

Профилактика осложнений малоинвазивного накостного остеосинтеза диафизарных переломов плечевой кости (топографо-анатомическое исследование)

Д.В. Волченко¹, А.Ю. Терсков¹, И.Ф. Ахтямов², Ю.Д. Удалов¹, О.А. Созонов¹, М.Н. Величко¹,
Е.Я. Шпиз¹, Е.И. Сидорук²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации

Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, г. Москва, Россия

²Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Казань, Россия

Prevention of minimally invasive plate osteosynthesis (mipo) complications in diaphyseal humerus fractures: a cadaveric topographic anatomical study

D.V. Volchenko¹, A.Yu. Terskov¹, I.F. Akhtiamov², Yu.D. Udalov¹, O.A. Sozonov¹, M.N. Velichko¹,
E.Ya. Shpiz¹, E.I. Sidoruk²

¹Russian State Research Center Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

²Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation

Введение. Малоинвазивный накостный остеосинтез (МИНОС) соответствует современным принципам «биологичной» фиксации имплантата и предполагает закрытую репозицию и установку пластин с минимальной ятрогенной травмой. Однако отсутствие прямой визуализации повышает вероятность повреждения важных анатомических образований. **Цель.** Определение основных особенностей малоинвазивной установки пластин в области диафиза плечевой кости из переднелатеральных доступов с разработкой рекомендаций и технических нюансов, позволяющих упростить выполнение хирургического вмешательства и избежать возможных осложнений. **Материалы и методы.** Проведено топографо-анатомическое исследование 16 сегментов верхней конечности у 9 трупов. Во всех случаях выполнялся МИНОС прямой пластиной (10–12 отверстий) и винтами (проксимально и дистально) из двух переднелатеральных мини-доступов. Далее производилась полная ревизия области плеча с целью визуализации расположения пластины, оценки взаимоотношений между имплантатом, сосудисто-нервными и окружающими мягкоткаными образованиями, а также костными ориентирами. **Результаты.** В ходе исследования не было выявлено ятрогенных повреждений или компрессии сосудисто-нервных и сухожильно-мышечных структур плеча. Среднее расстояние от акромиального отростка лопатки до п. axillaris составило $5,7 \pm 0,69$ мм (от 4,9 до 6,9 мм). Расстояние до п. musculocutaneus от латерального надмыщелка плечевой кости – $56,5 \pm 4,66$ мм (от 49 до 63 мм). При измерении расстояния между краем пластины и п. radialis отмечена разница в расположении при крайних положениях пронации ($5,1 \pm 0,33$ мм, от 4,5 до 5,7 мм) и супинации предплечья ($5,8 \pm 0,6$ мм, от 5,1 до 6,1 мм). Среднее расстояние между дистальным медиальным краем пластины и а. brachialis, п. medianus составило $17,1 \pm 2,7$ мм (от 13 до 21 мм). **Заключение.** На основании полученных данных уточнены рекомендации по выполнению МИНОС плечевой кости из переднелатеральных доступов. Их соблюдение позволит снизить риск послеоперационных осложнений и улучшить исходы лечения пациентов с переломами плечевой кости малоинвазивным методом накостного остеосинтеза.

Ключевые слова: малоинвазивный накостный остеосинтез, плечевая кость, перелом, диафиз, пластина

Background Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) corresponds to the modern principles of "biological" fixation as it implies closed reduction and plate insertion causing minimal iatrogenic trauma. However, the lack of direct visualization increases the risk of damage to important anatomical structures. **Purpose** To develop recommendations in the use of MIPO for diaphyseal fractures of the humerus from anterolateral approaches to prevent possible complications and improve the results. **Methods** 16 shoulders of fresh cadavers were included in the study. In all cases, MIPO was performed with a straight plate (10–12 holes) and screws (2 proximal and 2 distal) using two anteriolateral approaches. Complete revision of the shoulder area was carried out in order to determine the accuracy of plate location and the relationship between the implant, neurovascular structures and bone landmarks. **Results** No damage or compression of the neurovascular and tendomuscular humerus structures was revealed. The average distance from the acromion to n. axillaris was 5.8 ± 0.66 mm (range from 4.9 to 6.9 mm). The average distance from the lateral epicondyle of the humerus to n. musculocutaneus was 56.5 ± 4.66 mm (from 49 to 63 mm). We observed the difference in location at the extreme pronation (5.1 ± 0.33 mm, from 4.5 to 5.7 mm) and supination positions of the forearm (5.8 ± 0.6 mm, from 5.1 to 6.1 mm) measuring the distance between the edge of the plate and n. radialis. The average distance between the distal medial edge of the plate and a. brachialis, n. medianus was 17.1 ± 2.7 mm (from 13 to 21 mm). **Conclusions** Based on the obtained data, we offer MIPO recommendations for anterolateral accesses in diaphyseal fractures of the humerus. Compliance with the proposed recommendations will reduce the risk of iatrogenic damage and improve the results of humeral fractures treatment.

Keywords: minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), humerus, fracture, diaphysis, plate

ВВЕДЕНИЕ

Частота переломов диафиза плечевой кости составляет 1–5 % всех переломов костей скелета [1, 2]. Консервативный и хирургический способы лечения подобных повреждений имеют свои преимущества и недостатки. Длительная гипсовая или адекватная ей иммобилизация, как правило, приводит к увеличению частоты контрактур локтевого и плечевого суставов, деформаций плечевой кости, замедленной консолида-

ции и ухудшает качество жизни пациентов [3, 4]. Хирургическое лечение позволяет точнее восстановить анатомическую структуру, прогнозировать восстановление функции верхней конечности, снизить риск вторичного смещения и неправильного сращения [5, 6].

Вариантами оперативного вмешательства при переломах плечевой кости являются интрамедуллярный, накостный, внеочаговый остеосинтез [7, 8, 9]. Выбор того

Профилактика осложнений малоинвазивного накостного остеосинтеза диафизарных переломов плечевой кости (топографо-анатомическое исследование) / Д.В. Волченко, А.Ю. Терсков, И.Ф. Ахтямов, Ю.Д. Удалов, О.А. Созонов, М.Н. Величко, Е.Я. Шпиз, Е.И. Сидорук // Гений ортопедии. 2020. Т. 26, № 3. С. 313–318. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-3-313-318

Volchenko D.V., Terskov A.Yu., Akhtiamov I.F., Udalov Yu.D., Sozonov O.A., Velichko M.N., Shpiz E.Ya., Sidoruk E.I. Prevention of minimally invasive plate osteosynthesis (mipo) complications in diaphyseal humerus fractures: a cadaveric topographic anatomical study. *Genij Ortopedii*, 2020, vol. 26, no 3, pp. 313–318. DOI 10.18019/1028-4427-2020-26-3-313-318

или иного метода фиксации производится с учетом характера травмы, сопутствующего повреждения мягких тканей, качества кости, локализации перелома и т.п.

Недостатками открытой репозиции и погружного остеосинтеза являются травматичность, нарушение кровоснабжения области перелома, увеличение частоты инфекционных осложнений [10, 11, 12]. Для уменьшения объема ятрогенной травмы В. Livani и W.D. Belangero была предложена методика малоинвазивного накостного остеосинтеза (МИНОС) плечевой кости из переднелатеральных доступов, предполагающая установку прямых пластин с мостовидной фиксацией [13]. Однако при использовании данного способа при переломах в верхней трети возникает риск конфликта имплантата с длинной головкой двуглавой мышцы плеча. Для предотвращения данного осложнения А.А. Fernandez Dell'Oca была предложена оригинальная методика остеосинтеза моделированными пластинами, позволяющими расположить имплантаты дистально по передней, а проксимально по латеральной поверхности плечевой кости [14].

В большинстве случаев, МИНОС плечевой кости при переломах в средней и нижней трети плечевой

кости может быть выполнен прямыми пластинами и выполняется из двух небольших переднелатеральных хирургических доступов без обнажения области перелома, что предотвращает повреждение надкостницы, нарушение кровообращения, позволяет сохранить гематому между костными отломками. Однако установка пластины без прямой визуализации сохраняет риск повреждения важных анатомических структур. В связи с этим, целью данного исследования являлось уточнение рекомендаций и технических нюансов малоинвазивного накостного остеосинтеза плечевой кости, позволяющих упростить выполнение хирургического вмешательства и избежать возможных осложнений.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: проведение топографо-анатомического исследования для уточнения взаиморасположения анатомических структур плеча с повышенным риском повреждения при миниинвазивной методике остеосинтеза плечевой кости прямыми накостными имплантатами из переднелатеральных доступов и определение технических нюансов для профилактики возможных осложнений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено топографо-анатомическое исследование 16 сегментов неповрежденных верхних конечностей (средняя длина плечевой кости $287,4 \pm 5,4$ мм) на 8 нефиксированных трупах (5 мужчин, 4 женщины, средний возраст $68,1 \pm 5,8$ года, от 61 года до 82 лет). Во всех случаях выполнялся МИНОС плечевой кости прямой пластиной (10–12 отверстий) и винтами из двух переднелатеральных доступов.

Проксимальный мини-доступ: разрез кожи длиной около 4 см по переднелатеральной поверхности плеча в верхней трети на расстоянии около 6 см от клювовидного отростка. Доступ к передней поверхности плечевой кости выполняется в промежутке между медиальным краем *m. deltoideus* и латеральным краем проксимального отдела *m. biceps brachii* (рис. 1, а, б, в, г).

Дистальный доступ (рис. 2): разрез кожи длиной около 5 см по переднелатеральной поверхности пле-

ча в нижней трети, проксимальнее локтевого сгиба на 5 см (рис. 1, а, б). Доступ производился между латеральным краем двуглавой мышцы и *m. brachialis* с обязательной визуализацией *n. musculocutaneus* (рис. 2, г). Далее волокна *m. brachialis* тупо разводились в продольном направлении в средней трети с формированием доступа к передней поверхности плечевой кости, при этом медиальная порция мышцы обеспечивает защиту *n. musculocutaneus*, *a. brachialis* и *n. medianus*, а латеральная порция – *n. radialis* от прямой компрессии инструментами (рис. 2, д, е).

Для расположения пластины по передней поверхности плечевой кости при помощи распаторов нами формировался подмышечный экстрапериостальный канал. Данный этап может быть выполнен из проксимального (антеградно) или из дистального (ретроградно) доступа.

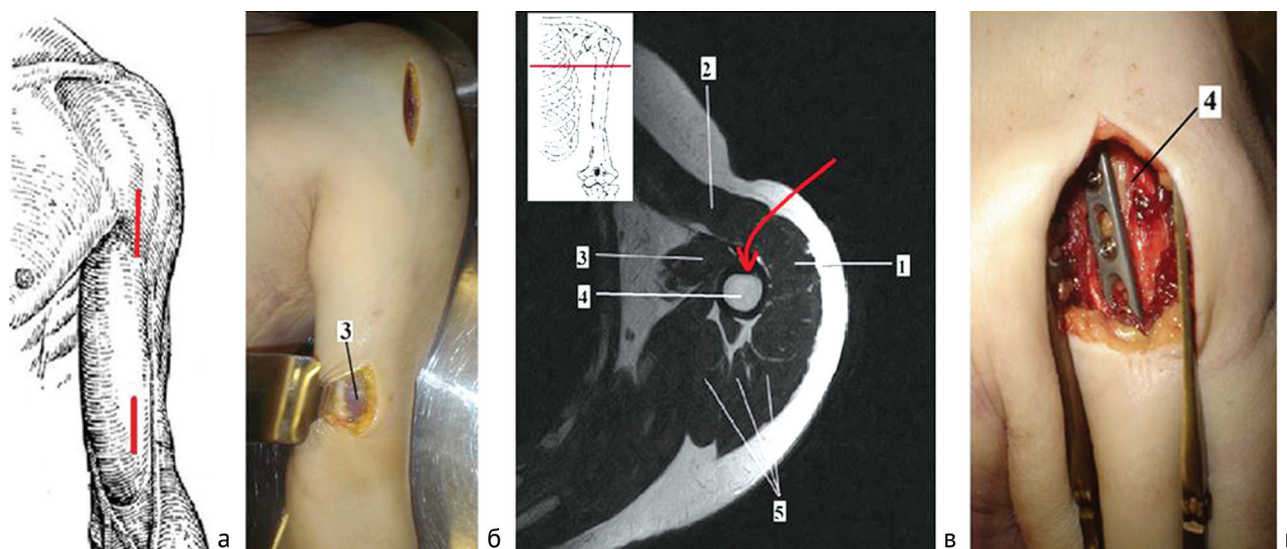


Рис. 1. Проксимальный и дистальный переднелатеральные доступы для малоинвазивного накостного остеосинтеза левой плечевой кости: а, б – кожные разрезы; в – проксимальный переднелатеральный доступ: МРТ – аксиальный срез в области проксимального отдела плеча, красная стрелка – путь хирургического доступа; г – имплантированная пластина в проксимальном отделе левой плечевой кости; 1 – *m. deltoideus*; 2 – *m. pectoralis major*; 3 – *m. biceps brachii*; 4 – *os humerus*; 5 – *m. triceps brachii*

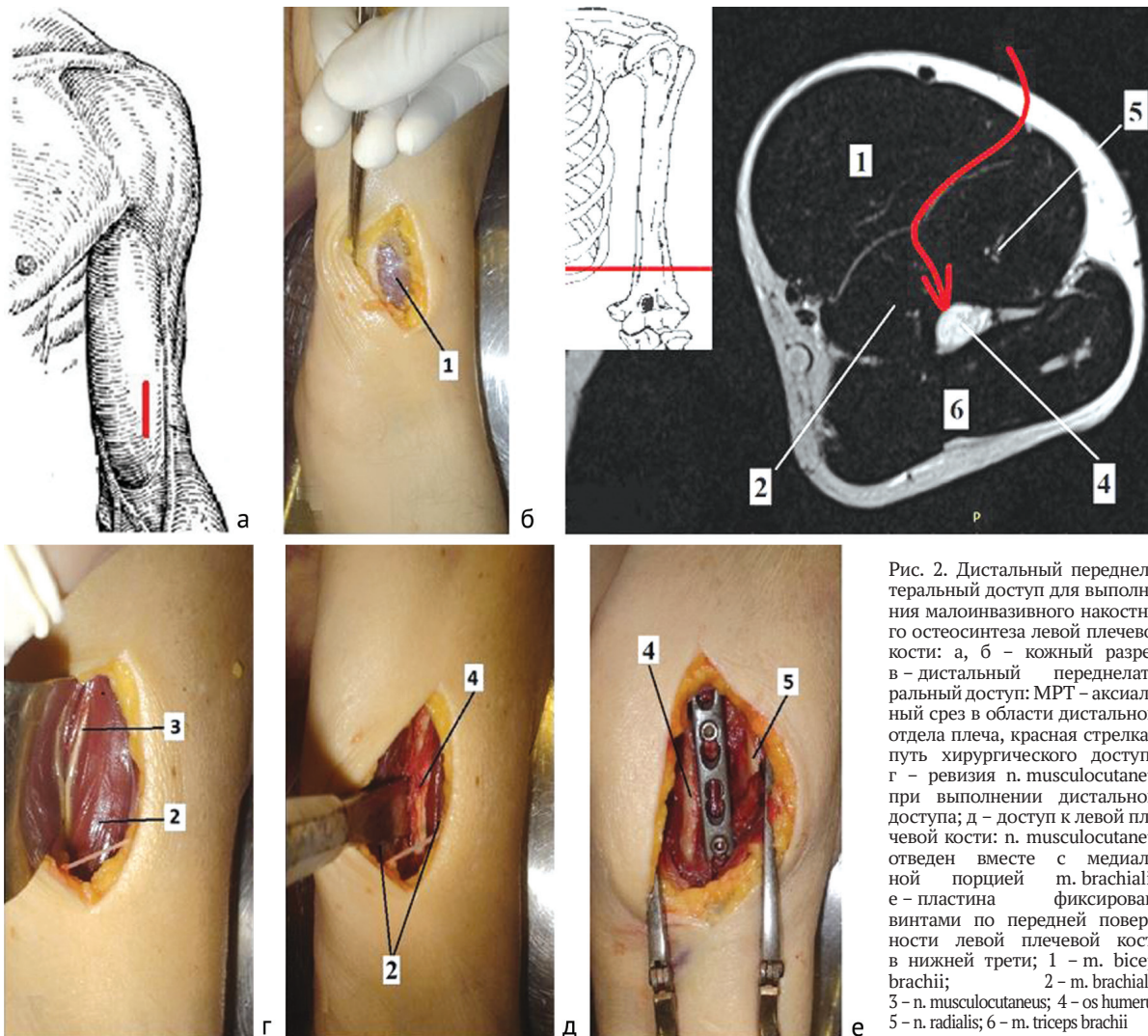


Рис. 2. Дистальный переднелатеральный доступ для выполнения малоинвазивного накостного остеосинтеза левой плечевой кости: а, б – кожный разрез; в – дистальный переднелатеральный доступ: МРТ – аксиальный срез в области дистального отдела плеча, красная стрелка – путь хирургического доступа; г – ревизия п. musculocutaneus при выполнении дистального доступа; д – доступ к левой плечевой кости: п. musculocutaneus отведен вместе с медиальной порцией м. brachialis; е – пластина фиксирована винтами по передней поверхности левой плечевой кости в нижней трети; 1 – m. biceps brachii; 2 – m. brachialis; 3 – n. musculocutaneus; 4 – os humerus; 5 – n. radialis; 6 – m. triceps brachii

К особенностям установки накостных имплантатов малоинвазивным способом следует отнести определенные трудности при создании экстрапериостального канала в области сухожильного прикрепления m. deltoideus (в верхней трети, переднелатеральная поверхность) и m. brachialis (в средней трети по передней поверхности). В связи с этим использовался острый распатор, позволяющий отслоить сухожильные волокна от надкостницы в указанных локализациях.

При сравнительной оценке антеградной и ретроградной методик создания экстрапериостального канала нами отмечен ряд особенностей. При формировании из проксимального доступа имеется сложность отслойки сухожильного прикрепления m. brachialis с тенденцией к смещению распатора по ее передней поверхности, в связи с этим, необходимо тщательно следить за расположением инструмента и избегать его латерализации (риск повреждения п. radialis) и чрезмерной медиализации (риск повреждения а. brachialis, п. medianus).

При формировании подмышечного экстрапериостального канала в ретроградном направлении в области места прикрепления m. brachialis к плечевой кости распатор упирается в сухожильные волокна, идущие в противоположном направлении, что упрощает их отслойку

от надкостницы и обеспечивает лучший контроль расположения инструмента на поверхности плечевой кости. Исходя из вышеизложенного, наиболее безопасным является создание канала из дистального переднелатерального мини-доступа в проксимальном направлении.

На следующем этапе хирургического вмешательства в сформированный подмышечный экстрапериостальный канал вводилась пластина и располагалась по передней поверхности плечевой кости. После установки имплантата соосно с диафизом производилась фиксация дистального и проксимального концов винтами.

Далее выполнялась полная ревизия области плеча. Производились оценка точности расположения пластины, измерение расстояний между дистальным латеральным краем пластины и п. radialis (в положениях крайней пронации и супинации предплечья), а. brachialis и п. medianus, расстояния от акромиона до п. axillaris и между латеральным надмышцелком плечевой кости и п. musculocutaneus и наличие повреждения анатомических структур.

Статистическая обработка полученных данных проводилась при помощи программы IBM SPSS Statistics v.23. Все результаты представлены в виде средних расстояний (μ), среднеквадратического отклонения (σ), также определены максимальное и минимальное значения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Во всех случаях достигнуто соосное расположение пластины с плечевой костью. Нами не было выявлено ни одного случая сдавления мышц плеча, располага-

ющихся в области хирургического вмешательства. Имплантаты располагались по передней поверхности плечевой кости.

Основные анатомические структуры, подверженные повышенному риску повреждения при выполнении МИНОС плечевой кости по малоинвазивной методике из переднелатеральных доступов, перечислены в таблице 1.

Таблица 1

Анатомические структуры плечевой кости, подверженные повышенному риску повреждения

Проксимальный доступ	Дистальный доступ
n. axillaris	n. radialis
a. circumflexa humeri posterior, anterior	n. musculocutaneus
caput longum musculus biceps brachii	n. medianus
v. cephalica	a. brachialis

Ни в одном случае не было выявлено компрессии n. radialis пластиной, однако при использовании элеваторов и при грубых механических манипуляциях возможно его сдавление в области дистального доступа

латеральнее пластины (рис. 2, е). Следует отметить, что расстояние между лучевым нервом и пластиной меняется в зависимости от положения предплечья с тенденцией к его увеличению в супинации, что необходимо учитывать при выполнении хирургического вмешательства.

Полученные данные по средним значениям расстояний между имплантатами и анатомическими структурами плеча представлены в таблице 2.

При ревизии проксимального доступа не было выявлено повреждений n. axillaris и a. circumflexa humeri posterior et anterior, а также компрессии сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча. В каждом случае при выполнении дистального доступа применялся визуальный контроль n. musculocutaneus.

На основании проведенных наблюдений мы конкретизировали зоны повышенного риска повреждений основных сосудисто-нервных и сухожильно-мышечных образований плеча, которые представлены в таблице 3.

Таблица 2

Средние расстояния между анатомическими образованиями плеча и имплантатами

	Расстояние между краем пластины и n. radialis		Расстояние между дистальным медиальным краем пластины и a. brachialis и n. medianus	Расстояние от акромиона до n. axillaris	Расстояние между латеральным надмыщелком плечевой кости и n. musculocutaneus
	пронация	супинация			
Среднее ($\mu \pm \sigma$ мм)	5,1 $\pm$ 0,33	5,8 $\pm$ 0,6	17,1 $\pm$ 2,7	5,7 $\pm$ 0,69	56,5 $\pm$ 4,66
Минимум (мм)	4,5	5,1	13	4,9	49
Максимум (мм)	5,7	6,1	21	6,9	63

Таблица 3

Области повышенного риска повреждения анатомических структур плеча

Анатомическое образование	Область повышенного риска хирургического повреждения
n. axillaris, a. circumflexa humeri posterior et anterior	• 5–7 см дистальнее акромиального отростка лопатки при выполнении проксимального доступа
n. musculocutaneus	• 5–7 см от латерального надмыщелка плечевой кости при выполнении дистального доступа
n. radialis	• средняя треть плечевой кости по задней поверхности (при сверлении и проведении винтов спереди-назад) • нижняя треть при использовании элеваторов
caput longum musculus biceps brachii	• при выполнении проксимального доступа; • при расположении пластины на уровне большого бугорка возможен механический конфликт с краем имплантата;
n. medianus, a. brachialis	• при выполнении дистального доступа;
v. cephalica	• при выполнении проксимального доступа; • при выполнении дистального доступа

ОБСУЖДЕНИЕ

Методика МИНОС с использованием современных металлоконструкций приобретает все большую популярность, а количество публикаций, посвященных его применению при переломах плечевой кости, постоянно растет.

Топографо-анатомические исследования чаще касались отдельных анатомических образований, так, в работе Т. Apivatthakakul et al. (2005) особое внимание уделялось взаиморасположению n. radialis и пластины. Авторами был проведен МИНОС плечевой кости из передних доступов на 10 кадаверных препаратах. Ни в одном случае не было выявлено компрессии n. radialis. Также измерялось расстояние между нервом и пластиной в положениях крайней супинации и пронации предплечья, которое составило 2,0–4,9 мм (в среднем 3,2 мм) и 0–3 мм (в среднем 0,82 мм) соответственно. На основании полученных данных исследователями был сделан вывод о возможности выполнения МИНОС плечевой кости из передних доступов и предложено выполнение дистального доступа при полной супинации предплечья. В нашем исследовании мы также оценивали изменение

дистанции между n. radialis и имплантатом в положениях крайней пронации и супинации предплечья. Несмотря на отсутствие достоверной разницы в полученных нами результатах (табл. 2), описанный технический нюанс, несомненно, должен учитываться для уменьшения вероятности ятрогенного повреждения нерва.

В последующем исследовании Т. Apivatthakakul et al. (2010) оценивали вероятность повреждения n. musculocutaneus при остеосинтезе пластинами. Согласно полученным данным, зона повышенного риска при проведении винтов располагается на расстоянии 5,46–12,86 см от латерального надмыщелка плечевой кости [16]. М. J. Gardner et al. (2005) определили области повышенного риска повреждения n. musculocutaneus при остеосинтезе моделированными пластинами. Было установлено, что повреждение его наиболее вероятно на расстоянии в среднем 13,5 см от большого бугорка плечевой кости (от 12,2 до 14,8 см) [17]. Полученные нами результаты о расположении n. musculocutaneus относительно плечевой кости согласуются с ранее проведенными исследованиями. При

выполнении дистального доступа в ходе операции его компрессии инструментами и повреждению препятствуют прямая визуализация и медиальная порция расщепленной вдоль волокон *m. brachialis*.

Интересно исследование А.Ю. Кочиш с соавт. (2016), посвященное возможности выполнения остеосинтеза спирально изогнутыми моделированными пластинами при переломах диафиза плечевой кости из переднелатеральных доступов. Авторы оценивали взаимное расположение подобных пластин с основными анатомическими образованиями плеча. В результате топографо-анатомического исследования было выявлено, что установка имплантатов по предложенному способу позволяет избежать повреждения подмышечного, лучевого, мышечно-кожного и срединного нервов, плечевой и глубокой артерий плеча и сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча [18]. Следует отметить, что, по нашему мнению, необходимость в моделировании конструкций возникает при остеосинтезе переломов в верхней трети плечевой кости и расположении конструкции на уровне *sulcus intertubercularis*, в остальных случаях фиксация возможна прямыми пластинами с установкой по передней поверхности.

ВЫВОДЫ

Исходя из данных проведенного топографо-анатомического исследования и анализа имеющихся публикаций по данной теме, мы предлагаем учитывать следующие рекомендации при проведении МИНОС диафизарных переломов плечевой кости.

1. В области дистального доступа анатомическими структурами плеча с высоким риском повреждения являются *p. musculocutaneus* и *p. radialis*, область повышенного риска повреждения *p. musculocutaneus* находится на расстоянии 5–7 см от латерального надмыщелка плечевой кости.

2. Для предотвращения ятрогенного повреждения *p. musculocutaneus* в ходе операции необходима его прямая визуализация и защита при помощи медиальной порции *m. brachialis* путем ее рассечения по средней линии с формированием латеральной и медиальной порции.

3. При выполнении дистального переднелатерального мини-доступа целесообразно выполнять мак-

симальную супинацию предплечья, что позволяет уменьшить вероятность повреждения *p. radialis* в ходе выполнения дистального доступа.

4. Следует избегать применения элеваторов и грубых механических манипуляций для расширения раны при дистальном доступе (особенно латерально) ввиду повышенного риска компрессии *p. radialis*.

5. В области проксимального доступа анатомическими структурами плеча с высоким риском повреждения являются *p. axillaris* и *aa. circumflexa humeri posterior et anterior*, зона повышенного риска повреждения *p. axillaris* располагается на 5–7 см дистальнее акромиального отростка лопатки, безопасность манипуляции обеспечит прямая визуализация *p. axillaris* с сопровождающими сосудами.

6. Наиболее безопасным является создание подмышечного экстрапериостального канала в проксимальном направлении из дистального доступа.

ЛИТЕРАТУРА

- Canale S.T., Beaty J. Campbell's Operative Orthopaedics. 12th ed. In 4 Vol. Mosby: Elsevier. 2013. Vol. 1. P. 2852-2862.
- Kim S.H., Szabo R.M., Marder R.A. Epidemiology of humerus fractures in the United States: nationwide emergency department sample, 2008 // *Arthritis Care Res.* 2012. Vol. 64, No 3. P. 407-414. DOI: 10.1002/acr.21563.
- Outcome after closed functional treatment of humeral shaft fractures / R. Ekholm, J. Tidermark, H. Törnkvist, J. Adami, S. Ponzer // *J. Orthop. Trauma.* 2006. Vol. 20, No 9. P. 591-596. DOI: 10.1097/01.bot.0000246466.01287.04.
- Clement N.D. Management of humeral shaft fractures; non-operative versus operative // *Arch. Trauma Res.* 2015. Vol. 4, No 2. P. e28013. DOI: 10.5812/at.28013v2.
- Outcome of nonoperative vs operative treatment of humeral shaft fracture: a retrospective study of 213 patients / A. Denard Jr., J.E. Richards, W.T. Obremskey, M.C. Tucker, M. Floyd, G.A. Herzog // *Orthopedics.* 2010. Vol. 33, No 8. DOI: 10.3928/01477447-20100625-16.
- Management of humeral shaft fractures / E.A. Carroll, M. Schweppe, M. Langfitt, A.N. Miller, J.J. Halvorson // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 2012. Vol. 20, No 7. P. 423-433. DOI: 10.5435/JAAOS-20-07-423.
- Humeral shaft fractures: a review / M. Walker, B. Palumbo, B. Badman, J. Brooks, J. van Gelderen, M. Mighell // *J. Shoulder Elbow Surg.* 2011. Vol. 20, No 5. P. 833-844. DOI: 10.1016/j.jse.2010.11.030.
- Attum B., Obremsky W. Treatment of humeral shaft fractures: a critical analysis review // *JBJS Rev.* 2015. Vol. 3, No 9. P. 01874474-201509000-00001. DOI: 10.2106/JBJS.RVW.N.00119.
- Chen F., Wang Z., Bhattacharyya T. Outcomes of nails versus plates for humeral shaft fractures: a Medicare cohort study // *J. Orthop. Trauma.* 2013. Vol. 27, No 2. P. 68-72. DOI: 10.1097/BOT.0b013e31824a3e66.
- Minimally Invasive Plate Osteosynthesis Using a Screw Compression Method for Treatment of Humeral Shaft Fractures / S.H. Ko, J.R. Cha, C.C. Lee, Y.T. Joo, K.S. Eom // *Clin. Orthop. Surg.* 2017. Vol. 9, No 4. P. 506-513. DOI: 10.4055/cios.2017.9.4.506.
- Майоров Б.А., Беленький И.Г., Кочиш А.Ю. Сравнительный анализ результатов использования трех способов остеосинтеза при переломах диафиза плечевой кости // *Гений ортопедии.* 2017. Т. 23, № 3. С. 284-291. DOI: 10.18019/1028-4427-2017-23-3-284-291.
- Hohmann E., Glatt V., Tetsworth K. Minimally invasive plating versus either open reduction and plate fixation or intramedullary nailing of humeral shaft fractures: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // *J. Shoulder Elbow Surg.* 2016. Vol. 25, No 10. P. 1634-1642. DOI: 10.1016/j.jse.2016.05.014.

13. Livani B., Belangero W.D. Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures // *Injury*. 2004. Vol. 35, No 6. P. 587-595. DOI: 10.1016/j.injury.2003.12.003.
14. Fernández Dell'Oca A.A. The principle of helical implants. Unusual ideas worth considering // *Injury*. 2002. Vol. 33, No Suppl. 1. P. SA1-SA27. DOI: 10.1016/S0020-1383(02)00064-5.
15. Apivatthakakul T., Arpornchayanon O., Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report // *Injury*. 2005. Vol. 36, No 4. P. 530-538. DOI: 10.1016/j.injury.2004.05.036.
16. Apivatthakakul T., Patiyasikan S., Luevitoonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study // *Injury*. 2010. Vol. 41, No 2. P. 169-172. DOI: 10.1016/j.injury.2009.08.002.
17. Gardner M.J., Griffith M.H., Lorich D.G. Helical plating of the proximal humerus // *Injury*. 2005. Vol. 36, No 10. P. 1197-1200. DOI: 10.1016/j.injury.2005.06.038.
18. Кочиш А.Ю., Майоров Б.А., Беленький И.Г. Оригинальный способ малоинвазивного наkostного остеосинтеза спирально изогнутыми пластинами при переломах диафиза плечевой кости // *Травматология и ортопедия России*. 2016. Т. 22, № 3 (81). С. 99-109. DOI: 10.21823/2311-2905-2016-22-3-99-109.
19. Золотова Ю.А. Особенности хирургической анатомии лучевого нерва на уровне плеча // *Гений ортопедии*. 2009. № 2. С. 87-89.

Рукопись поступила 29.01.2020

Сведения об авторах:

1. Волченко Денис Вячеславович, к. м. н.,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: den4099@yandex.ru
2. Терсков Александр Юрьевич, к. м. н.,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: terskov72@mail.ru
3. Ахтямов Ильдар Фуатович, д. м. н., профессор,
ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, г. Казань, Россия,
Email: yalta60@mail.ru
4. Удалов Юрий Дмитриевич, к. м. н.,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: udalov@fmbcfmba.ru
5. Созонов Олег Анатольевич,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: brachio@gmail.com
6. Величко Максим Николаевич,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: maxveldoc@yandex.ru
7. Шпиз Евгений Яковлевич,
ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, г. Москва,
Россия,
Email: shpiz@inbox.ru
8. Сидорук Егор Игоревич,
ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, г. Казань, Россия,
Email: ego7@list.ru

Information about the authors:

1. Denis V. Volchenko, M.D., Ph.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Russian Federation,
Email: den4099@yandex.ru
2. Aleksandr Yu. Terskov, M.D., Ph.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Russian Federation,
Email: terskov72@mail.ru
3. Ildar F. Akhtyamov, M.D., Ph.D., Professor,
Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation,
Email: yalta60@mail.ru
4. Yuri D. Udalov, M.D., Ph.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Russian Federation,
Email: udalov@fmbcfmba.ru
5. Oleg A. Sozonov, M.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Russian Federation,
Email: brachio@gmail.com
6. Maksim N. Velichko, M.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Russian Federation,
Email: maxveldoc@yandex.ru
7. Evgeny Ya. Shpiz, M.D.,
Burnasyan Federal Medical Biophysical Center FMBA, Moscow,
Email: shpiz@inbox.ru
8. Egor I. Sidoruk, M.D.,
Kazan State Medical University, Kazan, Russian Federation,
Email: ego7@list.ru