

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

<https://doi.org/10.17816/vto35163>

© С.Н. Черняев, В.А. Неверов, 2020



СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ЛЕЧЕНИИ ОСЛОЖНЕННЫХ ПЕРЕЛОМОВ КОСТЕЙ ПРЕДПЛЕЧЬЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

С.Н. Черняев^{1,2}, В.А. Неверов^{1,2}

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург;

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург

В статье представлен анализ современной отечественной и зарубежной литературы по вопросам хирургического лечения пациентов с осложненными переломами костей предплечья, отмечены основные проблемы при этих повреждениях. Анализ производился на основе баз данных медицинских публикаций сайтов CyberLeninka, eLibrary, PubMed и библиотечных баз данных. Лечение осложненных диафизарных переломов костей предплечья в виде несращения, ложных суставов и дефектов представляется серьезной проблемой травматологии и ортопедии, поскольку согласно литературным данным неудовлетворительные результаты при лечении данной патологии достигают 20–47%. Данная проблема требует разработки и внедрения функциональных способов лечения, которые позволяли бы совместить период восстановления целостности сегмента с периодом реабилитации без риска развития нестабильности остеосинтеза и несращения. Проблема выбора оптимальной тактики и способов оперативной фиксации этих повреждений остается предметом дискуссий и, соответственно, основанием для оптимизации тактики и поисков перспективных методов хирургического лечения пациентов с последствиями диафизарных переломов костей предплечья.

Ключевые слова: кости предплечья; переломы предплечья; остеосинтез; перелом; лучевая кость; локтевая кость; ложный сустав; несращение; дефект кости.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: не заявлен.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Черняев С.Н., Неверов В.А. Современные представления о лечении осложненных переломов костей предплечья (обзор литературы) // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2020;27(4):73-79. doi: <https://doi.org/10.17816/vto35163>

MODERN CONCEPTS OF TREATMENT OF COMPLICATED DIAPHYSEAL FOREARM FRACTURES (LITERATURE REVIEW)

S.N. Chernyaev^{1,2}, V.A. Neverov^{1,2}

¹ Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia;

² Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia

The analysis of modern domestic and foreign literature on the issues of surgical treatment of patients with diaphyseal forearm fractures is presented in the article, the main problems at these injuries are noted. The analysis has been carried out on the basis of databases of medical publications of CyberLeninka, eLibrary, PubMed and biliary databases. The treatment of complicated diaphyseal forearm fractures in the form of nonunions, pseudoarthrosis, defects and malunion is serious problem in traumatology and orthopaedics, because according to the literature data, unsatisfactory results in the treatment of this pathology reach 20–47%. This problem requires the development and implementation of modern functional methods of treatment, which would allow to combine the period of restoration of segment integrity with the period of rehabilitation without risk of osteosynthesis instability and nonunion. The problem of choosing the optimal tactics and methods of surgical fixation of these lesions remains a subject for discussion, which is the basis for scientific research on optimization of tactics and methods of surgical treatment of patients with consequences of diaphyseal forearm fractures.

Key words: forearm bones; forearm fractures; osteosynthesis; fracture; radius; ulna; false joint (pseudoarthrosis); nonunion; defect of bone.

Conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

Funding: n/a.

TO CITE THIS ARTICLE: Chernyaev SN, Neverov VA. Modern concepts of treatment of complicated diaphyseal forearm fractures (literature review). *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopedics.* 2020;27(4):73-79. doi: <https://doi.org/10.17816/vto35163>

прочности самофиксации трансплантата из гребня подвздошной кости использовали разработанные новые формы, учитывающие наиболее типичные формы концов фрагментов отломков. При этом концы трансплантата обрабатывали в виде цилиндрических шипов для интрамедуллярного внедрения длиной до 2,5–3 см, диаметр которых точно соответствует внутреннему диаметру высверленного костномозгового канала в каждом отломке. При использовании трансплантата из гребня подвздошной кости производили фиксацию 1–2 спицами Киршнера. Рекомендованные способы использовали при лечении 55 пациентов. В качестве фиксации использовали гипсовую иммобилизацию на период сращения кости, который, учитывая сроки перестройки ауотранспланта, может продолжаться 4–6 мес. и более. Осложнения отмечены в 14 (25 %) случаях (лизис ауотранспланта, обострение латентной инфекции, перелом ауотранспланта), что в 12 из них потребовало коррекции лечения. Положительный эффект достигнут в 53 (96,4 %) случаях, из них в 41 (74,5 %) после первой костной ауопластики. Учитывая необходимость длительной гипсовой иммобилизации и наличие контрактур у этих больных вследствие предшествовавшего лечения, сроки лечения имеют очень длительный период и есть риск недостаточного восстановления функции конечности.

Другие авторы также отмечают, что при применении компрессирующих пластин с костной пластикой или без нее при лечении несращений костей предплечья удается достичь консолидации, но количество неудовлетворительных результатов по-прежнему остается значительным [9, 20–24].

Лучшие результаты были достигнуты G. Hong и соавт. [25], которые использовали блокирующие интрамедуллярные стержни и ауотрансплантаты из гребня подвздошной кости. Они пролечили 15 пациентов с 26 несращениями диафизарных переломов костей предплечья. У 14 человек (96 %) переломы срослись. В сравнении с неповрежденной конечностью средняя потеря движений в лучезапястном суставе составила 27°, в локтевом — 18°, ротация предплечья — 39°. Восемь пациентов (53 %) оценили свои результаты как удовлетворительные и 6 (40 %) — как неудовлетворительные, в одном (7 %) случае перелом несросся. Авторы отмечают, что преимуществом ауотранспланта из гребня подвздошной кости является отсутствие риска возникновения иммунной реакции или передачи инфекционного заболевания и наличие максимальных остеокондуктивных и остеоиндуктивных свойств. Интрамедуллярная фиксация ложных суставов предплечья с небольшими костными дефектами может привести к предсказуемому сращению до 96 % случаев. Применение метода в зонах расширения костно-мозгового канала не следует рассматривать в качестве адекватной альтернативы накостной фиксации.

P. Visna и соавт. [26] использовали для лечения 36 больных (25 псевдоартрозы, 11 рефрактуры) как интрамедуллярный блокирующий остеосинтез

стержнями ForeSight (в 28 случаях), так и 3,5 мм пластины DCP (в 8 случаях). Хорошие и отличные результаты получены у 26 пациентов, у 10 человек результат был удовлетворительным. Авторы отметили эффективность обеих техник в ревизионной хирургии, но отдали предпочтение блокирующему остеосинтезу. Этому виду фиксации отдает предпочтение и A. Hofmann [27] при лечении несращений локтевой кости.

A.Ф. Лазарев и соавт. [28] предложили и внедрили оригинальный метод опорной каркасной металлопластики для замещения дефектов длинных трубчатых костей, который заключается в установке в дефект кости опорного перфорированного титанового цилиндра, выполняется блокирующий интрамедуллярный остеосинтез, а пространство между стержнем и цилиндром заполняется остеозамещающим материалом. Авторы отмечают успешное применение предложенной методики на плечевой, бедренной и большеберцовой костях. К применению на костях предплечья этот метод ограничен ввиду биомеханических особенностей сегмента и субтильности костей [28].

G. Saka и соавт. [29] отметили высокую частоту сращения и хороший функциональный результат при использовании интрамедуллярной фиксации в сочетании с костной ауопластикой, используя модифицированную технику Nicoll. В исследование были включены 8 пациентов (средний возраст 39 лет; диапазон от 19 до 55 лет) с несращениями, которым был проведен накостный остеосинтез в качестве первичной фиксации (6 — локтевой кости, 2 — лучевой). Во всех случаях длина применяемого трикортикального трансплантата была меньше 3 см. Пациентов оценивали с использованием визуальной аналоговой шкалы, шкалы Грейса и Эверсмана и шкалы DASH. Оценивалось сгибание и разгибание запястья, а также сила кисти и предплечья после операции. Перестройка и ассимиляция трансплантата происходила от 18 до 28 нед. (в среднем 22). Ни у одного пациента не наблюдалось глубокой инфекции или синостозирования костей. Период наблюдения составил от 18 до 52 мес. Рентгенографически сращение было достигнуто у всех пациентов. Средний балл по визуальной аналоговой шкале составил 1 (от 0 до 3). По шкале Грейса и Эверсмана результаты были отличными у 5 и хорошими у 3 пациентов. Средний балл по шкале DASH составил 10,7 балла (диапазон от 1,7 до 21,7). Авторы пришли к выводу, что применение интрамедуллярной фиксации и замещение дефекта трикортикально-губчатым ауотрансплантатом из гребня подвздошной кости представляется технически простой и надежной техникой, которая позволяет проводить раннюю послеоперационную реабилитацию, не дожидаясь наступления консолидации отломков.

Костная пластика свободными васкуляризованными или не васкуляризованными ауотрансплантатами из малоберцовой кости также позволяет успешно восстановить функцию при несращениях и сегментарных дефектах [30, 31]. При несращениях одной из костей R.S. Kamrani и соавт. [32] успеш-

но применили метод васкуляризованного ауто-трансплантата из дистального отдела лучевой кости в сочетании с на костным остеосинтезом. Подобную технику они применили у 7 пациентов, все переломы консолидировались и пациенты были удовлетворены функцией конечности.

А.П. Серeda [33] изучил результаты лечения 27 пациентов с дефектами костей предплечья, которым для замещения костного дефекта использовали свободный васкуляризованный ауто-трансплантат из малоберцовой кости, а в качестве фиксатора — пластины с угловой стабильностью винтов с применением оригинального разработанного метода, который позволяет предотвратить ошибки и осложнения на костной фиксации. Было доказано положительное влияние использования в клинической практике пластин с угловой стабильностью винтов над аппаратами внешней фиксации при фиксации свободного васкуляризованного костного трансплантата [33].

Однако следует отметить, что применение васкуляризованных ауто-трансплантатов ограничено анатомическими особенностями сегмента, их применение затруднено при несращениях обеих костей, метод требует наличия микрохирургической техники, что недоступно в большинстве стационаров.

Есть сообщения о лечении несращений костей предплечья методом Илизарова [34, 35], однако при этом проведение активной реабилитации после операции невозможно. Поскольку у многих больных уже имеются выраженные контрактуры вследствие предшествовавшего лечения, это негативно сказывается на функциональном результате в дальнейшем. М.Н. Соколова и Д.Ю. Борзунов [36] опубликовали результаты изучения процессов замещения дефектов и ложных суставов костей предплечья у 93 больных, пролеченных методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза по Илизарову. Возраст пациентов был от 7 до 64 лет (средний возраст 31,7 года). У 62 человек был диагностирован дефект-псевдоартроз и у 31 — дефект-диастаз костей предплечья. В анамнезе 88 (94,6%) больных были оперированы ранее, из них однократно 51 человек, дважды — 27, трижды — 7, четыре раза — 3 и только 5 больных лечились консервативно. 53 (57 %) пациента имели дефект костей предплечья от 1 до 6 см. Применяли дифференцированный подход к лечению: монолокальный комбинированный компрессионно-дистракционный остеосинтез у 35 пациентов с дефект-псевдоартрозом одной кости при отсутствии анатомического укорочения; технологию биллокального остеосинтеза — у 36 пациентов с наличием значимых дефектов костей (до 5 см), и полилокальную технологию — у 19 человек с дефектами более 5–6 см. Срок фиксации сегмента в аппарате при монолокальном остеосинтезе составил $145,6 \pm 64,6$ дня, при биллокальном — $136,9 \pm 89,9$ дня и при полилокальном $132,1 \pm 51,2$ дня. В отдаленные сроки наблюдений хорошие анатомо-функциональные результаты лечения получены в 63,6 % случаев. В целом, при дифференцированном применении разработанных

методик положительные исходы лечения составили 97 %, что свидетельствует о высокой эффективности применения чрескостного остеосинтеза при реабилитации пациентов с дефектами и ложными суставами костей предплечья. Важными недостатками метода являются невозможность активной реабилитации с полноценным восстановлением ротационных движений в раннем послеоперационном периоде, необходимость врачебного мониторинга и регулярных перевязок, риск инфекционных осложнений [36].

В случаях наличия инфекции или обширных дефектов рекомендуется использование техники Masquelet, при которой лечение проходит в 2 этапа: на первом производится на костная фиксация и замещается дефект цементным спейсером с антибиотиками; на втором через 8–10 нед. производится удаление спейсера и образовавшийся дефект заполняется костными ауто-трансплантатами (bone grafting) [37]. М. Walker и соавт. [37] пролечили с использованием этой техники 9 больных (у 5 костные дефекты были следствием тяжелых открытых переломов, у одного имелся атрофический ложный сустав, и в 3 случаях несращения были ассоциированы с инфекцией). Размеры дефектов были от 1,7 до 5,4 см, в среднем 4,7 см. Сращение достигнуто у всех пациентов. В одном наблюдении потребовалось ревизионное вмешательство в связи с переломом пластины.

В случаях массивных дефектов кости при невозможности восстановления спасательным решением для предплечья может быть его реконструкция на одной кости или конверсия костей предплечья. При этом исключаются ротационные движения предплечья, но конечность становится функциональной и безболезненной. А. Devendra и соавт. [38] изучили результаты лечения 38 пациентов с тяжелыми последствиями травм с сегментарной потерей костной ткани. Из них после реплантаций были 16 человек, еще у 16 потеря костной массы была обусловлена развитием инфекции, опухолью лучевой кости — у 2, ложным суставом — у 4 пациентов. Хирургическая техника в большинстве случаев включала реконструкцию путем соединения дистальной части лучевой кости и проксимальной части локтевой, артродезирования дистального лучезапястного сустава в 4 случаях и локтевой кости с костями запястья в 5. У 22 больных отмечен хороший функциональный результат, у 11 — хороший, и у 5 — неудовлетворительный. Авторы заключили, что реконструкция предплечья на одной кости (конверсия) может быть жизнеспособной альтернативой хирургического лечения. Это сложная реконструкция, но она обеспечивает функциональность руки и косметически более привлекательна, чем ампутация предплечья.

М.Э. Пусева и соавт. [39] описали клиническое наблюдение этапного комбинированного оперативного лечения ложного сустава диафиза лучевой кости в сочетании с застарелыми вывихами головок лучевой и локтевой костей методом чрескостного остеосинтеза с хорошим функциональным результатом. Срок нахождения в аппарате составил 10 мес.

Посттравматические деформации

При лечении свежих, а тем более осложненных переломов костей предплечья окончательная оценка должна проходить по критерию анатомического и функционального результата. В качестве оцениваемого признака при неправильном сращении для определения значимых и приемлемых деформаций использован функциональный результат. Следует придерживаться понимания взаимодействия между лучевой и локтевой костями как о «едином функциональном суставе», а не как о двух независимых костях, и тогда влияние деформации на ограничение функции конечности становится очевидным. Показаниями к корригирующим остеотомиям служат ограничение ротационных движений, нестабильность и боли в дистальном радиоульнарном сочленении, косметический дефект [40–42].

Несмотря на развитие технологий и новые разработки фиксирующих устройств для остеосинтеза, неправильное сращение отломков до сих пор остается самым частым осложнением при переломах костей предплечья. Чаще всего посттравматические деформации встречаются после консервативного лечения — до 37 % всех случаев [43]. Они приводят к ограничению движений и нестабильности, сопровождаются болевым синдромом и косметическими дефектами, что снижает качество жизни пациентов и их работоспособность. Проведенные исследования показали, что чем точнее выполнена анатомическая репозиция отломков, тем больше вероятность правильного сращения и полного восстановления ротационных движений, а также движений в запястье [12, 44]. Репозиция состоит в восстановлении длины, соосности, выравнивании ротации и смещении по ширине. Кроме того, для хорошего функционального результата требуется восстановление физиологической кривизны [10].

Как правило, для исправления посттравматической деформации требуется хирургическое вмешательство. Для его успешного выполнения необходимо точное предоперационное планирование. При простых деформациях бывает достаточно выполнения стандартных рентгенограмм в прямой и боковой проекциях; однако многие деформации многоплоскостные и требуют выполнения компьютерной томографии [45].

Показания к операции основываются на наличии функциональных ограничений в виде потери ротационной функции предплечья. Следует учитывать последствия травм мягких тканей в виде рубцов и контрактуры, которые будут препятствовать восстановлению амплитуды движений после операции. При выполнении корригирующих остеотомий следует обязательно планировать релиз межкостной мембраны. Лучшие результаты можно ожидать, если хирургическую коррекцию выполнять как можно раньше, чтобы минимизировать последствия десмогенных контрактур.

С.А. Goldfarb и соавт. [46] сравнивали у 23 пациентов субъективные результаты с объективными показателями: силу схвата кисти, амплитуду дви-

жений и данные рентгенографии. Они не смогли установить взаимосвязь между амплитудой движений в предплечье и восстановлением лучевой кривизны, что противоречит взглядам большинства ортопедов. Авторы утверждают, что снижение функции воспринимается пациентом тогда, когда амплитуда движений меньше, чем на неповрежденной стороне. Что касается снижения силы схвата кисти, то даже если оно статистически значимо, оно не коррелировало с результатами субъективной оценки. Они пришли к выводу, что для восстановления функции более важным является ранняя реабилитация, что по нашему мнению, не принесет положительного функционального результата без восстановления анатомии. Зависимость функциональных результатов от восстановления анатомии после остеотомии отмечена и другими авторами [47]. Кроме того, А.С. Yöğürköğlu и соавт. [48] отметили, что игнорирование физиологической кривизны лучевой кости может негативно сказаться на сращении перелома.

Отмечено, что относительное укорочение одной из костей с локализацией дефекта в средней и дистальной трети приводит к худшему функциональному результату, нежели локализации дефекта в проксимальной трети [49].

В целом посттравматические деформации предплечья могут привести к функциональному дефициту движений и нестабильности в дистальном радиоульнарном сочленении. Корригирующие остеотомии технически сложны и требуют тщательного предоперационного планирования для восстановления анатомии. Осложнения встречаются достаточно часто, поэтому с пациентами необходимо проводить тщательное обсуждение планируемого лечения и возможных исходов операции. Функциональный результат лучше, если исправление деформации осуществляется в течение года после первичной травмы. Возможные осложнения менее тяжелы и наблюдаются в этот период реже [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленном обзоре рассматриваются разнообразные методы лечения пациентов с несращениями, ложными суставами, дефектами и посттравматическими деформациями костей предплечья, однако процент неудовлетворительных результатов остается достаточно высоким. Большинство методов лечения акцентированы на восстановление анатомии, однако способы фиксации должны предполагать возможность раннего функционального лечения. Проведенный анализ литературных источников указывает на необходимость продолжения поиска новых подходов к лечению пациентов с указанной патологией.

ЛИТЕРАТУРА [REFERENCES]

1. Anderson LD, Sisk TD, Tooms RE, Park WI 3rd. Compression-plate fixation in acute diaphyseal fractures of the radius and ulna. *J Bone Joint Surg Am.* 1975;57(3):287–297.

2. Faldini C, Pagkrati S, Nanni M, et al. Aseptic forearm nonunions treated by plate and opposite fiular autograft strut. *Clin Orthop Relat Res.* 2009;467(8):2125–2134. doi: 10.1007/s11999-009-0827-5.
3. Faldini C, Miscione MT, Acri F, et al. Use of homologous bone graft in the treatment of aseptic forearm nonunion. *Musculoskelet Surg.* 2011;95(1):31–35. doi: 10.1007/s12306-011-0117-8.
4. Wei SY, Born CT, Abene A, et al. Diaphyseal forearm fractures treated with and without bone graft. *J Trauma.* 1999;81(1):1045–1048. doi: 10.1097/00005373-199906000-00011.
5. Jayakumar P, Jupiter JB. Non-union in forearm fractures. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech.* 2014;81(1):22–32.
6. Boussakri H, Elibrahimi A, Bachiri M, et al. Nonunion of fractures of the ulna and radius diaphyses: clinical and radiological results of surgical treatment. *Malays Orthop J.* 2016;10(2):27–34 doi: 10.5704/MOJ1607006.
7. Kloen P, Wiggers JK, Buijze GA. Treatment of diaphyseal nonunions of the ulna and radius. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(12):1439–1445. doi: 10.1007/s00402-010-1071-x.
8. Osman L, Yavuz A, Umut Y, et al. Evaluation of outcomes in aseptic non-unions of the forearm bones in adults treated with LCP and autograft. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.* 2016;22(3):283–289. doi: 10.5505/tjtes.2015.73780.
9. Ring D. Monteggia fractures. *Orthop Clin N Am.* 2013;44(2):59–66. doi: 10.1016/j.ocl.2012.08.007.
10. Richard MJ, Ruch DS, Aldridge JM 3rd. Malunions and non-unions of the forearm. *Hand Clin.* 2007;23(2):235–243. doi: 10.1016/j.hcl.2007.02.005.
11. Nicoll EA. The treatment of gaps in long bones by cancellous insert grafts. *J Bone Joint Surg.* 1956;38-B(1):70–82. doi: 10.1302/0301-620X.38B1.
12. Илизаров Г.А., Каплунув А.Г., Дегтярев В.Е. Лечение лозных суставов и несросшихся переломов, осложненных инфекцией, методом компрессионно-дистракционного остеосинтеза. *Ортопедия, травматология и протезирование.* 1972;(11):10–14. [Ilizarov GA, Kaplunov AG, Degtyarev VE. Treatment of pseudoarthrosis and non-union fractures complicated by infection using compression-distraction osteosynthesis. *Ortopediya, travmatologiya i protezirovaniye.* 1972;(11):10–14. (In Russ.)]
13. Соколова М.Н. *Лечение больных с дефектами и ложными суставами костей предплечья методом чрескостного остеосинтеза:* Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Курган, 2011. 28 с. [Sokolova MN. *Lechenie bol'nykh s defektami i lozhnymi sustavami kostei predplech'ya metodom chreskostnogo osteosinteza.* [dissertation abstract]. Kurgan; 2011. 28 p. (In Russ.)]
14. Kamrani RS, Mehrpour SR, Sorbi R. Treatment of nonunion of the forearm bones with posterior interosseous bone flap. *J Orthop Sci.* 2013;18:563–568. doi: 10.1007/s00776-013-0395-0.
15. Kinoshita M, Naito K, Aritomi K, et al. Forearm nonunion caused by hyperparathyroidism with 7 years follow up: a case report. *Int J Surg Case Rep.* 2017;38:158–162. doi: 10.1016/j.ijscr.201707032.
16. McKee MD, Miranda MA, Riemer BL. Management of humeral nonunion after the failure of locking intramedullary nails. *J Orthop Trauma.* 1996;10(7):492–499. doi: 10.1097/00005131-199610000-00008.
17. Kuyucu E, Koçyiğit F, Ciftçi L. The importance of patient compliance in nonunion of forearm fracture. *Int J Surg Case Rep.* 2014;5(9):598–600. doi: 10.1016/j.ijscr.201404033.
18. Faldini C, Traina F, Perna F, et al. Surgical treatment of aseptic forearm nonunion with plate and opposite bone graft strut. Autograft or allograft? *Int Orthop.* 2015;39(7):1343–1349. doi: 10.1007/s00264-015-2718-6.
19. Афаунов А.И., Афаунов А.А., Плясов С.А., Васильченко П.П. Хирургическая тактика устранения сегментарных дефектов костей предплечья. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2008;(1):44–52. [Afaunov AI, Afaunov AA, Plyasov SA, Vasil'chenko PP. Surgical tactics for eliminating segmental defects of the forearm bones. *Vestnik travmatologii i ortopedii im. N.N. Priorova.* 2008;(1):44–52. (In Russ.)]
20. Kloen P, Buijze GA, Ring D. Management of forearm non-unions: current concepts. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2012;7(1):1–11. doi: 10.1007/s11751-011-0125-0.
21. Prasarn ML, Ouellette EA, Miller DR. Infected nonunions of diaphyseal fractures of the forearm. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130(7):867–873. doi: 10.1007/s00402-009-1016-4.
22. Regan DK, Crespo AM, Konda SR, Egol KA. Functional outcomes of compression plating and bone grafting for operative treatment of nonunions about the forearm. *J Hand Surg Am.* 2018;43(6):564e1–564e9. doi: 10.1016/j.jhssa.201710039.
23. Zhang Q, Yin P, Hao M, et al. Bone transport for the treatment of infected forearm nonunion. *Injury.* 2014;45(12):1880–1884. doi: 10.1016/j.injury.201407029.
24. Schulte LM, Meals CG, Neviasser RJ. Management of adult diaphyseal both-bone forearm fractures. *J Am Acad Orthop Surg.* 2014;22(7):437–446. doi: 10.5435/JAAOS-22-07-437.
25. Hong G, Cong-Feng L, Hui-Peng S, et al. Treatment of diaphyseal forearm nonunions with interlocking intramedullary nails. *Clin Orthop Relat Res.* 2006;450:186–192. doi: 10.1097/01blo00002144448764575.
26. Visna P, Beitel E, Pilny J, et al. Interlocking nailing of forearm fractures. *Acta Chir Belg.* 2008;108(3):333–338. doi: 10.1080/00015458.2008.11680232.
27. Hofmann A, Hessmann MH, Rudig L, et al. Intramedullary osteosynthesis of the ulna in revision surgery. *Unfallchirurg.* 2004;107(7):583–592. (In German.) doi: 10.1007/s00113-004-0790-2.
28. Лазарев А.Ф., Ильин А.А., Солад Э.И., Какабадзе М.Г. Оперативное лечение дефектов длинных трубчатых костей методом опорной каркасной металлопластики. *Травматология и ортопедия России.* 2006;(2):183–184. [Lazarev AF, Il'in AA, Solod EI, Kakabadze MG. Surgical treatment of defects of long tubular bones using the method of supporting frame metalplasty. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2006;(2):183–184. (In Russ.)]
29. Saka G, Saglam N, Kurtulmus T, et al. Treatment of diaphyseal forearm atrophic nonunions with intramedullary nails and modified Nicoll's technique in adults. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2014;48(3):262–270. doi: 10.3944/AOTT.2014.3259.
30. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Лушников С.П. Новый способ одномоментной несвободной пластики двумя кровоснабжаемыми костными аутоотрансплантатами при ложных суставах обеих костей предплечья. *Травматология и ортопедия России.* 2010;(1):89–93. [Tikhilov RM, Kochish AYu, Lushnikov SP. A new method of one-stage non-free plasty with two blood-supplied bone autografts for false joints of both forearm bones. *Travmatologiya i ortopediya Rossii.* 2010;(1):89–93. (In Russ.)]
31. Idrissi KK, Galiua F. Non-vascularized fibular graft as salvage technique for forearm reconstruction. *Chir Main.* 2010;29(2):118–120. doi: 10.1016/j.main.2010.01.004.
32. Kamrani RS, Farhoud AR, Nabian MH, Farhadi L. Treatment of nonunion of forearm bones using radial forearm bone flap. *Trauma Mon.* 2015;20(4):e22622. doi: 10.5812/traumamon22622.
33. Серeda А.П. *Применение блокируемых компрессирующих пластин при замещении дефектов костей предплечья:* Автореф. дисс ... канд. мед. наук. М., 2008. 178 с. [Sereda AP. *Primeneniye blokiruemykh kompressiruyushchikh plastin pri zameshchenii defektov kostei predplech'ya.* [dissertation abstract]. Moscow; 2008. 178 p. (In Russ.)]
34. Елдзаров П.Е. Лечение псевдоартрозов костей предплечья методом Илизарова. *Хирургия.* 2012;(8):60–64. [Eldzarov PE. Treatment of pseudoarthrosis of the forearm

- bones by the Ilizarov method. *Khirurgiya*. 2012;(8):60–64. (In Russ.)]
35. Orzechowski W, Morasiewicz L, Dragan S, et al. Treatment of non-union of the forearm using distraction-compression osteogenesis. *Ortop Traumatol Rehabil*. 2007;9(4):357–365.
 36. Борзунов Д.Ю., Соколова М.Н. Методические принципы замещения дефектов костей предплечья с использованием технологий чрескостного остеосинтеза. *Травматология и ортопедия России*. 2010;(3):103–110. [Borzunov DYu, Sokolova MN. Methodical principles for replacing forearm bone defects using transosseous osteosynthesis technologies. *Travmatologiya i ortopediya Rossii*. 2010;(3):103–110. (In Russ.)]
 37. Walker M, Sharareh B, Mitchell SA. Masquelet reconstruction for posttraumatic segmental bone defects in the forearm. *J Hand Surg Am*. 2019;44(4):342e1–342e8. doi: 10.1016/j.jhsa.201807003.
 38. Devendra A, Velmurugesan PS, Dheenadhayalan J, et al. One-bone forearm reconstruction: a salvage solution for the forearm with massive bone loss. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101(15):e74. doi: 10.1016/j.jbjs.2018.01.0235.
 39. Пусева М.Э., Кинаш И.Н., Верхозина Т.К. Преимущества стержневой фиксации при диафизарных переломах костей предплечья по данным реовазографии. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2014;(6):34–38. [Puseva ME, Kinash IN, Verkhozina TK. Advantages of rod fixation in diaphyseal fractures of the forearm bones according to rheovasography data. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*. 2014;(6):34–38. (In Russ.)]
 40. Bouso A, Ndiaye A, Diémé C, et al. Malunion of fractures of the midshafts of the radius and ulna in adults. A series of 10 cases. *Chir Main*. 2007;26(3):288–292. (In French.) doi: 10.1016/j.main.2007.09.003.
 41. Capo JT, Hashem J, Orillaza NS, et al. Treatment of extra-articular distal radial malunions with an intramedullary implant. *J Hand Surg Am*. 2010;35(6):892–899. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.02.032.
 42. Chia DS, Lim YJ, Chew WY. Corrective osteotomy in forearm fracture malunion improves functional outcome in adults. *J Hand Surg Eur*. 2011;36(2):102–106. doi: 10.1177/1753193410380585.
 43. Sharma H, Khare GN, Singh S, et al. Outcomes and complications of fractures of distal radius (AO type B and C): volar plating versus nonoperative treatment. *J Orthop Sci*. 2014;19(4):537–544. doi: 10.1007/s00776-014-0560-0.
 44. Bushnell BD, Bynum DK. Malunion of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg*. 2007;15(1):27–40. doi: 10.5435/00124635-200701000-00004.
 45. Leong NL, Buijze GA, Fu EC, et al. Computer-assisted versus non-computer-assisted preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radius malunions: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*. 2010;11:282. doi: 10.1186/1471-2474-11-282.
 46. Goldfarb CA, Ricci WM, Tull F, et al. Functional outcome after fracture of both bones of the forearm. *J Bone Joint Surg Br*. 2005;87(3):374–379. doi: 10.1302/0301-620x.87b3.15509.
 47. Nagy L, Jankauskas L, Dumont CE. Correction of forearm malunion guided by the preoperative complaint. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(6):1419–1428. doi: 10.1007/s11999-008-0234-3.
 48. Yörükoğlu AC, Demirkan AF, Akman A, et al. The effects of radial bowing and complications in intramedullary nail fixation of adult forearm fractures. *Eklem Hastalik Cerrahisi*. 2017;28(1):30–34. doi: 10.5606/ehc.201705.
 49. Schnapp L, Colakoglu S, Couceiro J, et al. Forearm shortening impact on pronation and supination. *J Hand Surg Asian Pac*. 2019;24(3):289–296. doi: 10.1142/S242483551950036X.
 50. Trousdale RT, Linscheid RL. Operative treatment of malunited fractures of the forearm. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77(6):894–902. doi: 10.2106/00004623-199506000-00010.

Информация об авторах:

Сергей Николаевич Черняев — канд. мед. наук, ассистент кафедры травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург; заведующий отделением травматологии и ортопедии, ГБУЗ «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург. E-mail: nepalopeno@mail.ru.

Валентин Александрович Неверов — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения России, Санкт-Петербург; руководитель отделения травматологии и ортопедии, ГБУЗ «Городская Мариинская больница», Санкт-Петербург. E-mail: 5507974@mail.ru.

Information about the authors:

Sergey N. Chernyaev — MD, Cand. Sci. (Med.), assistant lecturer, Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia; Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia. E-mail: traumamariin@gmail.com

Valentin A. Neverov — MD, PhD, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mechnikov North-Western State Medical University, Saint Petersburg, Russia; Chief of the Department of Traumatology and Orthopedics, Mariinsky City Hospital, Saint Petersburg, Russia. E-mail: 5507974@mail.ru.