

На правах рукописи

Меркулов Максим Владимирович

**ОПТИМИЗАЦИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИННЕРВАЦИИ ТКАНЕЙ
ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ
КОНЕЧНОСТЕЙ**

(экспериментально-клиническое исследование)

14.01.15. – травматология и ортопедия

14.03.03. – патологическая физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Москва 2014

Работа выполнена в ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Министерства здравоохранения РФ

Научные консультанты:

доктор медицинских наук

Голубев Игорь Олегович

доктор медицинских наук, профессор

Крупаткин Александр Ильич

Официальные оппоненты:

• **Родоманова Любовь Анатольевна** – доктор медицинских наук, ФГБУ «РНИИТО им. Р.Р.Вредена» Минздрава России, научный руководитель отделения хирургии кисти с микрохирургической техникой

• **Богов Андрей Алексеевич** – доктор медицинских наук, профессор, ГАУЗ «Республиканская клиническая больница» МЗ РТ, руководитель отделения микрохирургии кисти

• **Решетняк Виталий Кузьмич** – доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАМН, ФГБУ НИИ общей патологии и патофизиологии, заведующий отделом общей патологии

Ведущая организация:

Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения РФ.

Защита состоится _____ 2014 года в 13⁰⁰ на заседании Диссертационного совета Д 208.112.01 в ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» МЗ РФ (127299, г. Москва, ул. Приорова, 10).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава России

Автореферат диссертации разослан _____ 2014 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

доктор медицинских наук, профессор

Михайлова Л.К.

Актуальность

Хирургическое лечение повреждений периферических нервов конечностей является актуальной проблемой клинической медицины. Их доля в структуре всех травм опорно-двигательного аппарата составляет 3–14% [Шамелашвили И.И. и др., 2005; Говенько Ф.С., 2008]. Между тем травмы нервов приводят к стойкой утрате трудоспособности у 60–63% пациентов, причем почти 80% этой группы составляют лица молодого трудоспособного возраста [Берснев В.П. и др., 2009].

Отдельной, наиболее сложной задачей в хирургии периферических нервов считается реконструкция их дефектов. Как в нашей стране, так и за рубежом основным методом лечения дефектов нервов остается свободная (некровоснабжаемая) аутонейропластика [Унжаков В.В., 2008; Горшков Р.П., 2009; Шевелев И.Н., 2011; Mermans J. et al., 2012; Reichl H. et al. 2013; Konofaos P. et al., 2013].

Полноценное восстановление функции нерва при дефектах ≥ 6 см является крайне затруднительным, так как при свободной аутонейропластике в условиях неадекватного кровоснабжения нерва прорастание нервных волокон резко замедленно, особенно на дистальном анастомозе, а процессы рубцевания превалируют над нервной регенерацией [Meek M.F. et al., 2005; Roganovic Z. et al., 2007; Ray W.Z. et al., 2011].

Попытки использования в 80–90-е годы прошлого столетия кровоснабжаемых невральных аутотрансплантатов с целью улучшения регенерации нервных волокон не увенчались успехом. При сравнении результатов кровоснабжаемой и некровоснабжаемой пластики нервов статистически значимых различий получено не было [Millesi H., 2000; Iwai M. et al., 2001].

В настоящее время различные способы реваскуляризации свободных невральных трансплантатов за счет пересадки кровоснабжаемых сложных лоскутов применяются лишь при обширных рубцовых изменениях в зоне повреждения [Terzis J. et al., 2009; Serel S. et al., 2010; Shafi M. et al., 2010].

Использование препаратов, стимулирующих нервную регенерацию (экзогенные нейропептиды, нейральные стволовые, шванновские клетки), различных изолирующих материалов (коллагеновые трубки, вены, амниотические пленки) с целью профилактики рубцово-спаечного процесса в области трансплантата носит в основном экспериментальный характер и широкого клинического применения не имеет [Федяков А.Г., 2010; Петрова Е.С., 2012; Shi Y. et al., 2012; Stefănescu O. et al., 2012; Hu N. et al., 2013].

Особое значение при повреждениях нервов приобретает фактор нарушения вегетативной регуляции и трофики. Нервная трофика тканей конечностей определяется балансом симпатических адренергических и сенсорных пептидергических влияний тканей [Крупаткин А.И., 2003; Supowit S. et al., 2005].

Симпатические адренергические волокна и выделяемые ими медиаторы (преимущественно норадреналин) осуществляют вазоконстрикторные сосудистые эффекты, активируют катаболическую направленность обмена веществ. Сенсорные пептидергические волокна и секретируемые ими нейропептиды (вещество Р, кальцитонин – ген – родственный пептид и др.) осуществляют вазодилаторные сосудистые эффекты, активируя анаболический синтетический путь обмена веществ; именно эти волокна являются собственно трофическими. При повреждении нервных стволов и дефиците сенсорных волокон отчетливо доминируют симпатические адренергические влияния, в том числе за счет относительной сохранности их периваскулярного пула. Это служит одной из основных причин снижения кровотока, обеднения микрогемодициркуляторного русла, гипоксии и снижения потребления кислорода денервированной тканью. Аналогичные процессы могут развиваться и в тканях невральном ауто трансплантата.

В регенерации нервных волокон важную роль играют нейротрофические факторы (фактор роста нервов – NGF, нейротрофины – NT). Так, в эксперименте на крысах, подвергнутых симпатической денервации, в различных органах-мишенях (шишковидная железа, стенки

экстрацеребральных сосудов, наружной сонной артерии) с помощью иммуноферментного анализа обнаружены резкое увеличение содержания NGF и NT-3, а также высокий уровень NGF в тройничном ганглии [Randolph C. et al., 2007]. Тем самым показано, что десимпатизация способствует активации нейротрофических влияний.

В целом активация нервной трофики, коррекция дисбаланса нейротрофической регуляции, улучшение микроциркуляторного русла в денервированной ткани с помощью симпатэктомии представляется новым подходом к улучшению исходов аутопластики периферических нервов.

Исследований по изучению влияния симпатэктомии на регенерацию периферических нервов конечностей в литературе нам не встретилось.

Основным методом хирургического лечения повреждений плечевого сплетения является невротизация, которая заключается в имплантации отдельных ветвей нерва (сохранного анатомически и функционально) в структуры поврежденного плечевого сплетения.

Если при тотальных параличах верхних конечностей данные о функциональной эффективности невротизаций носят противоречивый характер [Богов А.А. и др., 2000; Горшков Р.П., 2009; Elhassan B. et al., 2009; Bhatia A. et al., 2011; Gao K. et al., 2013], то при частичных повреждениях сплетения перемещение нервов представляется перспективным направлением, особенно для восстановления функции дистальных отделов [Brown J. et al., 2010; Ray W. et al., 2011; Flores L., 2011; Murphy R. et al., 2012].

В иностранной литературе стали появляться сообщения о клинических результатах невротизаций при частичных повреждениях периферических нервов нижних конечностей [Strazar R. et al., 2011; Rodríguez-Lorenzo A. et al., 2011; Spiliopoulos K., 2011; Goubier J. et al., 2012]. Однако в отечественной литературе работ по использованию селективных невротизаций для восстановления функции дистальных отделов конечностей мы не встретили.

Открытым остается вопрос о применении шва нервов по типу «конец в бок». Несмотря на успехи многочисленных экспериментальных исследований, сведения о положительных результатах использования данного метода в клинической практике встречаются лишь в единичных публикациях [Kale S. et al., 2011; Leechavengvongs S. et al., 2011; Barbour J. et al., 2012; Iwakura N. et al., 2012; Isaacs J., 2013; Hanna A., Dempsey R., 2013].

Вышеизложенное позволяет говорить о том, что разработка оптимальных способов реиннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей остается актуальной проблемой в современной травматологии и ортопедии.

Целью исследования является разработка системы высокотехнологичных диагностических и лечебных мероприятий, направленных на улучшение реиннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей.

Задачи исследования

1. В эксперименте на крысах сравнить регенерацию седалищного нерва после эпинеурального шва и после аутонейропластики.
2. В эксперименте на кроликах оценить влияние поясничной симпатэктомии на регенерацию седалищного нерва после аутонейропластики.
3. Учитывая результаты эксперимента, провести клиническую апробацию торакоскопической и периваскулярной симпатэктомий для лечения пациентов с дефектами периферических нервов верхней конечности.
4. Провести сравнительный анализ восстановления двигательной, чувствительной функций, микроциркуляции и трофики ранее денервированных сегментов верхних конечностей после пластики нервов в сочетании с симпатэктомией и без симпатэктомии.
5. Патофизиологически обосновать и клинически доказать целесообразность применения метода периваскулярной симпатэктомии в лечении тотальных жгутовых парезов верхних конечностей.

6. Разработать новый более эффективный метод лечения болевого синдрома при невромах периферических нервов верхней и нижней конечностей.

7. Разработать и внедрить в практику различные варианты невротизаций при тотальных и частичных повреждениях плечевого сплетения, дать им комплексную оценку и определить наиболее рациональные пути хирургического лечения.

8. Изучить ближайшие и отдаленные результаты хирургического лечения повреждений периферических нервов конечностей.

Научная новизна исследования

В эксперименте на крысах и кроликах отработан нейрогистохимический способ окраски седалищного нерва, позволяющий дифференцировать двигательные и чувствительные волокна, что в комплексе с гистологическим и морфометрическим методами дает наиболее достоверную оценку регенерации нерва.

Выявлено, что на фоне гетерогенности регенерации нервных волокон с доминированием скорости роста смешанных и чувствительных волокон над двигательными при аутонейропластике имеет место резкое снижение числа двигательных волокон и увеличение фиброзной ткани по сравнению со швом нерва.

Впервые проведен сравнительный анализ влияния поясничной симпатэктомии на регенерацию седалищного нерва у кроликов после его аутонейропластики. Показано, что в условиях симпатэктомии по сравнению с контролем (аутонейропластика без симпатэктомии) достоверно увеличивается число регенерировавших нервных волокон, уменьшается и практически сглаживается проксимально-дистальный градиент их числа на протяжении трансплантата, в 2 раза увеличивается количество моторных волокон в зоне дистального анастомоза.

С помощью клинико-инструментальных методов исследования статистически значимо доказано положительное влияние торакоскопической

и периваскулярной симпатэктомии на регенерацию срединного и локтевого нервов в условиях их аутонейропластики.

Симпатэктомия обеспечивает более полное восстановление чувствительности, двигательной функции, трофики и терморегуляции кисти по сравнению с контролем (аутонейропластика без симпатэктомии). Сила реиннервированных мышц увеличивается до М3–М4 в 48% случаев (контроль 10,9%), чувствительность – до S3–S4 в 66% случаев (контроль 13,04%) ($p < 0,001$). Также отмечены статистически значимые различия в показателях электронейромиографии (ЭНМГ): скорость распространения возбуждения (СРВ) по двигательным волокнам в группе с симпатэктомией составила $24,47 \pm 2,72$ м/с, в группе без симпатэктомии – $9,28 \pm 2,25$ м/с ($p < 0,001$), S-ответ – $1,25 \pm 0,15$ и $0,23 \pm 0,08$ мкВ соответственно ($p < 0,001$), СРВ по чувствительным волокнам – $27,56 \pm 2,28$ и $5,78 \pm 1,53$ м/с соответственно ($p < 0,001$).

С помощью лазерной доплеровской флоуметрии показано, что после десимпатизирующих операций, особенно после клипирования симпатических ганглиев, на фоне возрастания общего кровотока в микрососудах отмечается достоверное преобладание нутритивного кровотока и соотношения амплитуд сердечного и дыхательного ритмов (Ас/Ад), отражающего давление в приносящих микрососудах. При оценке вейвлет-спектра колебаний кровотока в микрососудах кожи зон иннервации поврежденных нервов установлено доминирование трофотропных влияний над симпатическими адренергическими ритмами (более чем 2/3 случаев против 1/3 случаев без симпатэктомии).

Разработан комплекс реконструктивных операций на плечевом сплетении. Отработаны различные варианты невротизаций корешков, первичных и вторичных стволов плечевого сплетения с предварительной интраоперационной электростимуляцией, дифференцировкой двигательных и чувствительных нервных пучков нейрогистохимическим методом.

Показана различная эффективность невротизаций в зависимости от степени и характера повреждения плечевого сплетения.

Разработаны новые способы хирургического лечения тотальных жгутовых парезов верхних конечностей, болевого синдрома при невромах периферических нервов верхних и нижних конечностей.

Научная новизна подтверждена патентами на изобретения:

- способ хирургического лечения дефектов периферических нервов верхних конечностей (патент РФ на изобретение № 2356501 от 27.05.2009);

- способ хирургического лечения болезненной невромы (патент РФ на изобретение № 2386402 от 20.04.2010);

- способ хирургического лечения послеоперационных жгутовых парезов верхних конечностей (патент РФ на изобретение № 2489103 от 10.08.2013).

Практическая значимость

Отработан современный диагностический комплекс до- и послеоперационного ведения больных с повреждениями периферических нервов конечностей.

Изучена возможность определения величины дефекта поврежденного нерва с помощью ультразвукового исследования (УЗИ). Результаты УЗИ и данные, полученные при ревизии нерва, совпадали в 79% случаев.

Показано, что в ранние сроки после эпинеурального шва или аутонейропластики (особенно срединного и локтевого нервов) восстановление функции тонких мало- и немиелинизированных волокон (по данным методов оценки периваскулярной иннервации – компьютерной термографии и лазерной доплеровской флоуметрии со спектральным вейвлет-анализом) по сравнению с толстыми миелинизированными волокнами (по данным электронейромиографии) идет более быстрыми темпами с опережением на несколько недель и даже месяцев.

Впервые внедрен в клиническую практику двухэтапный метод хирургического лечения дефектов срединного и локтевого нервов «аутонейропластика в сочетании с симпатэктомией», эффективность

которого доказана статистически с помощью современных клинико-инструментальных методов исследования.

Апробирован новый способ хирургического лечения тотальных жгутовых парезов верхних конечностей, заключающийся в выполнении перивазальной симпатэктомии подмышечных сосудов, т.е. выше уровня сдавления турникетом. Стойкое расширение макро- и микрососудов, а также активация сенсорных пептидэргических волокон обуславливают более быстрое восстановление трофики тканей, чувствительности и движений. Полное восстановление функции поврежденной конечности через 2,5–3 месяца после операции и отсутствие вторичных нейрогенных деформаций говорит об эффективности этого способа лечения.

В клинике применен хирургический способ лечения болевого синдрома при невромах периферических нервов конечностей, суть которого заключается в иссечении болезненной невромы центрального конца поврежденного нерва с последующим вшиванием последнего в интактный нерв по типу «конец в бок». Эффективность методики подтверждается отсутствием рецидива заболевания в сроки до 1 года после операции.

Для более точного сопоставления отдельных нервных пучков при выполнении шва нерва и аутонейропластики использован метод интраоперационного нейростохимического окрашивания. Однако практическое значение эта методика имеет лишь при выполнении прецизионного шва двигательных нервных пучков для реиннервации свободных мышечных лоскутов.

Определены показания к использованию различных видов невротизаций в хирургии плечевого сплетения в зависимости от уровня (пре- и постганглионарный) и характера (тотальный, частичный) повреждения.

Положения, выносимые на защиту

1. При аутонейропластике по сравнению с эпиневральным швом прорастание нервных волокон резко замедлено, особенно на дистальном анастомозе, а процессы рубцевания превалируют над нервной регенерацией,

что достоверно подтверждено в эксперименте на крысах с помощью нейрогистохимического, гистологического и морфометрического методов исследования.

2. Симпатэктомия является эффективным методом, способствующим улучшению иннервации тканей при повреждении периферических нервов конечностей. В эксперименте на кроликах доказано положительное влияние поясничной симпатэктомии на регенерацию седалищного нерва. У больных после аутонейропластики срединного и локтевого нервов в сочетании с торакоскопической или перивазальной симпатэктомией отмечено более полное восстановление чувствительности, двигательной функции, трофики и терморегуляции кисти по сравнению с контролем (аутонейропластика без симпатэктомии).

3. При травмах плечевого сплетения основным методом хирургического лечения является невротизация, эффективность которой зависит от степени и характера повреждения.

Внедрение в практику

Разработанная система диагностических и лечебных мероприятий по оптимизации реиннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей внедрена в клиническую практику различных подразделений ФГБУ «ЦИТО им. Н.Н. Приорова» Минздрава РФ, ГБУЗ МО МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского, ФГБУЗ ЦКБ РАН, Главного военного клинического госпиталя ФСБ России (Голицыно), ГУЗ ЯО «Клиническая больница СМП им. Н.В. Соловьева», БУ ХМАО ОКБ «Травматологический центр» г. Сургута. Результаты диссертационного исследования и практические рекомендации используются при чтении лекций курсантам на циклах повышения квалификации в ГБОУ ДПО «Российская медицинская академия последипломного образования» (Москва).

Апробация работы

По теме диссертации опубликовано 58 работ. Из них 1 пособие для врачей, 14 статей в журналах, включенных в перечень периодических

научных и научно-практических изданий, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований; 3 публикации в бюллетене «Изобретения. Полезные модели», посвященные патентам РФ.

Материалы работы доложены и обсуждены на: VIII и IX съездах травматологов-ортопедов России (Самара, 2006; Саратов, 2010); II, III и IV Всероссийских съездах кистевых хирургов с международным участием (Санкт-Петербург, 2008; Москва, 2010; Томск, 2012); 3-м Международном конгрессе РУДН «Современные технологии в травматологии и ортопедии» (Москва, 2006); 1-м и 2-м Международных конгрессах «Современные технологии диагностики лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности» (Москва, 2007; Москва 2013); VIII съезде травматологов-ортопедов Республики Беларусь «Развитие травматологии и ортопедии в республике Беларусь на современном этапе» (Минск, 2008); Всероссийской юбилейной научно-практической конференции, посвященной юбилею кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РГМУ «Лечение сочетанных травм и повреждений конечностей» (Москва, 2008); городской научно-практической конференции «Повреждения кисти и их последствия: современный подход к лечению» (Москва, 2009); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Актуальные вопросы хирургии кисти» (Санкт-Петербург, 2011); 1-м конгрессе травматологов и ортопедов «Травматология и ортопедия столицы. Настоящее и будущее» (Москва, 2012); научно-практической конференции с международным участием «Лечение травм и заболеваний верхних конечностей» (Киев, 2012); XV, XVII и XVIII европейских конгрессах по хирургии кисти (Румыния, Бухарест, 2010; Бельгия, Антверпен, 2012; Турция, Белек – Анталия, 2013); XI и XII Международных конгрессах по хирургии кисти (Южная Корея, Сеул 2010; Индия, Дели 2013).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа изложена на 364 страницах машинописного текста, иллюстрирована 236 рисунками, содержит 50 таблиц и 15 диаграмм. Состоит из введения, обзора литературы, 6 глав собственных исследований, заключения, выводов и практических рекомендаций. Список литературы включает 332 источника, из них 70 отечественных и 262 зарубежных.

Содержание работы

Экспериментальная часть работы была выполнена на 30 крысах и 20 кроликах.

На крысах проведена сравнительная оценка регенерации седалищного нерва после его шва и аутонейропластики. В опытной группе (15 крыс) выполняли дефект седалищного нерва в средней трети бедра размером 0,5 см с одномоментной его аутонейропластикой при помощи микрохирургической техники. В контрольной группе (15 крыс) – эпиневральный шов.

Через 3 месяца животных выводили из эксперимента и изучали регенерацию двигательных и чувствительных волокон в различных срезах седалищного нерва. Использовали нейрогистохимический, гистологический, морфометрический методы исследования совместно с лабораторией функциональной нейроморфологии НИИ высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН (д-р биол. наук Е.В. Лосева).

Выявлены статистически значимые различия реиннервации дистального участка седалищного нерва в зависимости от способа восстановления целостности нерва. После аутонейропластики обнаружено выраженное снижение плотности иннервации и числа двигательных волокон по сравнению со швом нерва, а также увеличение количества фиброзной ткани.

На кроликах изучали влияние поясничной симпатэктомии на регенерацию седалищного нерва после его аутонейропластики. В опытной группе (10 кроликов) пластика седалищного нерва размером 2 см сочеталась с поясничной симпатэктомией. Симпатэктомию выполняли забрюшинным доступом, производили ревизию симпатического ствола с его резекцией на

протяжении 1 см. В контрольной группе (10 кроликов) аутонейропластику выполняли без симпатэктомии.

Через 3 месяца с помощью нейрогистохимического, гистологического и морфометрического методов оценивали регенерацию двигательных и чувствительных волокон седалищного нерва. Также определяли процентное соотношение нервной и соединительной ткани в срезах проксимального и дистального анастомозов.

В контрольной группе (аутонейропластика седалищного нерва) при морфологическом исследовании срезов седалищного нерва увеличивалась степень дезорганизации роста аксонов, особенно на уровне дистального анастомоза. На дистальном анастомозе обнаруживались нервные волокна меньших размеров, деформированные, далеко расположенные друг от друга, толщина миелинового слоя была снижена. Отмечалось выраженное разрастание соединительной ткани по сравнению с нормой и проксимальным анастомозом.

При количественной оценке на дистальном анастомозе выявлялось снижение двигательных волокон ($2,8 \pm 0,73$; $p < 0,05$) в 2 раза по сравнению с проксимальным анастомозом ($5,2 \pm 0,68$) и с нормой ($6,3 \pm 0,71$), а также уменьшение количества чувствительных и общего числа аксонов в одном поле зрения.

В опытной группе (аутонейропластика седалищного нерва в сочетании с поясничной симпатэктомией) на дистальном и проксимальном анастомозах нервные волокна распределялись равномерно, толщина миелинового слоя была пропорциональна диаметру аксона. По количеству регенерирующих аксонов, соотношению нервной и соединительной ткани срезы проксимального и дистального анастомозов имели схожую морфологическую картину. На проксимальном анастомозе количество двигательных волокон составило $5,7 \pm 0,55$, чувствительных – $12,2 \pm 0,83$; на дистальном анастомозе – $5,2 \pm 0,5$ и $11,8 \pm 0,7$ соответственно в одном поле зрения. Количество чувствительных нервных волокон на дистальном и

проксимальном анастомозах не имело достоверных различий, число двигательных волокон на дистальном анастомозе вдвое превышало контрольную величину. Достоверно увеличивался процент нервной ткани, а разрастание соединительной ткани отмечалось в меньшей степени по сравнению с контролем.

В условиях симпатэктомии достоверно увеличивалось число регенерировавших нервных волокон, уменьшался и практически сглаживался проксимально-дистальный градиент их числа на протяжении трансплантата, количество моторных волокон в зоне дистального анастомоза в 2 раза превышало контрольные величины (рис. 1, 2).

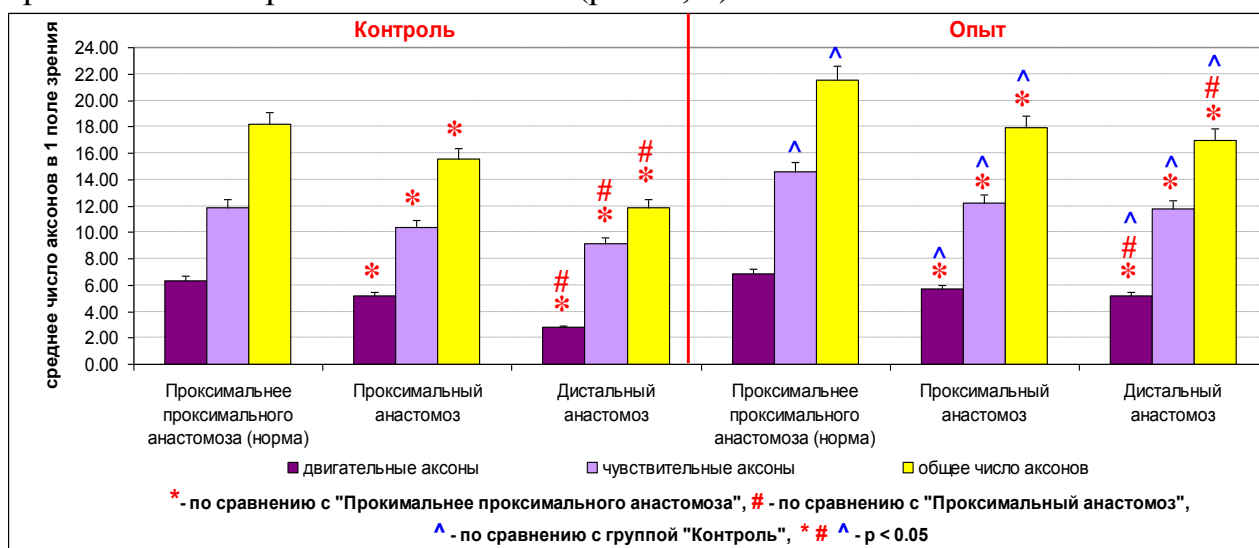


Рис. 1. Сравнительная оценка двигательных и чувствительных нервных волокон различных срезов седалищного нерва в контрольной и опытной группах кроликов.

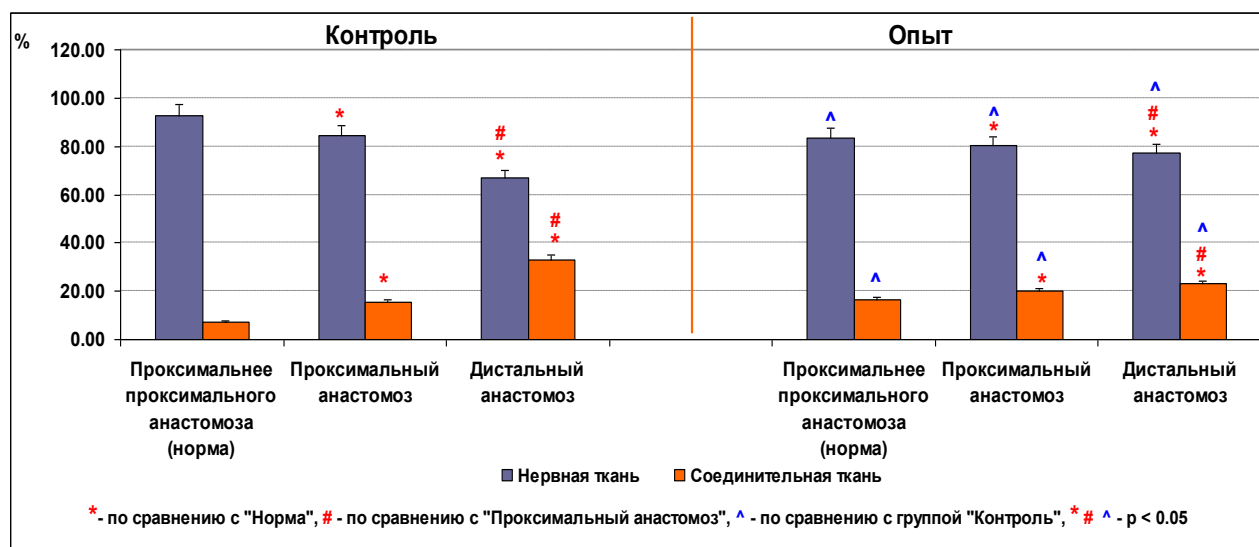


Рис. 2. Сравнительная оценка нервной и соединительной ткани различных срезов седалищного нерва в контрольной и опытной группах кроликов.

Полученные результаты эксперимента позволили провести клиническую апробацию данной методики.

Клиническая часть работы основана на анализе результатов клинико-инструментального обследования и особенностей лечения 270 больных с повреждениями периферических нервов верхних и нижних конечностей.

Среди больных с повреждениями нервов конечностей нами выделены 4 основные группы:

- **травматические повреждения отдельных нервных стволов (196 больных, из них у 178 – верхних конечностей, у 18 – нижних конечностей),**
- **травматические повреждения плечевого сплетения (40 больных),**
- **болезненные невромы (29 больных),**
- **жгутовые парезы верхних конечностей (5 больных).**

Наибольшее число больных с травматическими повреждениями нервов составляли мужчины в возрасте 21 – 40 лет (76,4%).

Основными факторами, влияющими на исходы лечения повреждений нервов, являлись уровень (проксимальный, дистальный) и сроки, прошедшие с момента повреждения.

На верхней конечности чаще всего имели место повреждения срединного и локтевого нервов на уровне дистальной трети предплечья – 120 (55%) больных и плечевого сплетения (уровень надплечья, шеи) – 40 (18%).

На нижней конечности наиболее часто повреждались седалищный и малоберцовый нервы в 33% (6 больных) и 50% (9 больных) соответственно.

В 55% случаев на верхних и в 50% случаев на нижних конечностях отмечен дистальный уровень повреждения нервов, что являлось благоприятным фактором последующего восстановления утраченной функции кисти и стопы.

При повреждениях на проксимальном уровне (18% – надплечье, шея; 39% – бедро, тазобедренный сустав) результат лечения был менее предсказуемым.

Критическими сроками, определяющими возможность восстановления функции поврежденного нерва, в нашей работе являлись 6–8 месяцев с момента травмы. Однако 116 (49%) из 236 больных обратились в более поздние сроки.

В клинической практике был отработан диагностический комплекс до- и послеоперационного ведения больных с травматическими повреждениями нервов конечностей. С целью определения состояния нерва после травмы и в ранние сроки после восстановления его анатомической целостности использовали УЗИ, ЭНМГ (для толстых миелинизированных волокон), лазерную доплеровскую флоуметрию и компьютерную термографию (для тонких мало- и немиелинизированных волокон).

Размер дефекта нервов при застарелом характере повреждения определяли с помощью УЗИ. После сопоставления данных предоперационного ультразвукового исследования и результатов, полученных во время оперативных вмешательств, диагностическая эффективность метода составила 79%.

Причины несовпадений (21%) были связаны с длительно существующей валлеровской дегенерацией дистального конца поврежденного нерва (более 1,5 лет после травмы), имитирующей сохранность интраневральных структур, а также с тракционными повреждениями в виде «мнимой непрерывности» за счет сохранных нервных оболочек.

Из 178 больных с травматическими повреждениями нервов верхних конечностей у 67 были диагностированы дефекты срединного и локтевого нервов (в общей сложности 90 нервов). У 35 больных ($n=46$) была выполнена аутонейропластика в сочетании с симпатэктомией, у 32 ($n=44$) – без симпатэктомии.

При небольших дефектах (< 6 см) и дистальном уровне повреждения (нижняя треть предплечья/кисть) проводили перивазальную симпатэктомию плечевой артерии и сопровождающих ее вен. При дефектах ≥ 6 см и проксимальном уровне повреждения (локтевой сустав/верхняя треть предплечья, плечо/плечевой сустав) для более полной десимпатизации верхней конечности осуществляли торакоскопическое клипирование ганглиев симпатического ствола на уровне Th3–Th4 (торакоскопическая симпатэктомия выполнялась хирургом торакального отделения МОНИКИ им. М.Ф. Владимирского д.м.н. В.А. Кузьмичевым).

Через 1,5–2 года после десимпатизирующих операций отмечено более полное восстановление чувствительности, двигательной функции, трофики и терморегуляции кисти по сравнению с контролем (аутонейропластика без симпатэктомии). Сила реиннервированных мышц увеличивалась до M3–M4 в 48% случаев, а чувствительность – до S3–S4 в 66% случаев, тогда как в контроле указанные показатели были достигнуты в 10,9 и 13,04% случаев соответственно ($p < 0,001$) (Таблица 1).

Таблица 1

Результаты оценки двигательной и чувствительной функции после аутонейропластики с и без симпатэктомии

| Результат оценки двигательной и чувствительной функции | Количество нервов, % | | |
|--|---|--|-------------------|
| | аутонейропластика без симпатэктомии (n = 46) | аутонейропластика с симпатэктомией (n = 44) | всего (n = 90) |
| M0–M2+ | 89,1±9,3 | 52,3±15,4* | 71,1±9,6 |
| M3–M4 | 10,9±9,3 | 47,7±15,4* | 28,9±9,6 |
| S0–S2+ | 86,96±10,1 | 34,1±14,6* | 61,1±10,3 |
| S3–S4 | 13,04±10,1 | 65,9±14,6* | 38,9±10,3 |

Примечание. * – достоверность различий между группами при $p < 0,001$.

Также статистически значимые различия отмечены в показателях ЭНМГ: скорость распространения возбуждения (СРВ) по двигательным волокнам в группе «с симпатэктомией» составила $24,47 \pm 2,72$ м/с, в группе

«без симпатэктомии» – $9,28 \pm 2,25$ м/с ($p < 0,001$), S-ответ – $1,25 \pm 0,15$ и $0,23 \pm 0,08$ мкВ соответственно ($p < 0,001$), СРВ по чувствительным волокнам – $27,56 \pm 2,28$ и $5,78 \pm 1,53$ м/с соответственно ($p < 0,001$). По М-ответу достоверных различий не выявлено.

По данным компьютерной термографии после десимпатизирующих операций наблюдалось выраженное возрастание температур в денервированном сегменте уже в самые ранние сроки. Градиент температур «ладонная поверхность кисти – предплечье» поддерживался на уровне менее $0,5$ °С уже со 2-й недели, тогда как в группе без симпатэктомии эта величина достигалась не ранее чем через 6 месяцев после операции (Таблица 2).

Таблица 2

Средняя температура (в °С) зон пораженной кисти до и после аутопластики нервов верхней конечности (контроль $29,1 \pm 0,1$ °С)

| Зона исследования | До операции | 2 нед после операции | 5–6 мес после операции | Более года после операции |
|--|----------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
| <u>Без симпатэктомии:</u> | | | | |
| зона денервации | $27,1 \pm 0,6$ | $26,8 \pm 0,4$ | $28 \pm 0,5^*$ | $28,6 \pm 0,5^*$ |
| здоровые ткани | $27,6 \pm 0,4$ | $27,7 \pm 0,4$ | $28,9 \pm 0,4^*$ | $29,4 \pm 0,3^*$ |
| <u>Периваскулярная симпатэктомия:</u> | | | | |
| зона денервации | $26,8 \pm 0,4$ | $27,3 \pm 0,5$ | $29,4 \pm 0,5^{*\circ}$ | $30,1 \pm 0,3^{*\circ}$ |
| здоровые ткани | $27,4 \pm 0,5$ | $31,4 \pm 0,4^{*\circ}$ | $31 \pm 0,3^{*\circ}$ | $31,1 \pm 0,2^{*\circ}$ |
| <u>Торакоскопическое клипирование:</u> | | | | |
| зона денервации | $27 \pm 0,4$ | $28 \pm 0,3^{*\circ}$ | $30,2 \pm 0,4^{*\circ}$ | $30,5 \pm 0,3^{*\circ}$ |
| здоровые ткани | $27,6 \pm 0,3$ | $32 \pm 0,5^{*\circ}$ | $31,7 \pm 0,6^{*\circ}$ | $31,5 \pm 0,5^{*\circ}$ |

*Примечание. Достоверность различий: * – по сравнению с исходными данными, ° – по сравнению с данными группы без симпатэктомии при $p < 0,05$.*

Данные контроля соответствуют здоровым лицам.

Результаты лазерной доплеровской флоуметрии до и после аутопластики нервов верхней конечности представлены на рис. 3.

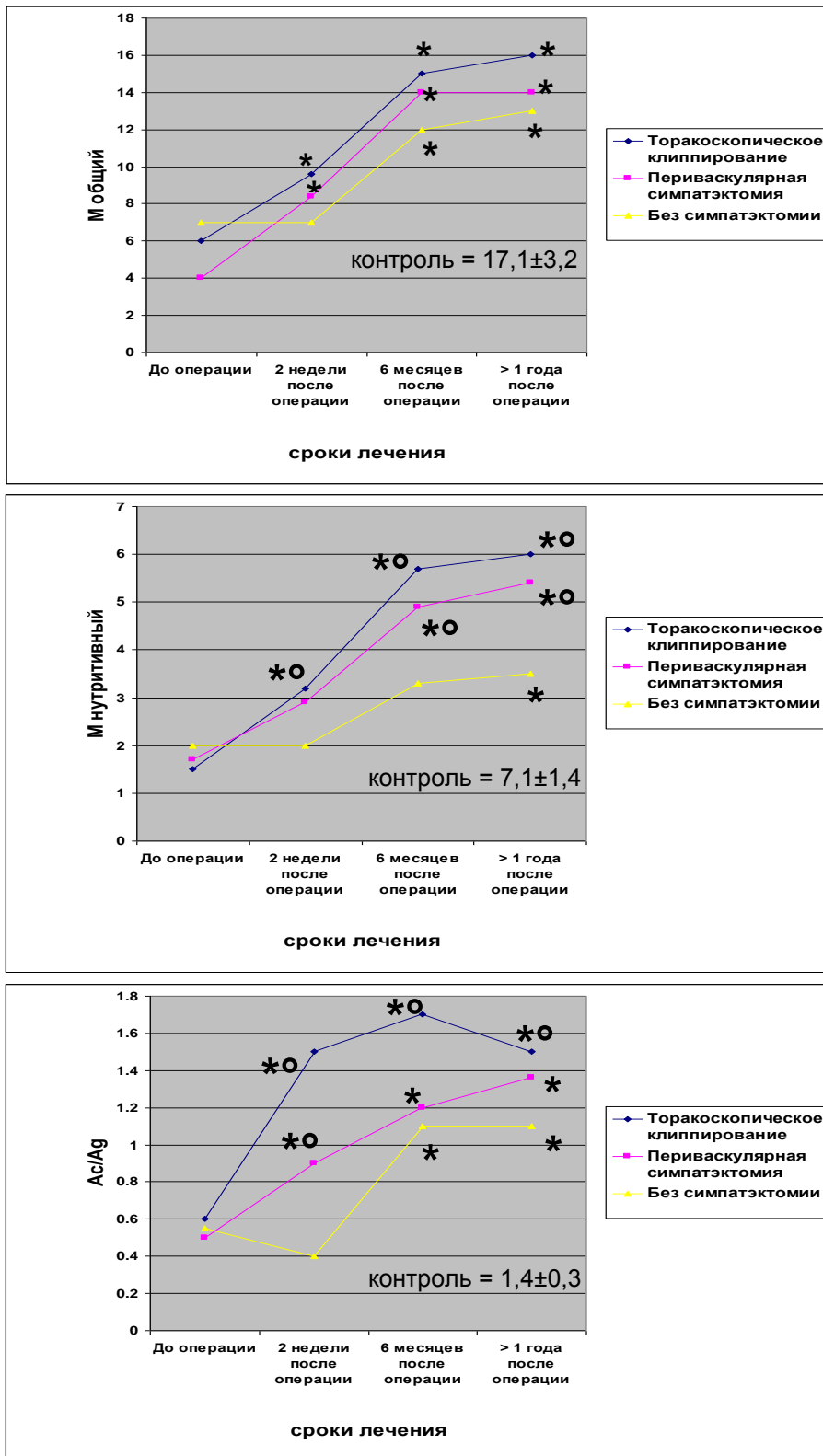


Рис. 3. Показатели ЛДФ до и после аутопластики нервов верхней конечности.

$M_{общий}$ – общий кровоток, $M_{нутривныйый}$ – nutritивный кровоток, Ac/Ag – отношение амплитуд пульсового ритма к дыхательному веноулярном, отражает давление в прекапиллярах. Достоверность различий: * – по сравнению с исходными данными, ^o – по сравнению с данными группы без симпатэктомии при $p < 0,05$.

Данные контроля соответствуют здоровым лицам.

Как видно на рис. 3, динамика общего кровотока в микрососудах после операций характеризовалась общей тенденцией к возрастанию, причем после десимпатизирующих вмешательств восстановление происходило быстрее. Однако статистически значимой разницы между группами выявлено не было. В то же время нутритивный кровоток обнаруживал более выраженную динамику с достоверным преобладанием после десимпатизирующих вмешательств, особенно на уровне симпатических ганглиев. Аналогичную динамику продемонстрировал и показатель Ас/Ад, отражающий давление в приносящих микрососудах. В целом после аутонейропластики в сочетании с десимпатизирующими операциями отмечалось более раннее и эффективное восстановление нутритивного кровотока и перфузионного давления в микрососудах. При оценке вейвлет-спектра колебаний кровотока в микрососудах кожи зон иннервации поврежденных нервов отмечено доминирование трофотропных миогенных влияний над симпатическими адренергическими ритмами: более чем 2/3 случаев по сравнению с 1/3 случаев без симпатэктомии (рис. 4, 5).

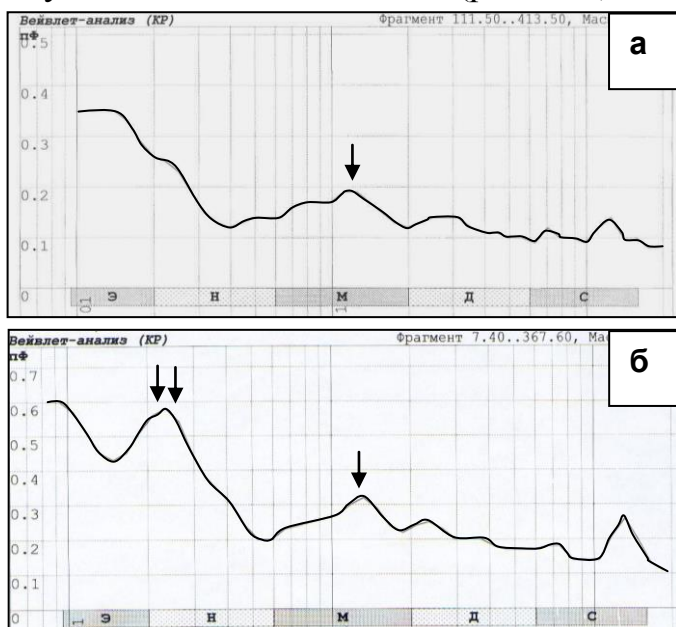


Рис. 4. Вейвлет-анализ колебаний кровотока в микрососудах кожи после аутонейропластики срединного нерва без симпатэктомии.

а – через 7 мес после операции: пульсовые ритмы слабые, незначительная активность миогенных ритмов (↓); б – через 9 мес после операции: пульсовые и миогенные ритмы слабые (↓), доминируют эндотелиальные и симпатические ритмы (↓↓).

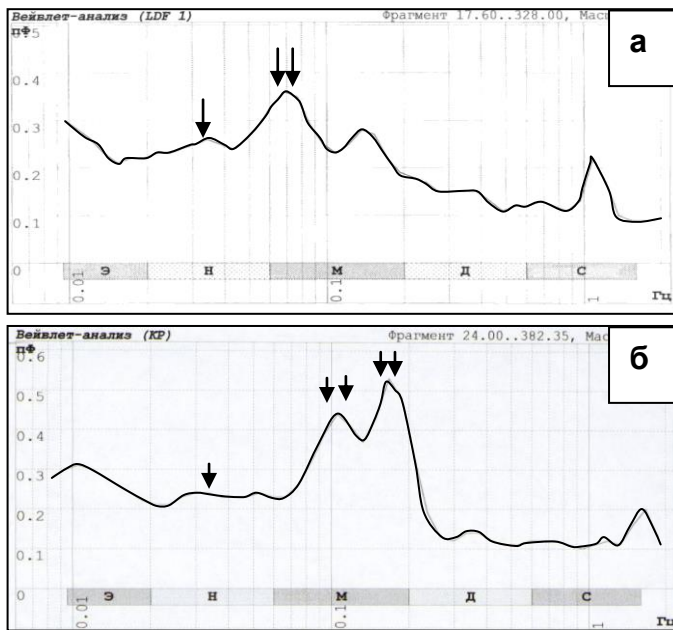


Рис. 5. Вейвлет-анализ колебаний кровотока в микрососудах кожи после аутонейропластики срединного нерва с симпатэктомией.

а – через 6 мес после операции: доминирование миогенных ритмов ($\downarrow\downarrow$) над симпатическими (\downarrow); б – через 10 мес после операции: выраженное преобладание миогенных ритмов ($\downarrow\downarrow$) над симпатическими (\downarrow).

Представленная динамика температурных и ЛДФ-показателей явилась доказательством улучшения притока крови в микроциркуляторное русло, что в свою очередь способствовало восстановлению трофики тканей кисти и предплечья, а также регенерирующих нервных волокон.

Для объективизации восстановления двигательной и чувствительной функций после реконструктивных операций на стволах поврежденных нервов использовали шкалу MRC (Britain`s Medical Research Council (MRC) – международная шкала оценок, принятая Британским медицинским советом), модифицированную в институте нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко (Шевелев И.Н., 2011).

Хорошим результатом считали восстановление до уровня $\geq M3$, $\geq S3$, удовлетворительным – $M2/M2+$, $S2/S2+$, неудовлетворительным – $M0/M1$, $S0/S1$.

Оценку восстановления функции нервов проводили через 3, 6 и 12 месяцев после оперативного вмешательства. Отдаленные исходы лечения изучены спустя 3–5 лет.

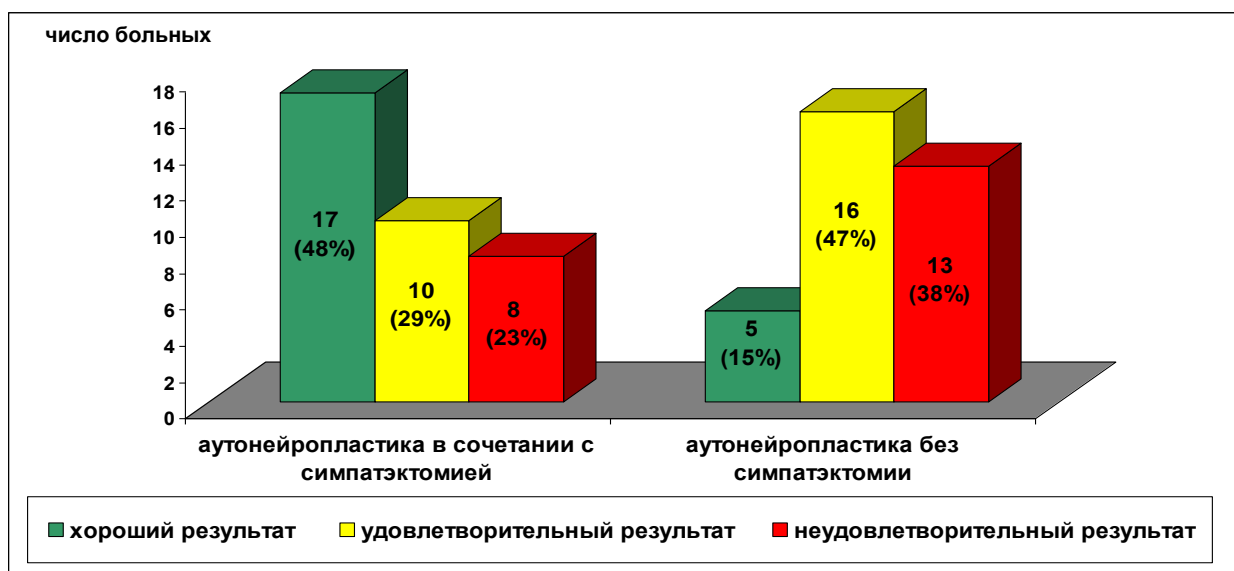


Рис. 6. Результаты аутонейропластики периферических нервов верхних конечностей.

Как видно на рис. 6, в группе больных «аутонейропластика без симпатэктомии» получено 15% (5 больных) хороших, 47% (16 больных) - удовлетворительных и 38% (13 больных) – неудовлетворительных результатов. В группе больных «аутонейропластика в сочетании с симпатэктомией» хорошие результаты отмечены в 48% случаев (17 больных), что в 3 раза выше контроля. Удовлетворительные результаты составили 29% (10 больных), неудовлетворительные – 23% (8 больных).

В целом у больных с травматическими повреждениями нервов верхних конечностей были проведены следующие вмешательства: эпиневральный шов – 85 пациентов, аутонейропластика – 69 (67 – срединный и локтевой нервы, 2 – лучевой нерв), невролиз – 8, шов «конец в бок» – 16.

Результаты различных видов хирургического лечения больных с повреждениями периферических нервов верхних конечностей представлены на рис. 7.

Высокий процент хороших результатов эпиневрального шва (87%) по сравнению с аутонейропластикой (32%) свидетельствует о необходимости

восстановления анатомической целостности нерва в ранние сроки после травмы.

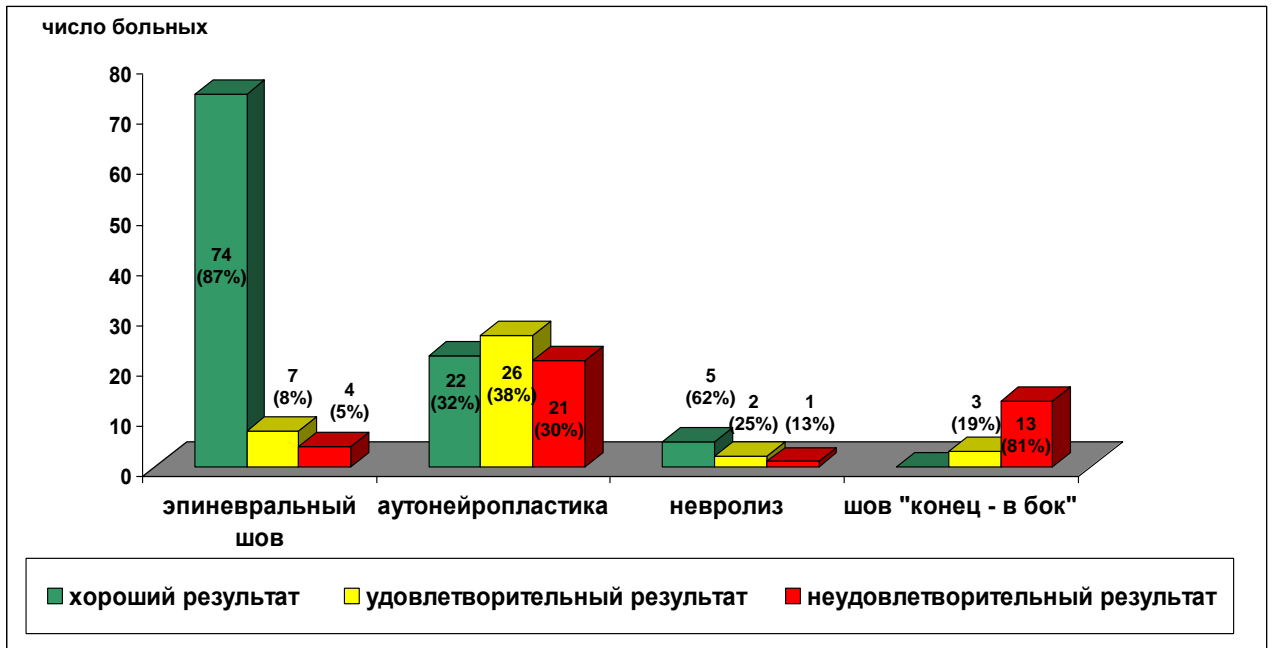


Рис. 7. Результаты различных видов хирургического лечения больных с повреждениями периферических нервов верхних конечностей.

При повреждениях нервов нижних конечностей у 12 больных был выполнен эпиневральный шов, у 4 – невролиз, у 2 – аутонейропластика.

Результаты лечения больных с травматическими повреждениями нервов нижних конечностей представлены на рис. 8.

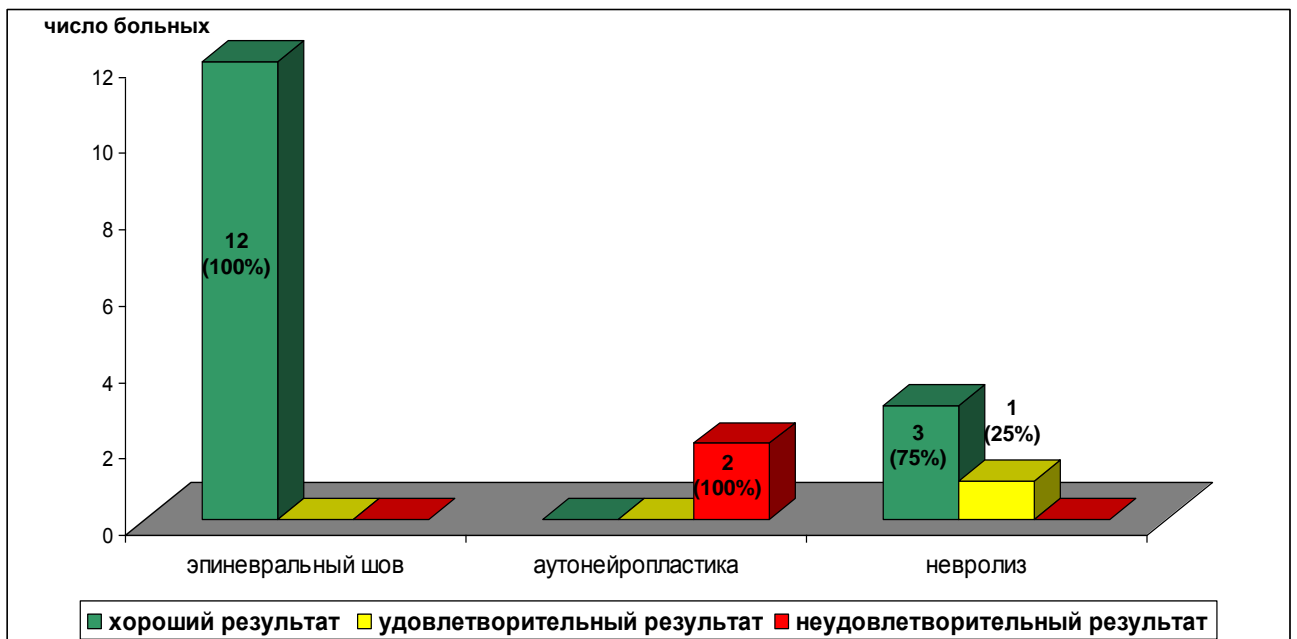


Рис. 8. Результаты различных видов хирургического лечения больных с повреждениями периферических нервов нижних конечностей.

Достижение хороших результатов в 100% случаев после эпинеурального шва на нижних конечностях еще раз подтверждает высокую эффективность данного вида оперативного вмешательства.

Тяжелым осложнением травмы периферических нервов являются болезненные невромы. В настоящем исследовании при лечении 13 из 29 больных с этой патологией впервые был использован шов проксимального конца поврежденного нерва в интактный нерв по типу «конец в бок». В 92% случаев получен хороший результат, что свидетельствует о перспективности предложенного метода.

Послеоперационные жгутовые парезы конечностей являются следствием грубой ошибки использования пневматической манжеты при обескровливании операционного поля (превышение сроков экспозиции, чрезмерное давление в манжете и др.).

В нашей работе у 5 больных с тотальными жгутовыми парезами верхних конечностей впервые была выполнена перивазальная симпатэктомия подмышечной артерии и сопровождающей ее вены (т.е. выше предполагаемого жгутового сдавления). В течение 2 месяцев после вмешательства отмечалось улучшение чувствительности пальцев кисти, постепенное нарастание амплитуды активных движений в локтевом, кистевом суставах. В последнюю очередь восстанавливались движения в суставах пальцев. Полное восстановление функции поврежденной конечности достигнуто через 2,5–3 месяца после симпатэктомии. Вторичных нейрогенных деформаций не было. Трудоспособность пациентов восстановилась к 3–4-му месяцу.

По данным ЭНМГ отмечено восстановление иннервации проксимальных мышц до нормальных величин с сохранением умеренно выраженных аксонально-демиелинизирующих и демиелинизирующих нарушений проведения возбуждения к дистальным мышцам кисти. Проведение возбуждения по сенсорным волокнам приближалось к норме. Согласно результатам компьютерной термографии сохранялась легкая гипотермия

пальцев кисти в пределах 1°C (в среднем $0,4^{\circ}\text{C}$). В 1 случае наблюдали полное восстановление терморегуляции. По данным лазерной доплеровской флоуметрии в первый месяц после симпатэктомии для всех пациентов было характерно формирование трофотропных колебательных структур вейвлет-спектра осцилляций кровотока: низкая амплитуда или отсутствие симпатического ритма, доминирование по амплитуде в активном диапазоне миогенных (в том числе сенсорных пептидергических) осцилляций или их сосуществование с высокоамплитудными эндотелиальными ритмами. К 3–4-му месяцу отмечалось восстановление структуры ритмов регуляции микрососудов кисти.

Выполнение перивазальной симпатэктомии у больных с тотальными жгутовыми парезами верхней конечности обеспечивало более быстрое восстановление функции дистальных ее отделов, позволяя избежать повторных оперативных вмешательств в отдаленном периоде, а также обуславливало раннее восстановление трудоспособности.

Наиболее тяжелая категория больных – это больные с травмами плечевого сплетения. Таких пациентов в нашей работе было 40, из них 38 с закрытыми травмами и 2 – с открытыми.

При закрытых травмах плечевого сплетения в ходе клинико-неврологического обследования и с помощью инструментальных методов исследования (УЗИ, КТ с миелографией, МРТ, ЭНМГ) проводили дифференциальный диагноз между пре- и постганглионарными повреждениями, что было определяющим в выборе тактики хирургического лечения. В зависимости от вида повреждения разрабатывали комплекс реконструктивных операций. Применяли различные варианты невротизаций корешков, первичных и вторичных стволов плечевого сплетения с предварительной интраоперационной электростимуляцией и дифференциацией двигательных и чувствительных нервных пучков нейрогистохимическим методом.

У 38 больных с закрытыми повреждениями плечевого сплетения проведено 70 различных невротизаций. Анализ результатов невротизаций показал, что их эффективность определялась в основном полнотой восстановления функции двуглавой мышцы плеча.

При тотальном характере повреждения плечевого сплетения (различные варианты преганглионарных отрывов и постганглионарных разрывов – 11 больных) из ожидаемых результатов лечения наблюдали восстановление полезной функции (М3) двуглавой мышцы плеча – 2 (18%) больных и трехглавой мышцы плеча – 1 (9%) больной.

Использование контралатерального С7 корешка оказалось неэффективным в восстановлении двигательной функции срединного нерва, однако позволило достигнуть защитной чувствительности кисти.

При тотальных постганглионарных повреждениях (5 больных) с целью восстановления функции двуглавой мышцы плеча использовали невролиз, невротизацию межреберными нервами, культей С5 корешка. Независимо от выбранной хирургической тактики у всех больных сгибание предплечья достигало М3. На этом фоне наблюдали частичное спонтанное восстановление функции других нервов по типу абберантной реиннервации.

При частичных повреждениях плечевого сплетения (17 больных) и сохранной функции дистальных отделов верхней конечности реиннервацию двуглавой мышцы выполняли частью срединного и/или локтевого нервов. При преганглионарных отрывах С5–С6 корешков (4 больных) восстановление сгибания предплечья до \geq М3 отмечено у 1 (25%) больного, а при частичных постганглионарных повреждениях (13 больных) – у 12 (92%).

У 19 больных, которым выполняли невротизацию надлопаточного нерва за счет добавочного нерва, клинически значимых результатов (восстановление отведения и наружной ротации плеча) достигнуто не было. У 13 пациентов наблюдалась стабилизация головки плечевой кости в суставной впадине лопатки (М1), а отведение плеча совместно с лопаткой

достигало 20–30°. В 5 наблюдениях сохранялся паралитический подвывих головки плечевой кости (M0). У 1 больного констатировано восстановление функции ротаторной манжеты плеча до M2 (отведение плеча в положении лежа, т.е. без сил гравитации).

Селективные невротизации, направленные на восстановление активного разгибания кисти и пальцев при повреждениях плечевого сплетения с преимущественным поражением лучевого нерва, были проведены у 4 больных. Сохранная функция срединного и/или локтевого нервов позволила выполнить перемещение их малозначимых двигательных фасцикул на отдельные ветви лучевого нерва, иннервирующие лучевые разгибатели кисти и разгибатели пальцев. Восстановление разгибания кисти было достигнуто у 2 (50%) больных при сроках наблюдения до двух лет после операции. Разгибания пальцев не было получено ни в одном случае.

Это связано с недостаточным количеством перемещаемых двигательных единиц срединного или локтевого нервов на ветви лучевого нерва. Мы считаем целесообразным выполнение более полноценной невротизации только глубокой ветви лучевого нерва большим количеством фасцикул в сочетании с сухожильно-мышечными транспозициями. Такого рода селективные невротизации являются перспективными в хирургии периферических нервов и требуют дальнейших разработок.

Таким образом, у больных с пре- и постганглионарными повреждениями плечевого сплетения метод невротизации имеет различную эффективность: при тотальных повреждениях (различные варианты преганглионарных отрывов и постганглионарных разрывов) она не превышает 18%, а при частичных - достигает 76%. Реконструктивные операции, направленные на восстановление функции двуглавой мышцы плеча, произведены у 29 больных с закрытыми повреждениями плечевого сплетения, у 17 из них, т.е. в 59% случаев, получен хороший (\geq M3) функциональный результат (Таблица 3).

Таблица 3

Результаты хирургического лечения закрытых повреждений плечевого сплетения

| Виды невротизаций | Функциональный результат | | | | | N общее |
|--|--------------------------|----|----|----------|----------|------------|
| | M0 | M1 | M2 | M3 | M4 | |
| Добавочный нерв → надлопаточный нерв | 5 | 13 | 1 | | | 19 |
| Добавочный нерв → кожно-мышечный нерв | 4 | | | | | 4 |
| Межреберные нервы → кожно-мышечный нерв | 1 | | | 2 | | 3 |
| Диафрагмальный нерв → кожно-мышечный нерв | 1 | | | | | 1 |
| Межреберные нервы → ветви лучевого нерва, иннервирующие трехглавую мышцу плеча | 2 | 1 | | | | 3 |
| Культия С5 корешка → кожно-мышечный нерв | 2 | | | 2 | | 4 |
| Культия С5 корешка → срединный нерв | 1 | | | | | 1 |
| Культия С5 корешка → лучевой нерв | | 1 | | | | 1 |
| Культия С6 корешка → задний пучок (лучевой и подмышечный нервы) | | | | 1 | | 1 |
| Культия С6 корешка → срединный нерв | 1 | | | | | 1 |
| Культия С8 корешка → срединный нерв | | | 1 | | | 1 |
| Часть медиального пучка → срединный нерв | 1 | | | | | 1 |
| Контралатеральный С7 корешок → срединный нерв | 4 | | | | | 4 |
| Шейное сплетение → срединный нерв | 1 | | | | | 1 |
| Ветви лучевого нерва, иннервирующие трехглавую мышцу плеча → подмышечный нерв | | 3 | 1 | | | 4 |
| Часть локтевого и срединного нервов → кожно-мышечный нерв | | | | 3 | 3 | 6 |
| Часть локтевого нерва → кожно-мышечный нерв | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 9 |
| Часть срединного нерва → кожно-мышечный нерв | | | | 2 | | 2 |
| Часть срединного нерва → ветви лучевого нерва | 1 | | | 1 | | 2 |
| Часть локтевого нерва → ветви лучевого нерва | 1 | | | 1 | | 2 |
| Всего | 26 | 19 | 5 | 15 | 5 | 70 |

Примечание. У 17-ти из 29-ти больных после невротизаций кожно-мышечного нерва получен хороший функциональный результат $\geq M3$ (59%)

Выводы

1. Экспериментально установлено, что регенерация седалищного нерва после аутонейропластики отличается от эпиневрального шва выраженностью фиброзного процесса, снижением числа двигательных и чувствительных волокон в дистальном сегменте нерва. После поясничной симпатэктомии достоверно увеличивается число регенерировавших нервных волокон, уменьшается проксимально-дистальный градиент их числа на протяжении трансплантата, количество моторных волокон в зоне дистального анастомоза в 2 раза превышает контрольные величины.

2. Торакоскопическая и перивазальная симпатэктомии в клинической практике создают оптимальные условия для регенерации срединного и локтевого нервов после аутонейропластики. Сила реиннервированных мышц увеличивается до М3–М4 в 48% случаев, а чувствительность до S3–S4 в 66% случаев по сравнению с 10,9% и 13,04% в контроле, соответственно ($p < 0,001$).

3. Перивазальная симпатэктомия – эффективный способ хирургического лечения жгутовых парезов верхних конечностей, позволяющий добиться полного восстановления функции поврежденной конечности через 2,5–3 месяца после операции без появления вторичных нейрогенных деформаций.

4. Данные компьютерной термографии и лазерной доплеровской флоуметрии свидетельствуют о том, что десимпатизирующие операции способствуют активации трофотропных регуляторных систем и улучшению реиннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей.

5. Шов нерва «конец в бок» является новым эффективным способом лечения болевого синдрома при невромах периферических нервов конечностей. В 92% наблюдений получен хороший результат со стойким купированием болевого синдрома.

6. У больных с пре- и постганглионарными повреждениями плечевого сплетения метод невротизации имеет различную эффективность: при

тотальных повреждениях (различные варианты преганглионарных отрывов и постганглионарных разрывов) она не превышает 18%, а при частичных - достигает 76%.

7. Реиннервация двуглавой мышцы плеча является приоритетным методом хирургического лечения больных с закрытыми травмами плечевого сплетения – эффективность метода составляет 59%.

8. Полноценное восстановление функции дистальных отделов верхней конечности остается главной задачей в хирургии плечевого сплетения. Сохраняющийся функциональный дефицит кисти обусловлен многими факторами, влияющими на регенерацию нервов, что требует дальнейших анатомических и нейрофизиологических исследований.

Практические рекомендации

Клиническая диагностика повреждений периферических нервов конечностей должна дополняться УЗИ, ЭНМГ, лазерной доплеровской флоуметрией, компьютерной термографией. Больным с травмами плечевого сплетения, помимо выше перечисленных методов исследования, с целью верификации пре- и постганглионарных повреждений показано выполнение МРТ, КТ с шейной миелографией.

При дефектах срединного и локтевого нерва целесообразно выполнение аутонейропластики в сочетании с торакоскопической или перивазальной симпатэктомией. При небольших дефектах (< 6 см) и дистальном уровне повреждения (нижняя треть предплечья/кисть) необходимо использовать перивазальную симпатэктомию плечевой артерии и сопровождающих ее вен, а при дефектах ≥ 6 см и проксимальном уровне повреждения (локтевой сустав/верхняя треть предплечья, плечо/плечевой сустав) – торакоскопическое клипирование ганглиев симпатического ствола на уровне Th3–Th4.

При тотальных жгутовых парезах верхних конечностей показано выполнение перивазальной симпатэктомии подмышечных сосудов, т.е. выше уровня сдавления турникетом.

Для оценки эффективности десимпатизирующих операций в раннем послеоперационном периоде следует использовать компьютерную термографию и лазерную доплеровскую флоуметрию со спектральным вейвлет-анализом колебаний кровотока.

Арсенал методов хирургического лечения болевого синдрома при невромах периферических нервов конечностей должен быть дополнен швом «конец в бок».

Возможность применения различных вариантов невротизаций при повреждениях плечевого сплетения должна определяться личным опытом хирурга, при этом следует учитывать:

- при тотальных преганглионарных отрывах корешков плечевого сплетения использование в качестве нервов-доноров надлопаточного, диафрагмального, межреберного нервов, контралатерального С7 малоэффективно для восстановления функции верхней конечности;
- при тотальных постганглионарных повреждениях такие невротизации являются методом выбора в качестве дополнительного источника иннервации на фоне замедленно протекающей спонтанной регенерации тракционно-поврежденных ветвей плечевого сплетения;
- при частичных повреждениях плечевого сплетения невротизация кожно-мышечного нерва частью локтевого и/или срединного нервов является эффективным методом восстановления функции двуглавой мышцы плеча;
- селективные невротизации для восстановления функции кисти должны сочетаться с сухожильно-мышечными транспозициями.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Крупаткин А.И., Голубев В.Г., Панов Д.Е., Меркулов М.В., Юлов В.В., Сидоров В.В. Новые возможности оценки объемной микрогемодинамики тканей опорно-двигательной системы с помощью лазерной доплеровской флоуметрии // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2004. – № 1. – С. 47-52.

2. Крупаткин А.И., Голубев В.Г., Берглезов М.А., Колосов В.А., **Меркулов М.В.**, Юлов В.В., Зейналов В.Т. Современная концепция посттравматического комплексного регионарного болевого синдрома // Материалы VIII съезда травматологов-ортопедов России. – Самара, 2006. – С. 412-413.

3. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Кузьмичев В.А., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Первый опыт торакоскопической симпатэктомии у больных с комплексным регионарным болевым синдромом верхней конечности // Материалы 3-го международного конгресса РУДН «Современные технологии в травматологии и ортопедии». – Москва, 2006. – Том 2. – С. 294.

4. Кузьмичев В.А., Мазурин В.С., Прищепо М.И., Голубев В.Г., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Применение торакоскопической симпатэктомии в лечении больных с комплексным регионарным болевым синдромом верхней конечности // Материалы 11-го московского международного конгресса по эндоскопической хирургии. ГУ РНЦХ. – Москва, 2006. – С. 208.

5. Крупаткин А.И., Голубев В.Г., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Влияние симпатической иннервации микрососудов кожи на колебание кровотока в диапазоне 0,020 – 0,046 Гц // Ангиология и сосудистая хирургия. – Москва. – 2006. – № 1. – С. 44.

6. Крупаткин А.И., Голубев В.Г., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Диагностика функции периваскулярной иннервации кожи с помощью вейвлет-анализа колебаний микрогемодинамики и термографии // Ангиология и сосудистая хирургия. – Москва. – 2006. – № 1. – С. 70.

7. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Кузьмичев М.В., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Первый опыт торакоскопической симпатэктомии в лечении больных с комплексным регионарным болевым синдромом верхней конечности // Травматология и ортопедия России. – Санкт-Петербург. – 2006. – № 2. – С. 76.

8. Берглезов М.А., Крупаткин А.И., Голубев В.Г., Колосов В.А., **Меркулов М.В.**, Юлов В.В., Зейналов В.Т. Комплексный регионарный болевой синдром конечностей I типа (синдром Зудека) – патогенез, диагностика, лечение. Пособие для врачей. – Москва, 2006.

9. Голубев В.Г. Крупаткин А.И. Кузьмичев В.А., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Лечение больных с комплексным регионарным синдромом верхней конечности при помощи торакоскопической симпатэктомии // Материалы 1-го международного конгресса «Современные технологии диагностики лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности». – Москва, 2007. – С. 27.

10. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Зейналов В.Т., **Меркулов М.В.**, Кузьмичев В.А. Применение торакоскопической симпатэктомии в лечении комплексного регионарного синдрома верхней конечности // Кремлевская медицина. – Москва. – 2007. – № 1. – С. 83.

11. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Зейналов В.Т., **Меркулов М.В.**, Кузьмичев В.А. Нейрососудистые патогенетические и диагностические аспекты посттравматического комплексного регионарного болевого синдрома // Кремлевская медицина. – Москва. – 2007. – № 1. – С. 77.

12. Кузьмичев В.А., Мазурин В.С., Прищепо М.И., Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Зейналов В.Т., Меркулов М.В. Возможности эндоскопической торакальной симпатэктомии в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхней конечности // Альманах клинической медицины. – Москва. – 2007. – № 16. – С. 90-93.

13. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Кузьмичев В.А., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т., Кутепов И.А. Торакоскопическое клипирование симпатического ствола - как метод лечения хронической боли // Материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Республики Беларусь «Развитие травматологии и ортопедии в республике Беларусь на современном этапе». – Минск, 2008. – С. 54-55.

14. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Кузьмичев В.А., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т., Кутепов И.А. Метод симпатэктомии в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхней конечности // Тезисы докладов Всероссийской юбилейной научно-практической конференции, посвященной юбилею кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РГМУ «Лечение сочетанных травм и повреждений конечностей». – Москва, 2008. – С. 26.

15. Голубев В.Г., Ширяева Г.Н., Бушуев О.М., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Возможности лечения больных с тяжелыми огнестрельными ранениями верхней конечности в условиях специализированного отделения микрохирургии и травмы кисти // Тезисы докладов Всероссийской юбилейной научно-практической конференции, посвященной юбилею кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РГМУ «Лечение сочетанных травм и повреждений конечностей». – Москва, 2008. – С. 27.

16. Голубев В.Г., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кутепов И.А. Пластика «конец - в бок» – как способ лечения болезненных невром // Тезисы докладов Всероссийской юбилейной научно-практической конференции, посвященной юбилею кафедры травматологии, ортопедии и ВПХ РГМУ «Лечение сочетанных травм и повреждений конечностей». – Москва, 2008. – С. 28.

17. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Зейналов В.Т., **Меркулов М.В.**, Кузьмичев В.А. Новые возможности лечения комплексного регионарного болевого верхней конечности с помощью торакоскопической симпатэктомии // Вестник Российской академии медицинских наук. – Москва. – 2008. – № 8 (приложение). – С. 52-55.

18. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Кузьмичев В.А., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т. Верхнегрудная симпатэктомия в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхней конечности // Травматология и ортопедия России. – Санкт-Петербург. – 2008. – № 2 (приложение). – С. 21-22.

19. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кузьмичев В.А. Влияние симпатэктомии на регенерацию периферических нервов конечностей (клинико–экспериментальное исследование) // Травматология и ортопедия России. – Санкт-Петербург. – 2008. – № 2 (приложение). – С. 21.

20. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Кутепов И.А. Периартериальная симпатэктомия плечевой артерии в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхних конечностей // Материалы городской научно-практической конференции «Повреждения кисти и их последствия: современный подход к лечению». – Москва, 2009. – С. 24-26.

21. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кутепов И.А. Новый способ хирургического лечения обширных дефектов периферических нервов конечностей // Материалы городской научно-практической конференции «Повреждения кисти и их последствия: современный подход к лечению». – Москва, 2009. – С. 8-10.

22. Голубев В.Г., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Зейналов В.Т., Лосева Е.В., Курская О.В. Влияние поясничной симпатэктомии на регенерацию седалищного нерва в условиях его аутонейропластики: экспериментальное исследование // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2009. – № 1. – С. 65-69.

23. Крупаткин А.И., Еськин Н.А., Голубев В.Г., Кутепов И.А., **Меркулов М.В.**, Федотов Е.Ю., Зейналов В.Т., Кузьмичев В.А. Анатомо-хирургические подходы к лечению симпатически зависимых синдромов

верхней конечности (обзор литературы) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2009. – № 2. – С. 91-95.

24. Патент РФ на изобретение № 2356501. Способ хирургического лечения дефектов периферических нервов верхних конечностей / Миронов С.П., Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кузьмичев В.А. // Заявка № 2007143525; приоритет изобретения 26.11.2007; опубл. 27.05.2009, Бюл. № 15.

25. Патент РФ на изобретение № 2386402. Способ хирургического лечения болезненной невромы / Миронов С.П., Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кутепов И.А. // Заявка № 2008124336; приоритет изобретения 19.06.2008; опубл. 20.04.2010, Бюл. № 11.

26. Голубев И.О., Голубев В.Г., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Зейналов В.Т., Кутепов И.А. Обширные дефекты периферических нервов конечностей. Возможности хирургического лечения // III Всероссийский съезд кистевых хирургов, II Международный конгресс «Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности». – Москва, 19-21 мая 2010. – С. 37.

27. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Самков А.С., Голубев В.Г., Кутепов И.А., Меркулов М.В., Федотов Е.Ю., Зейналов В.Т. Периваскулярная симпатэктомия в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхней конечности // III Всероссийский съезд кистевых хирургов, II Международный конгресс «Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхней конечности». – Москва, 19-21 мая 2010. – С. 35.

28. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Самков А.С., Голубев В.Г., Меркулов М.В., Федотов Е.Ю., Зейналов В.Т., Кутепов И.А., Колосов В.А. Периваскулярная симпатэктомия в комплексном лечении регионарного

болевого синдрома верхней конечности // IX съезд травматологов-ортопедов России, посвященный 200-летию со дня рождения великого русского хирурга Н.И.Пирогова. – Саратов, 15-17 сентября 2010. – С. 1098 -1099.

29. Golubev I., Golubev V., Krupatkin A., **Merkulov M.**, Zeinalov V., Loseva E., Kurskaya O. Influence of lumbar sympathectomy upon sciatic nerve regeneration following its autoneuroplasty: Experimental study // XVth Congress of FESSH (Federation of the European Societies for Surgery of the Hand). – Bucharest. Romania, June 23rd - 26th 2010.

30. Golubev I., Krupatkin A., **Merkulov M.**, Maximov A., Bushuev O., Shiryaeva G., Kutepov I. Surgical treatment of maluniting distal radius complicated complex regional pain syndromes. Early results // 11th Congress of the IFSSH (International Federation of Societies for Surgery of the Hand). – Seoul. Korea, October 31 - November 4 2010. – P. 335.

31. Golubev I., Krupatkin A., **Merkulov M.**, Bushuev O., Shiryaeva G., Maximov A., Kutepov I. Influence of Lumbar Sympathectomy upon Sciatic Nerve Regeneration Following Its Autoneuroplasty: Experimental Study and Clinics Results // 11th Congress of the IFSSH (International Federation of Societies for Surgery of the Hand). – Seoul. Korea, October 31 - November 4 2010. – P. 210.

32. Салтыкова В.Г., Митьков В.В., Карпов И.Н., **Меркулов М.В.** Особенности ультразвуковой диагностики опухолей периферических нервов // Материалы 3-го Съезда врачей ультразвуковой диагностики Дальневосточного федерального округа. Благовещенск. Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2010. – № 5. – С. 120-121.

33. Миронов С.П., Митьков В.В., Салтыкова В.Г., **Меркулов М.В.** Использование ультразвукового исследования в планировании хирургических операций при повреждениях периферических нервов // Материалы 3-го Съезда врачей ультразвуковой диагностики Дальневосточного федерального округа. Благовещенск. Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2010. – № 5. – С. 118-119.

34. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Кутепов И.А., Бушуев О.М., Меркулов М.В., Ширяева Г.Н., Максимов А.А. Первый опыт одномоментного хирургического лечения переломов дистального отдела костей предплечья, осложненных комплексным регионарным болевым синдромом // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2011. – № 2. – С. 32-37.

35. Салтыкова В.Г., Меркулов М.В. Ультразвуковая диагностика редких форм псевдоопухолевых образований периферических нервов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – Москва. – 2011. – № 3. – С. 52-58.

36. Голубев И.О., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А. Кутепов И.А., Журавлев С.А. Первый опыт восстановления активного разгибания кисти и пальцев путем перекрестной невротизации ветвей лучевого нерва // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием. Актуальные вопросы хирургии кисти. – Санкт-Петербург, 16 сентября 2011. – С. 30-31.

37. Голубев И.О., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А. Кутепов И.А. Перивазальная симпатэктомия в лечении комплексного регионарного болевого синдрома верхней конечности // 1 Конгресс травматологов и ортопедов. Травматология и ортопедия столицы. Настоящее и будущее. – Москва, 16-17 февраля 2012. – С. 30.

38. Голубев И.О., Журавлев С.А., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Максимов А.А., Ширяева Г.Н., Кутепов И.А., Гришин В.М., Юлов Р.В. Перекрестная невротизация ветвей лучевого нерва с целью восстановления активного разгибания кисти и пальцев (первый опыт) // 1 Конгресс травматологов и ортопедов. Травматология и ортопедия столицы. Настоящее и будущее. – Москва, 16-17 февраля 2012. – С. 31.

39. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Кутепов И.А., Максимов А.А., Кузьмичев В.А. Эффективность десимпатизации кисти после разных вариантов симпатэктомии при комплексном регионарном

болевым синдроме // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – Москва. – 2011. – № 7. – С. 43-47.

40. Патент РФ на изобретение № 2489103. Способ хирургического лечения послеоперационных жгутовых парезов верхних конечностей / Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И.А. // Заявка № 2012112675; приоритет изобретения 3.04.2012; опубл.10.08.2013, Бюл. № 22.

41. Салтыкова В.Г., Голубев И.О., Меркулов М.В., Шток А.В. Диагностика состояния лучевого нерва при переломах плечевой кости // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – Москва. – 2012. – № 3. – С. 76-88.

42. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А. Перивазальная симпатэктомия в лечении пациентов с комплексным регионарным болевым синдромом верхней конечности // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – Томск – 2012. – Том 15. № 2(41). – С. 33.

43. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А. Периваскулярная симпатэктомия подмышечного сосудистого пучка в лечении послеоперационных жгутовых парезов верхней конечности // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – Томск. – 2012. – Том 15. № 2(41). – С. 35.

44. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А., Журавлев С.А., Гришин В.М., Юлов Р.В. Невротизация на предплечье и кисти при высоком повреждении периферических нервов // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – Томск. – 2012. – Том 15. № 2(41). – С. 36.

45. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А., Журавлев С.А., Гришин В.М., Юлов Р.В. Невротизация ветвей кожно-мышечного нерва для восстановления

активного сгибания предплечья // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – Томск. – 2012. – Том 15. № 2(41). – С. 37.

46. Голубев И.О., Крупаткин А.И., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А., Журавлев С.А. Тактика оперативного лечения больных с повреждениями плечевого сплетения // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – Томск. – 2012. – Том 15. № 2(41). – С. 38.

47. Golubev I., **Merkulov M.**, Bushuev O., Shiryayeva G., Maximov A., Kutepov I., Zhuravlev S., Grishin V., Yulov R. The motor branches of the median and ulnar nerves in the forearm // The Journal of HAND SURGERY. European Volume 37E. Supplement 1. – Antwerp., June 2012. – P. 45-46.

48. Golubev I., **Merkulov M.**, Bushuev O., Shiryayeva G., Maximov A., Kutepov I., Zhuravlev S., Grishin V., Yulov R. The perivascular sympathectomy at the fracture of the distal radius complicated complex regional pain syndrome 1 type // The Journal of HAND SURGERY. European Volume 37E. Supplement 1. – Antwerp., June 2012. – P. 46-47.

49. Меркулов М.В., Голубев И.О., Крупаткин А.И., Кузьмичев В.А., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Кутепов И. А. Влияние симпатэктомии на исходы аутонейропластики после травм нервов верхних конечностей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2012. – № 3. – С. 53-58.

50. Голубев И.О., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А. Кутепов И. А. Журавлев С.А., Гришин В.М., Юлов Р.В. Невротизациям мышц плеча и предплечья при частичных повреждениях плечевого сплетения или отдельных нервов верхней конечности // Научно-практическая конференция с международным участием «Лечение травм и заболеваний верхних конечностей». – Киев, 11-12 октября 2012. – С. 25.

51. Голубев И.О., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А., Кутепов И. А., Журавлев С.А. Роль симпатэктомии в хирургии верхней конечности // Научно-практическая конференция с

международным участием «Лечение травм и заболеваний верхних конечностей». – Киев, 11-12 октября 2012. – С. 24.

52. Салтыкова В.Г., Голубев И.О., Меркулов М.В., Шток А.В. Роль ультразвукового исследования при планировании объема пластики периферических нервов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – Москва. – 2012. – № 4. – С. 62-68.

53. Меркулов М.В., Голубев И.О., Крупаткин А.И., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Максимов А.А. Кутепов И. А. Первый опыт хирургического лечения послеоперационных жгутовых парезов верхних конечностей // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2012. – № 4. – С. 79-82.

54. Голубев И.О., Журавлев С.А., Меркулов М.В. Невротизация ветвей кожно-мышечного нерва пучками срединного и локтевого нервов с целью восстановления активного сгибания предплечья у пациентов с частичным повреждением плечевого сплетения (первый опыт) // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2012. – № 4. – С. 77-79.

55. Golubev I., Merkulov M., Bushuev O., Maximov A., Shiryaeva G., Kutepov I. Clinical experience of sympathectomy for upper extremity nerves regeneration // 12th Triennial Congress of the IFSSH, 9th Triennial Congress of the IFSHI. – New Delhi. India, 4-8 March 2013. – С. 119.

56. Голубев И.О., Крупаткин А.И., Максимов А.А., Кузьмичев В.А., Меркулов М.В., Бушуев О.М., Ширяева Г.Н., Кутепов И.А. Первый опыт торакоскопической симпатэктомии в лечении пациентов с использованием свободных лоскутов при обширных посттравматических дефектах верхней конечности // Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – Москва. – 2013. – № 2. – С. 69-73.

57. Golubev I., Merkulov M., Zhuravlev S. Results of neurotization of the biceps and/or brachialis muscles for elbow flexion // XVIIIth FESSH Congress. –

The Journal of HAND SURGERY. European Volume 38E. Supplement 1. – Belek – Antalya. Turkey, 29th May – 1st June 2013. – P. S61.

58. Голубев И.О., **Меркулов М.В.**, Бушуев О.М., Максимов А.А., Ширяева Г.Н., Кутепов И. А., Журавлев С.А., Гришин В.М., Юлов Р.В. Невротизация ветвей кожно-мышечного нерва для восстановления активного сгибания предплечья // Международный конгресс «Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации при повреждениях и заболеваниях верхних конечностей. Материалы конгресса. – Москва, 16-17 мая 2013 года. – С. 47.