

Ятрогенные повреждения лучевого нерва при остеосинтезе плечевой кости. Профилактика, диагностика и лечение

Ю.А. Боголюбский*, А.М. Файн, А.В. Сачков, И.И. Мажорова, А.Ю. Ваза, Р.С. Титов, В.Б. Бондарев, А.Ю. Сергеев

Отделение неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата
ГБУЗ «Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»
Российская Федерация, 129090, Москва, Б. Сухаревская пл., д. 3

* Контактная информация: Боголюбский Юрий Андреевич, научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ». Email: bo_y_an@mail.ru

АКТУАЛЬНОСТЬ	Определяется значительной частотой ятрогенных повреждений лучевого нерва при внутреннем остеосинтезе плечевой кости, длительно сохраняющимися функциональными расстройствами, большим количеством неудовлетворительных результатов, а также отсутствием единого подхода к диагностике и лечению.
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ	Изучены причины ятрогенных повреждений лучевого нерва у 22 пациентов, которым при переломах диафиза плечевой кости был выполнен погружной остеосинтез. Для визуализации лучевого нерва использовали ультразвуковое исследование (УЗИ). У 13 пациентов (59,1%) применили патогенетическую схему лечения, включающую медикаментозную, физио- и механотерапию.
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	При остеосинтезе плечевой кости пластинами наблюдали большее число ятрогенных повреждений лучевого нерва, чем при остеосинтезе штифтами. Метод УЗИ имеет высокие показатели диагностической ценности для определения непрерывности нервного ствола и выявления конфликта с твердыми структурами. Применение патогенетической терапии нейропатии приводило к более быстрому клиническому восстановлению функции конечности.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Для профилактики ятрогенных повреждений, кроме избегания грубых манипуляций при накостном остеосинтезе, необходим доступ с достаточной визуализацией лучевого нерва, а при интрамедуллярном остеосинтезе – выполнение дистального блокирования вне проекции лучевого нерва. Показаниями к ранней ревизии после ятрогенного повреждения являются нейротомезис и конфликт нерва с костными отломками или имплантом.
Ключевые слова:	диафизарный перелом плечевой кости, погружной остеосинтез, ятрогенная нейропатия, ультразвуковое исследование, ревизия лучевого нерва
Ссылка для цитирования	Боголюбский Ю.А., Файн А.М., Сачков А.В., Мажорова И.И., Ваза А.Ю., Титов Р.С. и др. Ятрогенные повреждения лучевого нерва при остеосинтезе плечевой кости. Профилактика, диагностика и лечение. <i>Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь</i> . 2020;9(1):51–60. https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-1-51-60
Конфликт интересов	Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Благодарность, финансирование	Исследование не имеет спонсорской поддержки

ДИ — доверительный интервал
СО — среднее отклонение
УЗИ — ультразвуковое исследование

ЭНМГ — электронейромиография
АО — (нем. *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen*), рабочая группа по вопросам остеосинтеза

ВВЕДЕНИЕ

Ятрогенные повреждения лучевого нерва при хирургическом лечении диафизарных переломов плечевой кости возникают, по разным данным, в 8–19% случаев [1–3]. Такие повреждения часто (до 46% случаев) сопровождаются продолжительными, до 9–14 месяцев, двигательными и чувствительными расстройствами [4]. Стойкое нарушение функции верхней конечности остается у 22% [5, 6] и становится причиной инвалидности у 15% пациентов [7].

Ятрогенные нейропатии могут быть связаны с применением как внешней фиксации [2, 8], так и погружного остеосинтеза [9, 10]. Причины повреждений обусловлены прямым и непрямым воздействием на нерв — ранением, тракцией, компрессией и контузией, или их сочетанием. Повреждения нерва могут быть как полными (нейротомезис), так и захватыва-

ющими лишь часть осевых цилиндров при сохранности невралных оболочек (аксонотомезис), либо не сопровождаться структурными нарушениями (нейропраксия или функциональный блок проведения). Как и при первичных повреждениях нерва, патогенез ятрогенной травматической нейропатии обусловлен совокупностью денервационных и регенераторных процессов [11].

Не существует единого подхода к диагностике травматических нейропатий, в том числе ятрогенных. Клинический метод, позволяя достоверно выявить факт травмы нерва и определить уровень повреждения, не дает возможности установить характер этого повреждения, так как в большинстве случаев в остром периоде любые повреждения нерва, от нейротомезиса до функционального блока, проявляются развернутой

картиной сенсорно-моторного дефицита. Некоторые специалисты для определения тактики лечения применяют функциональное исследование — электронейромиографию (ЭНМГ) [11, 12], однако в ранние сроки после повреждения нерва ЭНМГ может быть неинформативной в связи с получением ложноположительных и ложноотрицательных результатов [13, 14]. Для визуализации лучевого нерва применяют магнитно-резонансную томографию и ультразвуковое исследование (УЗИ). Каждое из них имеет свои преимущества, но на практике чаще используют УЗИ [15–20].

Предметом обсуждения является также лечебная тактика, основные вопросы которой — необходимость первичной ревизии лучевого нерва и послеоперационное лечение.

Разные авторы предлагают как обязательную ревизию нерва в течение ближайшего времени после операции [8], так и выжидательную тактику в течение нескольких месяцев после повреждения в расчете на восстановление функции кисти [21]. При этом авторы не учитывают значение данных инструментальной диагностики для выбора хирургической тактики.

Терапевтическое лечение нейропатии после выполненной ревизии лучевого нерва не обсуждается в зарубежных профильных публикациях [3, 8, 12], а в работах отечественных авторов отсутствует единство взглядов на такое лечение [4, 5, 11, 22–24].

Таким образом, ятрогенное повреждение лучевого нерва является значимой медицинской, социальной и юридической проблемой [15, 23], приблизиться к решению которой можно, только используя арсенал современных возможностей диагностики и методов лечения.

Цель работы: на основе анализа причин ятрогенных повреждений лучевого нерва при внутреннем остеосинтезе диафиза плечевой кости оптимизировать диагностическую и лечебную тактику.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Статистическую обработку полученных данных выполняли с использованием компьютерных программ *Microsoft Excel 2010* и *Statistica 13*.

Для описания статистических характеристик выборки использовали формат Cp (min ; max ; CO ; 95% ДИ), где Cp — среднее значение для выборки, min и max — минимальное и максимальное значения, CO — среднее отклонение, ДИ — доверительный интервал. При оценке характеристик диагностической ценности методов исследования рассчитали точность, чувствительность и специфичность. При определении статистической значимости использовали критерий χ^2 Пирсона и t -критерий Стьюдента (данные о сроках восстановления функции конечности соответствовали нормальному распределению). За уровень статистической значимости принимали величину $p \leq 0,01$.

Работа выполнена в отделении неотложной травматологии НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского. В 2008–2019 гг. были оперированы 599 пациентов с неосложненными переломами диафиза плечевой кости. Ятрогенные повреждения лучевого нерва наблюдали у 22 пациентов (3,7%). Среди них было 12 мужчин (54,5%) и 10 женщин (45,5%). Средний возраст пациентов составил 41,2 года (min 24; max 79; CO 14,8; 95% ДИ 4,85).

Всем пациентам был выполнен погружной остеосинтез. В табл. 1 приведены сведения о примененных

Таблица 1

Распределение пациентов по методам лечения, при которых развилась ятрогенная нейропатия

Table 1

Distribution of patients by treatment methods in which iatrogenic neuropathy developed

Методики остеосинтеза	Число пациентов*	Количество ятрогенных повреждений лучевого нерва
Остеосинтез пластиной	196	11 (5,6%)
Остеосинтез штифтом без блокирования	55	1 (1,8%)
Остеосинтез блокируемым штифтом	348	10 (2,9%)**
Всего:	599	22 (3,7%)

Примечания: * — в графе «Число пациентов» приведено общее число пациентов с неосложненными закрытыми переломами диафиза плечевой кости, находившихся на лечении в указанный период, которых лечили с использованием различных методов. Количество ятрогенных повреждений лучевого нерва указано в процентном соотношении от числа пациентов, которых лечили с применением каждого метода; ** — в одном случае непосредственной причиной ятрогенного повреждения был проволочный серкляж, примененный в сочетании с блокируемым штифтом

Notes: * — Column "Number of patients" shows the total number of patients with uncomplicated closed fractures of the diaphysis of the humerus who were treated in this period, who were treated using various methods. The number of iatrogenic injuries of the radial nerve is indicated as a percentage of the number of patients who were treated using each method; ** — In one case, the direct cause of iatrogenic damage was wire cerclage, used in combination with locking screw fixation

методиках оперативного лечения и количестве осложнений.

Необходимо заметить, что применение штифтов без блокирования относится к раннему периоду исследования. Несмотря на низкий процент ятрогенных повреждений лучевого нерва при использовании данного метода, в настоящее время он не используется в связи с тем, что не отвечает требованиям современного остеосинтеза.

Наличие ятрогенного повреждения лучевого нерва устанавливали по клиническим данным. С 2011 г., после внедрения в нашей клинике метода УЗИ периферических нервов, для оценки непрерывности нервного ствола и выявления конфликта нерва с костными отломками и имплантом использовали этот же метод. Исследования выполняли в 1–2-е сутки после операции, по стандартной методике, на ультразвуковых сканерах *Esaote MyLab 70* (Италия) линейным датчиком с диапазоном частот сканирования 5–10 МГц, *Esaote MyLab Class C* (Италия) линейным датчиком с диапазоном частот сканирования 5–13 МГц и конвексным датчиком 1–8 МГц. Для инструментальной верификации клинических данных и оценки динамики восстановления лучевого нерва использовали ЭНМГ.

Терапевтическое лечение нейропатии после подтверждения или восстановления непрерывности нервного ствола начинали с мероприятий, направленных на уменьшение отека травмированного сегмента. Пациенты продолжали лечение в амбулаторных условиях или в стационарах восстановительного лечения. У 13 пациентов (59,1%) применили патогенетическую схему лечения, включающую медикаментозную, физио- и механотерапию. Основными направлениями терапии являлись как непосредственное воздействие на восстановление структуры и функции поврежденного нерва, так и улучшение трофики поврежденного сегмента, устранение боли, а также предупреждение атрофии обездвиженных и денервированных тканей.

Для оценки данных клинического исследования использовали балльные шкалы *O. Nickolson, H. Seddon, 1957*, модифицированные в Ленинградском НИИ нейрохирургии [К.А. Григорович, 1981], где отсутствию

Таблица 2

Причины ятрогенных осложнений, тактика и результаты лечения (исследуемая группа, n=22)

Table 2

Causes of iatrogenic complications, tactics and treatment results (study group, n=22)

	Имплант	УЗИ	Причина повреждения	Ревизия	Объем операции	Срок	Результат	Срок наблюдения
1	Пластина	Нет	Компрессия пластиной	Да	Реостеосинтез, невролиз	4 мес	S4 M4	18 мес
2	Пластина	Нет	Не выявлена	Да	Мобилизация	2	S4 M5	13 мес
3	Блокир. штифт	Нет	Компрессия винтом при дистальном блокировании	Да	Удаление винта, декомпрессия	3 мес.	S4 M4	14 мес
4	Неблокир. штифт	Нет	Не выявлена	Нет	—	—	S5 M5	5 мес
5	Пластина	Нет	Компрессия пластиной	Да	Реостеосинтез, невролиз	5 мес	Неизвестен	Потерян
6	Блокир. штифт	Нет	Частичное повреждение при дистальном блокировании	Да	Удаление винта, невролиз	6 мес	S3 M4	18 мес
7	Блокир. штифт + серкляж	Да	Компрессия серкляжем	Да	Удаление фиксаторов, декомпрессия, последующая транспозиция сухожилий	8 мес, 12 мес	—	19 мес
8	Блокир. штифт	Нет	Тракция	Нет	—	—	S4 M5	5 мес
9	Пластина	Нет	Не выявлена	Нет	—	—	S5 M5	8 мес
10	Блокир. штифт	Нет	Тракция	Нет	—	—	S5 M5	11 мес
11	Пластина	Нет	Не выявлена	Нет	—	—	S4 M4	11 мес
12	Пластина	Да	Компрессия/тракция инструментом	Нет	—	—	S4-5 M4	12 мес
13	Блокир. штифт	Да	Тракция	Нет	—	—	S5 M5	6 мес
14	Блокир. штифт	Да	Контузия отломком	Нет	—	—	S5 M5	3 мес
15	Пластина	Да	Компрессия винтом	Да	Удаление винта, декомпрессия	4 дня	S4 M5	3 мес
16	Блокир. штифт	Да	Тракция	Нет	—	—	Неизвестен	Потерян
17	Блокир. штифт	Да	Контузия отломком	Нет	—	—	S2 M1	2 мес, наблюдение продолжается
18	Пластина	Да	Тракция	Нет	—	—	S5 M5	6 мес
19	Пластина	Да	Компрессия/тракция инструментом	Нет	—	—	Неизвестен	Потерян
20	Пластина	Да	Контузия в области введения стягивающего винта	Нет	—	—	S0-1 M3	1 мес, наблюдение продолжается
21	Блокир. штифт	Да	Полный разрыв при дистальном блокировании	Да	Удаление винта, шов нерва	5 дней	S4 M0	2 мес, наблюдение продолжается
22	Пластина	Да	Компрессия/тракция инструментом	Нет	—	—	S0-1 M1-2	2 мес, наблюдение продолжается

Примечание: УЗИ – ультразвуковое исследование

чувствительности (S) или двигательной функции (M) соответствует 0 баллов, а норме — 5 баллов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Сравнивая количество осложнений при остеосинтезе блокируемыми штифтами и пластинами, можно отметить большее количество ятрогенных повреждений лучевого нерва при остеосинтезе пластинами. Несмотря на то, что статистически значимой разницы не получено (χ^2 ; $p=0,127$), в процентном отношении наблюдали существенную разницу (табл. 1).

Данные о непосредственных причинах ятрогенных повреждений лучевого нерва, диагностической и лечебной тактике и функциональных результатах содержатся в табл. 2.

Всем оперированным пациентам клиническую оценку функции лучевого нерва выполняли в 1-е сутки после операции. Без учета ложноположительных результатов, обусловленных продолжительной анестезией, чувствительность, специфичность и точность клинического метода для выявления ятрогенного повреждения лучевого нерва составила 100%.

Ультразвуковое исследование (с 2011 г.) было выполнено 12 пациентам, из которых у 10 результаты были верифицированы при повторном вмешательстве или по динамике восстановления функции. Сохранность нервного ствола была выявлена в 9 случаях (90,0%) — истинно отрицательные результаты. В одном случае (10,0%) при УЗИ был выявлен ятрогенный нейротмезис, подтвержденный интраоперационно (истинно положительный результат). Ложноположительных и ложноотрицательных результатов не было. Таким образом, показатели чувствительности, специфичности и точности составляют 100%. При определении конфликта лучевого нерва с имплантом было получено 2 истинно положительных результата, 7 истинно отрицательных и один ложноотрицательный. Ложноположительных результатов не было. Таким образом, чувствительность метода составила 67%, специфичность — 100% и точность — 90%. Получение ложноотрицательного результата мы связываем с трудностями визуализации лучевого нерва на фоне выраженных рубцов. Вероятность ошибки, хотя и выявленная на малой выборке, побудила нас использовать не только визу-

ализирующее исследование, но и функциональную диагностику — ЭНМГ, которая позволила более объективно оценивать динамику восстановления нерва.

При выполнении на костного остеосинтеза случаев ятрогенного нейротомезиса не было. Наиболее тяжелым осложнением являлась компрессия лучевого нерва между имплантом и костью. Мы наблюдали 2 таких случая (18,2%), причем до внедрения в протокол обследования УЗИ не имели возможности выявить данный конфликт. В связи с этим ревизия была выполнена на поздних сроках, спустя 5 и 6 месяцев после операции, при отсутствии как клинического улучшения, так и положительной динамики показателей ЭНМГ. Доступность же УЗИ позволила бы своевременно выявить конфликт лучевого нерва с имплантом и устранить компрессию нервного ствола.

Еще в одном случае (9,0%) при выполнении остеосинтеза блокируемым штифтом для репозиции отломков плечевой кости был дополнительно использован проволочный серкляж, который в результате недостаточной визуализации лучевого нерва был наложен поверх него, что привело к развитию ятрогенной нейропатии. При выполнении серии УЗИ конфликт с имплантом выявлен не был (ложноотрицательный результат), в итоге ревизия была выполнена через 8 месяцев после операции. В связи с неудовлетворительным результатом восстановления функции конечности пациентке была выполнена сухожильная транспозиция.

Один случай ятрогенной нейропатии лучевого нерва (9,0%) при остеосинтезе пластиной был связан с компримированием нервного ствола стягивающим винтом, введенным в направлении изнутри кнаружи, при недостаточном выделении лучевого нерва из окружающих тканей. Конфликт нерва с имплантом был выявлен при УЗИ (рис. 1). Выполнили удаление винта, функция лучевого нерва восстановилась полностью.

В 5 случаях (45,5%) при УЗИ конфликт лучевого нерва с имплантом выявлен не был. Этим пациентов лечили консервативно. При этом в 2 случаях получили хорошие и отличные результаты восстановления, в

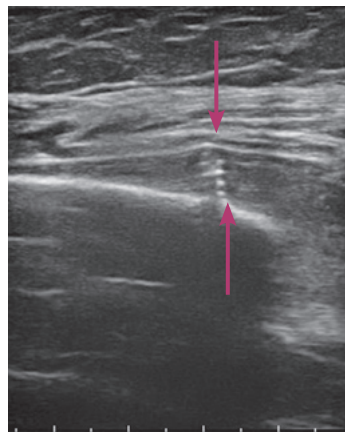


Рис. 1. Эхограмма, продольное сканирование. Винт, выступающий за пределы плечевой кости (↑), компримирует ствол лучевого нерва (↓)

Fig. 1. Echogram, longitudinal scan. A screw extending beyond the humerus (↑) compresses the radial nerve (↓)

2 случаях — срок наблюдения незначительный, один пациент потерян для наблюдения.

Клинический пример

Пациентка Б., 30 лет, при падении с высоты около 1 м получила закрытый оскольчатый перелом правой плечевой кости в нижней трети со смещением отломков (AO 12-B1) — рис. 2.

Через 2 суток после поступления в стационар выполнена операция: остеосинтез правой плечевой кости пластиной с угловой стабильностью (рис. 3).

Интраоперационно лучевой нерв был мобилизован на всем протяжении хирургического доступа. После выполнения остеосинтеза нерв располагался над проксимальной частью пластины. В послеоперационном периоде были выявлены клинические признаки ятрогенной нейропатии лучевого нерва (S0-1; M0). При УЗИ конфликт лучевого нерва с имплантом и костными отломками не выявлен (рис. 4).

Было начато лечение, направленное на уменьшение отека мягких тканей. При выписке из стационара на 4-е сутки после операции сохранялся неврологический дефицит S0-1; M0.

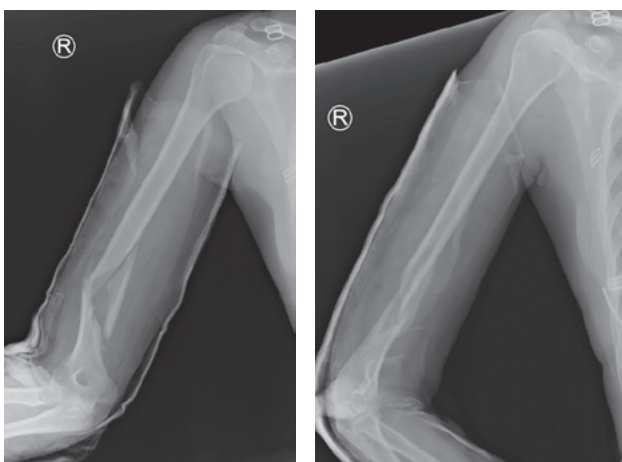


Рис. 2. Рентгенограммы пациентки Б., прямая и боковая проекции

Fig. 2. X-ray images of patient B., front and lateral views

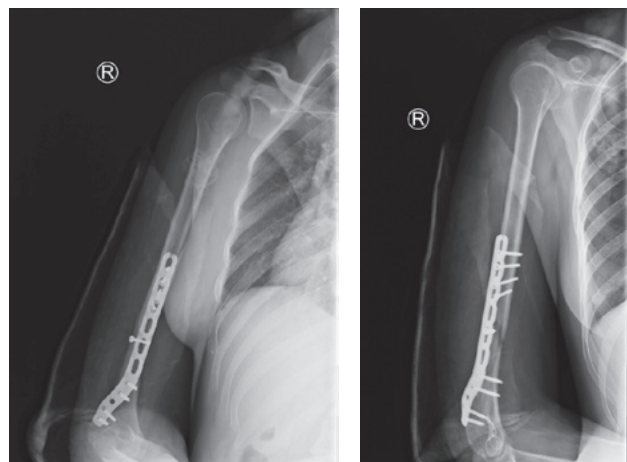


Рис. 3. Рентгенограммы пациентки Б., прямая и боковая проекции. Выполнен остеосинтез плечевой кости пластиной. Положение отломков и фиксатора удовлетворительное

Fig. 3. X-ray images of patient B., front and lateral views. Plate osteosynthesis of the humerus. Satisfactory position of fragments and fixator

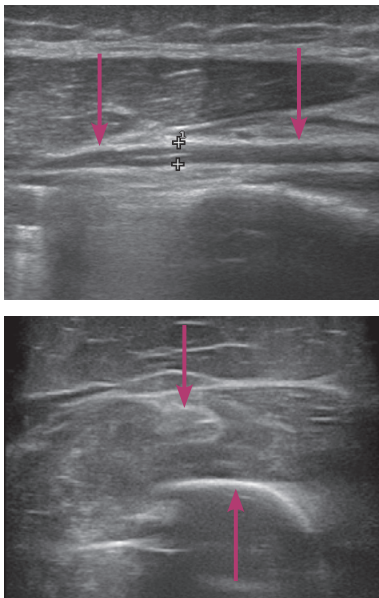


Рис. 4. Эхограммы пациентки Б., продольное и поперечное сканирование. Лоцируется лучевой нерв (↓), определяются признаки нейропатии: дифференцировка на пучки и эхогенность снижены. Конфликт с отломками (↑) и пластиной не определяется
Fig. 4. Echograms of patient B., longitudinal and transverse scanning. The radial nerve is revealed (↓), signs of neuropathy are determined: differentiation into bundles and echogenicity are reduced. Conflict with fragments (↑) and plate is not detected

От восстановительного лечения в стационаре реабилитации пациентка отказалась. При контрольном осмотре через 2 месяца после операции сохранился прежний уровень неврологического дефицита (S0-1, M0).

Через 8 месяцев после операции выявили положительную динамику. По словам пациентки, восстановление функции лучевого нерва началось через 5 месяцев после операции. На момент осмотра отметили уровень чувствительности в зоне автономной иннервации S4, разгибание кисти M3-4, отведение 1-го пальца кисти M3. При этом результаты ЭНМГ свидетельствовали о сохранении выраженной нейропатии лучевого нерва (рис. 5).

При контрольном осмотре через 1 год после операции отметили уровень чувствительности в зоне автономной иннервации S4-5, разгибание кисти M4, отведение 1-го пальца кисти M3-4 (рис. 6).

При рентгеновском исследовании определен сросшийся перелом плечевой кости (рис. 7).

Данный клинический пример подтверждает целесообразность отказа от ревизии лучевого нерва при визуальном определенном и подтвержденном данными УЗИ отсутствии конфликта нервного ствола с отломками и имплантом. Сравнительно большой срок восстановления функции мы объясняем отказом пациентки от прохождения комплексного восстановительного лечения. Диссоциация данных физикального обследования и ЭНМГ подчеркивает необходимость учета при оценке восстановления функции конечности как клинических, так и инструментальных данных.

В 3 случаях (27,3%) причина ятрогенного повреждения осталась невыясненной, так как УЗИ в том периоде исследования еще не применяли. В одном из этих случаев была выполнена ревизия лучевого нерва, при которой визуально не было выявлено его повреждения. В 2 случаях ревизию не выполняли. Во

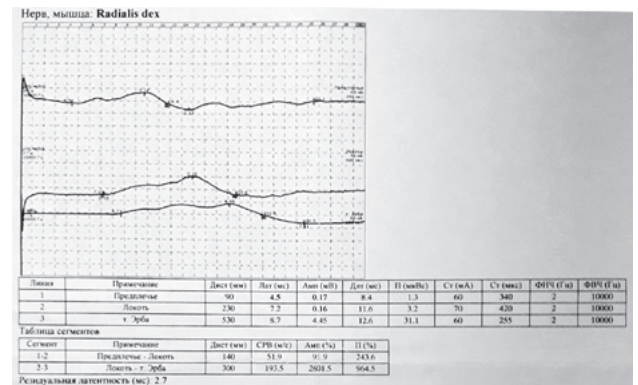


Рис. 5. Результат электронной миографии пациентки Б., 8 месяцев после травмы. Определяется выраженное поражение правого лучевого нерва дистальнее средней трети плеча, аксонально-демиелинизирующего характера
Fig. 5. The result of ENMG of patient B., 8 months after the injury. The significant axonal-demyelinating lesion of the right radial nerve is determined distal to the middle third of the humerus



Рис. 6. Фотография. Клинический результат лечения пациентки Б. через 12 месяцев после травмы
Fig. 6. The photo. The clinical result of the treatment of patient B., 12 months after trauma

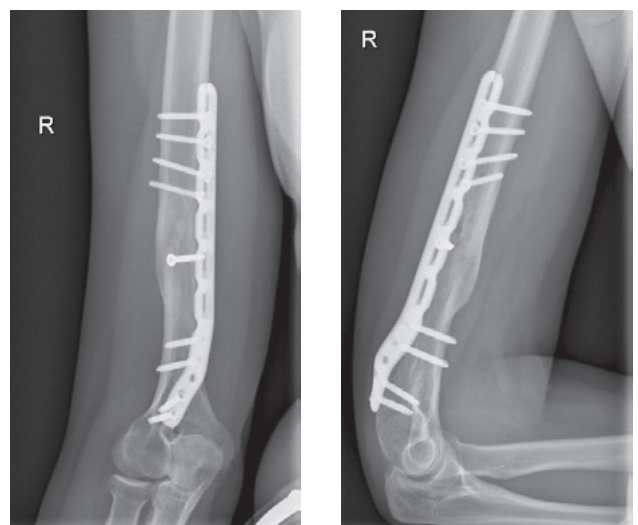


Рис. 7. Рентгенограммы пациентки Б., прямая и боковая проекции. Определяется консолидация перелома правой плечевой кости после остеосинтеза
Fig. 7. X-ray images of patient B., front and lateral views. The consolidation of a fracture of the right humerus after osteosynthesis

всех 3 случаях функция конечности восстановилась до уровня S4-5, M4-5.

В результате дальнейшего применения доступа с мобилизацией лучевого нерва, обеспечивающей его визуализацию на всем протяжении контакта импланта с костью, мы не получили ни одного случая конфликта лучевого нерва с пластиной.

Основными рисками при закрытом остеосинтезе блокируемыми штифтами являются тракционные и контузионные поражения при выполнении репозиции отломков и введении штифта, а также ранение нерва при выполнении дистального блокирования в направлении снаружи кнутри. Из 9 случаев ятрогенных повреждений в 6 (66,7%) при УЗИ конфликт лучевого нерва с отломками и имплантом выявлен не был. Ревизию лучевого нерва в этих случаях не выполняли. Восстановление функции до уровня S4-5, M4-5 произошло у 4 пациентов, один пациент потерян для наблюдения, в одном случае имеет место восстановление до уровня S2, M1, наблюдение продолжается.

Для профилактики таких осложнений необходимо избегать грубых манипуляций при закрытой репозиции и продвижении штифта в области перелома.

В 3 случаях (33,3%) произошло повреждение лучевого нерва при дистальном блокировании. В 2 случаях при локальном краевом повреждении и сдавлении винтом после удаления винта и выполнения невролиза получили хороший функциональный результат. В одном случае имел место ятрогенный нейротмезис при дистальном блокировании. Необходимо отметить, что во всех 3 случаях длина штифта была меньше длины костномозгового канала плечевой кости и при выполнении дистального блокирования доступ к точке сверления, соответствующей проекции отверстия в штифте, находился в проекции лучевого нерва.

Клинический пример

Пациент М., 76 лет, получил закрытый перелом правой плечевой кости на границе верхней и средней третей со смещением отломков (АО 12-A1) в результате падения на ровной поверхности. Выполнен закрытый интрамедуллярный остеосинтез плечевой кости блокируемым штифтом (рис. 8).

По рентгенограммам определили, что длина штифта на 3,7 см меньше длины костномозгового канала. Дистальное блокирование выполнено двумя винтами в направлении снаружи кнутри.

В послеоперационном периоде отметили клинические проявления нейропатии лучевого нерва, причем на фоне полного выпадения двигательной функции (M0) снижение чувствительности было незначительным (S4).

При УЗИ выявили перерыв лучевого нерва на уровне дистального блокирующего винта (рис. 9).

Результаты УЗИ стали основанием для ревизии лучевого нерва; интраоперационно подтвержден нейротмезис глубокой ветви лучевого нерва с диастазом между концами 0,7 см (рис. 10). Также было выявлено аномально высокое отхождение поверхностной ветви лучевого нерва (проксимальнее повреждения), чем и объясняется сохранение чувствительности.

Выполнены мобилизация, эпи-периневральный шов глубокой ветви лучевого нерва, удаление дистального блокирующего винта (рис. 11).

Таким образом, послеоперационная ультразвуковая диагностика позволила достоверно выявить характер и причину повреждения лучевого нерва и опре-

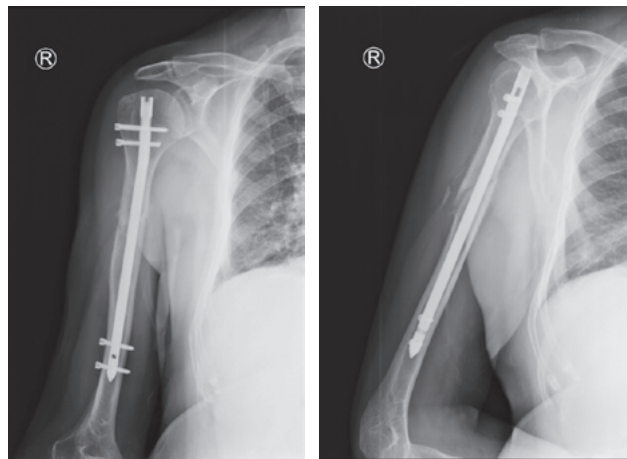


Рис. 8. Рентгенограммы пациента М., прямая и боковая проекции. Остеосинтез правой плечевой кости блокируемым штифтом. Положение отломков и имплантата удовлетворительное
Fig. 8. X-ray images of patient M., front and lateral views. Osteosynthesis of the right humerus with a locking screw. The position of the fragments and the implant is satisfactory

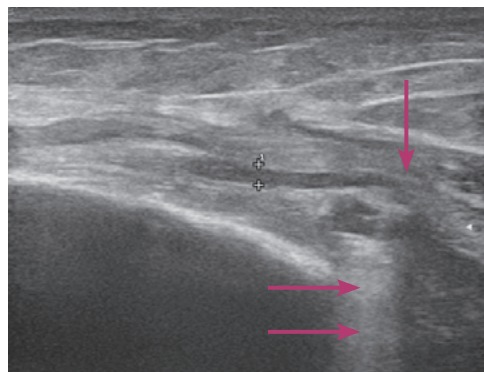


Рис. 9. Эхограмма, продольное сканирование. На уровне блокирующего винта (→) ход лучевого нерва (++) прерывается (↓)
Fig. 9. Echogram, longitudinal scan. At the level of the locking screw (→), the radial nerve (++) is interrupted (↓)

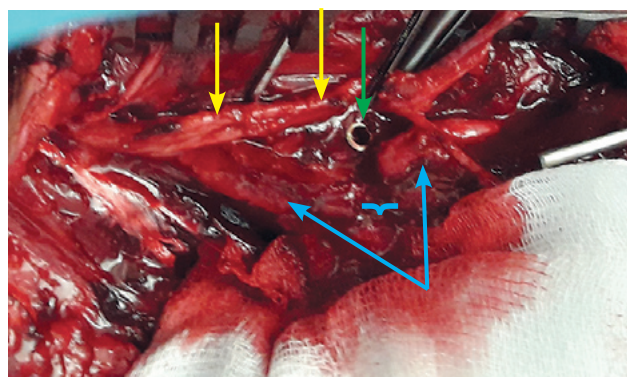


Рис. 10. Интраоперационное наблюдение. Определяется перерыв глубокой ветви лучевого нерва (∩) на уровне блокирующего винта (зеленая стрелка), проксимальная и дистальная культя обозначены синими стрелками. Непрерывность поверхностной ветви лучевого нерва (желтые стрелки) сохранена
Fig. 10. Intraoperative photo. A break of the deep branch of the radial nerve (∩) at the level of the locking screw (the green arrow) is determined, the proximal and distal stumps are indicated by blue arrows. The continuity of the superficial branch of the radial nerve (yellow arrows) is preserved

делить показания к немедленной реконструктивной операции.

Для исключения таких осложнений необходимо использовать штифты с возможностью блокирования вне проекции лучевого нерва. При использовании штифтов с дистальным блокированием снаружи кнутри мы подбирали длину штифта в соответствии с длиной костномозгового канала плечевой кости. При этом доступ для блокирования смещается дистальнее, где лучевой нерв расположен ближе к передней поверхности плечевой кости и риск его повреждения при наружном доступе меньше. Тем не менее, учитывая возможные индивидуальные особенности траектории лучевого нерва, следует перед сверлением отверстия осуществить доступ к кости, убедившись в отсутствии лучевого нерва в проекции сверления.

Из 10 пациентов, которым раннюю ревизию лучевого нерва не выполняли, в 6 случаях (60%) функция конечности восстановилась, в 3 случаях (30%) начала восстанавливаться (при продолжающихся наблюдениях). В одном случае (10%) запоздалая диагностика конфликта лучевого нерва с имплантом повлекла позднюю ревизию с неудовлетворительным функциональным исходом (табл. 2). Таким образом, при наличии клинической картины повреждения лучевого нерва, но определенных при УЗИ непрерывности нервного ствола и отсутствии конфликта с костными отломками и имплантом выполнение ранней ревизию нерва не показано в связи с высокой вероятностью восстановления функции конечности.

Через 3–18 месяцев после травмы нерва изучили результаты лечения 14 пациентов с сохраненной непрерывностью лучевого нерва, у которых произошло полное восстановление функции. У тех, которым проводили патогенетическую терапию нейропатии (группа 1, $n=7$), отмечали более быстрое клиническое восстановление функции лучевого нерва. Так, средний срок начального восстановления чувствительности и движений до уровня S1-2, M1-2 балла по шкале *H. Seddon — O. Nickolson* — К.А. Григоровича составил 1,20 (min 0,75; max 3,50; CO 0,30; 95% ДИ 0,10) месяца. У пациентов, которым не проводили этапное комплексное лечение (группа 2, $n=7$), этот срок составил 2,13 (min 1,25; max 4,25; CO 0,58; 95% ДИ 0,20) месяца (рис. 12). Средний срок полного восстановления до уровня S4-5, M5 в группах 1 и 2 соответственно составил 3,55 (min 3,00; max 6,50; CO 0,43; 95% ДИ 0,13) и 5,10 (min 4,50; max 7,75; CO 0,38; 95% ДИ 0,12) месяцев (рис. 13).

Таким образом, можно отметить достоверно более быстрое восстановление функции лучевого нерва у пациентов, которым проводили комплексное патогенетическое лечение (t -критерий Стьюдента; $p=0,004$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении остеосинтеза плечевой кости значительное число ятрогенных повреждений лучевого нерва обусловлено компрессионными и тракционными воздействиями при репозиции отломков и манипуляциях с мягкими тканями. Для профилактики таких повреждений следует избегать грубых манипуляций.

Кроме того, при накостном остеосинтезе причиной ятрогенных повреждений является компрессия лучевого нерва между костью и пластиной, а также повреждения при использовании стягивающих винтов, поэтому необходимо применять доступ к плечевой кости, обеспечивающий визуализацию лучевого нерва на всем протяжении пластины, для дистальных

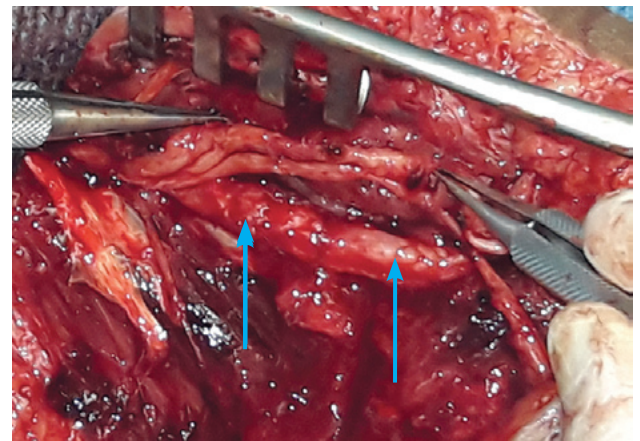


Рис. 11. Интраоперационное наблюдение. Выполнен шов глубокой ветви лучевого нерва (↑↑)

Fig. 11. Intraoperative photo. The deep branch of the radial nerve is sutured (↑↑)

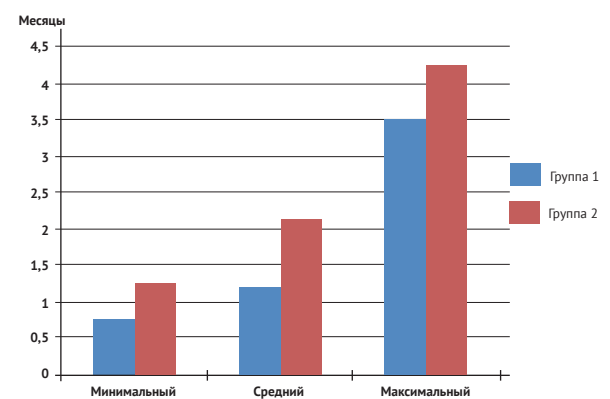


Рис. 12. Сроки начального восстановления функции лучевого нерва

Fig. 12. Terms of the initial recovery of radial nerve function

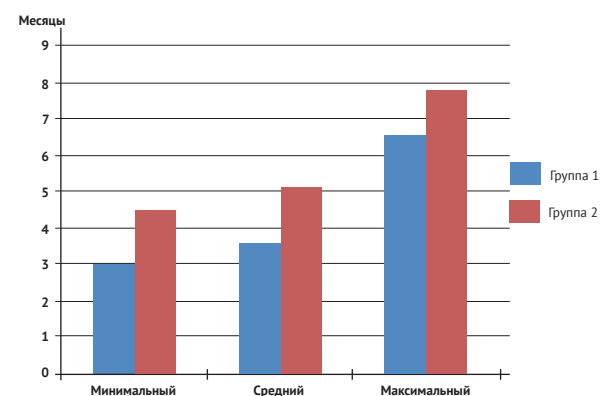


Рис. 13. Сроки полного восстановления функции лучевого нерва

Fig. 13. Terms of complete radial nerve function recovery

переломов — особенно в проксимальной ее части при использовании заднего доступа.

Специфическое осложнение при выполнении остеосинтеза штифтом — повреждение лучевого нерва при дистальном блокировании в направлении снаружи кнутри. Профилактика заключается в подборе штифта, точно соответствующего длине костномозгового канала. При риске повреждения лучевого нерва следует расширить доступ к месту блокирования штифта и выполнить сверление, убедившись визуально в отсут-

ствии нерва в операционной ране или предварительно отведя его в сторону.

Данные ультразвукового исследования о состоянии лучевого нерва являются определяющими для решения вопроса о необходимости его ранней ревизии после ятрогенного повреждения, так как метод ультразвукового исследования имеет высокие показатели диагностической ценности для определения непрерывности нервного ствола и выявления его конфликта с костными отломками и имплантом.

Показаниями к ранней ревизии лучевого нерва после ятрогенного повреждения являются:

— нейротмезис. Цель ревизии — восстановление целостности нерва;

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотова Ю.А. Профилактика ятрогенных повреждений лучевого нерва при лечении переломов плеча: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Якутск; 2016.
2. Шоломова Е.И., Романенко В.Ю., Нинель В.Г., Арутюнян Т.Р., Шоломов И.И., Шульдяков А.А. Субклинические формы нейропатий при диафизарных переломах плеча. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012;(2):556–560.
3. Shoji K, Heng M, Harris MB, Appleton PT, Vrahas MS, Weaver MJ. Time from injury to surgical fixation of diaphyseal humerus fractures is not associated with an increased risk of iatrogenic radial nerve palsy. *J Orthop Trauma*. 2017;31(9):491–496. PMID: 28459772 <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000875>
4. Кхир Бек М. Комплексная диагностика и оптимальный подход к лечению травматических повреждений лучевого нерва: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва; 2009.
5. Живолупов С.А. Травматические невропатии и плексопатии (патогенез, клиника, диагностика и лечение): автореферат дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург; 2000.
6. Скороглазов А.В., Соков Е.Л., Афанасьев Д.С., Альзамнль Халил М. Новое в диагностике и лечении пациентов с неврологическими осложнениями при закрытых переломах и вывихах плеча. *Российский медицинский журнал*. 2006;(1):20–23.
7. Губочкин Н.Г., Иванов В.С., Ткаченко М.В. Структура повреждений длинных ветвей плечевого сплетения и отдаленные результаты невролиза у пациентов с застарелыми травмами верхней конечности. *Травматология и ортопедия России*. 2006;2(40):89.
8. Schwab TR, Stillhard PF, Schibli S, Furrer M, Sommer C. Radial nerve palsy in humeral shaft fractures with internal fixation: analysis of management and outcome. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2018;44(2):235–243. PMID: 28280873 <https://doi.org/10.1007/s00068-017-0775-9>
9. Claessen FM, Peters RM, Verbeek DO, Helfet DL, Ring D. Factors associated with radial nerve palsy after operative treatment of diaphyseal humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg*. 2015;24(11):307–311. PMID: 26341025 <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.07.012>
10. Неверов В.А., Черняев С.Н., Шинкаренко Д.В. Тактика лечения переломов плечевой кости, осложнённых повреждением периферических нервов. *Вестник хирургии им. И.И. Грекова*. 2015;(6):42–45.
11. Одинак М.М., Живолупов С.А. *Заболевания и травмы периферической нервной системы (обобщение клинического и экспериментального опыта): руководство для врачей*. Санкт-Петербург: СпецЛит; 2009.
12. Reichert P, Wnukiewicz W, Witkowski J, Bocheńska A, Mizia S, Gosk J, Zimmer K. Causes of secondary radial nerve palsy and results of treatment. *Med Sci Monit*. 2016;22:554–562. PMID: 26895570 <https://doi.org/10.12659/MSM.897170>
13. Касаткина Л.Ф., Гильванова О.В. *Электромиографические методы исследования в диагностике нервно-мышечных заболеваний. Игольчатая миография*. Москва: Медика; 2010.

REFERENCES

1. Zolotova YuA. *Profylaktika yatrogennykh povrezhdeniy lučevogo nerva pri lechenii perelomov plecha: cand. med. sci. diss. synopsis*. Yakutsk; 2016. (In Russ.)
2. Sholomova EI, Romanenko VYu, Ninel' VG, Arutyunyan TR, Sholomov II, Shul'dyakov AA. Subclinical forms of neuropathy with diaphyseal fractures of the humerus. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2012;(2):556–560. (In Russ.)
3. Shoji K, Heng M, Harris MB, Appleton PT, Vrahas MS, Weaver MJ. Time from injury to surgical fixation of diaphyseal humerus fractures is not associated with an increased risk of iatrogenic radial nerve palsy. *J Orthop Trauma*. 2017;31(9):491–496. PMID: 28459772 <https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000875>
4. Kkhir Bek M. *Kompleksnaya diagnostika i optimal'nyy podkhod k lecheniyu travmaticheskikh povrezhdeniy lučevogo nerva: cand. med. sci. diss. synopsis*. Moscow; 2009. (In Russ.)

— конфликт лучевого нерва с имплантом или костными отломками (интерпозиция, компрессионное или тракционное воздействие). Цель ревизии — устранение травмирующего воздействия на нерв.

При сохранении непрерывности нервного ствола и отсутствии конфликта с имплантом или костными отломками выполнение ранней ревизии лучевого нерва нецелесообразно, так как высока вероятность восстановления функции конечности при консервативном лечении.

Применение патогенетической терапии при нейропатии в ранние сроки после ятрогенного повреждения позволяет ускорить восстановление функции лучевого нерва.

14. Алейникова И.Б., Сачков А.В., Касаткин Д.С., Мажорова И.И., Гринь А.А. Повреждения периферических нервов. В кн.: Крылов В.В. (ред.) *Нейрохирургия и нейроанатомология*. Москва: АБВ-пресс; 2018.
15. Peer S, Bodner G, Meirer R, Willeit J, Piza-Katzer H. Examination of postoperative peripheral nerve lesions with high-resolution sonography. *AJR Am J Roentgenol*. 2001;2415–419. PMID: 11461873 <https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770415>
16. Toros T, Karabay N, Ozaksar K, Sugun TS, Kayalar M, Bal E. Evaluation of peripheral nerves of the upper limb with ultrasonography: a comparison of ultrasonographic examination and the intraoperative findings. *J Bone Joint Surg Br*. 2009;91(6):762–765. PMID: 19483229 <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B6.22284>
17. Alaqeel A, Alshomer F. High resolution ultrasound in the evaluation and management of traumatic peripheral nerve injuries: review of the literature. *Oman Med J*. 2014;29(5):314–319. PMID: 25337305 <https://doi.org/10.5001/omj.2014.86>
18. Малецкий Э.Ю., Короткевич М.М., Бутова А.В., Александров Н.Ю., Ицкович И.Э. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных. *Медицинская визуализация*. 2015;(2):78–86.
19. Маргель И.И., Мещерягина И.А., Митина Ю. Л., Россик О.С., Михайлова Е. А. МРТ-диагностика повреждений периферических нервов. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра СО РАМН*. 2011;4(80):119–123.
20. Kim S, Choi JY, Huh YM, Song HT, Lee SA, Kim SM, Suh JS. Role of magnetic resonance imaging in entrapment and compressive neuropathy — what, where, and how to see the peripheral nerves on the musculoskeletal magnetic resonance image: part 2. Upper extremity. *Eur Radiol*. 2007;17(2):509–522. PMID: 16572333 <https://doi.org/10.1007/s00330-006-0180-y>
21. Niver GE, Ilyas AM. Management of radial nerve palsy following fractures of the humerus. *Orthop Clin North Am*. 2013;44:419–424. PMID: 23827843 <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2013.03.012>
22. Шоломова Е.И., Арутюнян Т.Р., Салина Е.А., Шоломов И.И. Нейропротекция в лечении посттравматических нейропатий. *Поликлиника*. 2012;(1–2):45–47.
23. Боголюбовский Ю.А., Клюквин И.Ю., Сластинин В.В. Современное состояние проблемы диагностики и лечения закрытых диафизарных переломов плечевой кости, осложнённых нейропатией лучевого нерва. *Журнал им. Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2015;(4):30–38.
24. Щеткин В.А., Е.А. Чукина Е.А., Воронцов Ю.А. Комплексная методика восстановительного лечения у больных с переломами плечевой кости на ранних этапах стационарного лечения. *Журнал имени Н.В. Склифосовского Неотложная медицинская помощь*. 2013;(4):35–38.

9. Claessen FM, Peters RM, Verbeek DO, Helfet DL, Ring D. Factors associated with radial nerve palsy after operative treatment of diaphyseal humeral shaft fractures. *J Shoulder Elbow Surg.* 2015;24(11):307–311. PMID: 26341025 <https://doi.org/10.1016/j.jse.2015.07.012>
10. Neverov VA, Chernyaev SN, Shinkarenko DV. Therapeutic Approach to Humeral Bone Fractures Complicated by Peripheral Nerve Trauma. *Grekov's Bulletin of Surgery.* 2015;174(6):42–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2015-174-6-42-45>
11. Odinak MM, Zhivolupov SA. *Zabolevaniya i travmy perifericheskoy nervnoy sistemy (obobshchenie klinicheskogo i eksperimental'nogo opyta).* Saint Petersburg: SpetsLit Publ.; 2009. (In Russ.)
12. Reichert P, Wnukiewicz W, Witkowski J, Bocheńska A, Mizia S, Gosk J, Zimmer K. Causes of secondary radial nerve palsy and results of treatment. *Med Sci Monit.* 2016;22:554–562. PMID: 26895570. <https://doi.org/10.12659/MSM.897170>
13. Kasatkina LF, Gil'vanova OV. *Elektromiograficheskie metody issledovaniya v diagnostike nervno-myshechnykh zabolevaniy. Igol'chataya miografiya.* Moscow: Medika Publ.; 2010. (In Russ.)
14. Aleynikova IB, Sachkov AV, Kasatkin DS, Mazhorova II, Grin' AA. Povrezhdeniya perifericheskikh nervov. In: Krylov VV (ed.) *Neurokhirurgiya i neyroreanimatologiya.* Moscow: ABV-press Publ.; 2018. (In Russ.)
15. Peer S, Bodner G, Meirer R, Willeit J, Piza-Katzer H. Examination of postoperative peripheral nerve lesions with high-resolution sonography. *AJR Am J Roentgenol.* 2001;2:415–419. PMID: 11461873 <https://doi.org/10.2214/ajr.177.2.1770415>
16. Toros T, Karabay N, Ozaksar K, Sugun TS, Kayalar M, Bal E. Evaluation of peripheral nerves of the upper limb with ultrasonography: a comparison of ultrasonographic examination and the intraoperative findings. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(6):762–765. PMID: 19483229 <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B6.22284>
17. Alaqeel A, Alshomer F. High resolution ultrasound in the evaluation and management of traumatic peripheral nerve injuries: review of the literature. *Oman Med J.* 2014;29(5):314–319. PMID: 25357305 <https://doi.org/10.5001/omj.2014.86>
18. Maletskiy EY, Korotkevich MM, Butova AV, Alexandrov NY, Itskovich IE. Measurements of Peripheral Nerves: Comparison of Ultrasound, MRI and Direct Intraoperative Data. *Medical Visualization.* 2015;(2):78–86. (In Russ.)
19. Martel II, Meshcheryagina IA, Mitina YuL, Rossik OS, Mikhailova EA. MR-Image Diagnostics of Injuries of Peripheral Nerves. *Acta Biomedica Scientifica.* 2011;4(80):119–123. (In Russ.)
20. Kim S, Choi JY, Huh YM, Song HT, Lee SA, Kim SM, et al. Role of magnetic resonance imaging in entrapment and compressive neuropathy—what, where, and how to see the peripheral nerves on the musculoskeletal magnetic resonance image: part 2. Upper extremity. *Eur Radiol.* 2007;17(2):509–522. PMID: 16572333 <https://doi.org/10.1007/s00330-006-0180-y>
21. Niver GE, Ilyas AM. Management of radial nerve palsy following fractures of the humerus. *Orthop Clin North Am.* 2013;44:419–424. PMID: 23827843 <https://doi.org/10.1016/j.ocl.2013.03.012>
22. Sholomova EI, Arutyunyan TR, Salina EA, Sholomov II. Neyroprotektsiya v lechenii posttravmaticheskikh neyropatiy. *Poliklinika.* 2012;(1–2):45–47. (In Russ.)
23. Bogolyubsky YA, Klyukvin IY, Slastinin VV. Current State of Diagnosing and Treatment of Closed Dyaphyseal Fractures of the Humerus Complicated by Radial Nerve Palsy. *Russian Sklifosovsky Journal Emergency Medical Care.* 2015;(4):30–38. (In Russ.)
24. Schetkin VA, Chukina EA, Vorontsov YA. An Exercise Therapy in Patients With Intra-Articular Fractures in the Distal Part of Humerus. *Russian Sklifosovsky Journal Emergency Medical Care.* 2013;(4):35–38. (In Russ.)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Боголюбский Юрий Андреевич

научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<http://orcid.org/0000-0002-1509-7082>, bo_y_an@mail.ru;

42%: концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, подготовка к печати

Файн Алексей Максимович

доктор медицинских наук, заведующий научным отделением неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<http://orcid.org/0000-0001-8616-920X>, finn.loko@mail.ru;

22%: концепция и дизайн исследования, редактирование

Сачков Алексей Владимирович

кандидат медицинских наук, заведующий научным отделением острых термических поражений ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<http://orcid.org/0000-0003-3742-6374>, hand@mail.ru;

12%: статистическая обработка, редактирование

Мажорова Ирина Игоревна

научный сотрудник отделения ультразвуковой диагностики ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0001-9109-0790>, shinycoin@yandex.ru;

8%: сбор и обработка материала, написание текста

Ваза Александр Юльевич

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0003-4581-449X>, vazal@inbox.ru;

5%: концепция и дизайн исследования, редактирование

Титов Роман Сергеевич

кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-2960-8736>, doktor-titoff@yandex.ru;

4%: сбор и обработка материала, статистическая обработка

Бондарев Василий Бриджевич

научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0002-1183-3644>, bondarev.niisp@gmail.com;

4%: сбор и обработка материала, написание текста

Сергеев Александр Юрьевич

научный сотрудник отделения неотложной травматологии опорно-двигательного аппарата ГБУЗ «НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗМ»;
<https://orcid.org/0000-0001-9574-398X>, mail4doctor@rambler.ru;

3%: сбор и обработка материала, подготовка к печати

Received on 02.10.2019

Accepted on 05.11.2019

Поступила в редакцию 02.10.2019

Принята к печати 05.11.2019

Iatrogenic Damage to the Radial Nerve During Osteosynthesis of the Humerus. Prevention, Diagnosis and Treatment

Y.A. Bogolyubsky*, A.M. Fayn, A.V. Sachkov, I.I. Mazhorova, A.Y. Vaza, R.S. Titov, V.B. Bondarev, A.Y. Sergeyev

Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System
N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Health Department
3 Bolshaya Sukharevskaya Square, Moscow 129090, Russian Federation

* **Contacts:** Yuri A. Bogolyubsky, Researcher, Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine. Email: bo_y_an@mail.ru

THE RELEVANCE is determined by the significant frequency of iatrogenic injuries of the radial nerve during internal osteosynthesis of the humerus, long-lasting functional disorders, a large number of unsatisfactory results, as well as the lack of a unified approach to diagnosis and treatment.

MATERIAL AND METHODS The causes of iatrogenic damage to the radial nerve were studied in 22 patients who underwent internal fixation during fractures of the humeral diaphysis. The ultrasound examination was used to visualize the radial nerve. In 13 patients (59.1%), a pathogenetic treatment was used, including medication, physical and mechanical therapy.

RESULTS AND DISCUSSION In plate osteosynthesis, a greater number of iatrogenic damage to the radial nerve was observed than during osteosynthesis with screws. The ultrasound method had high diagnostic values to determine the continuity of the nerve trunk and identify conflicts with solid structures. The use of pathogenetic therapy of neuropathy led to a more rapid clinical recovery of limb function.

CONCLUSION To prevent iatrogenic injuries and avoid gross manipulations, the access with sufficient visualization of the radial nerve is necessary in plate osteosynthesis and distal blocking outside the projection of the radial nerve is necessary in intramedullary osteosynthesis. Indications for early revision after iatrogenic damage are neurotmesis and a nerve conflict with bone fragments or an implant.

Keywords: diaphyseal fracture of the humerus, internal osteosynthesis, iatrogenic neuropathy, ultrasound, revision of the radial nerve

For citation Bogolyubsky YA, Fayn AM, Sachkov AV, Mazhorova II, Vaza AY, Titov RS, et al. Iatrogenic Damage to the Radial Nerve During Osteosynthesis of the Humerus. Prevention, Diagnosis and Treatment. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2020;9(1):51–60. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2020-9-1-51-60> (in Russ.)

Conflict of interest Authors declare lack of the conflicts of interests

Acknowledgments, sponsorship The study had no sponsorship

Affiliations

Yuri A. Bogolyubsky	Researcher of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; http://orcid.org/0000-0002-1509-7082 , bo_y_an@mail.ru; 42%: research concept and design, material collection and processing, statistical processing, writing of the text, preparation for printing
Aleksey M. Fayn	Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; http://orcid.org/0000-0001-8616-920X , finn.loko@mail.ru; 22%: research concept and design, editing
Aleksey V. Sachkov	Professor, Dr. Med. Sci., Cand. Med. Sci., Head of the Department of Acute Thermal Trauma, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; http://orcid.org/0000-0003-3742-6374 , hand@mail.ru; 12%: statistical processing, editing
Irina I. Mazhorova	Researcher of the Department of Ultrasound Diagnosis, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-9109-0790 , shinycoin@yandex.ru; 8%: collection and processing of the material, writing of the text
Aleksandr Yu. Vaza	Cand. Med. Sci., Leading Researcher of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0003-4581-449X , vazal@inbox.ru; 5%: research concept and design, editing
Roman S. Titov	Cand. Med. Sci., Senior Researcher of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-2960-8736 , doktor-titoff@yandex.ru; 4%: collection and processing of the material, statistical processing
Vasily B. Bondarev	Researcher of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0002-1183-3644 , bondarev.niisp@gmail.com; 4%: collection and processing of material, writing of the text
Aleksandr Yu. Sergeyev	Researcher of the Department of Emergency Trauma of Musculoskeletal System, N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine; https://orcid.org/0000-0001-9574-398X , mail4doctor@rambler.ru; 3%: collection and processing of the material, preparation for printing