

ПРИМЕНЕНИЕ НЕВРОЛИЗА, ЭНДОНЕВРАЛЬНОЙ СТИМУЛЯЦИИ И ПРОТИВОСПАЕЧНОЙ МЕМБРАНЫ В ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ ВНУТРИСТВОЛЬНЫХ ТРАВМ ЛУЧЕВОГО НЕРВА

Зоркова А. В., Григорьева В. Н.

ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России,
г. Нижний Новгород

THE USE OF NEUROLYSIS, ENDONEURAL STIMULATION AND ANTI-ADHESION MEMBRANE
IN THE SURGICAL TREATMENT OF INTRA-TRUNK INJURIES OF THE RADIAL NERVE

Zorkova A. V., Grigorieva V. N.

Privolzhskiy Research Medical University, Nizhnii Novgorod

шифр специальности 14.01.18

РЕЗЮМЕ:

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ: сравнительный анализ результатов невролиза и невролиза в сочетании с применением противоспаечной мембраны и субэпинеуральной стимуляции нерва в лечении больных с внутриствольными травматическими повреждениями лучевого нерва.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: 29 пациентов с травматическим повреждением лучевого нерва на уровне средней трети плеча, из которых 12 больным (1 группа) проводился невролиз, а 17 пациентам (2 группа) — невролиз с дополнительным использованием противоспаечной мембраны и проведением эпинеуральной интра- и послеоперационной стимуляции лучевого нерва. Всем больным до операции, через 1, 3 и 6 месяцев после операции проводился клинико-неврологический осмотр, оценка ограничений повседневной активности с применением методики «Измерение ограничений функциональной активности из-за повреждения руки и результатов лечения» (англ. «DASH»), электронейромиография.

РЕЗУЛЬТАТЫ: после оперативного лечения у больных как 1, так и 2 группы на протяжении 6 месяцев наблюдалось статистически значимое возрастание силы в надмышечковой и поверхностной группе мышц, однако через 3 и 6 месяцев после операции улучшение было более выражено во 2 группе, чем в первой ($p=0,01903$ и $p=0,03202$ соответственно).

Регресс нарушений функциональных возможностей руки после операции также был более существенным во 2 группе, чем в первой ($p < 0,05000$). В то же время, скорость проведения импульса на участке от точки Эрба до верхней трети предплечья на протяжении полугода после операции в обеих группах увеличивалась в равной степени.

ВЫВОДЫ: невролиз в сочетании с применением противоспаечной мембраны и электростимуляции при травматических внутриствольных повреждениях лучевого нерва в средней трети плеча способствует лучшему восстановлению мышечной силы и функции руки, чем один невролиз.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лучевой нерв, невролиз, противоспаечная мембраны, электростимуляция, электронейромиография, дисфункция руки, DASH.

ABSTRACT

OBJECTIVE: a comparative analysis of the results of standard neurolysis and neurolysis in combination with the use of an anti-adhesion membrane and endoneural stimulation of the nerve in the treatment of patients with closed intra-trunk traumatic radial nerve palsy.

MATERIALS AND METHODS: 29 patients were observed with traumatic radial nerve palsy at the middle third level of the shoulder, of which 12 patients (group 1) underwent neurolysis, and 17 patients (group 2) underwent neurolysis with the additional use of an anti-adhesions membrane and epineural intra- and postoperative stimulation of the radial nerve. All patients before the operation, 1, 3 and 6 months after the operation, underwent a clinical and neurological examination, evaluation of daily activity limitations using the method "Measuring functional activity limitations due to hand injury and treatment results" ("DASH"), electroneuromyography. **Conclusions:** neurolysis in combination with the use of an anti-adhesion membrane and electrostimulation during traumatic intra-trunk injuries of the radial nerve in the middle third of the shoulder contributes to a better recovery of muscle strength and arm function than one neurolysis.

KEYWORDS: radial nerve, neurolysis, anti-adhesion membranes, electrostimulation, electroneuromyography, hand dysfunction, DASH.

Введение

Повреждения нервов руки представляет собой важную медицинскую проблему в силу того, что рука часто страдает при разного рода травмах туловища и конечностей [1]. Чаще всего при травмах верхней конечности (более, чем в 60% случаев) повреждается лучевой нерв, что усугубляет ограничения повседневной активности больных и определяет необходимость совершенствования подходов к их восстановительному лечению [2].

Лечение больных с травматическими повреждениями лучевого нерва может быть, как оперативным, так и консервативным.

Выбор тактики лечения определяется характером общей травмы (открытая или закрытая), имеется ли полный или неполный перерыв нерв, а также тем, является ли травматическое повреждение нерва по своему происхождению ортопедическим, ятрогенным либо вызванным прямой травмой невралных волокон [3,4,5,6]. При полном и частичном анатомическом перерыве ствола нерва используют оперативное лечение, а при внутривольном (при сохранности наружной оболочки) повреждении нерва — как оперативное, так и консервативное лечение. Внутривольные повреждения нервов вначале принято лечить консервативно, и лишь при отсутствии положительной динамики ставить вопрос об оперативном вмешательстве [3,7, 8, 9, 10, 11, 12].

Несмотря на совершенствующиеся методики микрохирургических техник в хирургии периферической нервной системы, результаты восстановления функции конечности остаются лишь удовлетворительными [13].

Перспективы повышения эффективности хирургического лечения травматических повреждений нервов связаны с внедрением в нейрохирургическую практику новых технологий. Так, с целью уменьшения образования рубцовых тканей вокруг нервного ствола, применяются отграничивающие материалы не вызывающие реакцию со стороны окружающих тканей [14,15,16].

Целью нашего исследования явился сравнительный анализ результатов невролиза и невролиза в сочетании с применением противоспаечной мембраны и субэпинеуральной стимуляции нерва в лечении больных с закрытыми внутривольными травматическими повреждениями лучевого нерва.

Материалы и методы

Мы наблюдали 29 пациентов (14 женщин и 15 мужчин) в возрасте от 17 до 68 лет (средний возраст $41,5 \pm 13,8$ лет) с травматическим повреждением лучевого нерва, прооперированных в нейрохирургическом стационаре с 2016 по 2018 гг.

У 28 пациентов повреждение нерва было вызвано вторичным сдавлением. Из них у 17 нерв был поврежден пластиной, наложенной с целью остеосинтеза плечевой кости, у 11 пациентов повреждение лучевого нерва возникло вследствие компрессии гипсовой повязкой, наложенной по поводу закрыто-

го перелома плечевой кости. Один пациент получил первичную травму лучевого нерва одновременно с размождением мягких тканей руки вследствие несчастного случая на производстве.

Всем больным проводился клинико-неврологический осмотр, оценка ограничений повседневной активности с применением методики «Измерение ограничений функциональной активности из-за повреждения руки и результатов лечения» (англ. «Disability of the Arm, Shoulder and Outcome Measure», сокращенно «DASH»), электронейромиография нервов руки (ЭНМГ).

В процессе неврологического осмотра сила мышц рук оценивалась по 6 бальной шкале. Иннервируемые лучевым нервом мышцы были разделены на 4 группы: 1) трехглавая мышца плеча; 2) надмыщелковая группа, (плечелучевая мышца, длинный лучевой разгибатель кисти, короткий лучевой разгибатель кисти, короткий лучевой разгибатель кисти, супинатор); 3) глубокая группа (длинная мышца, отводящая большой палец, длинный разгибатель большого пальца, короткий разгибатель большого пальца, разгибатель указательного пальца); 4) поверхностная группа (локтевой разгибатель запястья, общий разгибатель пальцев, разгибатель мизинца). Клиническая оценка силы мышечных групп осуществлялась в соответствии с методическими рекомендациями Russel S. M., 2009 [17], в частности — с воспроизведением тех поз руки, которые исключают гравитационную нагрузку и синергическую активность других мышц во время выполнения задания.

Методика DASH представляет собой опросник из 30 пунктов, направленных на выяснение ограничений повседневной активности из-за повреждения руки [18]. ЭНМГ выполнялась на аппарате Нейро МВП-4 (фирма Нейрософт г. Иваново). Интраоперационная оценка сохранности проводимости по двигательным волокнам лучевого нерва осуществлялась на основании регистрации М-ответа с релевантных мышц с помощью аппарата Xltek Protektor IOM (USA).

Хирургическое лечение повреждения лучевого нерва проводилось всем пациентам.

У пациентов с невропатией лучевого нерва, вызванной сдавлением пластиной для накостного остеосинтеза (17 чел.), после рентгенографического подтверждения консолидации перелома производился линейный разрез кожи по старому послеоперационному рубцу, и вышеуказанная пластина удалялась. У пациентов с повреждением лучевого нерва, у которых закрытый перелом плечевой кости лечился путем наложения иммобилизующей повязки (11 чел.), линейный разрез производился на расстоянии 1,5 см от места проекции нерва на кожу. У пациента с травмой лучевого нерва, обусловленной размождением мягких тканей, разрез кожи выполнялся Z-образно; анатомическая целостность лучевого нерва у него оказалась сохранной.

Под контролем операционного микроскопа Leica (Россия) выполнялось разделение спаек для выско-

бождения анатомических структур (нерва, сосудов, мышц) — экзоневролиз. Для разделения внутриволоковых спаек и идентификации возможных невроматозов нерва выполнялось введение физиологического раствора под эпинеуральную оболочку (эндоневролиз или гидроневролиз).

На данном этапе каждый больной включался в одну из двух групп, при этом формирование групп осуществлялось по принципу «подбора пар».

Группы были сопоставимы по полу и возрасту. Так, в 1 группу входили 6 мужчин и 6 женщин (средний возраст — $37,9 \text{ лет} \pm 12,0$), во 2 группу — 9 мужчин и 8 женщин (средний возраст — $44,2 \pm 14,9$ лет).

Больным 1 группы (12 человек) проводился экзо- и эндоневролиз («невролиз»), а второй (17 пациентов) — экзо- и эндоневролиз («невролиз») с дополнительным использованием противоспаечной мембраны и проведением эпинеуральной интра- и послеоперационной стимуляции лучевого нерва.

У больных 2 группы после разделения спаек (экзо- и эндоневролиз) нерв окутывался противоспаечной мембраной из гидрофобного акрила, и дополнительно под эпинеуральную выше и ниже места компрессии для проведения интра и послеоперационной стимуляции лучевого нерва размещались игольчатые электроды.

Послеоперационная рана ушивалась внутрикожным швом.

После оперативного вмешательства больным первой группы на протяжении 5–7 дней проводилось стандартное восстановительное лечение, включавшее курс медикаментозной терапии с использованием антихолинэстеразных препаратов (прозерин), витаминов группы В и занятия лечебной физкультурой, которые были направлены на улучшение кровоснабжения и трофических процессов в пораженных мышцах и самом нерве с целью профилактики образования сращений и рубцовых изменений в них; укрепление паретичных мышц и связочного аппарата, профилактика контрактур и тугоподвижности в суставах развивающихся вследствие пареза мышц.

Больным второй группы, наряду со стандартной терапией в течение первой недели после операции дополнительно проводилась электростимуляция лучевого нерва постоянным электрическим током частотой 4,72 мГц через имплантированные под эпинеуральную оболочку игольчатые электроды. Сила тока подбиралась индивидуально, в зависимости от болевого порога пациента. Стимуляция выполнялась 3 раза в день, по 15 минут.

В последующем, через 1, 3 и 6 месяцев пациенты первой и второй группы проходили курсы восстановительного лечения на базе нашей больницы, также включавшие медикаментозную терапию (антихолинэстеразными препаратами, витамины группы В), лечебную гимнастику и физиотерапевтическое лечение. Среди физиотерапевтических процедур применялись — чрезкожная электростимуляция мышц, парафиновые и озокеритовые аппликации, магнитотерапия, электрофорез.

Обследование пациентов осуществлялось до и после оперативного лечения. До оперативного лечения за 2–4 дня проводилось клиническая оценка силы мышц по 6 бальной шкале, тестирование с использованием опросника DASH и ЭНМГ с верхних конечностей.

Непосредственно после оперативного лечения ежедневно в течение 5 дней осуществлялась клиническая оценка мышечной силы по 6 балльной шкале. Через 1, 3 и 6 месяцев после операции осуществлялась клиническая оценка мышечной силы, проводилось повторное тестирование с использованием опросника DASH и ЭНМГ исследование с верхних конечностей.

Статистический анализ результатов проводился с применением пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 для Windows. В случае нормального распределения признаков определялись их средние арифметические значения и среднеквадратичные отклонения, а в случае отклонения распределения от нормального — медианы и 25-й и 75-й перцентили.

Сравнение показателей, полученных через 1, 3 и 6 месяцев после операции, проводилось с применением одномерного дисперсионного анализа Краскела-Уоллиса. Для сравнения средних значений двух связанных выборок (при нормальном распределении количественных переменных) использовался критерий Стьюдента для зависимых выборок, а для сравнения несвязанных выборок — критерий Стьюдента для независимых выборок. Для сравнительного анализа динамики показателей в двух независимых группах больных проводился дисперсионный анализ с повторными измерениями.

Результаты

Наблюдение за больными 1 группы на протяжении полугода показало, что сила всех исследованных мышечных групп: трицепса, латеральной надмышечной группы, глубокой группы и поверхностной группы мышц статистически значимо (по данным одномерного дисперсионного анализа) возрастала на протяжении 6 месяцев ($p < 0,00037$; $p < 0,00003$, $p < 0,00000$, $p < 0,00003$ соответственно). Попарное сравнение показателей мышечной силы в 1 группе больных выявило статистически значимый ее прирост как в период между 1–3 месяцами ($p < 0,05000$ для всех мышечных групп), так и в период между 3–6 месяцами после оперативного вмешательства ($p < 0,05000$ для всех мышечных групп).

Во 2 группе больных за шестимесячный промежуток времени по данным одномерного дисперсионного анализа также отмечалось статистически значимое увеличение силы мышц на протяжении всего следующего за операцией полугода ($p < 0,00009$; $p < 0,00000$; $p < 0,00000$ соответственно). Попарное сравнение показателей выявило существенный прирост силы мышц после операции как в период между 1 и 3 месяцами ($p < 0,05000$, для всех мышечных групп), так и в период между 3–6 месяцами ($p < 0,05000$, для всех мышечных групп).

Дисперсионный анализ с повторными измерениями указал на статистически значимые различия динамики восстановления мышечной силы у больных 1 и 2 групп, касавшиеся латеральной надмышцелковой группы ($p=0,01903$) и изучавшейся поверхностной группы мышц ($p=0,03202$) (Рис. 1, 2). Межгрупповые различия были максимально выражены через 3 и 6 месяцев после операции, в то время как через 1 месяц, они не достигали статистической значимости. Так, сила трицепса, латеральной надмышцелковой группы, глубокой группы и поверхностной группы мышц как до операции, так и через один месяц после нее в 1 и 2 группе статистически значимо не различались ($p=0,05000$), однако через 6 месяцев показатель во 2 группе оказался статистически значимо больше, чем в 1 группе ($p=0,05000$).

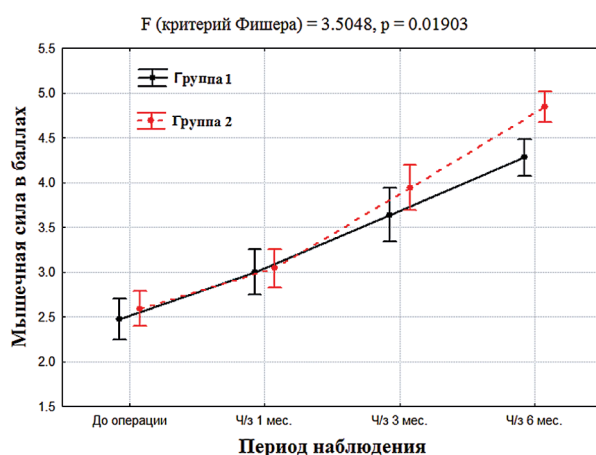


Рисунок 1. Сила мышц надмышцелковой группы через 1, 3 и 6 месяцев после операции у больных после проведения неврулиза (группа 1) и после неврулиза в сочетании с применением противовоспалительной мембраны и электростимуляции (группа 2).

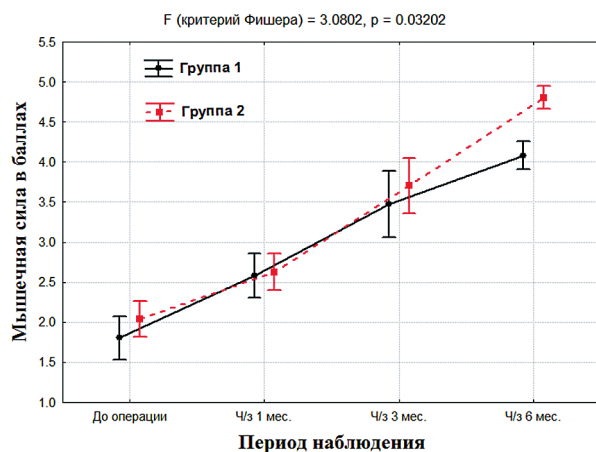


Рисунок 2. Сила мышц поверхностной группы через 1, 3 и 6 месяцев после операции у больных после проведения неврулиза (группа 1) и после неврулиза в сочетании с применением противовоспалительной мембраны и электростимуляции (группа 2).

Статистически значимые различия динамики нарастания силы трехглавой мышцы руки и мышц глубокой группы у больных 1 и 2 групп отсутствовали.

Регресс нарушений функциональных возможностей руки (измеряемых по опроснику DASH (как разница между послеоперационными данными через 6-м и 3-м, 3-м и 1-м месяцами) на протяжении 6 месяцев после операции (под данным дисперсионного анализа с повторными измерениями) во 2 группе был более значительным (среднее арифметическое значение, [стандартное отклонение]; медиана, {значения 25–75 перцентилей}) ($7,0[4,4]; 6,0\{4,3; 8,5\}$ и $24,2[9,0]; 24,3\{16,5; 29,0\}$ между 6-м и 3-м и 3-м и 1-м периодами после операции соответственно), чем в 1 группе ($2,5[2,3]; 2,1\{0,9; 4,1\}$ и $18,8[7,9]; 18,9\{12,9; 22,3\}$ между 6-м и 3-м и 3-м и 1-м периодами после операции соответственно), ($p=0,0045$) (Рис. 3). Через 6 месяцев после операции (по данным непараметрического критерия Манна-Уитни для двух независимых выборок) разница регресса оценки по DASH между больными 1 и 2 групп ($2,5 \pm$ и $7,0 \pm$ баллов, соответственно) была более выраженной, чем через 3 месяца ($18,8 \pm$ и $24,2 \pm$ соответственно), $p < 0,05000$, и чем через 1 месяц ($7,9 \pm$ и $4,7 \pm$ баллов, соответственно), $p < 0,05000$.

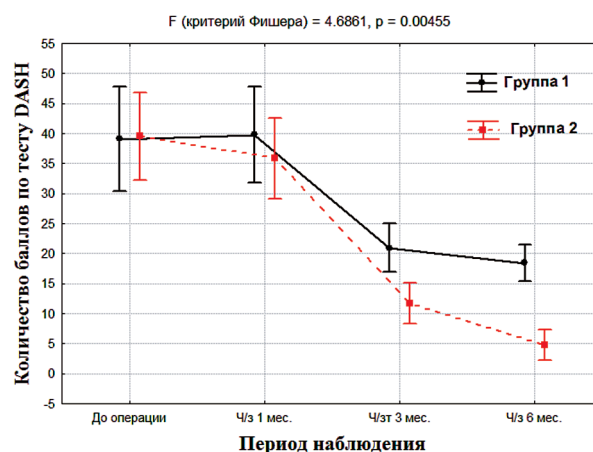


Рисунок 3. Оценка по DASH через 1, 3 и 6 месяцев после операции у больных после проведенного неврулиза (группа 1) и неврулиза в сочетании с применением противовоспалительной мембраны и электростимуляцией (группа 2).

Анализировалась скорость проведения нервного импульса на участке от точки Эрба до верхней трети предплечья, поскольку повреждение лучевого нерва у больных обеих групп локализовалось на уровне средней трети плеча. Скорость проведения импульса на этом участке на протяжении следующего за операцией полугодия статистически значимо возрастала (по данным однофакторного дисперсионного анализа) как в 1 группе больных ($p=0,00001$), так и во 2 группе ($p<0,00001$) (Рис. 4). Статистически значимых различий в характере динамики указанного показателя на протяжении полугодия после операции у больных 1 и 2 групп не наблюдалось.

Обсуждение

Полученные данные свидетельствуют о том, что хирургическое лечение внутриствольных повреждений лучевого нерва на уровне средней трети плеча, при использовании как неврוליза, так и неврוליза в сочетании с применением противоспаечной мембраны и электростимуляцией, приводило к статистически значимому увеличению силы иннервируемых этим нервом мышц, а также к уменьшению дисфункции руки. Это согласуется с результатами S. B. Nabre (2017) [21] и G. Keighley (2018) [3], которые установили, что раннее хирургическое лечение травматических повреждений нервов приводит к восстановлению утраченной функции.

В нашем исследовании обращал внимание тот факт, что после операции как неврוליза, так и неврוליза в сочетании с применением противоспаечной мембраны и электростимуляции, наиболее существенное нарастание силы мышц происходило в надмышечковой и поверхностной группах мышц. Подобная тенденция отмечалась и в других мышечных группах, однако изменения не достигали статистической значимости. Что касается трехглавой мышцы плеча, факт «щажения» трехглавой мышцы плеча объяснялся тем, что мы обследовали больных с повреждением лучевого нерва в области спирального канала, при котором иннервация трехглавой мышцы страдает мало, поскольку снабжающие ее ветви лучевого нерва отходят выше. Слабость трехглавой мышцы при повреждениях в области средней трети плеча может развиваться лишь в тех случаях, когда в этой области от лучевого нерва отходят дополнительные ветви, иннервирующие латеральную и медиальную головки трицепса. Что касается глубокой группы мышц предплечья, иннервируемых лучевым нервом, то они расположены на руке наиболее дистально, поэтому при травмах лучевого нерва их иннервация восстанавливается позднее всего [17]. В этой связи мы предполагаем, что за период 6-месячного наблюдения в нашем исследовании статистически значимого повышения силы этих мышц могло еще не произойти.

Обращало внимание, что у больных 2 группы (т.е. у больных, которым проводился неврוליз в сочетании с применением противоспаечной мембраны и электростимуляцией) прирост силы мышц надмышечковой и поверхностной групп в период между 3 и 6 месяцами был более выраженным, чем в 1 группе. Этот факт, с нашей точки зрения, можно объяснить тем, что проводившаяся во 2 группе электростимуля-

ция в наибольшей степени начинала проявлять свое положительное влияние именно спустя 2–3 месяца после оперативного вмешательства, то есть в тот период, когда процессы регенерации (образование нового миелина, регенераторный и коллатеральный спрутинг) начинают преобладать над травматической реинтеграцией структур нерва [19]. Такое предположение согласуется с данными других авторов, согласно которым терапевтический эффект электростимуляции после оперативного вмешательства на нерве является отсроченным [20].

Тот выявленный нами факт, что уменьшение вызванных дисфункцией руки нарушений жизнедеятельности (отражаемых в оценке по опроснику DASH), коррелирует с увеличением силы мышц в надмышечковой и поверхностной группах мышц, вполне объяснимо. Действительно, входящие в состав надмышечковой и поверхностной групп мышцы обеспечивают разгибание кисти в лучезапястном суставе и разгибание пальцев кисти. Восстановление этого объема движений значительно улучшает выполнение повседневных бытовых и трудовых обязанностей, что и объясняет выявленную в нашем исследовании связь между уменьшением количества баллов по опроснику DASH и повышением силы мышц.

При исследовании скорости проведения нервного импульса по лучевому нерву на протяжении 6 месяцев после операции отмечалось увеличение ее как в 1-й, так и во 2-й группах, без существенных различий в характере динамики в указанных группах. Это можно объяснить тем, что оценка только скорости проведения по нервному волокну не дает четкого представления о степени повреждения нервного волокна и его регенерации [22].

Выводы:

Хирургическое лечение внутриствольных повреждений лучевого нерва на уровне средней трети плеча приводит к статистически значимому увеличению силы иннервируемых этим нервом мышц и уменьшению дисфункции руки.

Операция неврוליза в сочетании с применением противоспаечной мембраны и электростимуляции при внутриствольных повреждениях лучевого нерва способствует более существенному восстановлению мышечной силы и функции руки, чем одна лишь операция неврוליза, что подтверждается статистически значимым увеличением силы латеральной надмышечковой и поверхностной группы мышц.

Список литературы:

1. Lowe, J. B. Current approach to radial nerve paralysis / J. B. Lowe, S. K. Sen, S. E. Mackinnon // *Plast. Reconstr. Surg.* — 2002, 110(4). — p. 1099–1113.
2. Analysis of upper and lower extremity peripheral nerve injuries in a population of patients with multiple injuries / J. Noble, C. A. Munro, V. S. Prasad, R. Midha // *Trauma.* — 1998, 45(1). — p. 116–122.
3. Radial nerve palsy in mid/distal humeral fractures: is early exploration effective? / G. Keighley, D. Hermans, V. Lawton, D. Duckworth // *ANZ J. Surg.* — 2018, 88(3). — p. 228–231.
4. Ultrasound-guided perineural injection with dextrose for treatment of radial nerve palsy: A case report. / S. R. Chen, Y. P. Shen, T. Y. Ho, L. C. Chen, Y. T. Wu // *Medicine (Baltimore).* — 2018, 97(23).
5. Chang, G. Radial Nerve Palsy After Humeral Shaft Fractures: The Case for Early Exploration and a New Classification to Guide Treatment and Prognosis / G. Chang, A. M. Ilyas // *Hand Clin.* — 2018, 34(1). — p. 105–112.
6. Intraneural Platelet-Rich Plasma Injections for the Treatment of Radial Nerve Section: A Case Report / U. García de Cortázar, S. Padilla, E. Lobato, D. Delgado, M. Sánchez // *J. Clin. Med.* — 2018, 7(2).
7. Treatment of radial neuropathy associated with fractures of the humerus / F. H. Pollock, D. Drake, E. G. Bovill, L. Day, P. G. Trafton // *J. Bone Joint Surg. Am.* — 1981, 63(2). p. 239–43.
8. Radial nerve paralysis associated with fractures of the humerus. A review of 62 cases / J. J. Shah, N. A. Bhatti // *Clin. Orthop. Relat. Res.* — 1983, 172. — p. 171–176.
9. Bumbasirevic, M. Radial nerve palsy / M. Bumbasirevic, T. Palibrk, A. Lesic H. D. E. Atkinson // *Trauma.* — 2016, V.1. — p. 286–294.
10. Radial nerve palsy associated with fractures of the shaft of the humerus: a systematic review / Y. C. Shao, P. Harwood et al. // *J. Bone Joint Surg. Br.* — 2005, 87(12). — p. 1647–1652.
11. Bleeker, W. A. Treatment of humeral shaft fractures related to associated injuries. A retrospective study of 237 patients / W. A. Bleeker, M. W. Nijsten, H. J. Duis // *Acta Orthop. Scand.* — 1991, 62(2). p. 148–153.
12. Fu, S. Y. Contributing factors to poor functional recovery after delayed nerve repair: prolonged denervation / S. Y. Fu, T. Gordon // *J. Neurosci.* — 1995. — 15(5). p. 3886–3895.
13. Живолупов, М. М. Заболевания и травмы периферической нервной системы (обобщение клинического и экспериментального опыта): руководство для врачей / М. М. Живолупов, С. А. Одинак. — СПб.: СпецЛит, 2009. — 367 с.
14. Патология периферической нервной системы. Руководство по нейрохирургии. Том 2. / О. Н. Древаль, К. Я. Оглезнев, А. В. Кузнецов и др. — М.: Геотар-медиа. — 2013. С. 635–734
15. Экспериментально — клиническое обоснование применения биодеградируемых имплантатов в хирургическом лечении поражений периферических нервов. / А. Г. Федяков, О. Н. Древаль, В. И. Севастьянов и др. // *Журнал Вопросы нейрохирургии.* — 2010, № 3. с. 15–20.
16. Management of peripheral nerve disorders. / A. G. Filler, D. G. Kline, C. P. Toussaint et al. // *Youmans Neurological surgery.* — 2005, 6 ed. — p. 2361–2546.
17. Russel S. M. Examination of Peripheral Nerve Injuries: An Anatomical Approach / S. M. Russel. — Thieme. — 2006. 178 p.
18. Гаркави, Д. Универсальный способ персонализированной оценки результатов лечения у пациентов ортопедотравматологического профиля / Д. Гаркави, А. Гаркави, А. Лычагин // *Врач.* — 2014, 7. — с. 31–34.
19. Современные представления о регенерации нервных волокон при травмах периферической нервной системы / С. А. Живолупов, Н. А. Рашидов, И. Н. Самарцев, Е. В. Яковлев // *Вестник Российской Военно-Медицинской Академии.* — 2013, 3(43). — с. 190–198.
20. Стимуляция регенерации периферического нерва: современное состояние, проблемы и перспективы / И. Н. Щаницын, А. Н. Иванов, С. П. Бажанов и др. // *Успехи физиологических наук.* — 2017, 48 (3). — с. 92–111.
21. Radial nerve palsy in humeral shaft fractures with internal fixation: analysis of management and outcome / T. R. Schwab, P. F. Stillhard, S. Schibli, M. Furrer, C. Sommer // *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* — 2018, 44. — p. 235–243.
22. Шуст, Ю. А. Роль ультразвукового исследования в дифференциальной диагностике нейропатии при различных заболеваниях и оценка анатомии плечевого сплетения в аспекте проведения регионарной анестезии: Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Ю. А. Шуст. — Красноярск, 2017. — 134 с.