] и верифицировано как дефект-псевдоартроз левой плечевой кости с анатомическим укорочением 6 см по классификации В.И. Шевцова с соавт. [2].

В результате перенесенных операций пациент имел многочисленные точечные и линейные рубцы, а также стойкие комбинированные контрактуры левых плечевого и локтевого суставов с резким ограничением функции верхней конечности. Движения на уровне левого локтевого сустава были возможны в основном за счет патологической подвижности в зоне сформированного неартроза (рис. 1).



Рис. 1. Фото больного и рентгенограммы левой плечевой кости в двух проекциях при поступлении пациента в клинику

В Самаркандском филиале РСНПМЦ ТО пациенту выполнена открытая адаптация отломков левой плечевой кости. Концы отломков экономно резецированы, вскрыты костномозговые каналы, создан торцевой контакт между ними. В зону псевдоартроза плечевой кости по периферии имплантированы фрагменты малоберцовой кости, которые дополнительно фиксировали спицами. Фиксацию сегмента осуществляли аппаратом Илизарова из трех опор в спице-стержневой компоновке (рис. 2). Пациенту в процессе динамического наблюдения регулярно проводили клинические осмотры с рентгенологическими исследованиями, при этом отмечена положительная динамика перестройки имплантатов и формирование костной мозоли в зоне псевдоартроза отломков плечевой кости (рис. 3).

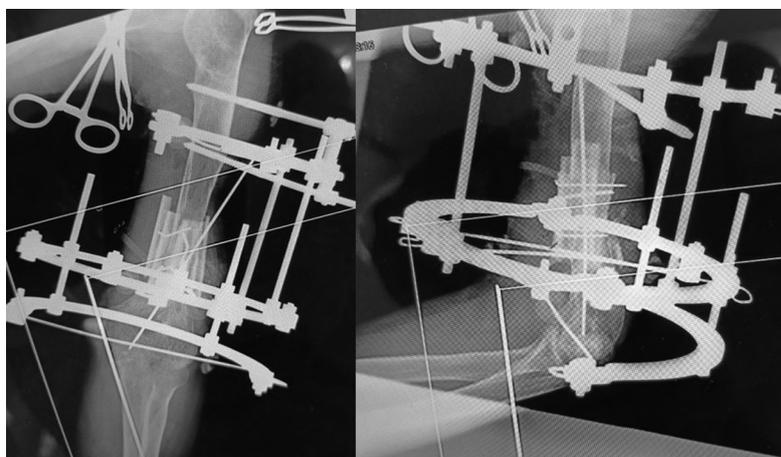


Рис. 2. Интраоперационные рентгенограммы левой плечевой кости в двух проекциях (26.04.2024)

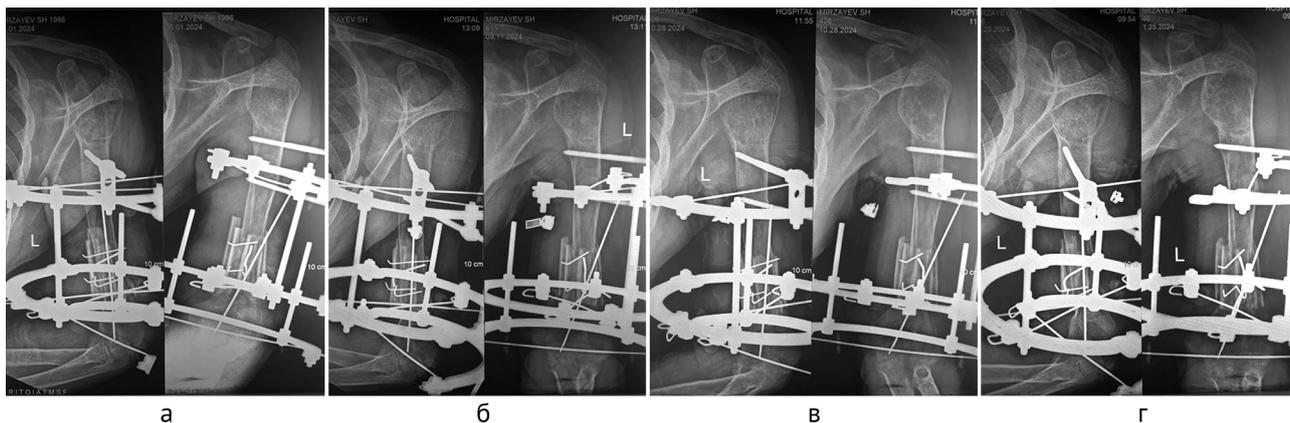


Рис. 3. Контрольные рентгенограммы левой плечевой кости в двух проекциях в динамике: а – 16.08.2024; б – 11.09.2024; в – 28.10.2024; г – 25.11.2024

После рентгенконтроля и клинической пробы консолидации выявлено достижение костного сращения с увеличением объема костной массы на уровне псевдоартроза. Свободные аутотрансплантаты малоберцовой кости перестроены, лизис и признаки остеонекроза костной ткани отсутствуют. Аппарат Илизарова демонтирован (рис. 4). Через три месяца после демонтажа аппарата результат лечения сохраняется, завершено ремоделирование новообразованной костной ткани (рис. 5).



Рис. 4. Фото больного и рентгенограммы левой плечевой кости в двух проекциях после демонтажа аппарата наружной фиксации и удаления трансоссально проведенных спиц (14.01.2025)



Рис. 5. Контрольные рентгенограммы левой плечевой кости в двух проекциях через три месяца после демонтажа аппарата (14.04.2025)

### ОБСУЖДЕНИЕ

Мы считаем, что в сложных клинических ситуациях внешнюю фиксацию можно рассматривать как альтернативный вариант остеосинтеза. Безусловно, эта идея не нова. По нашим данным, впервые возможность и эффективность чрескостного остеосинтеза при лечении пациентов с ложными суста-

вами и дефектами плечевой кости были описаны в диссертационном исследовании В.И. Шевцова [8]. Несмотря на продолжительную историю успешного применения чрескостного остеосинтеза при лечении пациентов с дефектами и ложными суставами плечевой кости, нет оснований утверждать о широком распространении и популярности данного варианта фиксации. В основном публикации, посвященные данной проблеме, исходили от исследователей Центра Илизарова [2, 9–11].

Однако, в последнее время в литературе появились публикации авторов из Узбекистана об успешном применении чрескостного остеосинтеза для коррекции деформаций и ликвидации псевдоартрозов плечевой кости [12–15]. Выбор варианта остеосинтеза и фиксации отломков плечевой кости не является единственной проблемой в хирургической реабилитации пациентов с дефектами и ложными суставами плечевой кости. Для восстановления целостности плечевой кости необходимы открытая адаптация концов отломков с созданием между ними плотного контакта, вскрытие костномозговых каналов с использованием костнопластических материалов, в основном алло- и аутоотрансплантатов, в случае формирования костных дефектов [1, 16].

Известно, что «золотым стандартом» костно-пластического материала является аутокость, при этом эффективным и популярным признано использование малоберцовой кости в качестве наиболее доступного аутоотрансплантата [4, 17–20]. Безусловно, исследователи отдавали предпочтение использованию кровоснабжаемой малоберцовой кости с восстановленным артерио-венозным шунтированием [21–27]. Однако, данная технология сложна, двухэтапна, требует применения микрохирургической техники, создает проблемы в донорской зоне, сам ремплантат имеет риски тромбозов артериовенозных шунтов, да и в ряде клинических ситуаций операция технически не выполнима [28–31].

По нашим данным, впервые малоберцовую кость для реконструкции плечевой кости с интрамедуллярной фиксацией реплантата решили использовать T.W. Wright et al. [4]. В литературе можно встретить публикации об успешном применении свободной некровоснабжаемой малоберцовой кости у пациентов с ложными суставами плечевой кости, при этом авторы для фиксации отломков отдавали предпочтение пластинам с угловой стабильностью [16, 17, 20].

Опубликован опыт успешного замещения атрофических дефектов плечевой кости у пациентов, когда свободный аутоотрансплантат малоберцовой кости имплантировали в костно-мозговой канал плечевой кости, фиксацию отломков и поддержание компрессии осуществляли с помощью аппарата Илизарова [32], новизна разработанной технологии подтверждена патентом РФ [33].

Однако, в ряде клинических ситуаций внутрикостная имплантация, как вариант локализация посттравматического дефекта в дистальном отделе плечевой кости, и формирование интрамедуллярного канала с рассверливанием в межмышечковой зоне плечевой кости невозможны из-за анатомических особенностей плечевой кости и рисков ятрогенных переломов при формировании канала. Поэтому при локализации дефектов и ложных суставов плечевой кости в дистальном метаэпифизе использование малоберцовой кости в дизайне цилиндр – фрагмента с внутрикостным армированием плечевой кости по предложенной ранее технологии технически не возможно [32, 33].

Основываясь на данных литературы по поиску и разработке новых инновационных костно-пластических материалов, необходимо отметить, что до настоящего времени оптимальным по остеоиндуктивным и остеокондуктивным свойствам по-прежнему являются аутоотрансплантаты, не имеющие рисков отрицательных иммунных ответов и способные к полной органотипической перестройке [32, 34]. Ключевым недостатком использования костных аутоотрансплантатов являются ограниченные объемы костно-пластического материала [35]. Вместе с тем, в ряде сложных клинических ситуаций при костных дефектах верхних конечностей не требуются значительные объемы имплантационного материала. Рациональное использование имеющегося донорского материала может обеспечить необходимые объемы утраченной костной ткани.

Основываясь на данной концепции, мы рассматривали возможности замещения дефектов плечевой кости свободными аутоотрансплантатами из малоберцовой кости как вполне достаточные и рациональные. Представленный в клиническом примере пациент имел ложный сустав плечевой кости, локализованный в дистальном метаэпифизе, комбинированные стойкие контрактуры смежных суставов, выраженную патологическую подвижность костных отломков. Учитывая особенности сформированных патологических анатомо-функциональных изменений верхней конечности у пациента, эффективность применения динамических пластин DCP, LCP, интрамедуллярных блокируемых фиксаторов является сомнительной, так как эти инструменты имеют ограничения по силе и времени воздействия.

По данным литературы, основной причиной сохранения несращения и отсутствия положительных результатов после реконструктивных вмешательств является недостаток жесткой и стабильной фиксации отломков плечевой кости [5, 6, 36, 37]. Для достижения сращения необходим адекватный контакт между концами отломков [38]. Открытая адаптация плечевой кости с адекватным контактом

между отломками, использование оптимального аутогенного костно-пластического материала обеспечивает создание зоны костной регенерации в зоне псевдоартроза. По нашему мнению, при таком варианте костной пластики аппараты внешней фиксации имеют неоспоримые преимущества при фиксации отломков плечевой кости и костных имплантатов. Увеличение объема костной массы в зоне ложного сустава в результате ремоделирования кости в зоне адаптации концов отломков и организационной перестройки свободных аутоотрансплантатов позволяет рекомендовать данную технологию для восстановления целостности плечевой кости не только при нормотрофических ложных суставах, но и при атрофических несращениях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новизна подходов и оригинальность разработанной технологии заключается в использовании нескольких свободных костных аутоотрансплантатов, сформированных из малоберцовой кости и имплантируемых по периферии зоны стыка отломков плечевой кости. В настоящее время, несмотря на активный поиск и разработку инновационных костнопластических материалов, наиболее эффективным и общепризнанным является использование аутоотрансплантатов, при этом в качестве «золотого стандарта» для костной пластики используют малоберцовую кость. Зона активного остеогенеза создаетеся благодаря комбинированному эффекту открытой адаптации концов отломков плечевой кости с резекцией замыкательных пластинок и костной аутопластикой с перекрытием проблемной зоны. Дополнительная трансоссальная фиксация костных аутоотрансплантатов спицами обеспечивает стабильность свободных имплантатов. Управляемая фиксация отломков плечевой кости с поддержанием компрессии и адекватного контакта отломков достигается с помощью использования аппарата Илизарова.

**Конфликт интересов.** Не заявлен.

**Источник финансирования.** Не заявлен.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Campochiaro G, Baudi P, Gialdini M, et al. Humeral shaft non-union after intramedullary nailing. *Musculoskelet Surg.* 2017;101(2):189-193. doi: 10.1007/s12306-017-0468-x.
2. Шевцов В.И., Макушин В.Д., Куфтырев Л.М., Солдатов Ю.П. *Псевдоартрозы, дефекты костей верхней конечности и контрактуры локтевого сустава (базовые технологии лечения аппаратом Илизарова)*. Курган: Зауралье; 2001:407.
3. Pantalone A, Vanni D, Guelfi M, et al. From plate to nail: a case-report of proximal humerus non-union. *Injury.* 2015;46(Suppl 7):S48-50. doi: 10.1016/S0020-1383(15)30046-2.
4. Wright TW, Miller GJ, Vander Griend RA, et al. Reconstruction of the humerus with an intramedullary fibular graft. A clinical and biomechanical study. *J Bone Joint Surg Br.* 1993;75(5):804-807. doi: 10.1302/0301-620X.75B5.8376445.
5. Ring D, Jupiter JB, Quintero J, et al. Atrophic ununited diaphyseal fractures of the humerus with a bony defect: treatment by wave-plate osteosynthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(6):867-871. doi: 10.1302/0301-620X.82b6.10124.
6. Rubel IF, Kloen P, Campbell D, et al. Open reduction and internal fixation of humeral nonunions : a biomechanical and clinical study. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(8):1315-1322. doi: 10.2106/00004623-200208000-00004.
7. Weber TW, Cech O. *Pseudarthrosis: pathophysiology, biomechanics, therapy, results*. New York: Grune and Stratton Publ.; 1976:323.
8. Шевцов В.И. *Закрытый компрессионно-дистракционный остеосинтез по Илизарову при лечении ложных суставов плечевой кости*: дис... канд. мед. наук. Курган; 1976:175.
9. Шевцов В.И., Свешников А.А., Носова Л.Н., Шапошникова Г.В. Возмещение диафизарных дефектов плечевой кости удлинением одного или обоих отломков по Илизарову. *Травматология и ортопедия России.* 1995;5:63-64.
10. Шапошникова Г.В. *Лечение больных с дефектами плечевой кости методом чрескостного остеосинтеза по Илизарову*: дис... канд. мед. наук. Курган; 1996:209.
11. Шевцов В.И., Шапошникова Г.В. Анатомо-функциональная реабилитация больных с дефектами плечевой кости по Илизарову. *Гений ортопедии.* 1996;(2-3):73.
12. Субанбеков Э. Обоснование исследования проблемы посттравматических деформации чрезмышелковых и надмышелковых переломов плечевой кости у детей. *Синергия наук.* 2018;(21):325-334. URL: <https://synergy-journal.ru/archive/article1973>.
13. Давиров Ш.М., Уринбоев П.У. Лечение пациента с открытым переломом костей предплечья и обширным дефектом костной ткани (случай из практики). *Гений ортопедии.* 2021;27(1):87-91. doi: 10.18019/1028-4427-2021-27-1-87-91.
14. Давиров Ш.М., Уринбоев П.У. Лечение пациента с открытым переломом плечевой кости с обширным дефектом костной ткани с использованием костной пластики (случай из практики). *Гений ортопедии.* 2022;28(1):91-96. doi: 10.18019/1028-4427-2022-28-1-91-96.
15. Уринбаев П.У., Давиров Ш.М., Уринбаев И.П. Эффективность оперативного лечения псевдоартрозов наружного мышелка плечевой кости у детей комбинированными методиками костнопластических операций с применением аппарата Илизарова. *Гений ортопедии.* 2024;30(1):46-58. doi: 10.18019/1028-4427-2024-30-1-46-58.
16. Babhulkar S, Babhulkar S, Vasudev A. Recalcitrant aseptic atrophic non-union of the shaft of the humerus after failure of surgical treatment: management by excision of non-union, bone grafting and stabilization by LCP in different modes. *Injury.* 2017;48(Suppl 2):S33-S43. doi: 10.1016/S0020-1383(17)30492-8.
17. Kashayi-Chowdojirao S, Vallurupalli A, Chilakamarri VK, et al. Role of autologous non-vascularised intramedullary fibular strut graft in humeral shaft nonunions following failed plating. *J Clin Orthop Trauma.* 2017;8(Suppl 2):S21-S30. doi: 10.1016/j.jcot.2016.12.006.
18. Балаев И.И., Куфтырев Л.М., Борзунов Д.Ю., Злобин А.В. Применение чрескостного остеосинтеза при лечении большого саркомой Юинга плечевой кости. *Гений Ортопедии.* 2004;(2):63-65.
19. Борзунов Д.Ю., Митрофанов А.И., Моховиков Д.С. и др. Редкое клиническое наблюдение эхинококкового поражения диафиза плечевой кости. *Гений Ортопедии.* 2014;(2):64-68.
20. Crosby LA, Norris BL, Dao KD, McGuire MH. Humeral shaft nonunions treated with fibular allograft and compression plating. *Am J Orthop (Belle Mead NJ).* 2000;29(1):45-47.
21. Голяна С.И., Тихоненко Т.И., Галкина Н.С., Гранкин Д.Ю. Микрохирургическая аутоотрансплантация малоберцовой кости как оптимальный метод закрытия обширных костных дефектов у детей с нейрофиброматозом. *Гений ортопедии.* 2023;29(4):368-375. doi: 10.18019/1028-4427-2023-29-4-368-375.

22. Bumbasirevic M, Stevanovic M, Bumbasirevic V, et al. Free vascularised fibular grafts in orthopaedics. *Int Orthop*. 2014;38(6):1277-1282. doi: 10.1007/s00264-014-2281-6.
23. Van Den Heuvel SCM, Winters HAH, Ultee KH, et al. Combined massive allograft and intramedullary vascularized fibula transfer: the Capanna technique for treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Acta Orthop*. 2020;91(5):605-610. doi: 10.1080/17453674.2020.1773670.
24. Гаркавенко Ю.Е., Захарьян Е.А., Зубаиров Т.Ф. и др. Микрохирургическая аутотрансплантация фрагмента малоберцовой кости при лечении дефектов костей у детей – возможности дальнейшей реконструктивной хирургии. *Современные проблемы науки и образования*. 2021;(2). doi: 10.17513/spno.30624.
25. Bae DS, Waters PM, Sampson CE. Use of free vascularized fibular graft for congenital ulnar pseudarthrosis: surgical decision making in the growing child. *J Pediatr Orthop*. 2005;25(6):755-762. doi: 10.1097/01.bpo.0000186241.29415.df.
26. Bauer AS, Singh AK, Amanatullah D, et al. Free vascularized fibular transfer with langenskiöld procedure for the treatment of congenital pseudarthrosis of the forearm. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2013;17(3):144-150. doi: 10.1097/BTH.0b013e318295238b.
27. Ding DY, LaMartina J, Tai C, Pandya NK. Congenital Pseudoarthrosis of the Distal Radius Treated With Physseal-Sparing Double-Barrel Vascularized Free Fibula Transfer: A Case Report. *Hand (N Y)*. 2017;12(5):NP140-NP144. doi: 10.1177/1558944717702472.
28. Van Den Heuvel SCM, Winters HAH, Ultee KH, et al. Combined massive allograft and intramedullary vascularized fibula transfer: the Capanna technique for treatment of congenital pseudarthrosis of the tibia. *Acta Orthop*. 2020;91(5):605-610. doi: 10.1080/17453674.2020.1773670.
29. Гришин И.Г., Голубев В.Г., Крошкин М.М. и др. Пластика обширных дефектов длинных костей васкуляризованными малоберцовыми трансплантатами. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2001;8(2):61-65. doi: 10.17816/vto98415.
30. Tu YK, Yen CY, Yeh WL, et al. Reconstruction of posttraumatic long bone defect with free vascularized bone graft: good outcome in 48 patients with 6 years' follow-up. *Acta Orthop Scand*. 2001;72(4):359-364. doi: 10.1080/000164701753542014.
31. Borzunov DY, Kolchin SN, Malkova TA. Role of the Ilizarov non-free bone plasty in the management of long bone defects and nonunion: Problems solved and unsolved. *World J Orthop*. 2020;11(6):304-318. doi: 10.5312/wjo.v11.i6.304.
32. Борзунов Д.Ю., Моховиков Д.С., Колчин С.Н. Новая технология реконструкции плеча свободным аутотрансплантатом из малоберцовой кости при гипотрофическом псевдоартрозе. *Гений ортопедии*. 2020;26(3):408-412. doi: 10.18019/1028-4427-2020-26-3-408-412.
33. Моховиков Д.С., Колчин С.Н., Борзунов Д.Ю. Способ реконструкции плечевой кости при гипотрофическом псевдоартрозе. Патент РФ на изобретение № 2695268. 22.07.2019. Бюл. № 21. Доступно по: [https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2695268&TypeFile=html](https://www.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2695268&TypeFile=html). Ссылка активна на 16.05.2025.
34. Мухаметов У.Ф., Люлин С.В., Борзунов Д.Ю. и др. Аллопластические и имплантационные материалы для костной пластики: обзор литературы. *Креативная хирургия и онкология*. 2021;11(4):343-353. doi: 10.24060/2076-3093-2021-11-4-343-353.
35. Schmidt AH. Autologous bone graft: Is it still the gold standard? *Injury*. 2021;52(Suppl 2):S18-S22. doi: 10.1016/j.injury.2021.01.043.
36. Healy WL, White GM, Mick CA, et al. Nonunion of the humeral shaft. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(219):206-213.
37. Marti RK, Verheyen CC, Besselaar PP. Humeral shaft nonunion: evaluation of uniform surgical repair in fifty-one patients. *J Orthop Trauma*. 2002;16(2):108-115. doi: 10.1097/00005131-200202000-00007.
38. Sitati FC, Kingori J. Outcome of management of humerus diaphysis non-union. *East Cent Afr J Surg*. 2009;14(2):13-17.

Статья поступила 05.05.2025; одобрена после рецензирования 12.05.2025; принята к публикации 05.06.2025.

The article was submitted 05.05.2025; approved after reviewing 12.05.2025; accepted for publication 05.06.2025.

#### Информация об авторах:

Шароф Маждович Давиров — PhD, врач — травматолог-ортопед, заведующий отделением, [sharofd1976@mail.ru](mailto:sharofd1976@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-0954-4573>;

Пайзилла Уринбаевич Уринбаев — доктор медицинских наук, профессор кафедры;

Джалалидин Шамсидинович Мансуров — кандидат медицинских наук, заведующий кафедрой;

Фаррух Абуалиевич Гафуров — PhD, ассистент кафедры;

Дмитрий Юрьевич Борзунов — доктор медицинских наук, профессор, профессор кафедры, [borzunov@bk.ru](mailto:borzunov@bk.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3720-5467>.

#### Information about the authors:

Sharof M. Davirov — PhD, orthopaedic surgeon, Head of the Department, [sharofd1976@mail.ru](mailto:sharofd1976@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0003-0954-4573>;

Paizilla U. Urinbaev — Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department;

Dzhalolidin Sh. Mansurov — Candidate of Medical Sciences, Head of the Department;

Farrukh A. Gafurov — PhD, Assistant of the Department;

Dmitry Yu. Borzunov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Professor of the Department, [borzunov@bk.ru](mailto:borzunov@bk.ru), <https://orcid.org/0000-0003-3720-5467>.