

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК ЭЛЕКТРОНЕЙРОМОДУЛЯЦИИ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАКЦИОННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ

Бажанов С. П., Толкачев В. С., Коршунова Г. А.

Научно-исследовательский институт травматологии, ортопедии и нейрохирургии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный медицинский университет им. В. И. Разумовского» Минздрава России, Саратов

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECTS OF ELECTRICAL NEUROMODULATION METHODS ON PATIENTS WITH TRACTION INJURIES OF BRACHIAL PLEXUS

Bazhanov S. P., Tolkachev V. S., Korshunova G. A.

Scientific Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery,  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
Saratov State Medical University n.a. V. I. Razumovsky,  
the Ministry of Health of the Russian Federation, Saratov

### РЕЗЮМЕ.

**ВВЕДЕНИЕ.** В структуре всех травм плечевого сплетения одно из значимых мест занимают тракционные повреждения. Наиболее признанным методом лечения пациентов с закрытыми тракционными повреждениями плечевого сплетения является микрохирургический невролиз. Наряду с хирургическим вмешательством используют различные методики электростимуляции стволов плечевого сплетения, однако результаты их применения до настоящего времени продолжают оставаться противоречивыми.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ.** Провести сравнительный анализ ближайших результатов хирургического лечения с применением электростимуляционных методик у пациентов с тракционными повреждениями стволов плечевого сплетения.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Объем исследования составил 20 пациентов с тракционными повреждениями стволов плечевого сплетения. Оценку результатов проводили в основной группе и группе сравнения. Использовались методики двухуровневой и одноуровневой электронной модуляции. Для оценки результатов лечения применяли изучение клинико-неврологического статуса в динамике, электрофизиологический мониторинг.

**РЕЗУЛЬТАТЫ.** В основной группе и группе сравнения на 14-е сутки после операции отмечали снижение болевого синдрома, при этом динамика его регресса была наиболее выражена в основной группе. Несмотря на то, что у всех пациентов данные М-ответов сохранялись достаточно низкими, отмечалась отчетливая тенденция к повышению показателей амплитуд. В основной группе были зарегистрированы «зарождающие» двигательные единицы в мышцах верхней конечности, свидетельствующие о начальных этапах реиннервации периферических сенсорных структур.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Применение методики двухуровневой электронной модуляции позволило улучшить ближайшие результаты хирургического лечения больных с тракционными повреждениями плечевого сплетения на основании регресса болевого синдрома и положительной динамики электрофизиологических показателей.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** плечевое сплетение, тракционное повреждение, хирургическое лечение, электростимуляция.

### ABSTRACT.

**BACKGROUND.** Traction injuries are relevant in the general structure of brachial plexus traumas, and microsurgical neurolysis is a commonly used method for comprehensive treatment of patients with closed traction injuries of brachial plexus. Along with surgical interventions various electrostimulation techniques are applied for the trunks of brachial plexus, although their results still remain contradictory.

**RESEARCH OBJECTIVE.** To perform comparative analysis of the outcomes of surgical treatment that involved electrostimulation methods for patients with traction injuries of the trunks of brachial plexus.

**MATERIALS AND METHODS.** 20 patients with traction injuries of the trunks of brachial plexus made the scope of the research. The outcomes were estimated in both the main and the comparison groups. The patients were treated with one-level as well as two-level electrical neuromodulation methods. The outcomes were evaluated using data of clinical neurologic status research in dynamics and electrical physiological monitoring.

**RESULTS.** In the patients of both the main and the comparison groups on Day 14 of the surgeries pain abatement was observed, its dynamics being most prominent in the main group. Despite M-responses of all patients being rather low,

the obvious tendency for the rise of amplitude range was recorded. In the main group the emerging motor units in upper extremities were registered suggesting the initial stage of reinnervation in peripheral somatomotor structures.

**CONCLUSION.** Application of two-level electrical neuromodulation method ensured better short-term results of surgical treatment for patients with traction injuries of brachial plexus based on the regress of pain syndrome and positive dynamics of electrophysiological indicants.

**KEY WORDS:** brachial plexus, traction injury, surgical treatment, electrostimulation.

#### Актуальность.

По данным разных авторов, доля пациентов с травмами периферической нервной системы составляет от 3% до 10% от всех видов травм мирного времени, из которых тракционный механизм травматического воздействия отмечают в 6–10% случаев [1, 2]. Наиболее часто тракционному механизму травмы подвергаются стволы плечевого сплетения (ПС), что объясняется особенностями их анатомии [3]. При внешней непрерывности нервного ствола тракционная нейропатия периферического нерва сопровождается выраженным нарушением функции поврежденной конечности вследствие прогрессирования денервационных процессов, нарушения интраневрального кровотока а также формирования комплексного регионарного болевого синдрома (КРБС) [4, 5, 6]. При этом сохраняется высокий процент инвалидизации у пациентов с тракционным повреждением периферических нервов среди лиц молодого, трудоспособного возраста, что имеет большие социально-экономические последствия [7].

Наиболее частыми причинами закрытых тракционных поражений плечевого сплетения (ЗТППС) являются дорожно-транспортные происшествия, производственные травмы, ятрогенные повреждения [8]. В случае высокоэнергетической травмы, в ряде случаев, отмечают тотальный вариант повреждения плечевого сплетения, при котором наряду с грубым неврологическим дефицитом быстро формируется КРБС в верхней конечности, что обуславливает сложность лечения данной категории пациентов [9].

Одной из наиболее эффективных методик лечения тракционной нейропатии периферических нервов является микрохирургический невролиз с последующей прямой электростимуляцией нервных стволов [2, 8, 10]. Подобная методика не всегда приводит к хорошим ближайшим и отдаленным результатам, что объясняется ретроградной дегенерацией, затрагивающей проксимальный отрезок нерва и сегментарный аппарат спинного мозга (СМ), а также медленным регрессом болевого синдрома [11]. Вышеперечисленные факты диктуют необходимость разработки новых методик комплексного лечения пациентов с ЗТППС.

#### Цель исследования.

Провести сравнительный анализ ближайших результатов хирургического лечения с применением электростимуляционных методик у пациентов с тракционными повреждениями ПС.

#### Материал и методы.

Дизайн исследования основан на проспективном анализе результатов лечения. Отбор пациентов прово-

дили путем рандомизации методом случайных чисел, при этом критериями включения явились: подтвержденный тракционный и изолированный характер травмы (не позднее 3 месяцев с момента травматического воздействия), неэффективность консервативного лечения, тотальный вариант поражения ПС.

Объект исследования составили 20 пациентов с ЗТППС, находившихся на стационарном лечении в отделении нейрохирургии НИИТОН СГМУ в период с 2018 по 2019 гг. Всем больным проводили оценку клинично-неврологического статуса с применением визуально-аналоговой шкалы (ВАШ), шкалы-опросника The Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score (DASH).

По данным анамнеза, причиной повреждения ПС у 10 пациентов явилось закрытое вправление вывиха головки плечевой кости, у 5 — мотоциклетная травма, у 5 — спортивная травма.

Основным методом оценки результатов проводимого лечения было стандартное электронейромиографическое (ЭНМГ) исследование, которое проводили как до хирургического вмешательства, так и на 14-е сутки после операции на электромиографе «Keypoint» (Alpine Biomed ApS, Дания).

С помощью рандомизации методом случайных чисел пациенты были разделены на основную группу и группу сравнения. Основную группу (n=10) составили пациенты с ЗТППС, которым проводили комплексное лечение с применением методики двухуровневой электронейромодуляции, а именно на уровне стволов ПС и сегментарного аппарата СМ. Группу сравнения (n=10) составили больные с ЗТППС, которым проводили комплексное лечение с применением одноуровневой электростимуляции только стволов ПС.

Методика хирургического вмешательства в основной группе заключалась в следующем: микрохирургический невролиз стволов ПС осуществляли под тотальной внутривенной анестезией с искусственной вентиляцией легких из широкого внепроекторного надключичного доступа (рис. 1). На стволы ПС устанавливали стимулирующий восьмиканальный электрод под контролем интраоперационного нейрофизиологического мониторинга. На следующие сутки после выполнения основного этапа хирургического вмешательства в строгих асептических условиях под местной анестезией осуществляли эпидуральную имплантацию на уровне С5-Th1 позвонков (уровень шейного утолщения) стимулирующего восьмиканального электрода с интраоперационным контролем его положения с помощью электронно-оптического преоб-

разователя и проведения пробной электростимуляции (рис. 2). Методика хирургического вмешательства в группе сравнения заключалась в осуществлении микрохирургического невролиза стволов ПС из широкого внепроекционного надключичного доступа с имплантацией стимулирующего восьмиканального электрода непосредственно на стволы ПС.

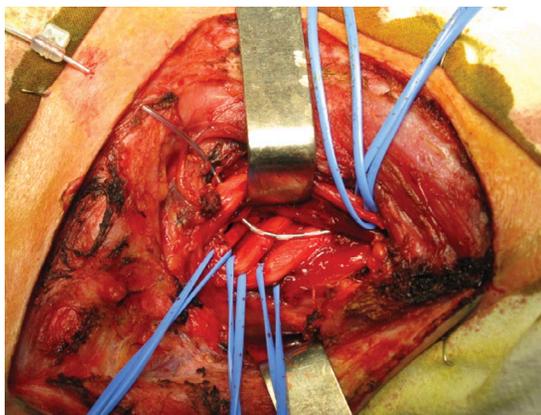


Рис. 1. Невролиз плечевого сплетения из широкого внепроекционного надключичного доступа с имплантацией стимулирующего электрода на стволы плечевого сплетения



Рис. 2. Стимулирующий восьмиканальный электрод установлен в эпидуральном пространстве на уровне С5–С7 позвонков

В раннем послеоперационном периоде проводили курс электронейромодуляции: в основной группе осуществляли поочередную двухуровневую электростимуляцию на уровне стволов ПС и на уровне сегментарного аппарата СМ. В группе сравнения осуществляли стимуляцию только на уровне стволов ПС. Параметры стимулирующего тока подбирали индивидуально для каждого пациента, при этом применяли минимальные показатели, при использовании которых регистриро-

вали вызванный ответ с мышц верхней конечности. Сеансы стимуляции проводили 3 раза в день по 10–15 минут в течение 14 дней. Одновременно с проведением электронейромодуляции всем пациентам выполняли комплексное медикаментозное и реабилитационно-восстановительное лечение. На 14-е сутки с момента операции осуществляли повторную оценку клинико-неврологических и электрофизиологических данных.

Статистический анализ полученных данных проводили с применением программ Microsoft Office Excel 2019, IBM SPSS Statistics v23. В связи с тем, что распределение признаков отличалось от нормального, оценку данных осуществляли с помощью непараметрических методов статистики.

#### Результаты.

Болевой синдром, объективизированный по ВАШ, отмечали у всех пациентов основной группы и группы сравнения, его медиана и интерквартильный размах составили 8,2 (7,0; 8,9) по ВАШ. При оценке функционального статуса по шкале DASH было выявлено выраженное снижение показателей самообслуживания 70,5 (72; 82,3). У 17 пациентов отмечали верхнюю моноплегию, у 3 пациентов — монопарез до 2 баллов. Нарушение трофики кожных покровов верхней конечности было зарегистрировано во всех случаях. При проведении предоперационного ЭНМГ-исследования у всех пациентов было зафиксировано значительное снижение амплитуды М-ответов длинных и коротких стволов ПС. При игольчатой электромиографии (иЭМГ) в мышцах верхней конечности регистрировали активные потенциалы фибрилляции и позитивно острые волны (ПФ и ПОВ), что свидетельствовало о процессе денервации. Статистических различий между исследуемыми группами выявлено не было (U-критерий Манна–Уитни ( $p < 0,05$ )).

Показатели М-ответа для нервов верхних конечностей у больных в предоперационном периоде приведены в таблице 1.

Таблица 1

Нерв верхней конечности	М ответ mV
Срединный	0,06 (0,0; 0,3)
Локтевой	0,1 (0,05; 0,6)
Лучевой	0,08 (0,06; 0,4)

На 14-е сутки после хирургического вмешательства, при оценке результатов в основной группе отмечали значимое снижение и регресс болевого синдрома до 2,0 (1,1; 3,0) баллов по ВАШ, а также незначительное улучшение показателей индекса самообслуживания по шкале DASH до 60,0 (55,7; 70,0) баллов.

У пациентов группы сравнения на 14-е сутки после операции отмечали частичный регресс болевого синдрома до 5,3 (2,0; 6,0) баллов по ВАШ. Динамика показателей опросника DASH изменялась незначительно и не была статистически значимой ( $p > 0,05$ ).

ЭНМГ-контроль на 14-е сутки после хирургического вмешательства и проведенного курса электронейромодуляции показал тенденцию к росту амплитуды М-ответа нервов верхней конечности, которая была более выражена в основной группе (таблица 2). Денервационные процессы, по данным иЭМГ сохранялись у всех пациентов, однако в основной группе было отмечено появление «зарождающих» ПДЕ, т. е. начальных процессов реиннервации периферических сенсомоторных структур.

Таблица 2

Нерв верхней конечности	М ответ mV	
	Основная группа	Группа сравнения
Срединный	0,1 (0,05; 0,5)	0,06 (0,05; 0,4)
Локтевой	0,25 (0,1; 0,6)	0,1 (0,05; 0,65)
Лучевой	0,1 (0,05; 0,5)	0,08 (0,06; 0,5)

Таким образом, данные клинических и электрофизиологических методов исследования свидетельствовали о более выраженном эффекте методики двухуровневой электронейромодуляции в сравнении с прямой стимуляцией только ствола поврежденного нерва.

Обсуждение результатов. При проведении данного исследования был установлен более выраженный эффект методики двухуровневой электронейромодуляции по сравнению с одноуровневой, что подтверждали комплексом клинических и электрофизиологических методов исследования. В основной группе тенденция к повышению амплитуды М-ответа была более вы-

раженной, даже несмотря на малый срок применения методики (14 дней), что свидетельствовало о вовлечении большего числа мышечных волокон в процесс реиннервации. Эти данные так же подтверждали с помощью иЭМГ, при этом в основной группе были зарегистрированы «зарождающие» ПДЕ, которых не отмечали в группе сравнения. Анализируя полученные результаты, мы пришли к выводу о том, что подобная динамика клинических и электрофизиологических показателей в группе пациентов, которым применяли двухуровневую электронейромодуляцию, была связана с повышением активности мотонейронов СМ и проксимального отрезка пораженного нерва, что в свою очередь приводило к активизации процессов спраутинга нейронов и восстановлению синаптического нервно-мышечного аппарата.

#### Выводы.

Применение методики двухуровневой электронейромодуляции позволяет улучшить ближайшие результаты хирургического лечения больных с тракционными повреждениями ПС за счет более раннего и полного регресса болевого синдрома и положительной динамики электрофизиологических показателей. Снижение болевого синдрома позволяет применять расширенный комплекс реабилитационно-восстановительных и физиотерапевтических мероприятий, что обуславливает положительные результаты лечения.

#### ORCID авторов:

Бажанов Сергей Петрович — 0000-0002-0788-5863

Толкачев Владимир Сергеевич — 0000-0001-6580-4403

Коришнуова Галина Александровна — 0000-0003-3648-0141

#### Список литературы

1. Шамелашвили, И. И. Клиника и хирургическое лечение закрытых тракционных повреждений стволов плечевого сплетения с полным нарушением проводимости: Автореф. дис. ... канд. мед. наук / И. И. Шамелашвили. — СПб., 1996. — 26 с.
2. Шульга, А. Е. Современные аспекты патогенеза травмы спинного мозга и стволов периферических нервов / А. Е. Шульга, И. А. Норкин, В. Г. Нинель и соавт. // Росс. физиол. журнал. — 2014. — Т. 100, № 2. — С. 145–160.
3. Новиков, М. Л. Травматические повреждения плечевого сплетения и современные способы хирургической коррекции часть I. Диагностика повреждений плечевого сплетения. / М. Л. Новиков // Нервно-мышечные болезни. — 2012. — № 4. — С. 19–27.
4. Корячкин, В. А. Комплексный регионарный болевой синдром / В. А. Корячкин // Травматология и ортопедия России. — 2014. — № 3. — С. 147–156.
5. Яковенко, И. В. Применение метода нейростимуляции спинного мозга в хирургическом лечении тяжелых болевых синдромов, спастических состояний / И. В. Яковенко, Г. С. Кокин, А. А. Петров и соавт. // Российский журнал боли. — 2011. — № 2. — С. 83–95.
6. Орлов, А. Ю. Особенности интраневрального кровотока при сочетанных повреждениях нервов и магистральных артерий // А. Ю. Орлов, Д. Ю. Комков, А. А. Бутовская / Российский нейрохирургический журнал им. проф. А. Л. Поленова. — т. IX. — Специальный выпуск — СПб, 2017. — С. 37.
7. Берснев, В. П. Практическое руководство по хирургии нервов / В. П. Берснев, Г. С. Кокин, Т. О. Извекова — СПб.: РНХИ им. проф. А. Л. Поленова, 2009. — 296 с.
8. Попович, М. И. Тракционная травма элементов сосудисто-нервного пучка / М. И. Попович // Оренбургский медицинский вестник. — 2014. — № 7. — С. 19–23.
9. Шостак, Н. А. Комплексный регионарный болевой синдром / Н. А. Шостак, Н. Г. Правдюк, А. А. Клименко // Клиницист. — 2013. — № 1. — С. 41–46.
10. Щудло, Н. А. Морфометрическая оценка эффективности посттравматической регенерации периферического нерва при однократном и повторном курсах электростимуляции / Н. А. Щудло, И. В. Борисова, М. М. Щудло // Морфология. — 2012. — № 6. — С. 30–35.
11. Мещерягина, И. А. Применение комбинированной электростимуляции при изолированных и сочетанных повреждениях периферических нервов верхних и нижних конечностей / И. А. Мещерягина, А. А. Скрипников // Российский медицинский журнал. — 2015. — № 3. — С. 14–19.