

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ОСТЕОСИНТЕЗА И РЕОСТЕОСИНТЕЗА ДИАФИЗА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

К.И. Хорак, П.Г. Коган, А.Р. Лях, Д.В. Стафеев

Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии
имени Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. *Актуальность.* Каждый год в результате травм и их последствий умирает около 800 тысяч человек, в Российской Федерации частота травматизма составляет 12 %. На долю переломов диафиза плечевой кости приходится 1–5 % от общего числа травматических повреждений скелета, вместе с этим в современном обществе отсутствует тенденция к снижению травматизма, следовательно, не уменьшается и количество оперативных вмешательств, направленных на восстановление целостности кости. Среди причин неудовлетворительных результатов остеосинтеза выделяют ятрогенные: несоответствие с биомеханической точки зрения, выбор неподходящей металлоконструкции, недостаточно правильное сопоставление концов костных отломков и пренебрежение противопоказаниями к использованию погружных конструкций при повышенной загрязненности раны при открытых переломах. К неинфекционным осложнениям первичного остеосинтеза отнесены ложные суставы, неправильно сросшиеся переломы, несостоятельный остеосинтез, а также переломы и миграции имплантированных металлоконструкций. Описанные осложнения являются основанием для проведения повторного (ревизионного) оперативного вмешательства или реостеосинтеза. *Целью* настоящего исследования является анализ исторических аспектов развития методов остеосинтеза и реостеосинтеза, а также определение перспектив их дальнейшего развития. *Материалы и методы.* В процессе написания статьи был проведён анализ данных литературных источников, опубликованных в период с 2016 по 2023 год. *Результаты.* Говоря о выборе методики остеосинтеза, следует отметить, что никакие рекомендуемые и максимально детально описанные техники не смогут в полной мере охватить разнообразие ситуаций, возникающих в ходе операций остеосинтеза, поэтому, в первую очередь, положительный исход зависит от опыта хирурга и его умения принимать ситуативные решения. Каждая из применяемых методик имеет как преимущества, так и недостатки, и какой именно тактике лечения не отдал бы предпочтение хирург, всегда существует риск развития осложнений и, как следствие, неудовлетворительного результата. В таких случаях пациентам проводят ревизионные операции остеосинтеза (реостеосинтез), минимизируя или же полностью устраняя костные дефекты. Сложность коррекции последствий травм диафиза плечевой кости обусловлена разнообразием состояний, приводящих к развитию различного рода костных дефектов или ложных суставов, а также в ограниченном количестве методик, способных в короткие сроки полноценно восстановить повреждение. Учитывая достаточно большие сроки консолидации отломков, реабилитация пациентов с данным типом патологии подразумевает использование для скрепления фрагментов кости устройств, способных обеспечить стабильную фиксацию и возможность раннего восстановления функций верхней конечности. Как правило, ревизионные хирургические вмешательства включают иссечение рубцов из межфрагментарной области или кортикотомию, устранение деформации (при наличии), риммирование костномозговой полости и интрамедуллярный остеосинтез, к которому в редких случаях могут дополнительно применить фиксацию короткой пластиной. Спектр ревизионных хирургических вмешательств может включать реостеосинтез в сочетании с удлинением сегмента и корригирующими остеотомиями, костной алло- и аутопластикой, с удлинением кости на гвозде в аппарате внешней фиксации. *Заключение.* Развитие современных технологий остеосинтеза и реостеосинтеза диафизов длинных трубчатых костей в целом и плечевой кости в частности прошло серьёзный эволюционный путь. В последние десятилетия активно развиваются и совершенствуются методы и технологии остеосинтеза. По мере развития знаний в области механизма костного сращения меняются дизайны имплантатов и технологии их установки, разрабатываются новые модификации оперативных доступов. При выборе метода фиксации костных фрагментов всё большую популярность получают малоинвазивные методики остеосинтеза. В настоящее время активно внедряются комбинации разных методов реостеосинтеза, что значительно расширяет их возможности, в сравнении с их применением по отдельности.

Ключевые слова: ложный сустав, диафиз плечевой кости, металлоостеосинтез, реостеосинтез, несросшийся перелом, деформация плечевой кости, костная аутопластика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование проводилось без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Хорак К.И., Коган П.Г., Лях А.Р., Стафеев Д.В. История и перспективы развития методов остеосинтеза и реостеосинтеза диафиза плечевой кости. *Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье.* 2023;13(4):69–75. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2023.4.CLIN.8>

HISTORY AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF METHODS OF OSTEOSYNTHESIS AND OSTEOSYNTHESIS OF THE HUMERUS DIAPHYSIS

K.I. Khorak, P.G. Kogan, A.R. Lyakh, D.V. Stafeev

Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, St. Petersburg, Russia

Abstract. *Relevance.* About 800 thousand people die every year as a result of injuries and their consequences, in the Russian Federation the frequency of injuries is 12 %. Fractures of the humerus diaphysis account for 1–5 % of the total number of traumatic injuries of the skeleton, at the same time, there is no tendency to reduce injuries in modern society, therefore, the number of surgical interventions aimed at restoring the integrity of the bone does not decrease. Among the reasons for the unsatisfactory results of osteosynthesis, iatrogenic ones are distinguished: inconsistency from a biomechanical point of view, the choice of an unsuitable metal structure, insufficiently correct comparison of the ends of bone fragments and neglect of contraindications to the use of submerged structures with increased contamination of the wound with open fractures. Non-infectious complications of primary osteosynthesis include false joints, improperly fused fractures, untenable osteosynthesis, as well as fractures and migrations of implanted metal structures. The described complications are the basis for repeated (revision) surgery, or rheosteosynthesis. *The purpose* of this study is to analyze the historical aspects of the development of osteosynthesis and rheosteosynthesis methods, as well as to determine the prospects for their further development. *Materials and methods.* In the process of writing the article, the analysis of data from literary sources published in the period from 2016 to 2023 was carried out. *Results.* Speaking about the choice of osteosynthesis technique, it should be noted that no recommended and maximally described techniques will be able to fully cover the variety of situations that arise during osteosynthesis operations, therefore, first of all, a positive outcome depends on the experience of the surgeon and his ability to make situational decisions. Each of the methods used has both advantages and disadvantages, and which treatment tactics the surgeon would not prefer – there is always a risk of complications and, as a result, an unsatisfactory result. In such cases, patients undergo revision operations of osteosynthesis (rheosteosynthesis), minimizing or completely eliminating bone defects. The complexity of correcting the consequences of injuries of the humerus diaphysis is due to the variety of conditions leading to the development of various kinds of bone defects or false joints, as well as in a limited number of techniques that can fully repair the damage in a short time. Taking into account the rather long periods of consolidation of fragments, rehabilitation of patients with this type of pathology implies the use of devices capable of providing stable fixation and the possibility of early restoration of upper limb functions for fastening bone fragments. As a rule, revision surgical interventions include excision of scars from the interfragmental area or corticotomy, removal of deformation (if present), rimming of the medullary cavity and intramedullary osteosynthesis, to which, in rare cases, fixation with a short plate may additionally be applied. The range of revision surgical interventions may include rheosteosynthesis in combination with: segment elongation and corrective osteotomies, bone allo- and autoplasty, with bone elongation on a nail in an external fixation device. *Conclusion.* The development of modern technologies of osteosynthesis and osteosynthesis of the diaphyses of long tubular bones in general, and the humerus in particular, has passed a serious evolutionary path. In recent decades, methods and technologies of osteosynthesis have been actively developing and improving. With the development of knowledge in the field of the mechanism of bone fusion, implant designs and installation technologies are changing, new modifications of operative accesses are being developed. When choosing the method of fixation of bone fragments, minimally invasive osteosynthesis techniques are becoming increasingly popular. Currently, combinations of different rheosteosynthesis methods are being actively introduced, which significantly expands their capabilities, in comparison with their application separately.

Key words: false joint, humerus diaphysis, metalosteosynthesis, rheosteosynthesis, ungrown fracture, humerus deformity, bone autoplasty.

Competing interests. The authors declare no competing interests.

Funding. This research received no external funding.

Cite as: Khorak K.I., Kogan P.G., Lyakh A.R., Stafeev D.V. History and prospects of development of methods of osteosynthesis and osteosynthesis of the humerus diaphysis. *Bulletin of the Medical Institute "REAVIZ". Rehabilitation, Doctor and Health.* 2023;13(4):69–75. <https://doi.org/10.20340/vmi-rvz.2023.4.CLIN.8>

Актуальность

Каждый год в результате травм и их последствий умирает около 800 тысяч человек, в Российской Федерации частота травматизма составляет 12 %. По мнению многих исследователей, травматологическая патология является второй по распространённости после сердечно-сосудистой системы и первой среди оснований выхода на первичную инвалидность и дальнейшую нетрудоспособность. На долю переломов диафиза плечевой кости приходится 1–5 % от общего числа травматических повреждений скелета, вместе с этим в современном обществе отсутствует тенденция к снижению травматизма, следовательно, не уменьшается и количество оперативных вмешательств, направленных на восстановление целостности кости [1, 2]. Ткаченко А.Н. и соавторы отмечают отчётливую тенденцию роста числа оскольчатых диафизарных переломов длинных трубчатых костей [1]. В связи с актуальностью данной проблемы необходимым стало усиленное развитие как теоретической, так и практической отраслей

травматологии: были разработаны хирургические методы лечения заболеваний опорно-двигательной системы с использованием различного рода металлоконструкций, а также тактики и техники хирургического лечения – всё это значительно поспособствовало улучшению результатов лечения пациентов травматологического профиля, снизив продолжительность периода нетрудоспособности, инвалидность и смертность [1, 3, 4].

Оперативное лечение позволяет более точно восстановить анатомическую структуру повреждённой кости и спрогнозировать восстановление функции конечности, а также снизить вероятность повторного смещения костных фрагментов и их неправильного сращения. Хирургическое вмешательство при переломе диафиза плечевой кости может быть проведено различными методами остеосинтеза (накостным, чрескостным, внеочаговым и интрамедуллярным), и выбор варианта фиксации проводится с учётом локализации перелома, качества кости, характера травмы и сопутствующих повреждений мягких тканей [5].

Однако срок сращения перелома зависит не только от тактики лечения, но и от протяжённости зоны повреждения и её локализации, а также от величины пострепозиционного смещения костных фрагментов. Таким образом, адекватный выбор тактики, методов и сроков лечения пациентов с переломами диафиза плечевой кости остаётся актуальным вопросом для положительного исхода и в настоящее время [6–9].

Среди причин неудовлетворительных результатов остеосинтеза Цискарашвили А.В. и соавторы, прежде всего, выделяют ятрогенные: несоответствие с биомеханической точки зрения, выбор неподходящей металлоконструкции, недостаточно правильное сопоставление концов костных отломков и пренебрежение противопоказаниями к использованию погружных конструкций при повышенной загрязнённости раны при открытых переломах [4]. Поскольку любое хирургическое вмешательство, связанное с имплантацией фиксатора, способно спровоцировать возникновение инфекционных осложнений, повторное применение методов остеосинтеза в разы увеличивает риск заражения [4, 10]. Также Хоминец В.В. и соавторы отмечают увеличение частоты неинфекционных осложнений, возникающих в результате неправильного использования разнообразных имплантатов [11]. К неинфекционным осложнениям первичного остеосинтеза ими были отнесены ложные суставы, неправильно сросшиеся переломы, несостоятельный остеосинтез, а также переломы и миграции имплантированных металлоконструкций. Описанные осложнения являются основанием для проведения повторного (ревизионного) оперативного вмешательства или реостеосинтеза.

Целью настоящего исследования является анализ исторических аспектов развития методов остеосинтеза и реостеосинтеза, а также определение перспектив их дальнейшего развития.

Материалы и методы

В процессе написания статьи был проведён анализ данных литературных источников, опубликованных в период с 2016 по 2023 год.

Результаты и их обсуждение

Концепция внутренней фиксации переломов зародилась в середине XIX века, однако точная дата проведения первых операций с использованием пластин, винтов и проволоки неизвестна. В 1862 году в работах Ernst Julius Gurlt были описаны случаи открытой репозиции переломов с попытками остеосинтеза винтами и проволокой. Первая посвящённая остеосинтезу книга была издана в 1870 году, её автор, Laurent Jean Baptiste Bérenger-Féraud, собрал в ней данные о более чем 400 случаях оперативного лечения переломов. Первая работа, содержащая описание остеосинтеза пластиной, была опубликована в 1886 году немецким хирургом Карлом Хансманном (Carl Hansmann). В период с 1870 по 1886 год возможности остеосинтеза переломов ограничивались проволокой, штифтами из слоновой кости и примитивными вариантами наружной фиксации [12–14].

Из-за отсутствия возможности визуализации перелома рентгенологическими методами оперативное лечение преимущественно применялось к переломам костей, расположенным «подкожно». Открытие в 1895 году рентгеновских лучей дало возможность более точной диагностики переломов и вывихов, а также оценке процессов костного сращения и исхода, и послужило толчком к стремительному развитию методов, техник и материалов, используемых при остеосинтезе [12, 13].

В 1902 году бельгийский хирург Альбен Ламбот (A. Lambotte) начал использовать металлические пластины из латуни, меди и железа для более быстрого и эффективного сращения переломов, а также винты для соединения отломков костей и ввёл в употребление термин «osteosintez» [13].

В 1958 году швейцарскими хирургами M. Allgöwer, M.E. Müller, H. Willenegger и R. Schneider была сформирована Ассоциация по изучению внутренней фиксации (AO/ASIF). В этом же году были сформированы четыре основных принципа хирургического лечения переломов: анатомическая репозиция отломков, стабильная внутренняя фиксация, сохранение кровоснабжения, ранняя мобилизация смежных с переломом мышц и суставов. С течением времени данные принципы претерпели некоторые изменения, однако общая концепция осталась прежней. Теперь основные задачи ассоциации включают минимальное операционное нарушение кровообращения, использование малоcontactных пластин, минимальное повреждение кости (снижение риска рефрактур после удаления пластины) и оптимальную переносимость имплантата тканями. Подобные изменения в концепции демонстрируют смещение акцента на сохранение жизнеспособности тканей [12, 13, 15, 16].

Первыми предшественниками современной методики интрамедуллярного остеосинтеза Беленький И.Г. и Хоминец В.В. считают хирургов Theodor Bilroth и Johann Friedrich Die Venbach, опубликовавших в 1846 году результаты лечения несращения плечевой кости колышками, изготовленными из слоновой кости [17]. В статье также упоминается американский хирург Gaillard, впервые применивший интрамедуллярный металлический остеосинтез для лечения ложного сустава плечевой кости, используя в качестве фиксатора металлическую трубку. К началу XX века к медицинскому сообществу пришло осознание того, что применение остеосинтеза способно значительно улучшить исход лечения множества переломов и их последствий, что стало одной из главных предпосылок к активному развитию методов остеосинтеза. Так, в 1913 году немецкий хирург G. Schöne впервые опубликовал методику закрытой интрамедуллярной фиксации костных фрагментов серебряными спицами, позже, в 1940 году, его концепция была использована английским ортопедом Lambrinudi в описании методики остеосинтеза спицами Киршнера. В 1937 году для стабилизации переломов длинных костей братьями Rush начали использоваться длинные тонкие гибкие стальные проволоки (спицы). Так, качественные интрамедуллярные фиксаторы для остеосинтеза длинных трубчатых костей были широко представлены на мировом рынке уже в 1970-е годы. А в начале

1980-х Jean-Paul Metaizeau, основываясь на методике румынского хирурга Firica, продемонстрировал стабилизацию диафизарных переломов трубчатых костей за счёт введения в костномозговой канал двух гибких изогнутых стержней [17, 18].

Авторы Зедгенидзе И.В. и Павлов Л.Ю. в своей статье сообщают о попытках чрескостного соединения костей в 1840 и 1843 годах хирургом J. Malgaigne, использование спице-стержневой конструкции аппаратов повышало жёсткость фиксации отломков [14]. Метод чрескостного остеосинтеза, доработанный и улучшенный Г.А. Илизаровым, был предложен на заседании Свердловского научного медицинского общества травматологов-ортопедов в 1952 году и позволил успешно решать практически все сложные клинические ситуации. Одним из успешно реализованных им направлений стала разработка ряда приёмов оптимизации лечения пациентов аппаратом Илизарова. Чрескостный остеосинтез остается одним из передовых способов коррекции ложных суставов плечевой кости и считается наиболее щадящим и оправданным методом оперативного лечения. В сравнении с остальными методами остеосинтеза, он имеет ряд преимуществ, таких как возможность репозиции костных фрагментов закрытым способом, малая травматичность хирургического вмешательства, ранняя функциональная активность пациента и купирование инфекционных процессов. До сих пор он не имеет альтернатив при лечении открытых переломов, огнестрельных ранений, политравм, обширных костных дефектов и прочих поражений опорно-двигательной системы [19–22]. Токтаров Е.Н. и соавторы отмечают широкое применение чрескостного остеосинтеза в травматологической практике за последние несколько десятков лет [23]. Несмотря на многочисленные преимущества данной методики, в статье Цискарашвили А.В. сообщается о её нераспространенности среди оперирующих травматологов-ортопедов [4]. Однако в 2020 году Тишков Н.В. продемонстрировал комбинацию чрескостного остеосинтеза с продольной кортикотомией, позволившую стабильно закрепить костные отломки на протяжении всего периода фиксации с возможностью сохранения функции движения в смежных суставах [24]. Подобное сочетание позволило добиться ускоренной консолидации.

Основными методами лечения закрытых переломов диафиза плечевой кости являются оперативные методики накостного и интрамедуллярного остеосинтеза, они обеспечивают наиболее качественное и быстрое восстановление повреждённой конечности и её функций. Остеосинтез с использованием пластин даёт возможность непосредственной визуализации, ригидной фиксации и анатомической репозиции костных фрагментов, а также визуализации и последующей защиты лучевого нерва [25]. Однако для выполнения открытой репозиции отломков кости при традиционном накостном остеосинтезе необходимо обнажение зоны перелома на достаточно большой площади, что существенно увеличивает вероятность инфекционного заражения. Боголюбовский Ю.А. и соавторы выделяют большое количество ятрогенных повреждений лучевого нерва вследствие его компрессии между костью и пласти-

ной при накостном остеосинтезе и в качестве профилактики рекомендуют обеспечивать визуализацию нерва на всём протяжении пластины при доступе к плечевой кости [26]. В связи с чем в последние годы были предложены способы малоинвазивного накостного остеосинтеза [27]. Бельский И.Г. и Майоров Б.А. отмечают более высокую результативность данного метода в сравнении с традиционным накостным и интрамедуллярным. Проведённое ими исследование продемонстрировало большую клиническую эффективность данного метода на различных уровнях: применённая методика позволила восстановить длину повреждённого участка, а также предотвратить ротационное и осевое смещения за счёт стабильной фиксации костных фрагментов [28]. Однако, несмотря на большое количество научных исследований и публикаций, доказывающих эффективность данного метода, проведение малоинвазивного накостного остеосинтеза диафиза плечевой кости пока что не получило широкого распространения в Российской Федерации.

Несмотря на большое количество преимуществ, интрамедуллярный остеосинтез диафиза плечевой кости, в отличие от большеберцовой и бедренной, не является «золотым стандартом» лечения. Взгляды на использование данной методики неоднозначны. Так, некоторые исследователи, наоборот, рекомендуют её к более широкому клиническому применению, в том числе для лечения пациентов с переломами диафиза плечевой кости [20, 29, 30]. Интрамедуллярный остеосинтез позволяет прочно зафиксировать костные фрагменты при минимальной травматизации, равномерно распределить нагрузки на имплантат за счёт его длины, а также сохранить периостальное кровообращение и практически исключить риск повреждения лучевого нерва [20, 25, 31, 32]. Для получения удовлетворительного результата необходимо чёткое соблюдение методологии, корректная подборка имплантатов, а также наличие соответствующих инструментов и навыков оперирующего хирурга [33].

Исследования Ткаченко А.Н. и Ипполитова И.Ю. отмечают, что при проведении интрамедуллярного остеосинтеза частота развития инфекционных осложнений значительно меньше, чем при проведении накостного остеосинтеза [10, 34].

Однако, в то же время, интрамедуллярный остеосинтез значительно повышает вероятность развития импиджмент-синдрома и контрактуры плечевого сустава и необходимость повторных хирургических вмешательств.

Говоря о выборе методики остеосинтеза, следует отметить, что никакие рекомендуемые и максимально детально описанные техники не смогут в полной мере охватить разнообразие ситуаций, возникающих в ходе операций остеосинтеза, поэтому, в первую очередь, положительный исход зависит от опыта хирурга и его умения принимать ситуативные решения. Каждая из применяемых методик имеет как преимущества, так и недостатки, и какой именно тактике лечения не отдаст бы предпочтение хирург, всегда существует риск развития осложнений и, как следствие, неудовлетворительного результата. В таких случаях пациентам проводят ревизионные операции

остеосинтеза (реостеосинтез), минимизируя или же полностью устраняя костные дефекты [35, 36]. Сложность коррекции последствий травм диафиза плечевой кости обусловлена разнообразием состояний, приводящих к развитию различного рода костных дефектов или ложных суставов, а также в ограниченном количестве методик, способных в короткие сроки полноценно восстановить повреждение. Учитывая достаточно большие сроки консолидации отломков, реабилитация пациентов с данным типом патологии подразумевает использование для скрепления фрагментов кости устройств, способных обеспечить стабильную фиксацию и возможность раннего восстановления функций верхней конечности [36]. Как правило, ревизионные хирургические вмешательства включают иссечение рубцов из межфрагментарной области или короткостомию, устранение деформации (при наличии), риммирование костномозговой полости и интрамедуллярный остеосинтез, к которому в редких случаях могут дополнительно применить фиксацию короткой пластиной [11, 35]. Спектр ревизионных хирургических вмешательств, описанных в исследовании Хоминца В.В. и соавт., включил

реостеосинтез в сочетании с удлинением сегмента и корригирующими остеотомиями, костной алло- и аутопластикой, с удлинением кости на гвозде в аппарате внешней фиксации [11].

Заключение

Развитие современных технологий остеосинтеза и реостеосинтеза диафизов длинных трубчатых костей в целом и плечевой кости в частности прошло серьёзный эволюционный путь. В последние десятилетия активно развиваются и совершенствуются методы и технологии остеосинтеза. По мере развития знаний в области механизма костного сращения меняются дизайны имплантатов и технологии их установки, разрабатываются новые модификации оперативных доступов. При выборе метода фиксации костных фрагментов всё большую популярность получают малоинвазивные методики остеосинтеза. В настоящее время активно внедряются комбинации разных методов реостеосинтеза, что значительно расширяет их возможности, в сравнении с их применением по отдельности.

Литература [References]

- 1 Ткаченко А.Н., Уль Хак Э., Алказ А.В., Ранков М.М., Хромов А.А., Фадеев Е.М., Мансуров Д.Ш. Частота и структура осложнений при лечении переломов длинных костей конечностей (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2017;3(29):87–94. [Tkachenko A. N., Ul Haq E., Alakoz A.V. The frequency and structure of complications in the treatment of fractures of long limb bones (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2017;3(29):87–94. (In Russ)].
- 2 Алсмади Я.М., Загородний Н.В., Солод Э.И., Лазарев А.Ф., Абдулхабилов М.А., Ананьин Д.А., Петровский Р.А. Результаты конверсионного остеосинтеза при лечении пациентов с переломами длинных костей. *Вестник Российского университета дружбы народов*. 2019;3:257–270. [Alsmadi Ya. M., Zagorodny N. V., Solod E. I., Lazarev A.F., Abdulkhabirov M.A., Ananyin D.A., Petrovsky R.A. Results of conversion osteosynthesis in the treatment of patients with long bone fractures. *Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia*. 2019;3:257–270. (In Russ)].
- 3 Коробков Д.М., Сермин М.В., Юрлов С.А., Ипполитов И.Ю., Кисткин А.И. Сравнительная оценка результатов использования накостного остеосинтеза при лечении диафизарных переломов костей голени. *Бюллетень науки и практики*. 2018;4(1):34–42. [Korobkov D.M., Serbin M.V., Orlov S.A., Ippolitov I.Yu., Kistkin A. And Comparative evaluation of the results of the use of bone osteosynthesis in the treatment of diaphyseal fractures of the lower leg bones. *Bulletin of Science and Practice*. 2018;4(1):34–42. (In Russ)].
- 4 Цискарашвили А.В., Меликова Р.Э., Жадин А.В., Кузьменков К.А. Биомеханически обоснованный чрескостный остеосинтез в лечении переломов плечевой кости, осложненных хроническим остеомиелитом, и их последствий. *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова*. 2020;27(4):28–40. [Tsiskarashvili A.V., Malikova R.E., Zhadin A.V., Kuzmenko K.A. Biomechanically based transosseous osteosynthesis in the treatment of humerus fractures complicated by chronic osteomyelitis and their consequences. *Bulletin of Traumatology and Orthopedics named after N.N. Priorov*. 2020;27(4):28–40. (In Russ)].
- 5 Волченко Д.В., Терсков А.Ю., Ахтыамов И.Ф., Удалов Ю.Д., Созонов О.А., Величко М.Н., Шпиз Е.Я., Сидорук Е.И. Профилактика осложнений малоинвазивного накостного остеосинтеза диафизарных переломов плечевой кости (топографо-анатомическое исследование). *Гений ортопедии*. 2020;26(3):313–318. [Volchenko D.V., Terskov A.Yu., Akhtyamov I.F., Udalov Yu.D., Sozonov O.A., Velichko M.N., Shpiz E.Ya., Sidoruk E.I. Prevention of complications of minimally invasive bone osteosynthesis of diaphyseal fractures of the humerus (topographic and anatomical study). *The genius of orthopedics*. 2020;26(3):313–318. (In Russ)].
- 6 Ерохин А.Н., Тарчоков В.Т. Особенности консолидации перелома диафиза плечевой кости у больных при чрескостном остеосинтезе методом Илизарова. *Травматология и ортопедия России*. 2017;23(1):70–80. [Erokhin A.N., Tarchokov V.T. Features of consolidation of the humerus diaphysis fracture in patients with transosseous osteosynthesis by Ilizarov method. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2017;23(1):70–80. (In Russ)].
- 7 Загородний Н.В., Солод Э.И., Алсмади Я.М., Лазарев А.Ф., Абдулхабилов М.А., Ананьин Д.А., Петровский Р.А., Дмитриев И.А. Конверсионный остеосинтез при лечении пациентов с переломами длинных костей конечностей. *Политравма*. 2019;3:36–45. [Zagorodny N.V., Solod E.I., Alsmadi Ya.M., Lazarev A.F., Abdulkhabirov M.A., Ananyin D.A., Petrovsky R.A., Dmitrov I.A. Conversion osteosynthesis in the treatment of patients with fractures of long limb bones. *Polytrauma*. 2019;3:36–45. (In Russ)].
- 8 Ложкин В.В., Зоря В.И. Переломы (разрушения) металлофиксаторов при остеосинтезе костей конечностей (обзор литературы). *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2017;3(29):20–25. [Lozhkin V.V., Zorya V.I. Fractures (destruction) of metal fixators in osteosynthesis of limb bones (literature review). *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2017;3(29):20–25. (In Russ)].
- 9 Набиев Е.Н., Тезекбаев К.М., Тусупов Д.С. Лечение больных с множественными переломами длинных костей конечностей (Обзор литературы). *Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета*. 2019;19(1):33–37. [Nabiev E.N., Tezekbaev K.M., Tusupov D.S. Treatment of patients with multiple fractures of the long bones of the extremities (Literature review). *Bulletin of the Kyrgyz-Russian Slavic University*. 2019;19(1):33–37. (In Russ)].
- 10 Ткаченко А.Н., Эхсан У.Х., Корнеев А.А., Кушнирчук И.И., Ранков М.М., Хромов А.А., Бойченко А.В. Прогноз инфекционных осложнений в зоне операции при металлоостеосинтезе длинных трубчатых костей. *Политравма*. 2018;1:17–25. [Tkachenko A.N., Ehsan U.H., Korneenkov A.A., Kushnirchuk I.I., Rankov M.M., Khromov A.A., Boychenko A.V. Prognosis of infectious complications in the area of surgery during metallosynthesis of long tubular bones. *Polytrauma*. 2018;1:17–25. (In Russ)].
- 11 Хоминец В.В., Фоос И.В., Михайлов С.В., Шакунов Д.А. Хирургическая тактика при лечении больных с неинфекционными осложнениями внутреннего остеосинтеза диафиза бедренной кости. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2016;2(18):34–41. [Khominecs V.V.,

- Fas I.V., Mikhailov S.V., Shahun D.A. Surgical tactics in the treatment of patients with non-infectious complications of internal osteosynthesis of the femoral diaphysis. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2016;2(18):34–41. (In Russ)].
- 12 Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Гудзь Ю.В., Григорян Ф.С. История, современное состояние и перспективы развития методов на костного остеосинтеза. *Современные проблемы науки и образования*. 2016;5:77. [Belenky I.G., Sergeev G.D., Gudzy Yu.V., Grigoryan F.S. History, current state and prospects of development of methods of bone osteosynthesis. *Modern problems of science and education*. 2016;5:77. (In Russ)].
- 13 Крадинова Е.А., Левенец С.В., Деркач А.В., Носова А.С. История применения металлоостеосинтеза (обзор литературы). *Вестник Луганского государственного педагогического университета. Биология. Медицина. Химия*. 2021;2(66):41–46. [Kradinova E.A., Levenets S.V., Derkach A.V., Nosova A.S. History of application of metallosteosynthesis (literature review). *Bulletin of Lugansk State Pedagogical University. Biology. Medicine. Chemistry*. 2021;2(66):41–46. (In Russ)].
- 14 Зедгенидзе И.В., Павлов Л.Ю. Характеристика систем аппаратов внешней фиксации, используемые при лечении диафизарных переломов длинных костей (сравнительная оценка подвижности между отломками). *Сибирский медицинский журнал*. 2018;152(1):38–41. [Zedgenidze I.V., Pavlov L.Yu. Characteristics of external fixation apparatus systems used in the treatment of diaphyseal fractures of long bones (comparative assessment of mobility between fragments). *Siberian Medical Journal*. 2018;152(1):38–41. (In Russ)].
- 15 Бэц И.Г. Хирургическое лечение переломов плечевой кости и биологические аспекты остеосинтеза. *Травма*. 2017;18(6):167–173. [Betz I.G. Surgical treatment of humerus fractures and biological aspects of osteosynthesis. *Injury*. 2017;18(6):167–173. (In Russ)].
- 16 Гусейнов А.Г., Гусейнов А. К. Г., Гусейнов А.А., Сулейманова Т. Б. Способы оптимизации заживления ран при лечении открытых переломов длинных костей конечностей. *Практическая медицина*. 2022;20(4):24–30. [Huseynov A.G., Huseynov A. K. G., Huseynov A.A., Suleimenova T. B. Ways to optimize wound healing in the treatment of open fractures of long limb bones. *Practical medicine*. 2022;20(4):24–30. (In Russ)].
- 17 Беленький И.Г., Хоминец В.В. Исторические параллели развития интрамедуллярного остеосинтеза. Состояние и перспективы. *Современные проблемы науки и образования*. 2020;5:138. [Belenky I.G., Khominets V.V. Historical parallels of the development of intramedullary osteosynthesis. Status and prospects. *Modern problems of science and education*. 2020;5:138. (In Russ)].
- 18 Егиазарян, К. А., Ивков А.В., Воронкин Д.А. Интрамедуллярный остеосинтез костей предплечья: история и современность. *Кафедра травматологии и ортопедии*. 2021;2(44):62–66. [Egiazaryan, K. A., Ivkov A.V., Voronkin D.A. Intramedullary osteosynthesis of forearm bones: history and modernity. *Department of Traumatology and Orthopedics*. 2021;2(44):62–66. (In Russ)].
- 19 Кутепов С.М., Гюльнзарова С.В. К истории изучения и развития метода чрескостного остеосинтеза на Среднем Урале. *Гений ортопедии*. 2021;27(3):307–312. [Kutepov S.M., Gulnazarova S.V. On the history of the study and development of the method of transosseous osteosynthesis in the Middle Urals. *The genius of orthopedics*. 2021;27(3):307–312. (In Russ)].
- 20 Гражданов К.А., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Чибриков А.Г., Кауц О.А., Ермолаев П.Е. Хирургическое лечение оскольчатых переломов диафиза плечевой кости. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2019;15(3):636–640. [Grazhdanov K.A., Barabash A.P., Barabash Yu.A., Chibrikov A.G., Kautz O.A., Ermolaev P.E. Surgical treatment of comminuted fractures of the humerus diaphysis. *Saratov Scientific and Medical Journal*. 2019;15(3):636–640. (In Russ)].
- 21 Хромов А.А., Гуманенко Е.К., Линник С.А. Применение новых методик при лечении пострадавших с переломами длинных трубчатых костей при тяжелой сочетанной травме. *Здоровье и образование в XXI веке*. 2021;9:59–66. [Khromov A.A., Gumanenko E.K., Linnik S.A. Application of new techniques in the treatment of victims with fractures of long tubular bones in severe combined trauma. *Health and education in the XXI century*. 2021;9:59–66. (In Russ)].
- 22 Панков И.О., Сиразитдинов С.Д., Айдаров В.И. Наш опыт оказания специализированной медицинской помощи пострадавшим с множественными переломами длинных костей конечностей. *The Scientific Heritage*. 2023;105(105):47–50. [Pankov I.O., Sirazitdinov S.D., Aidarov V.I. Our experience in providing specialized medical care to victims with multiple fractures of long limb bones. *The Scientific Heritage*. 2023;105(105):47–50. (In Russ)].
- 23 Токтаров Е.Н., Жанаспаев М.А., Тлемисов А.С., Джунусов Т.Г., Мысаев А.О., Касымов К.Т. Лечение диафизарных переломов костей голени. Обзор литературы. *Наука и здравоохранение*. 2018;20(6):58–69. [Toktarov E.N., Zhanaspaev M.A., Tlemisov A.S., Dzhusunov T.G., Mysaev A.O., Kasymov K.T. Treatment of diaphyseal fractures of the shin bones. Literature review. *Science and healthcare*. 2018;20(6):58–69. (In Russ)].
- 24 Тишков Н. В. Комбинированный чрескостный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости при нарушениях репаративного процесса (клинический случай). *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2020;5(6):211–215. [Tishkov N. V. Combined transosseous osteosynthesis of a fracture of the humerus diaphysis in disorders of the reparative process (clinical case). *Acta Biomedica Scientifica (East Siberian Biomedical Journal)*. 2020;5(6):211–215. (In Russ)].
- 25 Беленький И.Г. Комментарий к статье «Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай)». *Травматология и ортопедия России*. 2020;3:158–162. [Belenky I.G. Comment on the article "Unstable osteosynthesis of a fracture of the humerus diaphysis as the cause of a false joint and extensive bone defect (clinical case)". *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2020;3:158–162. (In Russ)].
- 26 Боголюбский Ю.А., Файн А.М., Сачков А.В., Мажорова И.И., Ваза А.Ю., Титов Р.С., Бондарев В.Б., Сергеев А.Ю. Ятрогенные повреждения лучевого нерва при остеосинтезе плечевой кости. Профилактика, диагностика и лечение. Неотложная медицинская помощь. *Журнал им. Н.В. Склифосовского*. 2020;9(1):51–60. [Bogolyubsky Yu.A., Fine A.M., Sachkov A.V., Mazhorova I.I., Vaza A.Yu., Titov R.S., Bondarev V.B., Sergeev A.Yu. Iatrogenic injuries of the radial nerve during osteosynthesis of the humerus. Prevention, diagnosis and treatment. Emergency medical care. *Journal named after N.V. Sklifosovsky*. 2020;9(1):51–60. (In Russ)].
- 27 Кочиш А.Ю., Майоров Б.А., Беленький И.Г. Оригинальный способ малоинвазивного на костного остеосинтеза спирально изогнутыми пластинами при переломах диафиза плечевой кости. *Травматология и ортопедия России*. 2016;22(3):99–109. [Kochish A.Yu., Mayorov B.A., Belenky I.G. The original method of minimally invasive bone osteosynthesis with spirally curved plates in fractures of the humerus diaphysis. *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2016;22(3):99–109. (In Russ)].
- 28 Беленький И.Г., Майоров Б.А. Методы малоинвазивного на костного остеосинтеза при лечении переломов диафиза плечевой кости. *Opinion Leader*. 2020;1(30):84–92. [Belenky I.G., Mayorov B.A. Methods of minimally invasive bone osteosynthesis in the treatment of fractures of the humerus diaphysis. *Opinion Leader*. 2020;1(30):84–92. (In Russ)].
- 29 Жаббаров Ж.Ю., Муминов А.Ш., Орипов А.А., Фозилов Х.Т. Сравнительный анализ результатов использования трех способов остеосинтеза при переломах диафиза плечевой кости. *Актуальные проблемы теоретической и клинической медицины*. 2019;25(3) 45–48. [Zhabbarov Zh.Yu., Muminov A.Sh., Oripov A.A., Fazylov H.T. Comparative analysis of the results of using three methods of osteosynthesis in fractures of the humerus diaphysis. *Actual problems of theoretical and clinical medicine*. 2019;25(3) 45–48. (In Russ)].
- 30 Толипов Н.Н., Мусаев Т.С. Хирургическое лечение переломов длинных костей у детей при сочетанных травмах. *Вестник экстренной медицины*. 2019;12(2):33–38. [Tolipov N.N., Musaev T.S. Surgical treatment of long bone fractures in children with combined injuries. *Bulletin of Emergency Medicine*. 2019;12(2):33–38. (In Russ)].

- 31 Тюлькин Е.О., Парфеев С.Г., Бойченко А.В., Марченко А.С., Калинин С.А. Наш опыт использования интрамедуллярных стержней с различными видами дистального блокирования для остеосинтеза диафизарных переломов плечевой кости. *Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2017;12(2):670–672. [Tyulkin E.O., Parfeev S.G., Boychenko A.V., Marchenko A.S., Kalinin S.A. Our experience of using intramedullary rods with various types of distal blocking for osteosynthesis of diaphyseal fractures of the humerus. *Health is the basis of human potential: problems and ways to solve them*. 2017;12(2):670–672. (In Russ)].
- 32 Кривенко С.Н., Зерний О.П., Чирах Т.М., Романчук С.А. Современные аспекты лечения больных с диафизарными переломами костей голени (Обзор литературы). *Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова*. 2020;18 (3):83–90. [Krivenko S.N., Zerniy O.P., Chirakh T.M., Romanchuk S.A. Modern aspects of treatment of patients with diaphyseal fractures of the shin bones (Literature review). *Morphological Almanac named after V.G. Koveshnikov*. 2020;18 (3):83–90. (In Russ)].
- 33 Брагина С.В., Искусов П.В., Лapidус Д.А., Ивашов А.Г., Куроптев В.Г. Нестабильный остеосинтез перелома диафиза плечевой кости как причина ложного сустава и обширного дефекта кости (клинический случай). *Травматология и ортопедия России*. 2020;26(3):150–157. [Bragina S.V., Iskusov P.V., Lapidus D.A., Ivanov A.G., Kuroptev V.G. Unstable osteosynthesis of the humerus diaphysis fracture as a cause of false joint and extensive bone defect (clinical case). *Traumatology and orthopedics of Russia*. 2020;26(3):150–157. (In Russ)].
- 34 Ипполитов И.Ю., Кисткин А.И., Широков И.И. Результаты использования блокирующего остеосинтеза при переломах длинных трубчатых костей в ургентной травматологии. *Научный альманах*. 2016;6-2 (20):351–357. [Ippolitov I.Yu., Kistkin A.I., Shirokov I.I. Results of the use of blocking osteosynthesis in fractures of long tubular bones in urgent traumatology. *Scientific almanac*. 2016;6-2 (20):351–357. (In Russ)].
- 35 Череватый Н.И., Соломин Л.Н. Накостный остеосинтез при лечении взрослых пациентов с переломами дистального отдела бедренной кости: история, настоящее, перспективы (обзор мировой литературы). *Гений ортопедии*. 2021;27(1):104–111. [Cherevaty N.I., Solomin L.N. Bone osteosynthesis in the treatment of adult patients with fractures of the distal femur: history, present, prospects (review of world literature). *The genius of orthopedics*. 2021;27(1):104–111. (In Russ)].
- 36 Гражданов К.А., Барабаш А.П., Барабаш Ю.А., Кауц О.А. Интрамедуллярный остеосинтез в лечении последствий переломов плечевой кости. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2018;14(3) 523–529. [Grazhdanov K.A., Barabash A.P., Barabash Yu.A., Kautz O.A. Intramedullary osteosynthesis in the treatment of the consequences of fractures of the humerus. *Saratov Scientific and Medical Journal*. 2018;14(3) 523–529. (In Russ)].

Авторская справка**Author's reference****Хорак Константин Иосифович****Konstantin I. Khorak**

Клинический ординатор кафедры травматологии и ортопедии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, ул. академика Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427.
ORCID 0000-0003-4043-4164

Clinical Resident of the Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia.
ORCID 0000-0003-4043-4164

Вклад автора: анализ данных литературы.

Author's contribution: literature data analysis.

Коган Павел Геннадьевич**Pavel G. Kogan**

Канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, ул. академика Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427.
ORCID 0000-0002-7179-4851

Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Traumatologist, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia.
ORCID 0000-0002-7179-4851

Вклад автора: подготовка концепции работы, анализ трендов.

Author's contribution: preparing a concept of work, analysing trends.

Лях Алексей Романович**Alexey R. Lyakh**

Врач травматолог-ортопед, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, ул. академика Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427.
ORCID 0009-0002-0569-3945

Orthopedic Traumatologist, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia.
ORCID 0009-0002-0569-3945

Вклад автора: формулирование выводов.

Author's contribution: drawing conclusions.

Стафеев Дмитрий Викторович**Dmitriy V. Stafeev**

Канд. мед. наук, врач травматолог-ортопед, заведующий кафедрой травматологии и ортопедии, Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии имени Р.Р. Вредена, ул. академика Байкова, д. 8, Санкт-Петербург, Россия, 195427.
ORCID 0009-0001-4332-2574

Cand. Sci. (Med.), Orthopedic Traumatologist, Head of the Department of Traumatology and Orthopedics, Vreden National Medical Research Center of Traumatology and Orthopedics, 8 Akademika Baykova str., St. Petersburg, 195427, Russia.
ORCID 0009-0001-4332-2574

Вклад автора: обсуждение полученных результатов.

Author's contribution: discussion of findings.