

DOI: 10.17238/issn2226-2016.2019.1.34-40

УДК 616.717.43-001.5

© Егиазарян К.А., Ратъев А.П., Тамазян В.О., Глазков К.И., Ершов Д.С., 2019

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДОСТИЖЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ШТИФТА ПРИ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ

К.А. ЕГИАЗАРЯН<sup>1,a</sup>, А.П. РАТЬЕВ<sup>1,b</sup>, В.О. ТАМАЗЯН<sup>1,2,c</sup>, К.И. ГЛАЗКОВ<sup>2,d</sup>, Д.С. ЕРШОВ<sup>1,e</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, Москва, 117997, Россия.

<sup>2</sup>ГАУЗ МО «ЦГКБ г.Реутов», Реутов, 143964, Московская область, Россия.

**Резюме:** Остеосинтез антеградным штифтом является признанным методом лечения при переломах проксимального отдела плечевой кости, который соответствует концепции минимально инвазивной хирургии. 3-х и 4-х фрагментарные переломы обычно требуют более широкого операционного доступа. Конструкция современных штифтов основана на пяти принципах: медиальная точка введения штифта, фиксация бугорков, поддержка головки плечевой кости, блокирующие винты с угловой стабильностью, устойчивая фиксация и центрирование в интрамедуллярном канале. Но исход хирургического вмешательства зависит от адекватного интраоперационного контроля над особенностями перелома.

Целью данной статьи провести анализ использования интрамедуллярных штифтов для остеосинтеза проксимального отдела плечевой кости и выявить ключевые моменты в технике операции, необходимые для получения наилучших результатов лечения.

**Выводы:** Методика остеосинтеза проксимальным плечевым штифтом при соблюдении алгоритма проста, малотравматична и быстра в исполнении, а также позволяет достичь наибольшего уровня стабильности при переломах ПОПК даже на фоне снижения костной плотности. В обязательном порядке необходима нейтрализация сил мышц ротаторов путем подшивания и армирования бугорков на основе металлического импланта. Переднелатеральный доступ дает возможность прекрасной репозиции отломков и дополнительной мягкотканой фиксации бугорков, когда обычная фиксация винтами не обеспечивает достаточной стабильности остеосинтеза.

**Ключевые слова:** перелом проксимального отдела плечевой кости; интрамедуллярный остеосинтез; ротаторная манжета; точка введения штифта.

## BASIC PRINCIPLES OF THE NAIL STABILITY IN PROXIMAL HUMERUS FRACTURES FIXATION

EGIAZARYAN K.A.<sup>1,a</sup>, RATYEV A.P.<sup>1,b</sup>, TAMAZYAN V.O.<sup>1,2,c</sup>, GLAZKOV K.I.<sup>2,d</sup>, ERSHOV D.S.<sup>1,e</sup>

<sup>1</sup>Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, 117997, Russia

<sup>2</sup>Central City Clinical Hospital of Reutov, Reutov, 143964, Moscow Region, Russia

**Summary:** Antegrade nailing has been established as a valid option of treatment in proximal humeral fractures which follows the concepts of minimum invasive surgery. Displaced three- and four-part fractures generally require a more extensive approach. The design of the modern nails is based on five principles: medial articular insertion point, fixation of the tuberosities, supporting the humeral head, angular-stable locked screws, stable fixation and centering within the medullary canal. But the outcome of the surgical procedure essentially depends on the adequate intraoperative management of the specific features of the fracture type.

The purpose of this article was to analyze the use of intramedullary nails for proximal humerus fracture and to identify the key points in the surgery technique to improve treatment results.

**Conclusion:** The technique of osteosynthesis with a proximal humeral nail in compliance with the algorithm is simple, low-traumatic and fast, and also allows to achieve the highest level of stability in fractures of the proximal humerus even with a decrease in bone density. It is mandatory to neutralize the forces of the rotator cuff by suturing and reinforcing the tubercles on the basis of a metal implant. The anterolateral approach allows excellent intraoperative reduction and additional suture fixation of tuberosities when the pure screw fixation does not provide enough stability.

**Key words:** proximal humeral fracture, intramedullary nailing, rotator cuff, nail insertion point.

### Введение

Тройное увеличение количества переломов проксимального отдела плечевой кости (ПОПК) ожидается до 2030г. [1]. Уже в 1988 году на основании большого эпидемиологического исследования в Швеции был продемонстрирован устойчивый и

значительный рост количества переломов ПОПК за последние 30 лет [2]. Другие исследователи сообщили о схожих результатах и отчасти объяснили эти выводы увеличивающимся показателем средней продолжительности жизни [3]. По мере старения населения переломы ПОПК будут представлять все более значительную социальную проблему и источник заболеваемости

<sup>a</sup> E-mail: egkar@mail.ru

<sup>b</sup> E-mail: anratiev@gmail.com

<sup>c</sup> E-mail: vartantamazyan@yandex.ru

<sup>d</sup> E-mail: glazkov15@yandex.ru

<sup>e</sup> E-mail: ershov0808@mail.ru

у пожилого населения [4,5,6]. В России прогнозируется увеличение количества переломов ПОПК со 109 тыс. в 2010 г. до 135 тыс. в 2035 г. [7].

Различные фиксаторы были предложены для фиксации переломов ПОПК, включая спицы, блокируемые пластины и интрамедуллярные штифты. Хотя до сих пор никакой из имплантов не достиг превосходства над другими, большинство специалистов соглашаются с тем, что минимально инвазивное вмешательство и адекватная фиксация должны быть основными целями любого внутреннего фиксирующего устройства [8].

Широко известно, что ранняя мобилизация после хирургического вмешательства есть главная особенность хорошего функционального результата. Изменение акцента от механического до биологических приоритетов внутренней фиксации привело к принципам "биологической внутренней фиксации". Это основано на использовании блокируемых внутренних фиксаторов, у которых есть минимальный контакт с костью, соединение с более длинным промежутком при меньшем количестве винтов [9]. Имплантатами, обеспечивающими угловую стабильность винтов, являются пластины [10,11,12] и штифты [13,14,15].

Интрамедуллярная фиксация штифтом с блокированием винтов является достаточно рациональным видом остеосинтеза, поскольку она обеспечивает несколько теоретических преимуществ по сравнению с фиксацией пластиной [16,17]. Во-первых, является менее инвазивным, требуя меньшего доступа и, таким образом, сохраняя периостальное кровоснабжение. Во-вторых, улучшает стабильность конструкции даже в случаях оскольчатых переломов и остеопорозной кости, в тоже время сохраняя некоторую эластичность (тогда как заблокированные пластины слишком ригидные) [18,19,20,21,22]. В-третьих, для более простых типов переломов, операционное время можно значительно сократить, используя чрезкожную технику.

В настоящее время интрамедуллярный остеосинтез проксимального отдела плечевой кости набирает все большую популярность. Связано это с совершенствованием технологии, эволюции имплантов и лучшим пониманием анатомии плечевого сустава. Однако ошибки и осложнения после использования штифтов продолжают сохраняться [23,24,25].

В практической деятельности и литературе сохраняется стереотип, что остеосинтез штифтами наиболее предпочтителен для двухфрагментарных переломов [26], данный вид остеосинтеза используется в основном опытными хирургами, при остеосинтезе штифтом нет возможности дополнительно укрепить бугорки плечевой кости из-за ограниченного доступа к перелому через маленький разрез.

Целью данной статьи было провести анализ использования интрамедуллярных штифтов для остеосинтеза ПОПК и выявить ключевые моменты в технике операции, необходимые для получения наилучших результатов лечения.

#### **Эволюция проксимального плечевого штифта**

Эволюция данного импланта привела к тому, что наиболее правильная форма штифта должна быть прямой. В то время как большинство антеградных штифтов имеет проксимальный изгиб, что позволяет введение штифта на стыке головки плечевой

кости и большого бугорка [27,28,29], многооскольчатость перелома может не позволить добиться адекватной фиксации проксимального фрагмента. Напротив, прямой гвоздь с угловыми и скользящими стабильными проксимальными блокирующими винтами может обеспечить более жесткую фиксацию перелома и обеспечить раннюю функциональность после оперативного лечения без риска потери репозиции [14].

На данный момент уже можно выделить 3 поколения штифтов для проксимального отдела плечевой кости [30]. Появлению 3 поколения способствовала необходимость устранения расшатывания и миграции проксимальных блокирующих винтов. Так данные винты за счет различных механизмов стали фиксироваться в штифте, по аналогии с пластинами с угловой стабильностью. Изменились и сами блокирующие винты. Конец винта стал тупым для снижения риска перфорации суставной поверхности головки; в головках винтов появились отверстия для фиксации нитей при подшивании сухожилий вращательной манжеты. Для надежной фиксации штифта в диафизе его диаметр должен быть соответствующим проксимальной части (8-10мм) для предотвращения эффекта «карандаша в стакане» и разбалтывания. Дистальное блокирование должно быть выполнено двумя винтами в различных плоскостях или одним косым винтом.

#### **Выбор точки введения штифта**

Ключевым моментом в начале операции остеосинтеза интрамедуллярным штифтом является выбор точки введения штифта. Первоначально плечевые штифты были изогнутыми в проксимальной части наподобие вертельных бедренных штифтов для удобства введения. У изогнутых штифтов точка введения определялась на уровне анатомической шейки в проекции борозды на границе между хрящевой поверхностью головки и большим бугорком [15,20]. Однако при введении штифта в данной точке можно ожидать ряд осложнений: повреждение сухожилия надостной мышцы, ятрогенный перелом большого бугорка, импиджмент-синдром в послеоперационном периоде во время разработки движений в суставе, затруднение выполнения репозиции большого бугорка, отсутствие стабильной фиксации винтов в зоне остеопорозной кости большого бугорка [31]. Наиболее проксимальная точка введения штифта обеспечивает ряд преимуществ [32,33,34,35,36]:

- 1) медиализация точки ввода штифта сохраняет сухожилие надостной мышцы,
- 2) медиальное расположение проксимальной части штифта в плечевой головке сохраняет большее количество костного вещества в латеральной части («латеральный костный мостик»), дополнительно увеличивая способность конструкции сопротивляться варусным смещающим силам,
- 3) в случае переломов, которые включают большой бугорок, может быть предотвращен случайный ввод штифта в зону перелома,
- 4) при корректном введении прямого штифта установка заглушки на вершину штифта может увеличить стабильность конструкции, потенциально противодействуя

варусным силам, и являясь так называемой «проксимальной якорной точкой»,

- 5) если точка ввода была выбрана правильно, то выравнивание головки и диафиза по оси должно произойти анатомически во время ввода штифта.

Точка введения штифта обусловлена еще и плотностью кости в данной локализации. В нескольких исследованиях плотности костной ткани в головке плечевой кости подтверждено, что наибольшую плотность имеют проксимальный и медиальный квадранты ПОПК, в независимости от возраста и пола [37,38,39,40,41,42]. При остеосинтезе штифтом получается, что сам штифт занимает положение в проксимальном наиболее плотном квадранте, а винты устанавливаются – в медиальный, обеспечивая тем самым, расположение импланта в зонах с наибольшей плотностью кости.

### Современные представления о линии перелома большого бугорка

Voileau P. et al. [31] одной из основных ошибок при остеосинтезе ПОПК штифтом выделил то, что большинство хирургов в данном случае применяют знания, полученные при остеосинтезе проксимального отдела бедренной кости. Однако эти две локализации не являются схожими. При переломах бедренной кости проксимальные блокирующие винты устанавливают в головку через шейку бедренной кости во фронтальной плоскости для противодействия вертикальным силам смещения. Использовать тот же принцип при 3-х и 4-х фрагментарных переломах ПОПК не логично, т.к. в данной ситуации на фрагменты перелома действуют силы, направленные в горизонтальной плоскости. Мышцы вращающей манжеты, сокращаясь, тянут за собой фрагменты большого и малого бугорков. Без адекватной стабильности бугорков это приводит к вторичному смещению перелома.

Данная теория основана на современных анатомических исследованиях переломов ПОПК [43,44]. D'Ollone T. et al. [43] продемонстрировали, что 89% вертикальная линия перелома большого бугорка проходит в среднем на 13,1 мм латеральнее межбугорковой борозды. Перелом, отделяющий фрагмент большого бугорка от головки плечевой кости не проходит по линии борозды, как это описывал Neer. Учитывая полученные данные, авторы подвергли сомнению адекватность остеосинтеза переломов ПОПК пластинами. Фиксирующие винты при введении будут проходить вдоль линии перелома, а не перпендикулярно, и не будут обеспечивать адекватной стабильности фрагментов бугорков.

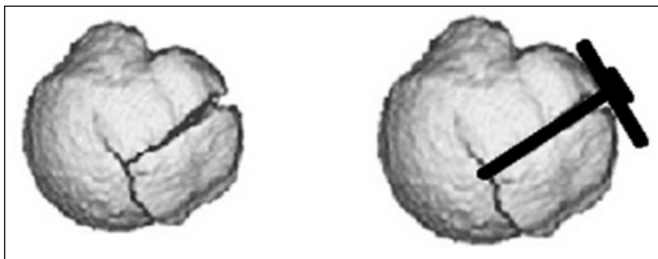


Рис. 1. Прохождение винтов параллельно линии перелома при остеосинтезе пластинами, что приводит к недостаточной стабильности большого бугорка и возможным смещениям

### Репозиция и фиксация бугорков

Основным осложнением при использовании интрамедуллярных штифтов Voileau P. et al. [31] выделили потерю репозиции бугорков и последующее их смещение, а также потерю стабильности проксимальных винтов и их миграцию. Причинами авторы называли отсутствие механизма блокировки винтов в некоторых моделях штифтов и некорректное направление проксимальных винтов. Способность винтов оставаться стабильными в остеопорозной кости ограничена, поэтому уверенная фиксация винтов должна основываться на блокировке их в штифте. Достижение корректной репозиции и стабильной фиксации обоих бугорков, по мнению авторов, является важным дополнением для поддержки и стабильности фрагмента головки.

По сравнению с двухфрагментарными переломами, смещенных трех- и четырехфрагментарных переломов, обычно требуют более широкий доступ к получению адекватного интраоперационного контроля над репозицией и шанс для применения дополнительных мер фиксации, таких как швы, которые имеют первостепенное значение в многофрагментарных переломах бугорков [15]. Использование техники «канат-над-битенгом» позволяет обеспечить дополнительную стабильность измельченных переломом бугорков. Нерассасывающиеся нити, прошитые через сухожилия вращающей манжеты, завязывали вокруг плоских шляпок винтов. Важность дополнительной фиксации бугорков отмечают и в Ассоциации Остеосинтеза [44]. Коллектив преподавателей АО в своих клинических примерах продолжает прибегать к фиксации бугорков нерассасывающимися нитями, несмотря на использование самого современного штифта Multilock. В конструкции шляпок винтов для этого штифта сформированы специальные отверстия для проведения нитей от сухожилий вращательной манжеты, позволяющие выполнить данную фиксацию наиболее просто.

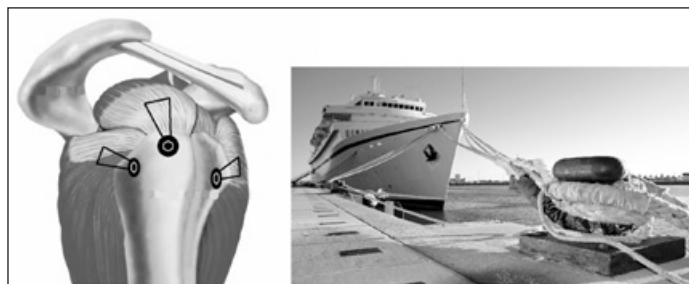


Рис. 2. Прошивание сухожилий вращательной манжеты и фиксация нитей на шляпках винтов. Техника "rope-over-bitt" по аналогии со швартовкой судна у пристани

### Хирургический доступ

Наиболее подходящим доступом для проведения всех вышеуказанных манипуляций является переднелатеральный [15,46,47,48]. Вертикальный разрез 5-6 см от переднелатерального угла акромиона, не доходя до проекции огибающей артерии плеча и подмышечного нерва. Разведения дельтовидной мышцы осуществляется между передним и средним пучками. В данной локализации появляется хороший обзор на все необходимые элементы: наиболее проксимальная часть головки плечевой кости для формирования правильной точки ввода, оба бугорка

с возможностью прошивания мест прикреплений сухожилий вращательной манжеты, сухожилие длинной головки бицепса. Также при этом доступе нет необходимости в визуализации v.scapularis и вне разреза остается n.axillaris. При затруднении репозиции дополнительно рассекается межротаторный интервал и выполняется тенотомия сухожилия длинной головки бицепса, что приводит к увеличению мобильности отломков. Аналогичная техника используется для улучшения визуализации при выполнении эндопротезирования плечевого сустава через минидоступ. Ротаторный интервал рассекается вплоть до основания клювовидного отростка. Сухожилие длинной головки бицепса извлекается из борозды и пересекается у места прикрепления к суставной впадине лопатки. В дальнейшем может быть выполнен тенodes [49,50,51].

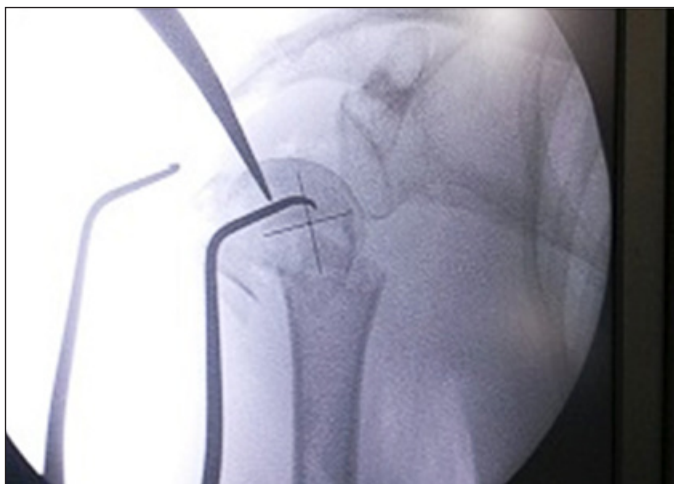


Рис. 3. Этап формирования точки ввода штифта



Рис. 4. Этап введения штифта и достижение «автоматической репозиции» после установки штифта

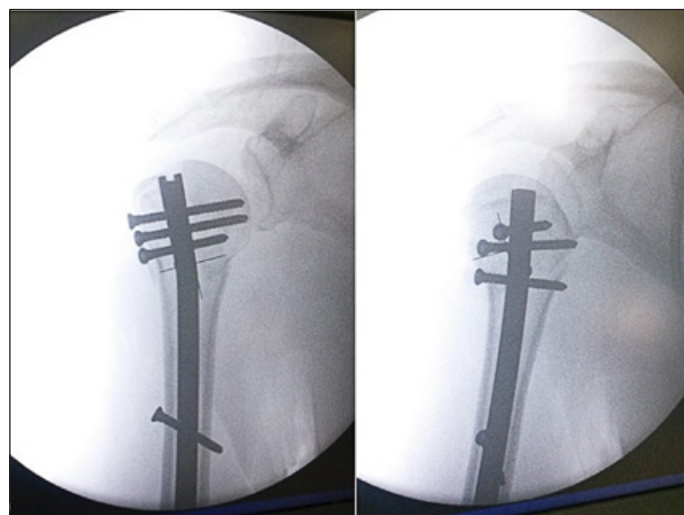


Рис. 5-6. Окончательная фиксация штифта. Прямая и боковая проекции

### Заключение

Методика остеосинтеза проксимальным плечевым штифтом при соблюдении алгоритма проста, малотравматична и быстра в исполнении, а также позволяет достичь наибольшего уровня стабильности при переломах ПОПК даже на фоне снижения костной плотности. Ошибочно полагать, что только фиксация перелома металлической конструкцией способствует надежной стабильности. В обязательном порядке необходима нейтрализация сил мышц ротаторов путем подшивания и армирования бугорков на основе металлического импланта. Рассечение межротаторного интервала и тенотомия (или тенodes) сухожилия длинной головки бицепса не только способствуют быстрой репозиции смещенного перелома, но и предотвращают возможные вторичные смещения. Переднелатеральный доступ обеспечивает хорошую визуализацию всех важных компонентов ПОПК (несмотря на меньший разрез) без применения массивных ретракторов и грубой силы, а также не требует обнажения диафиза плечевой кости. Центральное расположение штифта в головке плечевой кости и диафизе значительно упрощает репозицию перелома. В результате появляется возможность проведения ранней активизации и восстановления объема движений. Интрамедулярное расположение импланта обеспечивает лучший объем движений и отсутствие ощущения инородного тела.

### Список литературы/References

1. *Kannus P., Palvanen M., Niemi S., Parkkari J., Jarvinen M., Vuori I.* Osteoporotic fractures of the proximal humerus in elderly Finnish persons: sharp increase in 1970–1998 and alarming projections for the new millennium. *Acta Orthop Scand*, 2000, 71(5), pp. 465–70. DOI: 10.1080/000164700317381144.
2. *Bengner U., Johnell O., Redlund-Johnell I.* Changes in the incidence of fracture of the upper end of the humerus during a 30-year period. A study of 2125 fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 1988, 231, pp. 179–82. DOI: 10.1097/00003086-198806000-00024.
3. *Lind T., Kroner K., Jensen J.* The epidemiology of fractures of the proximal humerus. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1989, 108(5), pp. 285–287. DOI: 10.1007/bf00932316.

4. **Bigliani L.U., Flatow E.L., Pollock R.G.** Fracture of the proximal humerus. In: *The shoulder* 2nd ed. Rockwood C.A., Matsen F.A. 3rd, editors. Philadelphia: WB Saunders Co, 1998; p. 337 – 389.
5. **Cornell N., Schneider K.** Proximal Humerus. In: *Fractures in the Elderly*. Koval K., Zuckerman J., editors, Philadelphia: Lippincott-Raven, 1998: p. 85-92.
6. **Rose S.H., Melton L.J. 3rd, Morrey B.F., Ilstrup D.M., Riggs B.L.** Epidemiologic features of humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 1982, (168), pp. 24-30. DOI: 10.1097/00003086-198208000-00003.
7. **Лесняк О.М., Ершова О.Б., Белова К.Ю., Гладкова Е.Н., Синицына О.С., Ганерт О.А., Романова М.А., Ходырев В.Н., Йохансон Х., Макклоски Е., Кэнис Д.А.** Эпидемиология остеопоротических переломов в Российской Федерации и российская модель FRAX // Остеопороз и остеопатии. 2014. Т. 17, №3. С. 3-8]. DOI: 10.14341/osteo201433-8 [Lesnyak O., Ershova O., Gladkova E. et al. Epidemiology of fracture in the Russian Federation and the development of FRAX model. *Osteoporosis and Osteopathy*, 2014, 17(3), pp. 3-8. [In Russ].
8. **Krishnan S.G., Lin K.C., Burkhead W.Z.** Pins, plates, and prosthesis: current concepts in treatment of fractures of the proximal humerus. *Curr Opin Orthop*, 2007 (18), pp. 380–85. DOI: 10.1097/BCO.0b013e32816aa3b7.
9. **Perren S.M.** Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br*, 2002, (84), pp. 1093–1110. DOI:10.1302/0301-620X.84B8.0841093.
10. **Habermeyer P.** [Fracture of the head of the humerus] *Unfallchirurg*, 1997, 100(10), pp. 820–837. (in German). DOI:10.1007/s001130050199
11. **Kettler M., Biberthaler P., Braunstein V., Zeiler C., Kroetz M., Mutschler W.** Treatment of proximal humeral fractures with the PHILOS angular stable plate: presentation of 225 cases of dislocated fractures. *Unfallchirurg*, 2006, 109(12), pp. 1032–1040. (in German) DOI: 10.1007/s00113-006-1165-7.
12. **Lill H., Hepp P., Rose T., König K., Josten C.** [The angle stable locking-proximal-humerus-plate (LPH) for proximal humeral fractures using a small anterior-lateral-deltoid-splitting-approach: technique and first results]. *Zentralbl Chir*, 2004, 129 (1), pp. 43–48. (in German) DOI: 10.1055/s-2004-44870.
13. **Neer C.S.** Displaced proximal humeral fractures. II. Treatment of three part and four part displacement. *J Bone Joint Surg Am*, 1970, 52(6), pp. 1090–1103. DOI:10.2106/00004623-197052060-00002.
14. **Stedtfeld H.W., Attmanspacher W., Thaler K., Frosch B.** Fixation of humeral head fractures with antegrade intramedullary nailing. *Zentralbl Chir*, 2003, 128(1), pp. 6–11. [in German] DOI: 10.1055/s-2003-37364
15. **Stedtfeld H.W., Mittlmeier T.** Fixation of proximal humeral fractures with an intramedullary nail: tips and tricks. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2007, 33(4), pp. 367–374. DOI: 10.1007/s00068-007-7094-5.
16. **Егиазарян К.А., Ратъев А.П., Гордиенко Д.И., Григорьев А.В., Овчаренко Н.В.** Среднесрочные результаты лечения переломов проксимального отдела плечевой кости методом внутрикостного остеосинтеза // Травматология и ортопедия России. 2018. Т. 24, № 4. С. 81-88]. DOI:10.21823/2311-2905-2018-24-4-81-88 [Egiazaryan K.A., Ratyev A.P., Gordienko D.I., Grigoriev A.V., Ovcharenko N.V. Midterm Treatment Outcomes of Proximal Humerus Fractures by Intramedullary Fixation. *Traumatology and Orthopedics of Russia*, 2018, 24(4), pp. 81-88. [In Russ].
17. **Лазишвили Г. Д., Григорьев А. В., Кузин В. В., Гордиенко Д. И., Ратъев А. П., Семенов П.В.** Хирургическое лечение переломов проксимального отдела плечевой кости // Московский хирургический журнал. 2016. Т. 1, №47. С. 22-25. [Lazishvili G. D., Grigoriev A. V., Kuzin V.V., Gordienko D. I., Ratev A. P., Semenov P. V. Surgical treatment of the proximal humeral fractures. *Moscow Surgical Journal*, 2016, 1 (47), pp. 22-25. [in Russ].
18. **Fuchtmeier B., May R., Hente R., Maghsudi M., Volk M., Hammer J., et al.** Proximal humerus fractures: a comparative biomechanical analysis of intra and extramedullary implants. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2007, 127(6), pp. 441–447. DOI: 10.1007/s00402-007-0319-6.
19. **Boileau P., D'Ollonne T., Hatzidakis A. M., Morrey M.E.** Intramedullary Locking Nail Fixation of Proximal Humerus Fractures: Rationale and Technique. In: *Proximal Humerus Fractures*. Springer International Publishing; 2014; pp. 73–98. DOI:10.1007/978-3-319-08951-5\_5.
20. **Hessmann M.H., Hansen W.S., Krummenauer F., Pol T.F., Rommens M.** Locked plate Fixation and intramedullary nailing for proximal humeral fractures: a biomechanical evaluation. *J Trauma*, 2005, 58(6), pp. 1194–1201. DOI: 10.1097/01.ta.0000170400.68994.ab.
21. **Kitson J., Booth G., Day R.** A biomechanical comparison of locking plate and locking nail implants used for fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 2007, 16(3), pp. 362–6. DOI: 10.1016/j.jse.2006.01.019.
22. **McCormack R.G., Brien D., Buckley R.E., et al.** Fixation of fractures of the shaft of the humerus by dynamic compression plate or intramedullary nail: a prospective, ran-domised trial. *J Bone Joint Surg [Br]*, 2000, 82(3), pp. 336-339. DOI: 10.1302/0301-620x.82b3.9675.
23. **Bernard J., Charalambides C, Aderinto J., Mok D.** Early failure of intramedullary nailing for proximal humeral fractures. *Injury*, 2000, 31(10), pp. 789-793. DOI: 10.1016/s0020-1383(00)00150-9.
24. **Cuomo F., Flatlow E.L., Maday M., Miller S.R., McIlveen S.J., Bigliani L.U.** Open reduction and internal fixation of two and three part surgical neck fractures of the proximal humerus. *J Shoulder Elbow Surg*, 1992, 1(6), pp. 287–295. DOI: 10.1016/s1058-2746(09)80055-4.
25. **Smith A.M., Mardones R.M., Sperling J.W., Cofield R.H.** Early complications of operatively treated proximal humeral fractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 2007, 16(1), pp. 14-24. DOI: 10.1016/j.jse.2006.05.008.
26. **Кавалерский Г.М., Мурылев В.Ю., Имамкулиев А.Ч., Рукин Я.А.** Тактика хирургического лечения внесуставных переломов проксимального отдела плечевой Кости // Кафедра травматологии и ортопедии. 2016. Т. 3, №19. С. 5-12. [Kavalersky G.M., Murylev V.Y., Imamkuliev A.C., Rukin Y.A. Surgical treatment of extra-articular fractures of the proximal humerus. *The Department of Traumatology and Orthopedics*, 2016, 3(19), pp. 5-12. [in Russ].
27. **Blum J., Hessmann M.H., Rommens P.M.** Treatment of proximal metaphyseal fractures of the humerus with interlocked nailing and a spiral blade—early experience with a new implant system. *Aktuelle Traumatol*, 2003, 33(1), pp. 7-13. [in German] DOI: 10.1055/s-2003-37885.
28. **Lin J., Hou S.M., Hang Y.S.** Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. *J Trauma*, 1998, 45(6), pp. 1051-1057. DOI: 10.1097/00005373-199812000-00013.
29. **Rajasekhar C., Ray P.S., Bhamra M.S.** Fixation of proximal humeral fractures with the Polarus nail. *J Shoulder Elbow Surg*, 2001, 10(1), pp. 7-10. DOI: 10.1067/mse.2001.109556.
30. **Dilasio M.F., Nowinski R.J., Hatzidakis A.M., Fehring E.V.** Intramedullary nailing of the proximal humerus: evolution, technique, and results. *J Shoulder Elbow Surg*, 2016, 25(5), pp. 130–138. DOI: 10.1016/j.jse.2015.11.016.
31. **Boileau P., D'Ollonne T., Clavert P., Hatzidakis A., Bessiere C., Bonnevalle N., Moineau G.** Intramedullary nail for proximal humerus fractures: an old concept revisited. In: *Shoulder concepts 2012: arthroscopy, arthroplasty & fractures*. Boileau P et al., editors. Montpellier: Sauramps Medical; 2012. pp. 307-328.
32. **Euler S.A., Hengg C., Kolp D., Wambacher M., Kralinger F.** Lack of fifth anchoring point and violation of the insertion of the rotator cuff during antegrade humeral nailing: pitfalls in straight antegrade

- humeral nailing. *Bone Joint J*, 2014, 96-B(2), pp. 249–253. DOI: 10.1302/0301-620x.96b2.31293.
33. Euler S.A., Petri M., Venderley M.B., Dornan G.J., Schmoelz W., Turnbull T.L., Plecko M., Kralinger F.S., Millett P.J. Biomechanical evaluation of straight antegrade nailing in proximal humeral fractures: the rationale of the “proximal anchoring point”, *International Orthopaedics*, 2017, 41(9), pp. 1715–1721. DOI: 10.1007/s00264-017-3498-y.
  34. Hepp P., Josten C. Biology and biomechanics in osteosynthesis of proximal humerus fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2007, 33(4), pp. 337–344. DOI: 10.1007/s00068-007-7089-2.
  35. Lindtner R.A., Kralinger F.S., Kapferer S., Hengg C., Wambacher M., Euler S.A. The female geriatric proximal humeral fracture: protagonist for straight antegrade nailing? *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(10), pp. 1385–1390. DOI: 10.1007/s00402-017-2767-y.
  36. Mittlmeier W.F., Stedtfeld H.-W., Ewert A., Beck M., Frosch B., Gradl G. Stabilization of Proximal Humeral Fractures with an Angular and Sliding Stable Antegrade Locking Nail (Targon PH). *J Bone Joint Surg Am*, 2003, 85-A(Suppl 4), pp. 136–46.
  37. Kirchhoff C., Braunstein V., Milz S., Sprecher C.M., Kirchhoff S., Graw M., Imhoff A.B., Hinterwimmer S. Age and gender as determinants of the bone quality of the greater tuberosity: A HR-pQCT cadaver study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2012, 13, p. 221. DOI: 10.1186/1471-2474-13-221.
  38. Hepp P, Lill H., Bail H., Korner J., Niederhagen M., Haas N.P., Josten C., Duda G.N. Where should implants be anchored in the humeral head? *Clin Orthop Relat Res*, 2003, 415, pp. 139–147. DOI: 10.1097/01.blo.0000092968.12414.a8.
  39. Liew A.S., Johnson J.A., Patterson S.D., King G.J., Chess D.G. Effect of screw placement on fixation in the humeral head. *J Shoulder Elbow Surg*, 2000, 9(5), pp. 423–426. DOI: 10.1067/mse.2000.107089.
  40. Lill H., Hepp P., Gowin W., Oestmann J.W., Korner J., Haas N.P., Josten C., Duda G.N. Age- and gender-related distribution of bone mineral density and mechanical properties of the proximal humerus. *Rofo*, 2002, 174(12), pp. 1544–1550. [in German] DOI:10.1055/s-2002-35944.
  41. Tingart M.J., Boussein M.L., Zurakowski D., Warner J.P., Apreleva M. Three-dimensional distribution of bone density in the proximal humerus. *Calcif Tissue Int*, 2003, 73(6), pp. 531–536. DOI:10.1007/s00223-002-0013-9.
  42. Tingart M.J., Lehtinen J., Zurakowski D., Warner J.J., Apreleva M. Proximal humeral fractures: regional differences in bone mineral density of the humeral head affect the fixation strength of cancellous screws. *J Shoulder Elbow Surg*, 2006, 15(5), pp. 620–624. DOI: 10.1016/j.jse.2005.09.007.
  43. D'Ollone T., Challali M., Bronsard N., Boileau P. Tridimensional geometry of proximal humerus fractures: three and four-part concept revisited. In: *Shoulder concepts 2012: arthroscopy, arthroplasty & fractures*. Boileau P. et al., editors. Montpellier: SAURAMPS MEDICAL; 2012. pp. 283–293.
  44. Edelson G., Saffuri H., Obid E., Vigder F. The three-dimensional anatomy of proximal humeral fractures. *J Should Elb Surg*, 2009, 18(4), pp. 535–544. DOI: 10.1016/j.jse.2009.03.001.
  45. Hessmann M.H., Nijs S., Mittlmeier T., Kloub M., Segers M.J., Winkelbach V., Blauth M. Internal fixation of fractures of the proximal humerus with the MultiLoc nail. *Oper Orthop Traumatol*, 2012, 24(4-5), pp. 418–31. DOI: 10.1007/s00064-011-0085-z.
  46. Nobile F., Carta S., Fortina M., Santoro P., Meccariello L., Ferrata P. Displaced 3- and 4-part proximal humeral fractures: Evaluation and management with an intramedullary nail within 48 h, in the emergency department. *Journal of Acute Disease*, 2016, 5(2), pp. 154–159. DOI: 10.1016/j.joad.2015.12.003.
  47. Kim S.H., Dan J., Kim B.K., Lee Y.S., Kim H.J., Ryu K.J., et al. Comparison study of different approach (deltoid splitting approach and delto-pectoral interval approach) for proximal humeral fractures. *Clin Shoulder Elbow*, 2013, 16, pp. 17–26. DOI: 10.5397/cise.2013.16.1.17
  48. Korkmaz M.F., Erdem M.N., Karakaplan M., Görmeli G., Selçuk E.B., Maraş Z., Karataş T. Comparison of lateral deltoid splitting and deltopectoral approaches in the treatment of proximal humerus fractures. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg.*, 2015, 21(2), pp. 113–118. [in Turkish] DOI: 10.5505/tjtes.2015.74150.
  49. Архипов С.В., Кавалерский Г.М. Эндопротезирование плечевого сустава. В кн.: Плечо: современные хирургические технологии. М.: МЕДИЦИНА, 2009. с. 137–158 [Arkhipov S.V., Kavalerskiy G.M. Shoulder arthroplasty. In: *Shoulder: modern surgical technologies*. Moscow: Meditsina; 2009. p. 137–158. [In Russ].
  50. Edwards S.L., Blaine T.A., Bell J.-E., Bigliani L.U. Mini-incision Shoulder Arthroplasty. In: *Minimally Invasive Surgery in Orthopedics*. NY: Springer, 2010. p. 53–60. DOI:10.1007/978-0-387-76608-9.
  51. Wanish T. S., Craig E. V., Warren R.F. Surgical technique. In: *Shoulder arthroplasty: complex issues in the primary and revision setting*. NY: Thieme, 2008. p. 19–32. DOI: 10.1111/j.1445-2197.2010.05227.x.

## Сведения об авторах

**Егизарян Карен Альбертович** – д-р мед. наук, доцент, заведующий кафедрой травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, директор университетской клиники травматологии и ортопедии, Москва, Россия, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, г. Россия. E-mail egkar@mail.ru

**Ратьев Андрей Петрович** – д-р мед. наук, профессор кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, г. Россия. E-mail anratiev@gmail.com

**Тамазян Вартан Олегович** – Аспирант кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, г. Россия, врач травматолог-ортопед, ГАУЗ МО «ЦГКБ г.Реутов», ул. Ленина 2а, г. Реутов, 143964, Московская область, Россия. E-mail vartantamazyan@yandex.ru

**Глазков Константин Иванович** – Заведующий травматолого-ортопедическим отделением ГАУЗ МО «ЦГКБ г.Реутов», ул. Ленина 2а, г. Реутов, 143964, Московская область, Россия. E-mail glazkov15@yandex.ru

**Ершов Дмитрий Сергеевич** – Кандидат мед. наук, доцент кафедры травматологии, ортопедии и военно-полевой хирургии, ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117997, г. Россия. E-mail erhov0808@mail.ru

## Information about the authors

**Egizaryan Karen Albertovich** – Head of the Department of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

**Ratyev Andrej Petrovich** – Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; Moscow, Russian Federation

**Tamazyan Vartan Olegovich** – Postgraduate of the Department of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; orthopedic surgeon, Central City Clinical Hospital of Reutov, Reutov, Moscow Region, Russian Federation

**Glazkov Konstantin Ivanovich** – Department head of Trauma and Orthopedics Unit, Central City Clinical Hospital of Reutov, Reutov, Moscow Region, Russian Federation

*Ershov Dmitrij Sergeevich* – PhD in Medicine, Associate professor at the Department of Trauma, Orthopedics and Military Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University; Moscow, Russian Federation

**Финансирование:** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Funding:** The study had no sponsorship.

**Конфликт интересов:** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests:** The authors declare no conflict of interest.

Для цитирования:

*Егуазарян К.А., Ратъев А.П., Тамазян В.О., Глазков К.И., Еришов Д.С.* ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДОСТИЖЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ШТИФТА ПРИ ОСТЕОСИНТЕЗЕ ПЕРЕЛОМОВ ПРОКСИМАЛЬНОГО ОТДЕЛА ПЛЕЧЕВОЙ КОСТИ // Кафедра травматологии и ортопедии. 2019№1 (35). с. 34-40. [*Egiazaryan K.A., Ratyev A.P., Tamazyan V.O., Glazkov K.I., Ershov D.S.* BASIC PRINCIPLES OF THE NAIL STABILITY IN PROXIMAL HUMERUS FRACTURES FIXATION // Department of Traumatology and Orthopedics. 2019№1 (35). p. 34-40. In Russ].