

# ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

Журбин Е. А., Гайворонский А. И., Декан В. С., Железняк И. С.,  
Чуриков Л. И., Исаев Д. М., Алексеев Е. Д., Свистов Д. В.

## DIAGNOSTIC EFFICIENCY OF ULTRASOUND RESEARCH IN DAMAGE OF PERIPHERAL NERVES

Zhurbin E. A., Gajvoronskij A. I., Dekan V. S., Zheleznyak I. S., Churikov L. I., Isaev D. M.,  
Alekseev E. D., Svistov D. V.

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Ультразвуковое исследование является современным, доступным и неинвазивным методом диагностики травм периферической нервной системы.

**ЦЕЛЮ ИССЛЕДОВАНИЯ** явилось выявление диагностической эффективности ультразвукового исследования при травматических повреждениях периферических нервов.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В ходе исследования было изучено 154 пациента с диагнозом — посттравматическая невропатия нервных стволов верхних и нижних конечностей, проходивших лечение с 2012 по 2017 гг. Всем пациентам было выполнено ультразвуковое исследование на аппаратах экспертного класса мультислотными линейными высокоразрешающими датчиками с общим диапазоном частот ультразвукового сигнала от 5 до 15 МГц.

Для оценки эффективности ультразвукового метода мы использовали статистический анализ чувствительности, специфичности и точности (безошибочности метода), проводившийся по методике качественной оценки референтного (оперативное вмешательство или положительное консервативное лечение) и изучаемого метода (ультразвуковое исследование).

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** Чувствительность и специфичность УЗИ в выявлении повреждений периферических нервов составили 93,6% и 68,2%, соответственно. Точность ультразвукового исследования равна 86,4% при уровне ложноотрицательных и ложноположительных ответов — 6,4% и 31,8%, соответственно.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Общая информативность ультразвукового метода в выявлении повреждений периферических нервов конечностей составляет более 80%, что позволяет рассматривать его как ведущий в диагностике данной патологии.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** периферические нервы, ультразвуковое исследование, поражение нервных стволов, диагностика травм нервов.

### ABSTRACT.

**INTRODUCTION.** Ultrasound is a modern, affordable and non-invasive method for diagnosing injuries of the peripheral nervous system.

**OBJECTIVE.** Determine the diagnostic effectiveness of ultrasound in traumatic injuries of peripheral nerves.

**MATERIAL AND METHODS.** In the course of the study, 154 patients were diagnosed with posttraumatic neuropathy of the nerve trunks of the upper and lower extremities treated from 2012 to 2017. All patients underwent ultrasound examination on devices of expert class with multifrequency linear high-resolution sensors with a common frequency range of ultrasonic signal from 5 to 15 MHz.

To assess the effectiveness of the ultrasound method, we used a statistical analysis of sensitivity, specificity and accuracy (accuracy of the method), conducted according to the method of qualitative assessment of referential (surgical intervention or positive conservative treatment) and the studied method (ultrasound).

**RESULTS.** The sensitivity and specificity of ultrasound in the detection of peripheral nerve damage was 93.6% and 68.2%, respectively. The accuracy of the ultrasound examination is 86.4% at the level of false-negative and false-positive responses — 6.4% and 31.8%, respectively.

**CONCLUSIONS.** The general information value of the ultrasound method in detecting damage to the peripheral nerves of the limbs, is more than 80%, which allows us to consider it as the leading one in the diagnosis of this pathology.

**KEYWORDS:** Peripheral nerves, ultrasound examination, lesion of nerve trunks, diagnosis of nerve injuries.

**Введение.**

Среди общего травматизма повреждения периферических нервов составляют от 1,5% до 12% [2, 15]. В виду особенностей анатомо-топографических взаимоотношений нервных стволов с окружающими тканями в 20–22% травмы нервов сочетаются с повреждением сухожилий, в 12–15% — с поражениями крупных сосудов, в 14–25% с переломами трубчатых костей, а также могут сопровождаться одномоментным повреждением всех анатомических структур [6].

Ежегодно на территории Российской Федерации в хирургическом лечении нуждается от 4 до 7 тысяч человек с травматическими повреждениями периферических нервов [5]. Наиболее частыми причинами являются транспортный, производственный и бытовой травматизм, а также огнестрельные ранения, как в мирное, так и в военное время. Стоит отметить, что около 45% повреждений нервов приходится на молодой возраст от 21 до 30 лет, что, в свою очередь, обуславливает высокую социальную значимость данной проблемы [11]. Хотя такие травмы и не представляют угрозы для жизни больного в изолированной форме, но в 65% случаев могут приводить к длительной или полной утрате трудоспособности [3, 10]. Даже после лечения в узкоспециализированных учреждениях порядка 30% больных становятся инвалидами или вынуждены сменить профессию [4, 13].

Вариантное строение периферической нервной системы и разнообразие клинических проявлений при её патологии приводят к большому количеству диагностических, тактических и технических ошибок [21]. Особые трудности в оценке характера поражения и места его локализации создаёт вариабельность клинической картины в зависимости от формы патологического процесса. По мнению ряда авторов, повышение эффективности хирургического лечения повреждений периферических нервов напрямую зависит от качества и средств предоперационной диагностики [1]. В современной медицине показания, сроки и объём оперативного вмешательства на повреждённом нерве могут быть определены лишь после неврологического обследования с применением ЭНМГ и УЗИ, а в определённых случаях и других методов диагностики [8].

Основным методом диагностики повреждений нервных стволов конечностей на сегодняшний день остается ЭНМГ. Однако, в остром и раннем периодах течения травмы по клинико-электрофизиологическим данным практически невозможно отличить аксонотмезис от полного анатомического перерыва [7]. Следовательно, существует потребность в доступном и неинвазивном методе диагностики, который способен не только визуализировать нервные стволы и определять вид повреждения нервов, но и дать оценку состояния окружающих тканей.

Ультразвуковое исследование является одним из наиболее быстро развивающихся методов лучевой диагностики. Возможность его многократного применения в динамике, быстрота, доступность и экономичность являются его основными преимуществами. Появление

новых аппаратов, датчиков и программного обеспечения, а также совершенствование методик ультразвукового сканирования также расширяют возможности его применения. В ходе ультразвукового исследования периферических нервов могут быть диагностированы сопутствующие повреждения сухожилий, мышц, магистральных сосудов. В отечественных и зарубежных работах достаточно подробно рассмотрена ультразвуковая картина периферических нервов в норме и при различной патологии, а также составлена ультразвуковая семиотика повреждений нервных стволов [12, 20]. Однако, несмотря на достижения и возможности ультразвукографии, результаты дооперационного ультразвукового исследования во многих случаях расходятся с интраоперационными находками [18]. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования для улучшения результатов ультразвуковой диагностики при травматических поражениях периферических нервов.

**Цель исследования.**

Определить диагностическую эффективность ультразвукового исследования при травматических повреждениях периферических нервов на этапе обследования пациента.

**Материалы и методы.**

В ходе исследования было изучено 154 пациента поступивших в клиники нейрохирургии, нервных болезней и военной травматологии и ортопедии Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова в период с 2012 по 2017 гг. с подозрением на повреждение периферических нервов конечностей. Всем пациентам было выполнено ультразвуковое исследование на кафедре рентгенологии и радиологии (с курсом ультразвуковой диагностики) Военно-медицинской академии имени С. М. Кирова и в Клинической больнице № 122 имени С. Г. Соколова. В процессе обследования всем пострадавших был поставлен диагноз — посттравматическая невропатия нервных стволов верхних и нижних конечностей. В исследуемую группу не были включены пациенты с невропатиями другой этиологии. Временной интервал с момента получения травмы до обращения пациентов в специализированное учреждение составил от 1 недели до 12 месяцев.

Перед началом ультразвукового исследования изучали анамнез пациента, данные клинико-неврологического обследования и результаты ЭНМГ. С целью контроля результатов ультразвукографии в обязательном порядке производили сканирование неизменённого нерва на противоположной конечности.

Ультразвуковое исследование проводили на аппаратах экспертного класса мультисекторными линейными высокочастотными датчиками с общим диапазоном частот ультразвукового сигнала от 5 до 15 МГц. УЗИ-исследование на этапе обследования выполнялось без специальной подготовки, по стандартной методике в В-режиме в продольной и поперечной плоскостях сканирования [19].

В процессе проведения диагностических мероприятий у 117 пациентов исследуемой группы были выявлены показания к проведению хирургического

лечения. По итогам оперативного вмешательства нами проводилось сравнение результатов ультразвукового исследования с интраоперационными находками.

Для оценки эффективности ультразвукового метода в диагностике повреждений периферических нервов конечностей мы использовали статистический анализ чувствительности, специфичности и точности (безошибочности метода). Вычисление операционных (чувствительности и специфичности) и интегральной (точности) характеристик проводили по методике качественной оценки референтного (оперативное вмешательство или положительное консервативное лечение) и изучаемого метода (ультразвуковое исследование) [9].

#### Результаты и их обсуждение.

Анализ данных пациентов в исследуемой группе показал, что подавляющее большинство представлено лицами мужского пола — 109 пациентов (70,8%), а также пациентами трудоспособного возраста (от 18 до 54 лет) 122 пациента (79,2%). В результате бытового травматизма пострадало 92 пациента (59,7%), вследствие дорожно-транспортных происшествий — 16 пациентов (10,4%), а последствия ятрогенных воздействий наблюдались у 29 (18,8%) пациентов.

При изучении характера травматического поражения открытые травмы имели 129 (83,8%) пациентов, закрытые — 25 (16,2%). Сочетанные травмы нервов, сухожилий, сосудов и костно-суставного аппарата были у 23 (14,9%) больных.

В результате обследования 154 пациентов по данным УЗИ у 136 — отмечалось повреждение только одного периферического нерва, тогда как у 18 — имелись повреждения 2х и более нервных стволов. Всего нами было выполнено 172 ультразвуковых исследования периферических нервов с клиническими признаками поражения (табл. 1).

В таблице 1 представлены сведения о частоте повреждений отдельных нервных стволов в нашей группе и по данным F. Eser (2009) [16]. Морфологические признаки повреждения нервов были отмечены в 158 (91,9%) случаях из 172 функционально страдавших периферических нервов. Хирургическое лечение в течении 2х месяцев после обследования получили 117 пациентов.

Проведено сравнение данных дооперационного УЗИ с выявленными изменениями в процессе оперативного вмешательства, а также с результатами консервативного лечения (табл. 2).

Таблица 1.

**Частота встречаемости повреждений различных периферических нервов по нашим данным и данным F. Eser (2009) [16].**

| Наименование повреждённых нервов | Частота поражения нерва в% от всех повреждений (абс.) | F. Eser (2009) |
|----------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------|
| Срединный                        | 25,6% (44)                                            | 21%            |
| Локтевой                         | 19,2% (33)                                            | 27%            |
| Лучевой                          | 23,8% (41)                                            | 21,9%          |
| Седлищный                        | 10,5% (18)                                            | 11%            |
| Большеберцовый                   | 7% (12)                                               | 0,6%           |
| Малоберцовый                     | 13,9% (24)                                            | 6,8%           |

Таблица 2.

**Сравнение данных УЗИ с интраоперационными находками и результатами консервативной терапии при различных вариантах повреждения нервных стволов.**

| Группы пациентов по данным УЗИ                                                                                      | УЗИ        | Интраоперационная находка | Положительная консервативная терапия | Несовпадение данных |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Полный анатомический перерыв нервного ствола                                                                        | 89         | 78                        | -                                    | 11                  |
| Частичный анатомический перерыв                                                                                     | 8          | 7                         | -                                    | 1                   |
| Грубое внутривольное повреждение с наличием внутривольных нервов                                                    | 13         | 13                        | -                                    | -                   |
| Внутривольный отёк с нарушением дифференциации внутренней структуры нерва, в т.ч. вследствие огнестрельной контузии | 23         | -                         | 18                                   | 5                   |
| Сдавление под пластиной                                                                                             | 7          | 5                         | -                                    | 2                   |
| Невропатии без признаков повреждения по данным УЗИ                                                                  | 14         | -                         | 12                                   | 2                   |
| <b>Итого пациентов</b>                                                                                              | <b>154</b> | <b>103</b>                | <b>30</b>                            | <b>21</b>           |

У пациентов с открытой травмой, по данным УЗИ, нами были выявлены следующие типы поражения нервных стволов: у 89 пострадавших отмечались признаки полного анатомического перерыва, в 8 случаях повреждения нервов были частичными, 6 пациентов с огнестрельными ранениями имели только признаки отека нервного ствола в виде снижения эхогенности с потерей волокнистой дифференцировки, что свидетельствовало о контузионном характере повреждения нерва. У 19 пострадавших установлено, что анатомическая непрерывность нервных стволов сохранена, однако были выявлены признаки внутривствольного повреждения нерва, и в 7 случаях было отмечено сдавление лучевого нерва пластиной после проведения металлоостеосинтеза с целью репозиции отломков плечевой кости.

При полном анатомическом перерыве нервного ствола при УЗИ на дооперационном этапе была проведена оценка диастаза между концами нерва, а также определен истинный диастаз (с учетом иссечения концевых невром). У большей части пострадавших ( $n=72$ ) была спланирована операция по мобилизации и сопоставлению концов нерва с резекцией повреждённых участков и наложением микрохирургических эпиневральных швов. 17 пациентам была изначально запланирована аутопластика в связи со значительным дефектом нерва (более 6 см), который заведомо нельзя было преодолеть. По результатам оперативных вмешательств установлено, что совпадение предоперационных предположений с выявленными интраоперационными изменениями составило 84,7% у пациентов с небольшим диастазом (61 из 72) и 94,1% у пациентов со значительным дефектом нервного ствола (16 из 17). У 11 из 72 (15,3%) пациентов интраоперационно нервы оказались морфологически целыми, однако были вовлечены в рубцово-спаечный процесс, который создавал картину нарушения анатомической целостности нервного ствола при УЗИ. Таким пациентам был выполнен невролиз. У 1 (5,9%) больного со значительным дефектом нервного ствола удалось провести операцию шва нерва без использования аутоневральных трансплантатов, т. к. истинный диастаз оказался существенно меньше, чем по данным предоперационного УЗ-исследования.

При полном повреждении нервного ствола на эхограмме визуализировались два конца нерва с отсутствием непрерывных контуров эпиневрия между ними и наличием гипоэхогенной зоны дефекта. В зависимости от сроков травмы на центральном конце нерва имела посттравматическая неврома различных размеров, которая определялась в виде гипоэхогенного образования булавовидной формы. Чем более застарелая травма, тем ярче были выражены признаки дистрофических изменений как центрального, так и периферического концов нерва, которые проявлялись снижением эхогенности и нарушением дифференциации внутренней структуры (рис. 1, 2).

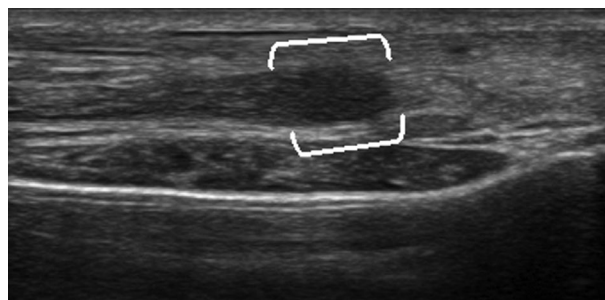


Рис. 1.

Продольная эхограмма срединного нерва на уровне нижней трети предплечья с наличием посттравматической концевой невромы (скобки) на центральном фрагменте нервного ствола.

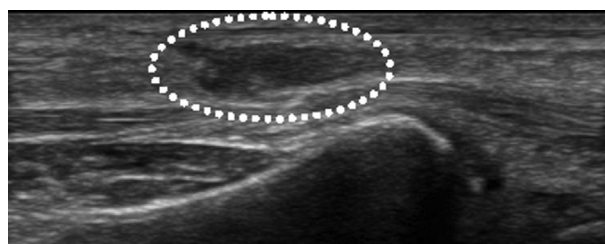


Рис. 2.

Продольная эхограмма срединного нерва на уровне нижней трети предплечья с наличием дистрофических изменений (эллипс) на периферическом фрагменте нервного ствола.

Средний диастаз между концами поврежденного нерва по данным УЗИ в группе с незначительным дефектом составил  $2,2 \pm 0,3$  см; в группе пациентов, которым была выполнена аутопластика —  $6,4 \pm 0,4$  см. По результатам интраоперационных находок диастаз между концами поврежденных нервов составил, соответственно,  $2,9 \pm 0,3$  см и  $7,3 \pm 0,4$  см. Выявленные различия между измерениями подтверждаются статистическими методами: в группе пациентов с небольшим диастазом  $t=3,3$  ( $p < 0,05$ ), в группе больных со значительным дефектом  $t=4,1$  ( $p < 0,05$ ).

При выполнении УЗИ в срок до 3 недель с момента травмы у 12 пациентов проксимальная культя нерва визуализировалась в виде неизмененного нервного ствола с резко обрывающимся ходом. При УЗИ 66 пострадавших с давностью поражения более 3 недель на центральном конце нерва выявлялась посттравматическая концевая неврома. У 3 больных в процессе хирургического вмешательства были выявлены признаки рубцового процесса в окружающих тканях, который при обследовании был ошибочно принят за концевую неврому.

Визуализация дистальной культя нерва у 16 пациентов была затруднена из-за акустической тени рубцово-спаечных изменений окружающих тканей.

С увеличением временного промежутка от момента УЗИ до выполнения операции отмечалось увеличение диастаза между концами поврежденного нерва и их осевое отклонение относительно анатомического расположения. При выполнении

оперативного вмешательства у 54 пациентов через 3 недели после УЗИ (при общей давности травмы нерва до 6 мес.) отмечено увеличение диастаза между концами поврежденного нервного ствола в среднем на 1,3 см по данным интраоперационных измерений. По результатам операций, выполненных 24 больным в течение первых трёх недель после УЗИ установлено, что расстояние между концами нервов в среднем увеличилось на 0,5 см. Полученные данные указывают на постепенное расхождение разобщенных концов пересеченного нерва в дистальном и проксимальном направлениях в виду подвижности нервного ствола в собственном ложе и совокупности дегенеративных процессов, протекающих в его структурах.

При ультразвуковом исследовании 8 пациентов с частичным повреждением выявлялось отсутствие или нечёткость контуров одной из поверхностей нервного ствола на продольном или поперечном срезе, гипоэхогенная зона дефекта внутриволокнистой структуры с уменьшением толщины нерва на этом уровне. В 3 случаях, у пациентов с давностью повреждения более двух месяцев, визуализировалась боковая неврома. Все пациенты данной группы были оперированы. В процессе хирургического лечения в 7 (87,5%) случаях данные дооперационного ультразвукового исследования полностью соответствовали интраоперационной картине. У 1 (12,5%) больного нечёткая визуализация локального участка эпинеурия и части нерва, как и в предыдущей группе была связана с рубцовым процессом окружающих тканей.

У 7 пациентов дооперационно была диагностирована причина нарушения функции лучевого нерва — сдавление нервного ствола под пластиной после лечения диафизарного перелома плечевой кости (рис. 3). Однако во время операций было установлено, что у двух пациентов нервный ствол не находился под пластиной, а прилегал к её краю. Ошибочная интерпретация данных УЗИ связана с частичным экранированием нервного ствола акустической тенью от металлической пластины.

Из 25 пациентов с закрытой травмой у 14 пострадавших при первичном УЗИ не были выявлены морфологические признаки повреждения периферических нервов, они прошли курс консервативной терапии и реабилитации, в ходе которых у 12 пострадавших отмечалась положительная динамика. При повторной ультрасонографии через 2 месяца у 2 больных определялось локальное увеличение диаметра нерва с нарушением внутренней структуры нервного ствола и снижением эхогенности. Во время оперативного лечения была выявлена внутриволокнистая неврома.

Мы объединили 11 пациентов с внутриволокнистыми повреждениями при закрытой травме в одну группу с 19 пострадавшими с аналогичными изменениями вследствие открытой травмы. Всего у 30 пациентов с внутриволокнистыми повреждениями нервов определялись следующие ультразвуковые признаки изменения

нервных стволов: снижение эхогенности нервного ствола у 83,3% больных, увеличение диаметра нерва в 76,7% случаев, неровные и нечёткие наружные контуры — 56,7%, отсутствие чёткой внутренней дифференцированной структуры нерва в 86,7% случаев (рис. 4).

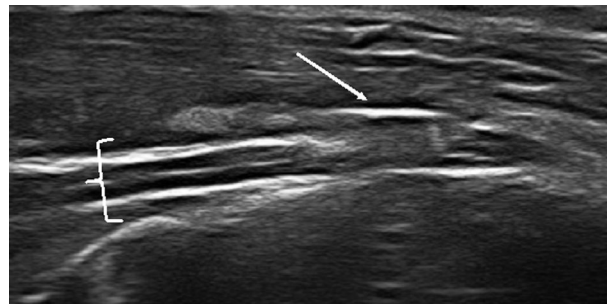


Рис. 3. Продольная эхограмма лучевого нерва (фигурная скобка) на уровне средней трети плеча с наличием пластины (стрелка) над нервным стволом.

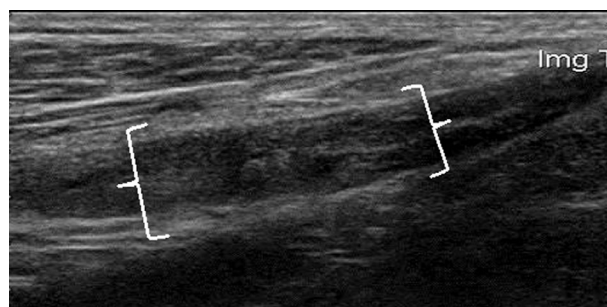


Рис. 4. Продольная эхограмма общего малоберцового нерва (фигурные скобки) на уровне подколенной ямки с наличием диффузного утолщения нервного ствола и потерей волокнистой внутренней структуры.

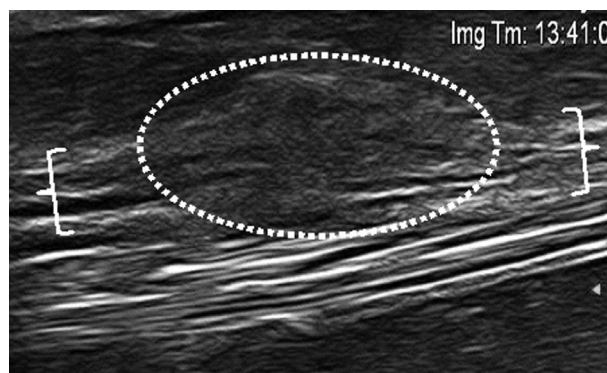


Рис. 5. Продольная эхограмма срединного нерва (фигурные скобки) на уровне нижней трети предплечья с наличием внутриволокнистой невromы (эллипс).

Ввиду неэффективности консервативного лечения, а также отсутствия положительной динамики восстановления нормальной эхографической картины нервного ствола в течении 2–3 месяцев, 13 (43,3%) пациентов этой группы были прооперированы после выполнения повторного УЗИ, которое в 9 случаях выявило картину, отличающуюся от первого исследования. В частности на месте локального нарушения внутренней дифференцированной структуры нерва со снижением эхогенности выявлялась типичная картина внутривольной невromы (рис. 5). Во время операции выполнялось иссечение обнаруженной невromы с последующим микрохирургическим эпинеуральным швом.

У 4 (13,3%) пациентов этой группы отсутствовала положительная динамика восстановления функций нерва, в виду чего им была выполнена эксплоративная операция, при которой ультразвуковое заключение внешней непрерывности нерва с наличием внутривольных изменений не совпало с интраоперационными находками. Оказалось, что концы перерезанного нерва плотно срослись с рубцовой тканью и были спаяны между собой, имитируя внешнюю непрерывность нервного ствола.

### ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе исследования установлено, что наибольший процент пострадавших с травмой периферических нервов составили лица мужского пола (70,8%), а также пациенты в трудоспособном возрасте — от 18 до 54 лет (79,2%). Схожие сведения о половозрастной характеристике пострадавших с повреждениями периферических нервов встречаются в работе И. Г. Чуловской и др. (2005): 71,5% и 79,8% соответственно [14].

При анализе причин повреждений нервных стволов в изученной группе различные ятрогенные повреждения были выявлены у 29 (18,8%) пациентов. По данным, полученным D. Nak (2009), ятрогенные повреждения только лучевого нерва после лечения диафизарных переломов плечевой кости встречаются в 10–20% случаев [17].

Статистическая обработка данных УЗИ, полученных на этапе обследования, с интраоперационными находками позволила нам определить диагностическую эффективность ультразвукового исследования при травматических повреждениях периферических нервов (табл. 3).

Таблица 3.

**Диагностическая эффективность ультразвукового исследования при повреждениях периферических нервов.**

| Показатели                       | Значение |
|----------------------------------|----------|
| Чувствительность                 | 93,6%    |
| Специфичность                    | 68,2%    |
| Точность (безошибочность метода) | 86,4%    |
| Ложноотрицательный ответ         | 6,4%     |
| Ложноположительный ответ         | 31,8%    |

С точки зрения предоперационного планирования ультразвуковое исследование позволило не только определить точное местонахождение концов нерва и диастаз между ними снизив хирургический травматизм, но и измерить истинный диастаз — с учётом последующей резекции посттравматических невром в процессе хирургического лечения.

В свою очередь отличия в размерах диастаза между УЗИ и интраоперационными измерениями мы объясняем тем, что при подготовке к наложению шва нерва происходит выделение фрагментов нервного ствола и их мобилизация. При этом свободно лежащие концы нерва сокращаются, уменьшается их длина и итоговый диастаз интраоперационно оказывается больше, чем по данным дооперационного УЗИ.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, ультразвуковое исследование, так же как и ЭНМГ, является «методом выбора» в диагностике повреждений периферических нервов, позволяющим определить показания к оперативному вмешательству. Помимо этого, УЗИ — один из немногих доступных методов визуализации, который может выявить анатомическую целостность нервного ствола и предотвратить выполнение ревизионной операции. Чувствительность и специфичность УЗИ в выявлении повреждений периферических нервов составили 93,6% и 68,2% соответственно. Точность ультразвукового исследования равна 86,4% при уровне ложноотрицательных и ложноположительных ответов — 6,4% и 31,8% соответственно. Полученные данные показывают, что общая информативность ультразвукового метода в выявлении повреждений периферических нервов конечностей, составляющая более 80% позволяет рассматривать его в качестве одного из ведущих в диагностике данной патологии.

## Список литературы:

1. Айтемиров, Ш. М. Высокоразрешающая ультразвукография в диагностике и хирургии периферических нервов конечностей (обзор литературы) / Ш. М. Айтемиров [и др.] // Травматология и ортопедия России. — 2015. — № 3. — С. 116–125.
2. Акимов, Г. А. Дифференциальная диагностика нервных болезней / Г. А. Акимов, М. М. Одинак. — М: Гиппократ, 2000. — 663 с.
3. Берснев, В. П. Практическое руководство по хирургии нервов / В. П. Берснев, Г. С. Кокин, Т. О. Извекова. — СПб.: ФГУ «РНХИ им. проф. А. Л. Поленова, 2009. — Т. 1. — 296 с.
4. Гайворонский, А. И. Интраоперационное ультразвуковое исследование в хирургии периферических нервов верхней конечности / А. И. Гайворонский [и др.] // Вестн. Росс. воен.-мед. акад. — 2015. — № 2 (50). — С. 56–59.
5. Говенько, Ф. С. Хирургия повреждений периферических нервов / Ф. С. Говенько. — СПб.: Феникс, 2010. — 384 с.
6. Григорович, К. А. Хирургическое лечение повреждений нервов / К. А. Григорович. — Л.: Медицина, 1981. — 301 с.
7. Еськин, Н. А. Возможности ультразвукового исследования в диагностике повреждений и заболеваний периферических нервов верхней конечности / Н. А. Еськин, Н. Ю. Матвеева, С. Г. Приписнова // Вестн. травматол. и ортопед. — 2008. — № 2. — С. 82–87.
8. Малецкий, Э. Ю. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных / Э. Ю. Малецкий [и др.] // Медицинская визуализация. — 2015. — № 2. — С. 78–86.
9. Оганов, Р. Г. Основы доказательной медицины. Учебное пособие для системы послевузовского и дополнительного профессионального образования врачей / Под общей редакцией академика РАМН, профессора Р. Г. Оганова — М.: Силиция-Полиграф, 2010. — 136 с.
10. Одинак, М. М. Заболевания и травмы периферической нервной системы (обобщение клинического и экспериментального опыта) / М. М. Одинак, С. А. Живолупов. — СПб.: СпецЛит. — 2009. — 367 с.
11. Одинак, М. М. Нарушение невралной проводимости при травматической невропатии (патогенез, клинические синдромы, диагностика и лечение) / М. М. Одинак, С. А. Живолупов, К. В. Фёдоров, М. Ю. Лифшиц // Воен.-мед. журн. — 2008. — № 2. — С. 28–39.
12. Салтыкова, В. Г. Ультразвуковая диагностика состояния периферических нервов (норма, повреждения, заболевания): автореф. дис. ... д-ра мед. наук / В. Г. Салтыкова — М., 2011. — 48 с.
13. Худяев, А. Т. Малоинвазивные методы лечения повреждений периферических нервов / А. Т. Худяев [и др.] // Гений ортопедии. — 2012. — № 1. — С. 85–88.
14. Чуловская, И. Г. Возможности ультразвукографии в диагностике повреждений периферических нервов верхней конечности / И. Г. Чуловская [и др.] // Радиология-практика. — 2005. — № 3 — С. 11–16.
15. Campbell, W. W. Evaluation and management of peripheral nerve injury / W. W. Campbell // Clin. Neurophysiol. — 2008. — Vol. 119. — P. 1951–1965.
16. Eser, F. Etiological factors of traumatic peripheral nerve injuries / F. Eser [et al.] // Neurology India — 2009. — Vol. 57. — № 4. — P. 434–437.
17. Hak, D. J. Radial nerve palsy associated with humeral shaft fracture // Orthopedics. — 2009. — Vol. 39. — P. 111–114.
18. Lee, F. C. High-resolution ultrasonography in the diagnosis and intraoperative management of peripheral nerve lesions / F. C. Lee [et al.] // Neurosurg. — 2011. — Vol. 114. — P. 206–211.
19. Mota, S. Peripheral nerve ultrasound — anatomy and technique for diagnosis and procedures / S. Mota [et al.] // ECR2014, Educational exhibit. — 2014. — Vol. 112. — P. 1–48.
20. Peer, S. High resolution sonography of the peripheral nervous system / S. Peer, G. Bodner // Springer. — Berlin, 2008. — 136 p.
21. Sunderland, S. Nerves and Nerve injuries // Churchill Livingstone, 1978. — 1062 p.