

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114784>

# Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости с использованием оригинального трансплантата из аллогенной малоберцовой кости: ретроспективное когортное исследование

А.Ю. Ваза, А.М. Файн, К.И. Скуратовская, Р.С. Титов, Н.В. Боровкова, С.Ф. Гнетецкий, Ф.А. Шарифуллин, А.А. Файн

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, Москва, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование.** Переломы проксимального отдела плечевой кости (ППОПК) встречаются довольно часто и составляют примерно 5% всех переломов. При таких переломах во время операции отломки тяжело сопоставить в правильном положении. Необходимы различные специальные приёмы для репозиции и стабильной фиксации отломков. Рассматривая наиболее целесообразные способы облегчения репозиции отломков и профилактики вторичного смещения, мы обратили внимание на публикации по использованию трансплантата малоберцовой кости.

**Цель.** Оценить эффективность применения нового аллогенного костно-коллагенового трансплантата из головки малоберцовой кости при остеосинтезе ППОПК пластиной с угловой стабильностью в условиях дефицита костной ткани.

**Материалы и методы.** Разработан оригинальный костно-коллагеновый аллогенный трансплантат из проксимального отдела малоберцовой кости. Проведён сравнительный анализ результатов лечения пациентов, оперированных с использованием аллотрансплантата головки малоберцовой кости (группа О — 48 пациентов, подгруппа О1 — 35 пациентов; срок — не менее 1 года после операции), и группы без применения аугментации трансплантатом (группа К — 32 человека). Результаты оценивали с помощью клинических, рентгенологических показателей, стандартизированной шкалы Constant Shoulder Score; также был выполнен статистический анализ.

**Результаты.** В группе О вторичное смещение не развилось ни у одного пациента, при этом в группе К оно отмечено у 5 (16%) наблюдаемых. Коллапс головки в группе О развился у 3 (7%), а в группе К — у 8 (25%) человек. Время проведения операции оказалось меньше в группе О, чем в группе К. Средний показатель по шкале Constant Shoulder Score в подгруппе О1 составил 78, в группе К — 70 баллов. У всех пациентов при проведении мультиспиральной компьютерной томографии с течением времени отмечали истончение кортикального слоя трансплантата и исчезновение границы между губчатой частью трансплантата и костной тканью головки плечевой кости, что считали признаками перестройки и лизиса трансплантата.

**Заключение.** При тяжёлых ППОПК, сопровождающихся дефицитом кости, можно проводить органосохраняющие операции вне зависимости от возраста пострадавшего и получать вполне удовлетворяющие и пациента, и врача функциональные результаты. Предложенный нами метод хирургического лечения тяжёлых ППОПК, сопровождающихся дефицитом костной ткани, облегчает репозицию, сокращает время операции, уменьшает число осложнений.

**Ключевые слова:** трансплантат из головки малоберцовой кости; перелом проксимального отдела плечевой кости; дефицит костной ткани; аллотрансплантат.

## Как цитировать:

Скуратовская К.И., Ваза А.Ю., Файн А.М., Титов Р.С., Боровкова Н.В., Гнетецкий С.Ф., Шарифуллин Ф.А., Файн А.А. Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости с использованием оригинального трансплантата из аллогенной малоберцовой кости: ретроспективное когортное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. 2022. Т. 29, № 4. С. XXX-XXX. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114784>

DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114784>

# Surgical treatment of proximal humerus fractures with using the original allogeneic fibula graft: retrospective cohort study

Alexandr Yu. Vaza, Alexey M. Fain, Kristina I. Skuratovskaya, Roman S. Titov, Natalya V. Borovkova, Sergey F. Gnetetskiy, Faat A.-K. Sharifullin, Anton A. Fain

Sklifosovsky Research Institute of Emergency Medicine, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Proximal humerus fractures are quite common and make up about 5 % of all fractures. With these fractures, it is difficult to correctly align the fragments during surgery. Various special techniques are needed for the repositioning and stable fixation of the fractures. Considering the most expedient ways to facilitate fracture reposition and prevent secondary fracture displacement, we paid attention to publications on the use of a fibula graft.

**AIM:** To evaluate the efficiency of a new allogeneic bone-collagen graft from the head of the fibula in osteosynthesis proximal humeral fractures to a plate with angular stability in conditions of bone loss. An original bone-collagen allogeneic graft from the proximal part of the fibula was developed.

**MATERIALS AND METHODS:** A comparative analysis of the results of treatment patients using fibula head allograft (group O=48 patients, group O1=35 patients (term – at least 1 year after surgery)) and without augmentation with graft (group K=32 patients) was performed. The results were assessed using clinical, radiological, and standardized Constant Shoulder Score.

**RESULTS:** In group O, no patient developed secondary displacement, while in group K it developed in 5 (16%) patients. Collapse in group O developed in 3 (7%) patients, while in group K it developed in 8 (25%) patients. The operation time is shorter in group O than in group K. The average Constant Shoulder Score in group O1 was 78 and in group K 70. In all patients, MSCT showed the thinning of the cortical layer of the graft and the disappearance of the border between the cancellous part of the graft and the bone tissue of the humeral head over time, which was considered a sign of rearrangement and lysis of the graft.

**CONCLUSION:** In severe proximal humerus fractures accompanied by bone deficit, it is possible to perform organ-preserving surgeries regardless of the age of the victim and obtain functional results satisfactory for patient and doctor. Our proposed method of surgical treatment of severe proximal humerus fractures accompanied by bone deficit facilitates repositioning, reduces the operation time, and decreases the number of complications.

**Keywords:** head fibular graft; proximal humeral fracture; bone deficiency; allograft.

## To cite this article:

Vaza AY, Fain AM, Skuratovskaya KI, Titov RS, Borovkova NV, Gnetetskiy SF, Sharifullin FA-K, Fain AA. Surgical treatment of proximal humerus fractures with using the original allogeneic fibula graft: retrospective cohort study. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics*. 2022;29(4):XXX-XXX. DOI: <https://doi.org/10.17816/vto114784>

Received: 22.11.2022

Accepted: 26.12.2022

Published: 13.03.2023

## ОБОСНОВАНИЕ

Переломы проксимального отдела плечевой кости (ППОПК) встречаются довольно часто, составляют примерно 5% всех переломов и находятся на 3-м месте после переломов проксимального отдела бедренной кости и дистального метаэпифиза лучевой кости у пострадавших в возрасте старше 65 лет [1]. Развиваются эти переломы на фоне плохого качества кости и нередко сопровождаются дефицитом костной ткани, когда от головки плечевой кости в результате травмы остаётся только тонкая костно-хрящевая пластинка [2]. По данным литературы, около 20% пациентов с ППОПК нуждаются в оперативном лечении, поскольку только 20% переломов сопровождается клинически значимым смещением [3].

Мы госпитализируем всех пациентов с ППОПК, обратившихся в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва). Смещение головки под углом  $>30^\circ$ , диафиза —  $>1$  см в сторону, большого бугорка —  $>0,5$  см и малого бугорка —  $>1,0$  см, то есть переломы по критериям Codman [4], наблюдают примерно в 60% случаев. Единого подхода, как и оптимального метода лечения нестабильных ППОПК, в настоящее время не существует. В Кокрейновском обзоре за 2012 год отмечено, что отдалённые функциональные исходы независимо от типа перелома лучше после консервативного лечения [5].

Прогнозировать функциональный исход при этом виде повреждения очень сложно. Мы стараемся оперировать пациентов с переломами со смещением, так как стремимся к большей предсказуемости результатов. Это сложные операции, которые должен выполнять опытный хирург. Во время вмешательства отломки тяжело сопоставить в правильном положении, особенно если головка плечевой кости похожа на яичную скорлупу. Необходимы различные специальные приёмы для репозиции и стабильной фиксации отломков. Даже если во время операции удалось прочно фиксировать отломки, то в послеоперационном периоде могут развиваться такие осложнения, как вторичное варусное смещение головки (особенно при разрушении медиальной колонны), коллапс головки и связанное с ним прорезывание винтов в сустав, несращение перелома, аваскулярный некроз головки с её лизисом или фрагментацией. По данным систематического обзора за 2011 год, число вышеперечисленных осложнений при остеосинтезе переломов ППОПК (как с дефицитом кости, так и без него) без применения аугментации может достигать 49%, а повторных операций — 14% [3].

Для укрепления зоны перелома запатентован и использован штифт из кортикального слоя аллогенной лиофилизированной кости; идея была перспективной, но к широкому применению не привела [6]. N. Viermann и соавт. в 2019 году в своём обзоре клинических и биомеханических исследований сделали вывод, что аугментация проксимального отдела плечевой кости при остеосинтезе пластиной — эффективная и безопасная процедура,

которая снижает число таких осложнений, как вторичное смещение отломков и прорезывание винтов, и показана при сложных переломах, сопровождающихся дефицитом костной ткани [7].

Рассматривая наиболее целесообразные способы облегчения репозиции отломков и профилактики вторичного смещения, мы обратили внимание на публикации по использованию трансплантата малоберцовой кости. Трансплантат устанавливают в костномозговой канал, он служит распоркой, поддерживающей головку плечевой кости и укрепляющей область перелома [8]. Этот способ показался нам наиболее интересным, поскольку наш институт обладает лабораторией консервирования клеток и тканей. В настоящее время существуют публикации о положительном клиническом опыте и биомеханических испытаниях, которые демонстрируют пользу применения трансплантата из малоберцовой кости в комбинации с остеосинтезом пластиной с угловой стабильностью. Y. Gao и соавт. в 2016 году опубликовали результаты проспективного исследования, где сравнили функциональные исходы после остеосинтеза ППОПК с аугментацией и после гемартропластики. Авторы установили, что функциональные результаты после остеосинтеза лучше [9].

**Цель исследования** — оценить эффективность применения нового аллогенного костно-коллагенового трансплантата из головки малоберцовой кости при остеосинтезе ППОПК пластиной с угловой стабильностью в условиях дефицита костной ткани.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование.

### Критерии соответствия

#### Критерии включения:

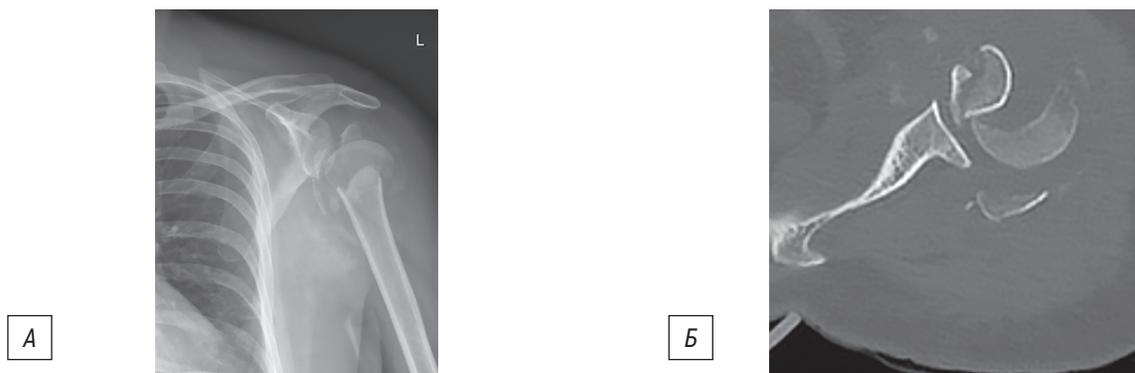
- возраст  $\geq 18$  лет;
- изолированная низкоэнергетическая травма;
- наличие 2–3–4-фрагментного перелома по классификации Neer со смещением, сопровождающегося дефицитом кости, т.е. при мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) головка плечевой кости визуализируется в виде «серпа», и бугорковая зона головки разрушена (рис. 1);
- отсутствие когнитивных нарушений.

#### Критерии исключения:

- открытые повреждения;
- не поддающиеся реконструкции разрушения головки плечевой кости.

### Условия проведения

Исследование проведено в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва) с 2018 по 2021 гг.



**Рис. 1.** Четырёхфрагментный перелом по Неег с дефицитом кости.

*Примечание.* А — рентгенограмма левого плечевого сустава, Б — мультиспиральная компьютерная томограмма, аксиальный срез — головка визуализируется в виде серпа, т.е. сохранена только субхондральная кость.

**Fig. 1.** Four-fragment Neer fracture with bone deficiency.

*Note.* А — radiograph of the left shoulder joint. Б — MSCT axial section — the head is visualized in the form of a sickle, i.e. only the subchondral bone was preserved.

## Исходы исследования

Основной исход исследования — восстановление функциональности конечности (опросник, клинический тест). Дополнительные исходы — трансплантат облегчает репозицию головки плечевой кости, является укрепляющим аугментом и служит основой для восстановления костной ткани.

## Методы регистрации исходов

В послеоперационном периоде анализировали:

- качество репозиции;
- наличие вторичного смещения отломков после остеосинтеза;
- наличие прорезывания винтов, как первичного, так и вторичного, связанного с коллапсом головки;
- число несращения;
- количество нагноений.

Для анализа качества репозиции, положения фиксатора, а также динамики сращения перелома и перестройки-лизиса трансплантата всем больным были выполнены рентгенологическое исследование оперированного плечевого сустава в прямой задней проекции и МСКТ на следующий день, через 6 нед, 3 и 6 мес, через год после операции и далее 1 раз в год.

Признаками перестройки трансплантата считали отсутствие границы, признаков резорбции губчатой кости вокруг трансплантата в головке плечевой кости, истончение, исчезновение кортикального слоя трансплантата со временем на МСКТ-граммах в динамике.

Признаками удовлетворительной репозиции считали восстановление угла между головкой плечевой кости и диафизом от 100 до 150 °, сохранявшееся смещение бугорков не более, чем на 5 мм. Признаком вторичного смещения считали изменения величины угла между головкой и диафизом плечевой кости по сравнению с послеоперационными рентгено- и МСКТ-граммами.

Оценку результатов осуществляли при помощи функциональных измерений, шкал и тестов. Степень выраженности болевого синдрома оценивали по визуальной аналоговой шкале (ВАШ). Результат лечения плечевого сустава измеряли при помощи стандартизованной шкалы Constant Scholder Score. Для измерения углов отведения, сгибания и ротационных движений в плечевом суставе использовали стандартный угломер. Силу отведения и сгибания в плечевом суставе (в кг) оценивали при помощи пружинного ручного динамометра. Проводили рентгенологическое исследование плечевого сустава и компьютерную томографию. Удовлетворённость пациентов лечением оценивали путём устного опроса.

## Анализ в подгруппах

Изучая динамику восстановления функции руки у пациентов в послеоперационном периоде, мы пришли к выводу, что степень окончательного восстановления функции для сопоставления с группой сравнения не следует оценивать ранее, чем через 1 год после операции, поскольку в послеоперационном периоде восстановление функции происходит медленно и к своему максимуму приходит не ранее, чем спустя год. Именно поэтому из группы 0 была выделена часть пациентов, у которых прошло больше года после операции. Таких оказалось 35 человек (подгруппа 01). В этой подгруппе по данным МСКТ сразу после операции и через 1 год измеряли объём головки для определения степени коллапса головки плечевой кости в послеоперационном периоде. В ней же были оценены функциональные исходы по шкале Constant Shoulder Score [10].

Ретроспективно была сформирована группа К из 32 пациентов, прооперированных по поводу ППОПК с дефицитом костной ткани до 2018 года без применения аугментации трансплантатом. Всем им был произведён

остеосинтез пластиной с угловой стабильностью. Сроки после операции составили от 2 до 7 лет. Возраст пациентов — от 36 до 84 лет, из них 9 мужчин и 23 женщины. Операция в группе К была проведена без соблюдения строгой последовательности манипуляций. Сухожилия ротаторов плеча прошивали только при их повреждении, для репозиции были применены приёмы не прямой репозиции, использовали спицы в качестве «джойстиков», широко пользовались костодержателями и однозубыми крючками. Результаты оценивали по тем же параметрам, что и в основной группе, не проводили только МСКТ.

Группы статистически значимо не различались по возрасту, периоду отслеживания. Правая верхняя конечность оперировалась чаще, чем левая, что оказалось статистически значимо. Эта травма в обеих группах чаще встречалась у женщин. По классификации Neer в обеих группах чаще встречались двухфрагментные переломы.

### Трансплантат для аугментации

Для аугментации проксимального отдела плечевой кости нами был разработан и запатентован [11] аллогенный недеминерализованный костно-коллагеновый трансплантат, состоящий из головки, шейки и верхней части диафиза малоберцовой кости (рис. 2).



**Рис. 2.** Комбинированный костно-коллагеновый трансплантат из головки и проксимальной части диафиза малоберцовой кости (фото авторов).

**Fig. 2.** Combined bone-collagen graft from the head and proximal part of the diaphysis of the fibula (authors' photo).

Установлено, что недеминерализованная аллогенная кость обладает низким остеокондуктивным потенциалом и очень долго, порой в течение нескольких лет, лизируется. Для уменьшения массы аллогенной кости, повышения остеокондуктивного потенциала, в заготовке трансплантата создавали большое число отверстий, пропитывали её раствором аллогенного коллагена 1-го типа и лиофилизировали. Отверстия заполняли гигроскопичной губкой из коллагена. Коллаген 1-го типа обладает выраженным остеокондуктивным эффектом. За счёт своей гигроскопичности губка может впитывать биологически активные вещества, приобретая остеостимулирующие свойства, что было доказано в эксперименте [12].

### Описание медицинского вмешательства

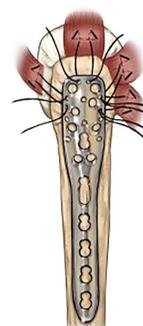
Операция состояла из следующих обязательных этапов [13]:

1. Использовали стандартный дельтопекторальный хирургический доступ.
2. Прошивали сухожилия подлопаточной, надостной и подостной мышцы прочными нитями (например, лавсан № 5).
3. Тягой за нити разводили оторванные большой и малый бугорок в стороны, и в костномозговой канал дистального отломка помещали трансплантат. Головка малоберцовой кости не позволяла ему проваливаться в диафиз и заполняла дефект головки плечевой кости (рис. 3).
4. Тягой за нити натягивали бугорки и костно-хрящевую часть головки плечевой кости на головку трансплантата как капюшон на голову.
5. Проводили нити через специальные отверстия пластины с угловой стабильностью для остеосинтеза проксимального отдела плечевой кости.
6. Позиционировали пластину по отношению к головке путём натяжения нитей. Положение головки и пластины контролировали с помощью флюороскопии (рис. 4).



**Рис. 3.** Трансплантат установлен в костномозговой канал. Сухожилия мышц-ротаторов прошиты (рисунок-схема).

**Fig. 3.** The graft was placed in the medullary canal. The tendons of the rotator muscles are sutured (Figure-scheme).



**Рис. 4.** Проведена репозиция с помощью натяжения нитей, протянутых через специальные отверстия в пластине (рисунок-схема).

**Fig. 4.** Reposition was carried out with the help of thread tension, stretched through special holes in the plate (Figure-scheme).

7. При удовлетворительном положении головки по отношению к пластине через специальное отверстие в пластине проводили «центральную спицу». Пластины фиксировали к пластине двумя винтами, проведёнными в наиболее доступные отверстия.
8. В диафизе плечевой кости через овальное отверстие в пластине сверлили канал, вводили в него кортикальный винт и, ввинчивая винт, притягивали диафиз к пластине, производили репозицию диафиза по отношению к головке плечевой кости. Если при контрольной флюороскопии положение отломков и пластины нас устраивало — вводили остальные винты.
9. Последним этапом фиксировали бугорки к пластине, завязывали нити, проведённые через сухожилия ротаторов плеча.
10. Послойно ушивали рану.

### Послеоперационное ведение

Руку фиксировали косыночной повязкой на 6 нед, пассивные маятникообразные движения в плечевом суставе в пределах боли разрешали со следующего дня после операции. Активные движения добавляли к гимнастике через 2–4 нед после операции.

### Этическая экспертиза

Для проведения исследования было получено разрешение Локального этического комитета по биомедицинской этике ГБУЗ «Научно-исследовательский Институт Скорой Помощи им. Н.В. Склифосовского Департамента Здравоохранения г. Москвы» (протокол № 3-19 от 19.08.2019г.).

### Статистический анализ

Статистический анализ проведён с помощью программы Statistica v. 13.3 (TIBCO Software Inc., США). Описательная статистика представлена в виде абсолютных ( $n$ ) и относительных (%) величин, медиан (Me), интерквартильных размахов (Q1; Q3), максимальных (max) и минимальных (min) значений. Большинство непрерывных данных имели распределение, отличное от нормального, поэтому сравнительный статистический анализ выполнен с использованием непараметрических критериев; дискретные данные сравнивали посредством двустороннего точного критерия Фишера (ТКФ), непрерывные несвязанные группы — при помощи  $U$ -критерия Манна–Уитни ( $M-W$ ), связанные группы — путём применения критерия Вилкоксона ( $W$ ). За уровень статистически значимой разницы было принято значение  $p \leq 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Участники исследования

В исследовании участвовали 87 пациентов. Из них 55 (63%) человек были прооперированы по разработанной методике с использованием трансплантата головки

малоберцовой кости в период с 2018 по 2021 гг.; 7 пациентов вышли из-под наблюдения по разным причинам. Таким образом, в итоге нами наблюдались 48 (группа О) человек: 14 (30%) мужчин и 34 (70%) женщины. Возраст участников исследования — от 35 до 86 лет (средний возраст 69,8) (табл. 1). В группе О была выделена подгруппа О1 из 35 человек, период отслеживания которых составил более 1 года. В группу сравнения К были включены 32 пациента, прооперированные по поводу ППОПК без применения аугментации трансплантатом.

### Основные результаты исследования

При хирургическом лечении пациентов с ППОПК (группа О) использование аллогенного костно-коллагенового трансплантата из головки малоберцовой кости для остеосинтеза позволило существенно сократить время вмешательства (табл. 2) по сравнению с пациентами, которым был произведён остеосинтез пластиной с угловой стабильностью (группа К). Объём кровопотери у пациентов сравниваемых групп существенно не различался (см. табл. 2).

Результаты лечения пациентов сравниваемых групп представлены в табл. 3. Из 48 пациентов основной группы переломы срослись в 46 (96%) случаях, в группе сравнения из 32 пациентов сращение отмечали у 29 (91%) человек, хотя различия не достигли статистической значимости. При несращении переломов пациентам потребовались повторные операции — тотальное эндопротезирование плечевого сустава реверсивными конструкциями.

При анализе других послеоперационных осложнений было отмечено, что у 2 (4%) пациентов основной группы развился коллапс головки с прорезыванием винтов в полость сустава, что потребовало их удаления. Ещё у 1 (2%) пациентки коллапс головки оперированной плечевой кости с прорезыванием винтов и деструкцией головки развился к исходу 3-го года наблюдения. Пациентка страдает тяжёлым системным остеопорозом, от ревизионной операции категорически отказалась. Таким образом, коллапс головки плечевой кости с прорезыванием винтов в полость сустава развился у 3 (7%) человек из группы О против 8 (25%) пациентов в группе К ( $p=0,002$ ; ТКФ). Вторичного смещения головки у пациентов основной группы не произошло, тогда как в группе сравнения это осложнение зарегистрировано у 5 (16%) пациентов ( $p=0,006$ ; ТКФ).

Нагноение послеоперационной раны развилось у 2 (4%) пациентов группы О, причём в 1 наблюдении из-за нагноения пришлось удалить фиксаторы, головку плечевой кости, трансплантат и установить спейсер с антибиотиком. В группе К нагноение послеоперационной раны отмечено у 1 (3%) пациента ( $p=1,000$ ; ТКФ). В группе О остеомиелит развился у 1 (2%) пациента, при этом в группе К он также был диагностирован у 1 (3%) больного ( $p=0,513$ ; ТКФ). У 2 (4%) пациентов основной группы произошёл разрыв нити, удерживающей большой бугорок, развилось вторичное смещение. В связи с удовлетворительной функцией руки операцию по рефиксации бугорка не выполняли.

**Таблица 1.** Клинико-демографическая характеристика пациентов, включённых в исследование (n=80)**Table 1.** Clinical and demographic characteristics of patients included in the study (n=80)

Показатель	Группы				p, M-W или ТКФ
	O (n=48)		K (n=32)		
	Me (Q1; Q3) или n (%)	Min-max	Me (Q1; Q3) или n (%)	Min-max	
Возраст, лет	69 (33; 59)	35–86	65 (52; 80)	36–84	0,768 <sup>1</sup>
Пол, женский	34 (71)	–	23 (72)	–	1,000 <sup>2</sup>
Оперированная рука, правая	32 (67)	–	23 (72)	–	0,029 <sup>2</sup>
Период отслеживания, мес	12 (10;13)	6–24	12 (11; 13)	6–24	0,936 <sup>1</sup>
Классификация Neer	2-фрагментный		12 (38)		0,208 <sup>2</sup>
	3-фрагментный	11 (23)	–	16 (50)	–
	4-фрагментный	28 (58)		4 (12)	0,547 <sup>2</sup>
	9 (19)				

**Примечание** (здесь и в табл. 2–5). 1 M–W — критерий Манна–Уитни, 2 ТКФ — точный критерий Фишера.

**Note** (here and in Table 2–5). 1 M–W — Mann–Whitney test, 2 ТКФ — Fisher's exact test.

**Таблица 2.** Время операции и объём кровопотери пациентов, включённых в исследование**Table 2.** Time of operation and volume of blood loss of patients included in the study

Показатель	Группа	Значение		p, M–W
		Медиана (Q1; Q3)	Min-max	
Объём кровопотери	O	300 (300; 300)	250–350	=0,115
	K	300 (300; 350)	250–350	
Время операции	O	90 (80; 100)	60–120	<0,001
	K	120 (100; 135)	60–200	

**Таблица 3.** Послеоперационные осложнения у пациентов, включённых в исследование**Table 3.** Postoperative complications in patients included in the study

Осложнение	Группа	Число пациентов		p, ТКФ
		n	%	
Нагноение послеоперационной раны	O	2	4	=1,000
	K	1	3	
Остеомиелит	O	1	2	=0,513
	K	1	3	
Разрыв нити, удерживающей большой бугорок	O	2	4	=514
	K	0	0	
Несращение перелома	O	2	4	=0,384
	K	3	9	
Вторичное смещение головки	O	0	0	=0,006
	K	5	16	
Коллапс головки с прорезыванием винтов в полость сустава	O	3	7	=0,002
	K	8	25	

При анализе послеоперационных рентгено- и МСКТ-грамм у всех пациентов отмечено удовлетворительное положение отломков. В 3 (7%) случаях выявлено первичное прорезывание винтов в сустав из-за интраоперационной ошибки хирурга, что потребовало удаления этих винтов.



**Рис. 5.** Рекомендуемая длина винтов. Жёлтой линией отмечена граница установленного костного аллотрансплантата.

**Fig. 5.** Recommended screw length. The yellow line marks the border of the established bone allograft.

Ошибки обусловлены стремлением использовать максимально длинные винты для того, чтобы «захватить» субкортикальную кость. Стремиться к этому не нужно, поскольку помимо металлической конструкции перелом укрепляет трансплантат, и сухожилия ротаторов плеча подшиты к пластине (рис. 5). Значимого вторичного смещения отломков в послеоперационном периоде ни у кого, кроме 2 наблюдений с отрывом фрагмента большого бугорка, упомянутых ранее, зарегистрировано не было. То есть осложнения развились в 25% наблюдений, а повторные операции (в связи с несращением перелома и по причине прорезывания винтов) были выполнены в 8,33% наблюдений.

При МСКТ плечевого сустава в подгруппе О1 установлено, что у всех пациентов в течение года объём головки несколько уменьшился, но только у 2 (4%) человек это привело к прорезыванию винтов. В среднем объём головки плечевой кости после операции составил 50 (45,80) см<sup>3</sup> (от 43 до 88), через 1 год средний объём оказался равен 45 (35,80) см<sup>3</sup> (от 40 до 76;  $p=0,133$ ; W). Оценивали восстановление угла между головкой плечевой кости и диафизом (табл. 4). У всех пациентов при МСКТ с течением времени отмечали истончение кортикального слоя трансплантата и исчезновение границы между губчатой частью трансплантата и костной тканью головки плечевой кости, что считали признаками перестройки и лизиса трансплантата (рис. 6).

**Таблица 4.** Результаты (рентгенологическое исследование, мультиспиральная компьютерная томография) восстановления угла между головкой плечевой кости и диафизом у пациентов, включённых в исследование

**Table 4.** Results (X-ray examination, computed tomography) of the angle between the head of the humerus and the diaphysis restoration in patients included in the study

Группа, подгруппа	Срок выполнения МСКТ	Значение		$p$ ; M–W
		Медиана (Q1; Q3)	Min–max	
О1	Сразу после операции	135 (130; 140)	130–150	=0,002
	Через 1 год	130 (120; 135)	120–145	
К	Сразу после операции	130 (130; 135)	120–135	=0,165
	Через 1 год	115 (110; 120)	110–120	



А



Б

**Рис. 6.** Результаты компьютерной томографии сразу после операции (А) и через год после неё (Б).

**Fig. 6.** CT immediately after surgery (A) and one year after surgery (B).

При анализе функциональных исходов у пациентов подгруппы О1 обнаружен значительный разброс. Число баллов по шкале Constant Shoulder Score варьировало от 48 до 96 и в среднем составило 78 (72; 80) (табл. 5). При этом функциональный исход никак не зависел от возраста пациента и рентгенологической послеоперационной картины. Нами отмечено, что у большинства пациентов отсутствовала боль в оперированном плечевом суставе в покое и ночью. Только 2 (6%) человека жаловались на периодическое появление боли в пределах 2–3 баллов по ВАШ в отличие от пациентов группы сравнения, где умеренную боль в пределах 2–4 баллов зафиксировали у 5 (16%) человек ( $p=0,430$ ; ТКФ).

Градус отведения, наружная и внутренняя ротация, балл по шкале Constant у пациентов подгруппы О1 были статистически значимо выше по сравнению с пациентами группы К (см. табл. 5). В подгруппе О1 число пациентов, у которых верхняя конечность ротировалась кнутри до XII грудного позвонка (19 пациентов из 35, 84%), было значимо больше, чем в группе К (6 пациентов из 32, 23%;  $p=0,005$ ; ТКФ).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Наше исследование демонстрирует, что при тяжёлых ППОПК можно проводить органосохраняющие операции независимо от возраста пострадавшего и получать вполне удовлетворяющие и пациента, и врача функциональные результаты. Благодаря отработанным этапам операции трудоёмкая репозиция становится несложной, прошивание сухожилий ротаторов плеча помогает позиционированию пластины, а их фиксация к пластине способствует сохранению величины достигнутого угла между головкой и диафизом плечевой кости. Операция становится менее сложной, о чём свидетельствует сокращение операционного времени. Головка комбинированного трансплантата становится не только укрепляющей основой, но и материалом для восстановления губчатой кости головки плечевой кости. Диафизарная часть трансплантата постепенно

лизируется и не препятствует возможному эндопротезированию.

Почти в 2 раза уменьшилось число осложнений и повторных операций по сравнению с данными систематического обзора, опубликованного R.C. Sproul и соавт. в 2011 году, в котором представлены результаты остеосинтеза ППОПК без применения аугментации [3], и в сопоставлении с группой К: сократилось время операции ( $p<0,001$ ), уменьшилось число вторичных смещений отломков ( $p=0,006$ ; ТКФ), уменьшилась степень коллапса головки плечевой кости ( $p=0,002$ ; ТКФ). Всё вышесказанное подтверждает тот факт, что предложенный нами метод хирургического лечения тяжёлых ППОПК, сопровождающихся дефицитом костной ткани, имеет право на существование, и исследования в этом направлении должны продолжаться.

Проанализировав причины развития послеоперационных осложнений, мы сформулировали для себя рекомендации по их хирургической профилактике.

Так, в подавляющем большинстве случаев для остеосинтеза ППОПК необходимо использовать короткие пластины (на 3 диафизарных отверстия). Использование более длинных пластин создаёт дополнительные трудности с позиционированием пластины, усложняет и удлиняет операцию, может приводить к слишком высокой её установке и дополнительно травмирует место прикрепления дельтовидной мышцы к плечевой кости.

Мы отказались от грубых репозиционных инструментов, таких как костодержатели, однозубые крючки и т.д. Использование нитей для репозиции отломков уменьшает агрессивность хирургического вмешательства. При прошивании сухожилий необходимо использовать достаточно длинные нити для удобства работы с ними.

Не следует задействовать все имеющиеся отверстия в проксимальной части пластины. Введение более 5 винтов в головку плечевой кости не увеличивает прочность фиксации, но уменьшает объём губчатого вещества кости проксимального отдела и повышает риск развития прорезывания винтов.

**Таблица 5.** Клинические и рентгенологические данные пациентов, включённых в исследование

**Table 5.** Clinical and radiological data of patients included in the study

Группа, подгруппа	Функция	Показатель		p; M–W
		Медиана (Q1; Q3)	Min–max	
О1	Отведение	135 (120; 150)	50–180	<0,001
К		100 (100; 115)	70–125	
О1	Наружная ротация	24 (16; 24)	10–32	0,007
К		18 (15; 18)	10–24	
О1	Переднее сгибание	120 (115; 130)	90–160	0,001
К		110 (100; 120)	90–150	
О1	Constant	78 (72; 80)	48–96	<0,001
К		70 (68; 73)	60–92	

В большинстве рекомендаций по остеосинтезу проксимального отдела плечевой кости считается правильной установка винтов до субхондрального слоя головки. Однако при переломах с дефицитом кости в послеоперационном периоде происходит коллапс головки, и установленные таким образом винты выходят в полость плечевого сустава, причиняя пациенту боль. Для профилактики этого осложнения мы стараемся устанавливать как можно более короткие винты, которые на несколько миллиметров выходят за пределы трансплантата. За счёт трансплантата, который служит опорой для суставной поверхности головки плечевой кости, и фиксации нитей от сухожилий вращающей манжеты плеча к пластине создаются достаточные условия для стабильной фиксации, и установки максимально длинных винтов не требуется.

### Ограничения исследования

Ограничением исследования является его ретроспективный характер. В дальнейшем нами планируется проведение проспективного сравнительного исследования с предварительным расчётом размера выборки, что будет соответствовать принципам доказательной медицины

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительная оценка морфологических изменений, а также статистический анализ данных показали,

что результаты операций с применением комбинированного аллогенного трансплантата из головки малоберцовой кости лучше. Почти в два раза уменьшилось количество осложнений и повторных операций по сравнению с остеосинтезом таких переломов без использования аугментации, связанных с коллапсом головки и вторичным смещением отломков.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Author's contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Источник финансирования.** Не указан.

Funding source. Not specified.

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

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baron J.A., Karagas M., Barrett J., et al. Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age // *Epidemiology*. 1996. Vol. 7, N 6. P. 612–618. doi: 10.1097/00001648-199611000-00008
2. Walsh S., Reindl R., Harvey E., et al. Biomechanical comparison of a unique locking plate versus a standard plate for internal fixation of proximal humerus fractures in a cadaveric model // *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006. Vol. 21, N 10. P. 1027–1031. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2006.06.005
3. Sproul R.C., Iyengar J.J., Devicic Z., Feeley B.T. A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures // *Injury*. 2011. Vol. 42, N 4. P. 408–413. doi: 10.1016/j.injury.2010.11.058
4. José M.M.G., Juan S.P., Alejandro C.S. Updated Classification System for Proximal Humeral Fractures // *Clin Med Res*. 2009. Vol. 7, N 1–2. P. 32–44. doi: 10.3121/cmr.2009.779
5. Handoll H.H.G., Ollivier B.J., Rollins K.E. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults // *Cochrane Database Syst Rev*. 2012. N 12. CD000434. doi: 10.1002/14651858.CD000434.pub3
6. Патент РФ на изобретение № 2341222/2008. Похвощев Д.П., Клюквин И.Ю. Остеосинтез проксимального отдела плечевой кости. Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/234/2341222.html>. Дата обращения: 06.03.2023.
7. Biermann N., Wolf C.P., Wolfgang B., et al. Augmentation of plate osteosynthesis for proximal humeral fractures: a systematic review of current biomechanical and clinical studies // *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019. Vol. 139, N 8. P. 1075–1099. doi: 10.1007/s00402-019-03162-2
8. Tan E., Lie D., Wong M.K. Early outcomes of proximal humerus fracture fixation with locking plate and intramedullary fibular strut graft // *Orthopedics*. 2014. Vol. 37, N 9. P. 822–827. doi: 10.3928/01477447-20140825-60
9. Chen H., Ji X., Gao Y., et al. Comparison of intramedullary fibular allograft with locking compression plate versus shoulder hemiarthroplasty for repair of osteoporotic four-part proximal humerus fracture: Consecutive, prospective, controlled, and comparative study // *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016. Vol. 102, N 3. P. 287–292. doi: 10.1016/j.otsr.2015.12.021
10. Constant C.R., Murley A.H. A clinical method of functional assessment of the shoulder // *Clin Orthop Relat Res*. 1987. N 214. P. 160–164.
11. Патент РФ на изобретение № 2721873C1/2019. Ваза А.Ю., Файн А.М., Боровкова Н.В., и др. Аллогенный комбинированный костный трансплантат для лечения сложных переломов проксимального отдела плечевой кости, способ его получения. Режим доступа: <https://i.moscow/patents>. Дата обращения: 06.02.2023.
12. Ваза А.Ю., Макаров М.С., Сластинин В.В., и др. Эффективность комбинации аллогенной богатой тромбоцитами плазмы

с коллагеном при лечении дефектов бедренной кости у крыс // Трансплантология. 2016. № 2. С. 36–44.

13. Патент РФ на изобретение № RU 2712298/28.01.2020. Титов Р.С., Файн А.М., Ваза А.Ю., и др. Способ остеосинтеза

при переломах проксимального отдела плечевой кости. Режим доступа: [https://i.moscow/patents/ru2712298c1\\_20200128](https://i.moscow/patents/ru2712298c1_20200128). Дата обращения: 06.03.2023.

## REFERENCES

1. Baron JA, Karagas M, Barrett J, et al. Basic epidemiology of fractures of the upper and lower limb among Americans over 65 years of age. *Epidemiology*. 1996;7(6):612–618. doi: 10.1097/00001648-199611000-00008
2. Walsh S, Reindl R, Harvey E, et al. Biomechanical comparison of a unique locking plate versus a standard plate for internal fixation of proximal humerus fractures in a cadaveric model. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2006;21(10):1027–1031. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2006.06.005
3. Sproul RC, Iyengar JJ, Devic Z, Feeley BT. A systematic review of locking plate fixation of proximal humerus fractures. *Injury*. 2011;42(4):408–413. doi: 10.1016/j.injury.2010.11.058
4. José MMG, Juan SP, Alejandro CS. Updated Classification System for Proximal Humeral Fractures. *Clin Med Res*. 2009;7(1–2):32–44. doi: 10.3121/cmr.2009.779
5. Handoll HHG, Ollivere BJ, Rollins KE. Interventions for treating proximal humeral fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2012;12:CD000434. doi: 10.1002/14651858.CD000434.pub3
6. Patent RUS N 2341222/2008. Pokhvashchev DP, Klyukvin IYu. *Osteosintez proksimal'nogo otdela plechevoi kosti*. Available from: <https://findpatent.ru/patent/234/2341222.html>. Accessed: 06.03.2023. (In Russ).
7. Biermann N, Wolf CP, Wolfgäng B, et al. Augmentation of plate osteosynthesis for proximal humeral fractures: a systematic review of current biomechanical and clinical studies. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019;139(8):1075–1099. doi: 10.1007/s00402-019-03162-2
8. Tan E, Lie D, Wong MK. Early outcomes of proximal humerus fracture fixation with locking plate and intramedullary fibular strut graft. *Orthopedics*. 2014;37(9):822–827. doi: 10.3928/01477447-20140825-60
9. Chen H, Ji X, Gao Y, et al. Comparison of intramedullary fibular allograft with locking compression plate versus shoulder hemiarthroplasty for repair of osteoporotic four-part proximal humerus fracture: Consecutive, prospective, controlled, and comparative study. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2016;102(3):287–292. doi: 10.1016/j.otsr.2015.12.021
10. Constant CR, Murley AH. A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;214:160–164.
11. Patent RUS N 2721873C1/2019. Vaza AYU, Fain AM, Borovkova NV, et al. *Allogennyi kombinirovannyi kostnyi transplantat dlya lecheniya slozhnykh perelomov proksimal'nogo otdela plechevoi kosti, sposob ego polucheniya*. Available from: <https://findpatent.ru/patent/234/2341222.html>. Accessed: 06.03.2023. (In Russ).
12. Vaza AYU, Makarov MS, Slastinin VV, et al. Efficiency of allogenic platelet-rich plasma, combined with collagen, in rat's humerus injury healing. *Transplantologiya. The Russian Journal of Transplantation*. 2016;2:36–44. (In Russ).
13. Patent RUS N RU 2712298/28.01.2020. Titov RS, Fain AM, Vaza AYU, et al. *Sposob osteosinteza pri perelomakh proksimal'nogo otdela plechevoi kosti*. Available from: [https://i.moscow/patents/ru2712298c1\\_20200128](https://i.moscow/patents/ru2712298c1_20200128). Accessed: 06.03.2023. (In Russ).

## ОБ АВТОРАХ

### \* Скуратовская Кристина Ивановна,

младший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед;  
адрес: Россия, 129090, Москва, Большая Сухареvская пл., д. 3;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3074-453X>;  
eLibrary SPIN: 6768-3041;  
e-mail: kris-sku@yandex.ru

### Ваза Александр Юльевич, к.м.н.,

ведущий научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-449X>;  
eLibrary SPIN: 9664-0137;  
e-mail: VazaAU@sklif.mos.ru

### Файн Алексей Максимович, д.м.н., профессор,

врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-920X>;  
eLibrary SPIN: 2232-0852;  
e-mail: FainAM@sklif.mos.ru

### Титов Роман Сергеевич, к.м.н.,

старший научный сотрудник, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-8736>;  
e-mail: TitovRS@sklif.mos.ru

## AUTHORS INFO

### \* Kristina I. Skuratovskaya, junior researcher,

traumatologist-orthopedist;  
address: 3 Bolshaya Sukharevskaya Sq., 129090, Moscow, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3074-453X>;  
eLibrary SPIN: 6768-3041;  
e-mail: kris-sku@yandex.ru

### Alexandr Yu. Vaza, MD, Cand. Sci. (Med.), leading researcher,

traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-449X>;  
eLibrary SPIN: 9664-0137;  
e-mail: VazaAU@sklif.mos.ru

### Alexey M. Fain, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor,

traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-920X>;  
eLibrary SPIN: 2232-0852;  
e-mail: FainAM@sklif.mos.ru

### Roman S. Titov, MD, Cand. Sci. (Med.), senior researcher,

traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-8736>;  
e-mail: TitovRS@sklif.mos.ru

**Боровкова Наталья Валерьевна**, д.м.н.;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8897-7523>;  
eLibrary SPIN: 9339-2800;  
e-mail: BorovkovaNV@sklif.mos.ru

**Гнетецкий Сергей Феликсович**, д.м.н.,  
ведущий научный сотрудник, врач травматолог-ортопед;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9932-1653>;  
eLibrary SPIN: 5800-3960;  
e-mail: GnetetskiySF@sklif.mos.ru

**Шарифуллин Фаат Абдул-Каюмович**, д.м.н.,  
главный научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7483-7899>;  
eLibrary SPIN: 8806-0316;  
e-mail: SharifullinVA@sklif.mos.ru

**Файн Антон Алексеевич**,  
врач-рентгенолог;  
eLibrary SPIN: 1226-9372;  
e-mail: FaynAA@sklif.mos.ru

**Natalya V. Borovkova**, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8897-7523>;  
eLibrary SPIN: 9339-2800  
e-mail: BorovkovaNV@sklif.mos.ru

**Sergey F. Gnetetskiy**, MD, Dr. Sci. (Med.), leading researcher,  
traumatologist-orthopedist;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9932-1653>;  
eLibrary SPIN: 5800-3960;  
e-mail: GnetetskiySF@sklif.mo.ru

**Faat A.-K. Sharifullin**, MD, Dr. Sci. (Med.),  
chief researcher;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7483-7899>;  
eLibrary SPIN: 8806-0316;  
e-mail: SharifullinVA@sklif.mos.ru

**Anton A. Fain**,  
radiologist;  
eLibrary SPIN: 1226-9372;  
e-mail: FaynAA@sklif.mos.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author