

На правах рукописи

АЙТЕМИРОВ
ШАМИЛЬ МАЛАЧИЛЯЕВИЧ

**ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА
И ТАКТИКА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ХИРУРГИЧЕСКОГО
ЛЕЧЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ
КОНЕЧНОСТЕЙ**

3.1.10. Нейрохирургия

Автореферат
диссертации на соискание
учёной степени
кандидата медицинских наук

Москва - 2024

Работа выполнена в отделе инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии «Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Островский Владимир Владимирович доктор медицинских наук, директор НИИТОН ФГБОУ ВО СГМУ им. В.И. Разумовского Минздрава России

Официальные оппоненты:

Суфианов Альберт Акрамович - доктор медицинских наук (14.00.28. Нейрохирургия), профессор, член корр. РАН, заведующий кафедрой нейрохирургии ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И. М. Сеченова Минздрава России, **главный врач Федерального центра нейрохирургии Минздрава РФ г. Тюмень**

Данилов Валерий Иванович - доктор медицинских наук (Нейрохирургия 14.00.28), профессор, профессор кафедры нейрохирургии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации

Защита диссертации состоится « 11 » марта 2024 года в 14:00 на заседании диссертационного совета ПДС 0300.013 при ФГАО ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Макляя, д.б.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке «Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Макляя, д.б и на сайте организации.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2024 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
доктор медицинских наук, доцент

Призов Алексей Петрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы исследования

Повреждение периферических нервов конечностей составляют 3-5% среди всех травм опорно-двигательного аппарата (Siemionow and Brzezicki 2009). По данным разных исследователей у 3% пострадавших повреждения периферических нервов верхних и/или нижних конечностей возникают на фоне политравмы и нередко сочетаются с травмой сосудов, сухожилий, суставов и костей конечности (Noble 1998, Huckhagel 2018). Такие пациенты долгое время не в состоянии вернуться к работе и нуждаются в проведении реабилитационного лечения, а в 60-63% случаев становятся инвалидами 2-3 группы и вынуждены оставить, либо сменить вид прежней трудовой деятельности (Берснев 2017).

У пациентов с закрытой травмой стволов периферических нервов судить о степени поражения нерва по клиническим и электрофизиологическим данным зачастую чрезвычайно сложно, поэтому ряд авторов предлагает осуществлять консервативную терапию, которая нередко даёт положительные результаты, особенно у детей. По мнению этих авторов, к хирургическому лечению необходимо приступать при отсутствии признаков проводимости по показателям электронейромиографического (ЭНМГ) обследования через 3-4 мес., что указывает на невозможность адекватной регенерации нерва (Tiel 1996; Peer 2002, Thakkar 2022). По данным разных авторов, эффективность оперативных вмешательств на периферических нервах составляет от 36 до 98% в зависимости от типа повреждения и характера оперативного пособия (Горшков 2007; Шевелев 2011; Varbour 2012, Pathiyil 2023). Повышение эффективности хирургического лечения поражений периферических нервов напрямую зависит от качества и средств пред – и интраоперационной диагностики. Известно, что неполноценное обследование пострадавших на начальном этапе отрицательным образом сказывается на лечебной тактике, характере оперативных вмешательств и дальнейшей реабилитации.

Помимо клинико-неврологического обследования, которое позволяет выявить механизмы повреждения и степень тяжести поражения нервов, применяют большой арсенал дополнительных современных инструментальных методов исследования: электронейромиография (ЭНМГ) с регистрацией соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), ультразвуковое исследование (УЗИ), магнитно-резонансная томография (МРТ), рентгеновская контрастная нейрография (РКН) и компьютерная томография (КТ). Однако в настоящее время, наряду с ЭНМГ и ЛДФ, особое значение для визуализации нервных структур имеют МРТ, КТ, РКН и УЗИ (Миронов 2004; Toia 2016; Endo 2021).

Перед планированием хирургического вмешательства необходимо точно определить уровень, характер и степень тяжести травматического поражения нервных стволов. В этом плане конкурируют между собой такие методы обследования, как ЭНМГ, МРТ и УЗИ. ЭНМГ исследование позволяет определить только степень нарушения проведения по нервному стволу и уровень его повреждения. Данное исследование не позволяет судить о

характере и протяжённости стволовых изменений. Кроме того, некоторые авторы отмечают отсутствие корреляции между результатами ЭНМГ исследования и клиническими данными. Нередко при незначительном восстановлении проводимости могут регистрировать практически нормальные показатели электронейромиографии. Помимо этого, ЭНМГ исследование не способно диагностировать неврому, оценить состояние окружающих тканей и наличие инородных тел (Берснев 2017). В этой связи, предоперационное обследование необходимо дополнять методами нейровизуализации, например, МРТ или УЗИ.

Большинство рентгенологов и клиницистов предпочитают использовать МРТ для визуализации повреждённых стволов периферических нервов. Однако МРТ имеет ряд существенных недостатков, основным из которых является незначительное различие при визуализации между стволом нерва и окружающими тканями. Кроме того, при данном методе практически невозможно исследование внутривольной структуры нерва и небольших изменений ствола нерва (частичный перерыв, повреждение контура). При МРТ затруднительно детализировать небольшие структурные изменения, что не позволяет исследовать процессы восстановления нерва (Чуловская 2010; Solbiati 2012). При МРТ нервы малого диаметра практически не дифференцируют от окружающих тканей, но достаточно хорошо визуализируют нервы большого диаметра, окружённые жировой прослойкой (Evans 2001).

УЗИ обладает рядом существенных преимуществ. Во-первых, обеспечивает качественное динамическое изображение в пространстве. Во-вторых, является неинвазивным интерактивным обследованием, позволяющим проводить исследования в зоне локализации боли и повышенной чувствительности, а также в области предполагаемого повреждения. В-третьих, при УЗИ возможно выполнение функциональных проб и изучение структурных изменений в динамике (Chiou 2003). Определение изменений в структуре нерва и локализации перерыва помогает в выборе наиболее подходящей тактики лечения и, тем самым, приводит к улучшению результатов (Chiou 2003).

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал, что ряд авторов в 6-10% случаев отмечает расхождение данных дооперационного УЗИ с находками на операционном столе (Асилова 2010; Салтыкова 2011; Schelle 2012). Эти данные обусловлены различными причинами, а именно тем, что: 1) высокочастотный ультразвук сильно рассеивается по мере проникновения в ткани (для 20 МГц глубина проникновения составляет 1,2 см), что ограничивает исследование глубоко расположенных нервов (например, седалищный нерв); и 2) рассеяние или поглощение ультразвука из-за посттравматических изменений мягких тканей (периневральный отек, рубцовое изменение тканей или инородные тела) может препятствовать предоперационной оценке и не позволяет получить полноценную информацию (Салтыкова 2011).

Вышеописанные недостатки полностью устраняют при использовании УЗИ интраоперационно (Toros 2009; Burks 2017). В хирургической практике

нередко возникает ситуация, особенно при закрытых повреждениях, когда во время ревизии поражённых нервных стволов они оказываются анатомически сохранными, при этом возникают серьёзные диагностические и тактические проблемы, которые сложно разрешить с помощью ЭНМГ тестирования, предоперационного УЗИ и контрастной нейрографии (Джумагишиев 2007).

Таким образом, лечение повреждений периферических нервов является актуальной проблемой, до конца не ясна роль различных методов предоперационной диагностики, и остаются малоизученным интраоперационное УЗИ.

Цель исследования:

Улучшить результаты лечения пациентов с повреждением периферических нервов конечностей путем оптимизации тактики хирургического лечения на основании разработанного комплекса интраоперационной диагностики, включающего электронейромиографию, рентгеновскую контрастную нейрографию и интраоперационное ультразвуковое исследование нервов.

Задачи исследования:

1. Выявить частоту диагностических ошибок и определить результаты лечения пациентов с травмами периферических нервов после проведения стандартных диагностических подходов.

2. Оценить и сравнить результаты дооперационного и интраоперационного клинико-неврологического обследования, электронейромиографии и ультразвукового исследования нервов для выявления чувствительности и специфичности методов диагностики на основе данных гистологического исследования удаленного сегмента нерва и данных клинико-инструментального обследования после операции.

3. Провести сравнительный анализ диагностической точности дооперационного и интраоперационного ультразвукового исследования нервов, по нескольким параметрам: визуализация и идентификация нерва, локализация повреждения, выявление типа повреждения, выявление инородных тел, выявление полного перерыва нерва, выявление внутривольных изменений, выявление изменений вокруг нерва.

4. Разработать алгоритм дифференцированного подхода хирургического лечения при травме периферических нервов конечностей, основанный на методах комплексной интраоперационной диагностики, включающей электронейромиографию, контрастную нейрографию и УЗИ.

5. Определить эффективность алгоритма хирургического лечения с применением стандартного подхода (электронейромиография и нейрография) и с применением методов расширенной интраоперационной диагностики (электронейромиография, нейрография и УЗИ).

Научная новизна исследования:

1. Выявлено превосходство интраоперационного УЗИ нервов перед другими методами с чувствительностью 97% и специфичностью 95% в диагностике повреждения периферических нервов.

2. Впервые в мире разработан алгоритм диагностики повреждений

периферических нервов, основанный на комплексной интраоперационной диагностике (электронейромиографии, УЗИ, контрастная нейрография), который позволяет улучшить исходы лечения по результатам клинико-неврологического обследования на 14% и по данным ЭНМГ на 21%.

3. Обоснована целесообразность нейрорафии и эндоневролиза при сохранной внешней оболочке нервного ствола, но измененной внутриствольной структуре по данным УЗИ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость научной работы заключается в том, что результаты данного исследования могут быть использованы в дальнейшем изучении методов интраоперационной диагностики повреждения периферических нервов. В частности, УЗИ нервов является актуальной и востребованной темой для научных исследований в последние 10 лет, как в России, так и за рубежом. Полученные в ходе работы данные обогащают пока небольшой общемировой опыт интраоперационного применения УЗИ нервов.

Результаты полученных исследований и основные положения диссертационной работы внедрены в клиническую практику отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебродологии ФГБУ «СарНИИТО» Минздрава России, отделения травматологии ГБУ Республиканский ортопедотравматологический центр г. Махачкала, отделения травматологии ГБУ Ингушская республиканская клиническая больница г. Назрань, отделения нейрохирургии ГБУ Республиканская больница скорой медицинской помощи г. Грозный.

Разработаны и запатентованы 4 новые технологии: «Способ иссечения поврежденного периферического нерва» (патент РФ на изобретение № 2492829), позволяющий обеспечить полноценное удаление повреждённого участка периферического нерва с грубыми внутриствольными изменениями для повышения эффективности проводимого в последующем лечения. «Способ выбора хирургической тактики лечения повреждения периферического нерва с нарушением проводимости» (патент РФ на полезную модель № 2492813) позволяющий обеспечить рациональный выбор адекватного хирургического лечения с учетом характера внутриствольных изменений периферического нерва во время хирургического вмешательства. «Устройство для интраоперационной фиксации периферического нерва» (патент РФ на полезную модель № 145447) позволяющее надёжно фиксировать нерв и облегчить выполнение реконструктивных операций на его стволе. «Устройство для проведения реконструктивно-восстановительных вмешательств на поврежденном стволе периферического нерва" (патент РФ на полезную модель RU 171517 U1).

Методология и методы исследования

Методология исследования соответствовала поставленным в работе задачам. Применили общенаучные методы исследования, выбор которых был основан на трудах отечественных и зарубежных исследователей, посвященных диагностике и лечению травм и заболеваний периферической нервной системы. Для исследования были использованы следующие методы научного

исследования: анализ литературы, изучение и обобщение опыта предыдущих исследований, сбор и анализ данных клинического и инструментальных методов обследований пациентов с поражением периферических нервов, качественная и количественная обработка полученных данных, статистическая обработка данных с последующей интерпретацией.

Положения, выносимые на защиту

1. Высокоразрешающая ультрасонография является высокочувствительным и специфичным методом до- и интраоперационной диагностики повреждений периферических нервов, позволяющим уточнить тип и степень повреждения нерва и при необходимости скорректировать хирургическую тактику.

2. Разработанный алгоритм, основанный на комплексной интраоперационной диагностике (электронейромиография, ультразвуковое исследование, контрастная нейрография), позволяет оптимизировать хирургическую тактику и улучшить результаты лечения пациентов с повреждением периферических нервов конечностей за счет более детального исследования зоны повреждения нерва.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях: Международная научно-практической конференция по нейрореабилитации в нейрохирургии (Казань, 2012); Всероссийские научно-практические конференции «Поленовские чтения» (Санкт-Петербург, 2012, 2013, 2014); Всероссийская научно-практическая конференция «Технологии оптимизации процесса репаративной регенерации в травматологии, ортопедии и нейрохирургии» (г. Саратов, 2013); XIV научно-практическая конференция «Поленовские чтения» (г. Санкт-Петербург, 2015); Научно-практическая конференция молодых учёных «Вклад молодых учёных в развитие травматологии, ортопедии и нейрохирургии» (г. Саратов, 2014); VII Всероссийская конференция «Функциональная диагностика 2015» (Москва, 2015); Международный образовательный форум «Нейросфера» (Саратов 2022); Конференция нейрохирургов Северо-Кавказского федерального округа (Черкесск 2022).

Публикации по теме диссертации

По материалам диссертации опубликовано 14 печатных работ: 6 статей (1 статья опубликована в журнале, включенном в международные базы Web of Science), 8 тезисов в материалах Всероссийских и международных конференций. За последние 5 лет опубликовано 4 статьи, отражающие основные результаты диссертации, в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и входящих в РИНЦ. Получено 2 патента на изобретение и 2 патента на полезную модель.

Личный вклад автора

Автор принимал непосредственное участие на всех этапах подготовки и проведения научной работы, включая определение цели, задач, и методов выполнения исследования. Автором проведён обзор литературы, отражающий

состояние проблемной ситуации в области исследования, создана база данных пациентов ретроспективной группы по архивным данным, лично проведено клинико-неврологическое обследование пациентов в проспективный группе, а также хирургическое лечение этих пациентов. Самостоятельно проведен анализ полученных клинических и инструментальных данных, а также их статистическая обработка.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, двух глав основного текста, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Текст диссертации изложен на 106 страницах, содержит 34 рисунка, 11 таблиц. Список литературы включает в себя 110 источников, в том числе 28 отечественных и 82 иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Для оценки результатов хирургического лечения пациентов с повреждением периферических нервов, основанном на новом алгоритме комплексной диагностики, проведено одноцентровое ретроспективное открытое контролируемое клиническое исследование. Проведен анализ результатов лечения пациентов со стандартным алгоритмом, включающим ЭНМГ и нейрографию (1 группа), и пациентов с предложенным алгоритмом диагностики (2 группа), включающим, помимо ЭНМГ и нейрографии, дооперационное и интраоперационное УЗИ (рисунок 1).



Рисунок 1 - Дизайн проведенного исследования

Обследование пациентов включало инструментальные методы диагностики: электрофизиологические (электромиография и электронейромиография), обзорная рентгенография, интраоперационная нейрография (рисунок 2), КТ, МРТ, ультразвуковое исследование (рисунок 3), гистоморфологическое исследование.



Рисунок 2 – Интраоперационная рентгеноконтрастная нейрография: а) фото интраоперационного введения контрастного препарата под эпиневрй, б) рентгеновский снимок контрастированного нерва, в) фото интраоперационного использования мобильной рентгеновской установки

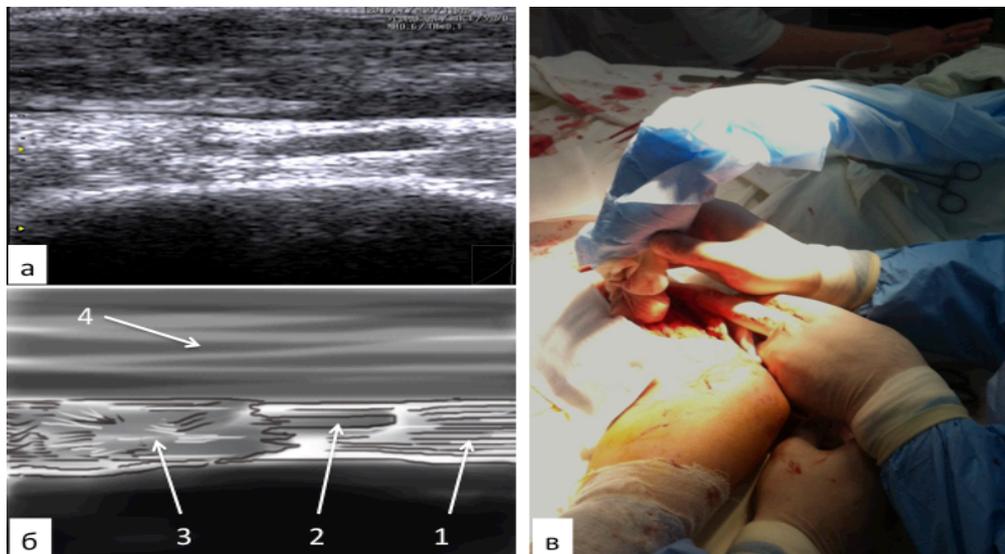


Рисунок 3 - Интраоперационное ультразвуковое сканирование нервов: а) продольное ультразвуковое сканирование нерва; б) схема повреждения нерва (1 - интактный нерв, 2 – переходная зона внутривольных изменений без нарушения эпиневрй, 3 - перерыв контура нерва с отсутствием внутренней дифференцировки на пучки, 4 – гидрогель); в) Фото интраоперационного применения УЗИ

Для определения хирургической тактики данные интраоперационной ультрасонографии мы разделили на 3 группы: 1 – изменения вокруг нерва (эпинеуральный фиброз, компрессионная нейропатия); 2 – внутривольные изменения (интраневральный фиброз, внутривольная неврома, частичный разрыв нерва); 3 – полный анатомический перерыв (без и с концевой невромой)

В таблице 1 представлены основные физиологические параметры и диагноз пациентов, участвующих в исследовании.

Таблица 1 – Характеристика пациентов включенных в исследование

Параметр	1 группа стандартный алгоритм (n - 58)	2 группа алгоритм с УЗИ (n - 51)	p*
Возраст (года)	41 (28;48)	37 (26;49)	0,706
Мужчины	45	36	0,511
Женщины	13	15	
Пораженный нерв:			
срединный	17	17	0,683
лучевой	13	10	0,816
локтевой	14	17	0,298
большеберцовый	3	1	0,621
малоберцовый	11	6	0,428
Вид травматизма:			
бытовой	37	37	0,412
транспортный	3	0	–
уличный	6	4	0,748
спортивный	1	0	–
огнестрельный	2	2	0,641
ятрогенный	9	8	0,593
Механизм повреждения:			
ушиб	7	4	0,537
локальное повреждение	39	39	0,395
тракционный	6	3	0,498
компрессионный	6	5	0,591
Срок поступления после травмы (мес.)	3 (2;6)	3 (2;5)	0,961
Для количественных признаков определены: медиана, 25-й и 75-й перцентили			
* Анализ количественных признаков проводили с помощью U критерия Манна-Уитни, качественных - с помощью критерия χ^2 (точный критерий Фишера)			

Результаты проведенных исследований

Оценка различных методов дооперационной и интраоперационной диагностики повреждения нервов (клинико-неврологический осмотр, ЭНМГ, нейрография, УЗИ) проведена у 51 пациента (рисунок 4).

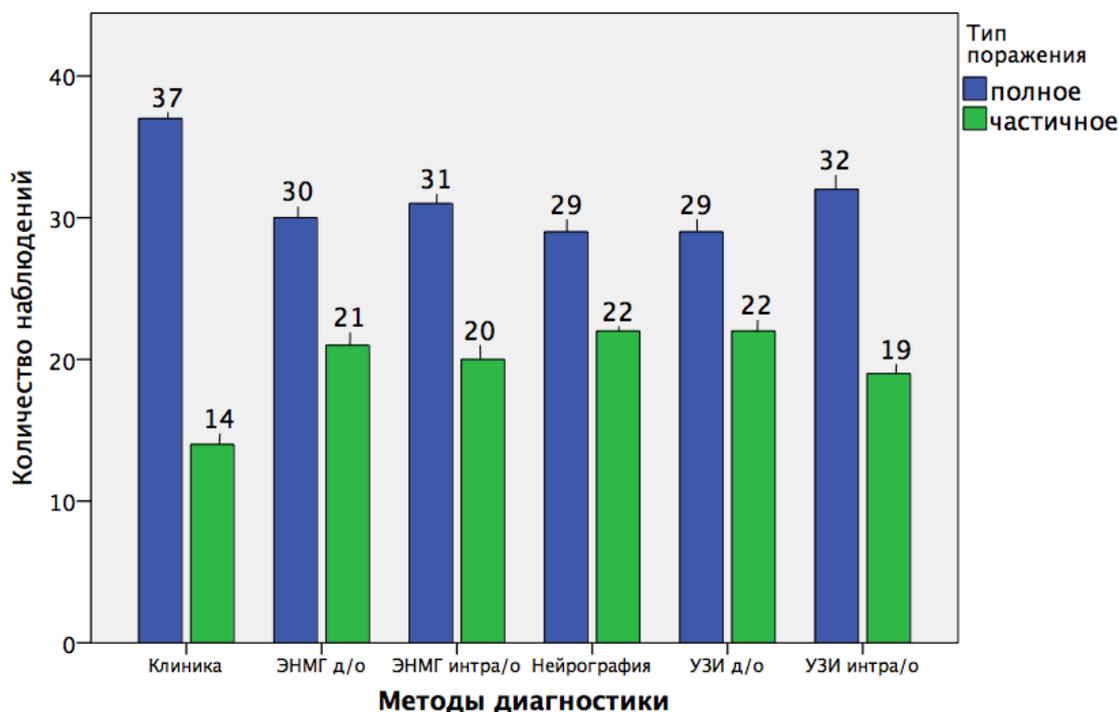


Рисунок 4 – Результаты комплексного до - и интраоперационного обследования пациентов

Сопоставление показателей дооперационного обследования и интраоперационного тестирования показало, что при неврологическом обследовании в 72,5% наблюдений выявлена клиника полного аксонального повреждения периферических нервов. Однако по данным ЭНМГ тестирования на операционном столе полное нарушение проводимости по стволу периферического нерва имело место только у 60,8% пациентов, т.е. на 11,7% увеличилась группа с частичным повреждением нервных структур. Примечательно, что данные УЗИ до операции полностью совпадают с результатами интраоперационной контрастной нейрографии, при которой у 56,9% пострадавших на эхограммах выявляли грубые структурные изменения (диастаз, неврома, локальные внутривольные изменения). При УЗИ открытого ствола нерва вышеуказанные морфологические изменения были обнаружены уже 32 (62,7%), что наиболее точно отражало полное повреждение (перерыв или выраженные внутривольные изменения нерва). Протяжённость и глубину этих структурных изменений в повреждённом стволе нерва во многом позволяла уточнить именно интраоперационное УЗИ.

При определении чувствительности и специфичности различных методов диагностики (сравнивали результаты с данными гистологического исследования удаленного сегмента нерва, а также объединенных результатах клиничко-неврологического, ЭНМГ и УЗИ после операции через 3-12 мес.) выявлено превосходство УЗИ перед другими методами (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнение эффективности различных методов диагностики повреждения периферического нерва

Методы	Чувствительность %,	Специфичность %	Положительная прогностическая ценность, %	Отрицательная прогностическая ценность, %
Клинико-неврологическое обследование	81	71	76	77
ЭНМГ до операции	81	79	87	71
ЭНМГ во время операции	85	83	90	75
Рентгеноконтрастная нейрография	93	95	97	90
УЗИ до операции	90	95	97	86
УЗИ интраоперационное	97	95	97	95

Чувствительность интраоперационного УЗИ была выше по сравнению с дооперационным УЗИ (97 и 90%, соответственно). При подробном анализе различий между дооперационными и интраоперационными данными УЗИ выявлено, что во время операции УЗИ “открытого” нерва позволяет более четко определить локализацию поражения, внутривольные изменения и изменения вокруг нерва. УЗИ позволило получить “отличную” картину типа повреждения нерва в 59% до операции и в 96% во время операции. Различия оказались статистически значимыми, что подтвердило преимущество УЗИ интраоперационного по сравнению с дооперационным исследованием.

Результаты комплексного интраоперационного тестирования стали основой для разработки диагностико-тактического алгоритма (рисунок 5). Так, при частичном нарушении проводимости (данные ЭНМГ), наличия эхо-признаков анатомической целостности ствола нерва и истончения столба контраста на нейрограммах возникают показания к выделению нерва из спаек (невролиз) с имплантацией на его ствол электродов для последующей прямой электростимуляции. Если вовремя ЭНМГ обнаружено полное нарушение проводимости нерва, при УЗИ найдены признаки анатомического перерыва его ствола с центральной невромой, а на нейрограмме выявляют перерыв столба контраста, то возникают показания к иссечению невромы и нейрорафии с установкой на ствол нерва электродов для последующей ПЭС.



Рисунок 5 - Алгоритм интраоперационной диагностики и тактики хирургического лечения: ПЭС – прямая электростимуляция ствола нерва

В случаях обнаружения эхо-признаков грубых внутриствольных изменений и дефекта столба контраста при контрастировании ствола нерва на фоне полного нарушения его проводимости, тактику хирургического лечения склоняли в пользу резекции изменённого участка, нейрорафии с имплантацией электродов для последующей долгосрочной прямой электростимуляцией его ствола.

Для оценки эффективности тактики хирургического лечения пациентов с повреждением периферических нервов, основанной на новом алгоритме комплексной диагностики, включающим интраоперационное УЗИ, проведено сравнение результатов лечения пациентов со стандартным алгоритмом (**1 группа, n=58**) и пациентов с новым алгоритмом диагностики, включающим дооперационное и интраоперационное УЗИ (**2 группа, n=51**). Среди всех пациентов включенных в исследование невролиз выполнен у 53,2% (58/109), нейрорафия у 46,7% (51/109). Послеоперационные осложнения наблюдали редко. У 4-х пациентов (3,6%) выявлена подкожная гематома, у 1 пациента (0,9%) – инфицирование раны и несостоятельность швов. У 89% (97/109) пациентов после операции проведен контрольный неврологический осмотр через 3-12 мес. после операции, у 86% (94/109) - исследование ЭНМГ через 12 мес. после операции. У большинства пациентов после операции выявлена положительная динамика по данным клинико-неврологического осмотра. Количество пациентов с выраженной степенью двигательных нарушений (M0 и

M1) уменьшилось на 36% (с 66% до 30%). У 28% (27/97) пациентов клинического улучшения не было выявлено. ЭНМГ также позволила выявить повышение амплитуды М-ответа у большинства пациентов уже через 3 мес. после операции. Значимые изменения ЭНМГ выявлены у 18%, 54% и 77% пациентов, соответственно через 3, 6 и 12 мес. Не было отмечено существенной положительной динамики через год после операции у 23% (11/92) пациентов. Значительно больший процент пациентов с улучшением по данным ЭНМГ выявлен через 12-24 мес. после операции, что можно объяснить большой долей пациентов с проведенной нейрорафией, так как реиннервационные процессы после шва нерва протекают относительно медленно. При сравнении двух подходов к лечению выявлено преимущество интраоперационного использования УЗИ по результатам клиничко-неврологического обследования и данным ЭНМГ после операции. Отметим уменьшение группы больных с выраженной степенью двигательных нарушений (M0 и M1) на 30% и 44%, соответственно в 1 и 2 группе. Различия в группах были статистически значимые по данным клиничко-неврологического обследования несмотря на небольшой объем выборки (рисунок 6, 7).

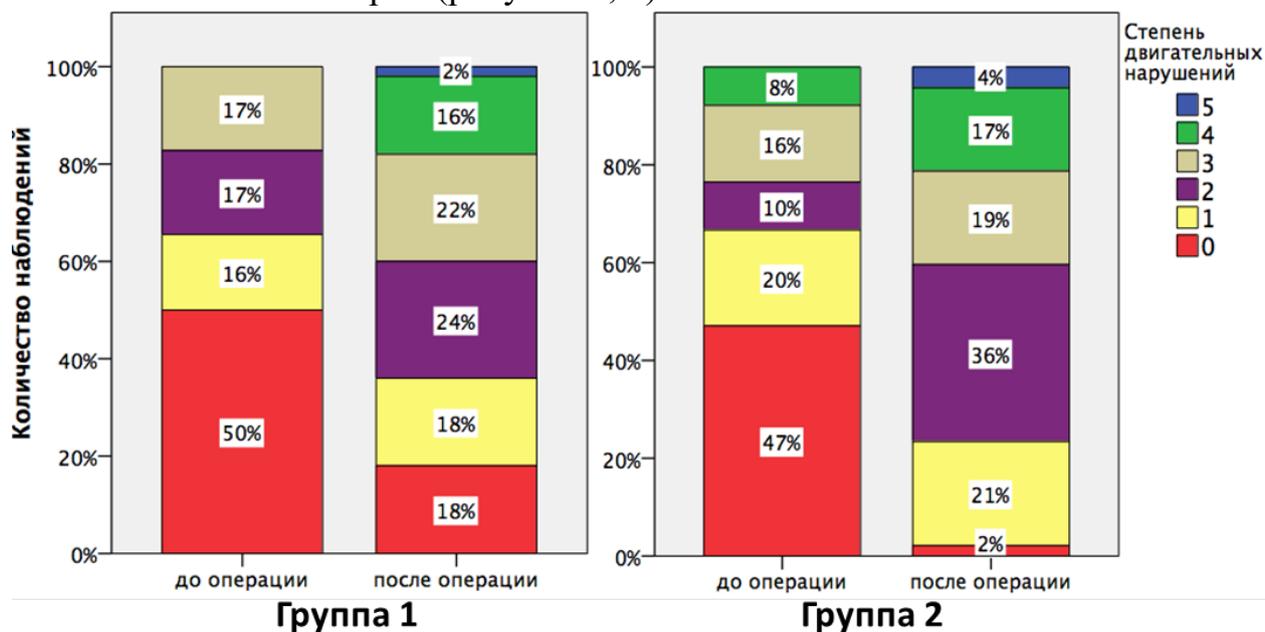


Рисунок 6 – Распределение больных по степени двигательных нарушений в группе 1 и 2 до и после операции

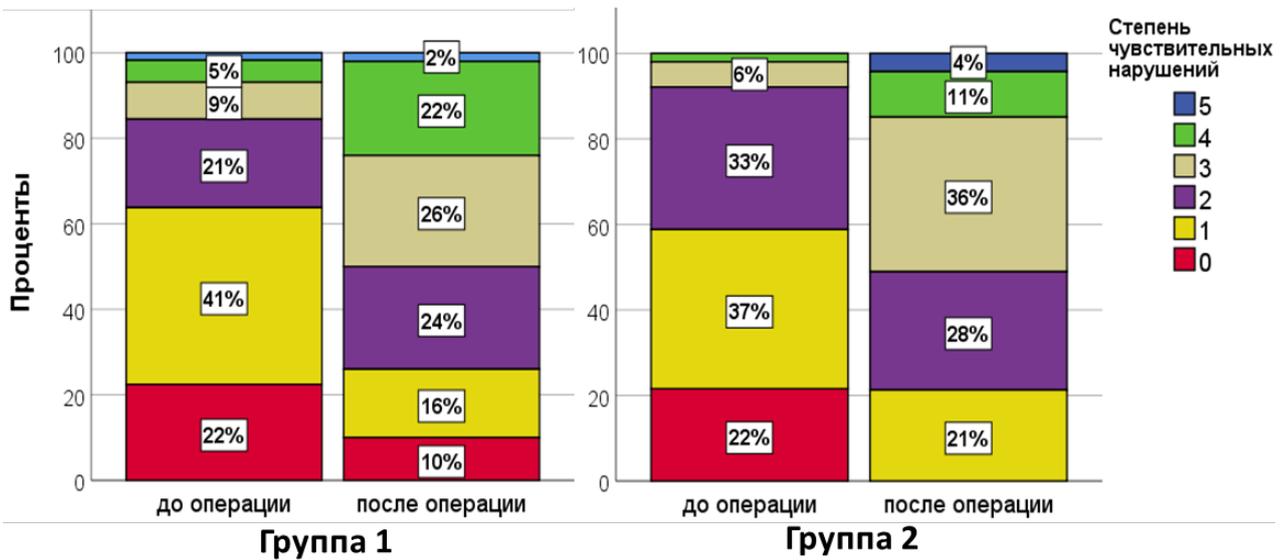


Рисунок 7 – Распределение больных по степени чувствительных нарушений в группе 1 и 2 до и после операции по модифицированной классификации двигательных и чувствительных нарушений

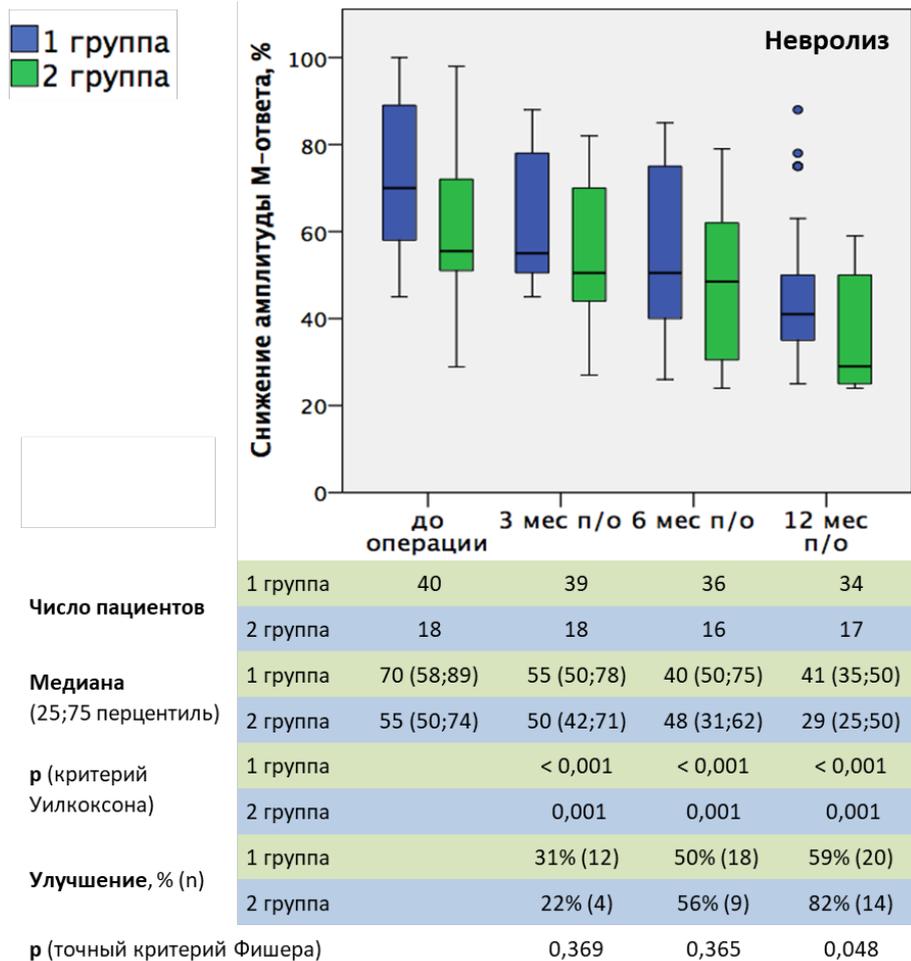


Рисунок 8 – Диаграмма сравнения снижения амплитуды М-ответа через 3, 6 и 12 мес. после невролиза в 1 и 2 группах

Значимое улучшение по данным ЭНМГ через 12 мес. после операции также было отмечено у 87% (41/47) пациентов во 2 группе и лишь у 66% (31/47) пациентов в 1 группе. То есть, улучшение отмечено на 21% больше во 2 группе пациентов. Различие не было статистически значимым, что связано, вероятно с небольшим количеством пациентов. Однако, при анализе группы больных, которым выполнен невролиз, выявлено статистически значимое преимущество во 2 группе пациентов ($p=0,048$), что указывало на правильно выбранную тактику хирургического лечения (рис.8). В 8,6% случаев отсутствие положительной динамики было связано с неправильной пред- и интраоперационной оценкой состояния нервного волокна, и, соответственно, выбором хирургической тактики. Это позволило нам сделать вывод об эффективности применения разработанного нами нового алгоритма хирургического лечения на основе комплексной интраоперационной диагностики, включающей УЗИ.

Выводы

1. При оценке результатов лечения применение стандартного диагностического протокола оценки состояния нерва, включающего клиническое обследование, дооперационное и интраоперационное электрофизиологическое исследование и интраоперационную рентгеновскую нейрографию, в 34% случаев не отмечается улучшения после операции, в том числе за счет диагностических ошибок в 8,6% случаев.

2. В сравнении с другими методами диагностики (клинико-неврологическое обследование, ЭНМГ до операции и во время операции, рентгеноконтрастная нейрография) дооперационное и интраоперационное УЗИ является более точными методами определения частичного или полного анатомического и функционального перерыва нерва, и обладают чувствительностью и специфичностью 97 и 90% (дооперационное УЗИ), 97% и 95% (интраоперационное УЗИ), соответственно ($p<0,05$).

3. Интраоперационное УЗИ нервов обладает большей диагностической точностью по сравнению с дооперационным УЗИ в отношении визуализации нерва, определения локализации поражения, выявления внутриствольных изменений, полного перерыва и изменений вокруг нерва ($p<0,05$).

4. Алгоритм диагностики травмы периферического нерва должен включать интраоперационное УЗИ, которое позволяет в 17,6% случаев уточнить тип и степень поражения, и, соответственно, принять правильную хирургическую тактику.

5. Разработанный алгоритм дифференцированного подхода к выполнению оперативных вмешательств, основанный на методах комплексной интраоперационной диагностики, включающий электронейромиографию, нейрографию и ультрасонографию, позволяет оптимизировать хирургическую тактику и улучшить результаты лечения при повреждении периферических нервов конечностей по данным клинико-неврологического обследования и электронейромиографии на 21% ($p=0,048$), в первую очередь за счет выявления значимых внутриствольных изменений по данным интраоперационного УЗИ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем пациентам с травмой периферических нервов конечностей для уточнения локализации и степени поражения необходимо проведение дооперационного УЗИ нервов.

2. При невозможности четко определить локализацию поражения, внутривольные изменения или изменения вокруг нерва по данным дооперационного УЗИ нервов необходимо выполнять интраоперационное УЗИ.

3. Алгоритм интраоперационной диагностики и тактики хирургического лечения, включающий ЭНМГ и/или нейрографию и/или ультрасонографию нервов, должен входить в протокол операций при травме периферических нервов конечностей.

4. Основным условием получения положительных результатов лечения травмы нерва при анатомически сохранном стволе является исключение выраженных внутривольных изменений и, при необходимости, проведение интраоперационной нейрографии или УЗИ нерва.

Список трудов, опубликованных по теме диссертации за последние 5 лет

1. Айтемиров, Ш. М. Применение ультразвукового исследования с контрастным усилением при сочетанном повреждении периферических нервов и сосудов (клинический случай) / **Ш. М. Айтемиров**, С. П. Бажанов, И. Н. Щаницын, Л. А. Дегтярёва, Т. А. Бордюгова, В. С. Толкачев, С. Д. Шувалов, В. В. Островский // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2023. – Т. 19, № 2. – С. 245-250. **ВАК**

2. Айтемиров, Ш.М. Сравнительный анализ результатов применения различных хирургических методик у пациентов с закрытыми повреждениями седалищного нерва после тотального эндопротезирования тазобедренного сустава / С. П. Бажанов, В. С. Толкачев, **Ш. М. Айтемиров**, В. В. Островский // Гений ортопедии. – 2023. – Т. 29, № 5. – С. 507-511. **МБЦ**

3. Бажанов, С.П. Результаты применения различных методов хирургического лечения у пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения / С. П. Бажанов, С. Д. Шувалов, Г. А. Коршунова, **Ш. М. Айтемиров**, В. В. Островский // Гений ортопедии. – 2023. - Т. 29, № 4. – С. 351-356. **МБЦ**

4. Айтемиров, Ш. М. Вклад УЗИ в оценку травматических поражений периферических нервов: прошлое, настоящее и будущее / **Ш. М. Айтемиров**, В. В. Островский, С. П. Бажанов [и др.] // Российский нейрохирургический журнал им. профессора А.Л. Поленова. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 130-139. **МБЦ**

Аннотация**Айтемиров Шамиль Малачиляевич****Интраоперационная диагностика и тактика дифференцированного хирургического лечения повреждений периферических нервов конечностей**

Целью исследования явилось улучшение результатов лечения пациентов с повреждением периферических нервов конечностей путем оптимизации тактики хирургического лечения на основании разработанного комплекса интраоперационной диагностики, включающего электронейромиографию, рентгеновскую контрастную нейрографию и интраоперационное ультразвуковое исследование (УЗИ) нервов. Ретроспективное сравнительное исследование различных методов диагностики повреждения периферических нервов выявило превосходство интраоперационного УЗИ над другими методами с чувствительностью 97% и специфичностью 95% в отношении визуализации нерва, определения локализации поражения, выявлении внутривольных изменений, полного перерыва и изменений вокруг нерва. Разработанный алгоритм дифференцированного подхода позволил в 17,6% случаев уточнить тип и степень поражения нерва, оптимизировать тактику и улучшить результаты лечения на 21% за счет выявления значимых внутривольных изменений по данным интраоперационного УЗИ.

Summary**Shamil M. Aitemirov****Intraoperative diagnosis and technique of differentiated surgical management of peripheral nerve injuries in the extremities**

The objective of this study was the improvement of surgical outcomes in patients with injuries of peripheral nerve in their extremities by optimizing the surgical technique based on the designed complex of intraoperative diagnostics, including electroneuromyography, X-ray contrast neurography and intraoperative ultrasound examination of nerves. A retrospective comparative study of various methods for diagnostics of peripheral nerve injury revealed the superiority of intraoperative ultrasound over other methods with a sensitivity of 97% and specificity of 95% in regard to visualization of the nerve, localization of the lesion, identification of intra-trunk changes, complete interruption and changes around the nerve. The designed algorithm for a differentiated approach ensured clarification of the type and degree of nerve trauma in 17.6% of cases, optimize the technique and improve the outcomes by 21% by identifying significant intra-trunk changes considering the intraoperative ultrasound data.