

## ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

© С.А. Журавлев, И.О. Голубев, 2015

### ВАРИАНТЫ НЕВРОТИЗАЦИЙ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИЯХ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ И НЕРВОВ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

С. А. Журавлев, И.О. Голубев

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова» Минздрава России, Москва, РФ



*В статье описаны наиболее часто используемые варианты невротизаций на верхней конечности при различных повреждениях периферических нервов или плечевого сплетения, представлены результаты их применения. Залогом успешной невротизации является доскональное знание топографической анатомии ветвей периферических нервов, владение прецизионной хирургической техникой и адекватное послеоперационное восстановительное лечение.*

**Ключевые слова:** транспозиция нервов, аутонейропластика, двигательный дефицит, сенсорный дефицит, периферические нервы, плечевое сплетение.

#### *Variants of Neurotization in Injuries of Brachial Plexus and Nerves of Upper Extremity*

*S. A. Zhuravlev, I.O. Golubev*

Central Institute of Traumatology and Orthopaedics named after N.N. Priorov, Moscow, Russia

*The most commonly used variants of neurotization on the upper extremity in various injuries of peripheral nerves or brachial plexus and results of their application are presented. Pledge of successful neurotization is thorough knowledge of topographic anatomy of peripheral nerve branches, skills in precision surgical technique and adequate postoperative rehabilitation.*

**Key words:** nerve transposition, autoneuroplasty, motor deficit, sensory deficit, peripheral nerves, brachial plexus.

Впервые невротизации как транспозиции поврежденных нервов с целью восстановления функции поврежденных нервов (ветви плечевого сплетения) были выполнены на рубеже XIX–XX веков [1]. Результаты их оказались неудовлетворительными, в связи с чем операции были надолго забыты. Одним из исследователей, попытавшихся возродить этот способ хирургической реабилитации пациентов с повреждением плечевого сплетения, был русский хирург А. Лурье, который в 1948 г. предложил использовать для транспозиции ближайший к поврежденным ветвям плечевого сплетения интактный нерв при условии невозможности прямого восстановления этих ветвей. Он описал несколько видов невротизаций, в том числе и те, которые используются и в настоящее время, — транспозицию длинного грудного (*n. thoracicus longus*), торакодорсального (*n. thoracodorsalis*) нервов, ветвей *n. radialis* к трехглавой мышце плеча с целью восстановления функции надлопаточного (*n. suprascapularis*), кожно-мышечного (*n. musculocutaneus*), подмышечного (*n. axillaris*) нервов.

Однако последующее развитие техники аутонейропластики нервов, популяризованное Н. Millesi

и соавт. [2], послужило причиной повторного забвения идеи невротизации. Техника интерфасцикулярной аутонейропластики, разработанная Н. Millesi, остается стандартом оперативного лечения акушерских параличей, однако применение этой методики у взрослых пациентов не дает удовлетворительных результатов [3].

Начало 1990-х годов можно считать периодом возрождения невротизаций.

Невротизация представляет собой универсальный метод реконструктивной техники, которая может быть использована в различных ситуациях. При тяжелых, высоких повреждениях нервов верхней конечности это может быть единственный вариант хирургической реконструкции.

Качество реиннервации мышц зависит от количества регенерирующих аксонов нервов, достигающих своих целевых мышц в течение примерно 1 года после травмы. Соответственно, результаты после проксимальной реконструкции или пластики нервов часто оказываются неудовлетворительными из-за необратимой потери концевых пластин целевой мышцы в результате их дегенерации и фиброза [4]. Выбор двигательных нервов-доноров, которые находятся в непосред-



ственной близости к целевой мышце, позволяет свести к минимуму расстояние и время регенерации и обеспечить мышцы нервным импульсом до наступления необратимых изменений. В отличие от мышечных или сухожильных транспозиций при невротизациях мышцы и сухожилия остаются нетронутыми в своих каналах, что значительно снижает вероятность возникновения рубцовых блоков, остается неизменной и биомеханика мышц. В исследовании [5] показано, что шов сухожилий нарушал восстановление функции мышц более значимо, чем любой нервный или сосудистый шов в модели свободной васкуляризованной функциональной пересадки мышц.

Увеличение времени денервации отрицательно влияет не только на целевую мышцу, но и на проксимальную и дистальную культю нервов. Шванновские клетки дистальной культя нерва, выделяя определенные факторы хемотаксиса, обеспечивают регенерацию аксонов. При длительной денервации способность шванновских клеток оказывать такую поддержку снижается, а многие из них могут погибнуть. При задержке восстановления нерва более 6 мес после аксонотомии количество регенерирующих моторных нейронов уменьшается до одной трети от их исходного числа [6].

В целом выбор в пользу невротизации как метода оперативного лечения оправдан при следующих обстоятельствах: недостаточна или отсутствует проксимальная культя нерва, необходимая для его прямой реконструкции (шва); упущено время для регенерации при использовании других методов лечения (аутонейропластика); наличие выраженных рубцов в зоне повреждения нервов или повреждение нервов на протяжении [6, 7].

Описано много вариантов невротизаций для различных уровней повреждения нервов верхней конечности. Невротизации двигательных нервов должны выполняться конец-в-конец [7]. Невротизации чувствительных нервов также предпочтительно выполнять конец-в-конец, но некоторые авторы сообщают о возможности невротизации конец-в-бок, что приводит к восстановлению только защитной чувствительности [7]. При невротизации двигательных нервов важно интраоперационно проверить ответ с нервов-доноров, так как полученные результаты могут отличаться от данных физикального осмотра и электромиографических исследований. Однако делать это следует через несколько минут после использования миорелаксантов и местных анестетиков [7].

Важно исключить натяжение при сшивании нервов доноров и реципиентов. Для этого необходимо тщательно планировать операционный доступ; максимально аккуратно выделять ветви нервов, основываясь на данных топографической анатомии; нерв-донор отсекается максимально дистально, а нерв-реципиент — достаточно проксимально, дабы предотвратить натяжение шва [7].

При выполнении невротизации только частью нерва (пучком) выполняют эндоневролиз на протяжении, тщательно дифференцируя пучки, иннервирующие функционально менее значимые мышцы [7].

При выборе нерва-донора руководствуются такими факторами, как количество двигательных аксонов, близость к целевой мышце, синергия мышечной функции. Использование ветвей нервов, являющихся исключительно двигательными, или двигательных пучков нервов, которые могут быть легко идентифицированы при эндоневролизе (например, пучок *n. ulnaris*, иннервирующий локтевой сгибатель запястья), является предпочтительным [8, 9]. Сроки реабилитации в послеоперационном периоде в случае применения нервов-доноров и нервов-реципиентов от мышц-синергистов короче, чем при использовании нервов, иннервирующих мышцы-антагонисты [10].

Наиболее часто используемые виды невротизаций для восстановления двигательной функции на верхней конечности представлены в табл. 1.

Невротизации чувствительных нервов выполняются для восстановления чувствительности в критических зонах, таких как локтевая поверхность I и лучевая поверхность II пальцев кисти. При этом могут использоваться неповрежденные чувствительные нервы с других поверхностей (табл. 2).

### Результаты невротизаций

*Невротизация мышечнокожного нерва (n. musculocutaneus).* Есть несколько опубликованных результатов невротизации *n. musculocutaneus* пучками *n. medianus* и *n. ulnaris*.

В серии из 6 пациентов со средним периодом наблюдения 20,5 мес [8] восстановление силы сгибания предплечья (согласно MRC) до уровня M4+ (из 5) удалось достичь у 4 пациентов, до M4 — у 2. ЭНМГ-признаки реиннервации целевых мышц выявлялись в среднем через 5,5 мес после операции.

P. Liverneaux и соавт. [11] представили результаты невротизации *n. musculocutaneus* пучками *n. medianus* и *n. ulnaris* у 10 пациентов. У всех сила сгибания в локтевом суставе соответствовала уровню M4.

Ни в одной из указанных серий наблюдений не было отмечено сенсорной или двигательной недостаточности нервов-доноров. Во всех случаях лучшие результаты получены при невротизации ветвей *n. musculocutaneus* и к плечевой, и к двуглавой мышце по сравнению с реиннервацией только двуглавой мышцы (операция Oberlin).

В работе [12] проводили невротизацию ветви *n. musculocutaneus*, идущей к двуглавой мышце плеча, пучком *n. ulnaris* (операция Oberlin) у 32 пациентов. У 20 пациентов сила сгибания предплечья составила M4, у 4 — M3, у 8 — M2 и ниже. Одиннадцати пациентам потребовалось выполнить



**Табл. 1.** Наиболее часто используемые виды невротизаций двигательных нервов на верхней конечности

Нарушенная функция	Нерв(ы)-реципиент(ы)	Нерв(ы)-донор(ы)
Сгибание предплечья	Ветви <i>n. musculocutaneus</i> к двуглавой и плечевой мышцам	Пучок <i>n. ulnaris</i> к локтевому сгибателю запястья + пучок <i>n. medianus</i> к поверхностному сгибателю пальцев/длинной ладонной мышце/лучевому сгибателю запястья
Сгибание предплечья	<i>N. musculocutaneus</i>	Ветви <i>n. pectoralis medialis</i>
Сгибание предплечья	<i>N. musculocutaneus</i>	<i>N. thoracodorsalis</i>
Сгибание предплечья	<i>N. musculocutaneus</i>	Дистальная часть <i>n. accessorius</i>
Сгибание предплечья	<i>N. musculocutaneus</i>	Межреберные нервы ( <i>n. intercostales</i> )
Отведение плеча/наружная ротация плеча	<i>N. suprascapularis</i>	<i>N. accessorius</i>
Отведение плеча	<i>N. axillaris</i>	Ветвь <i>n. radialis</i> к медиальной головке трехглавой мышцы плеча
Отведение плеча	<i>N. axillaris</i>	<i>N. pectoralis medialis</i>
Отведение плеча	<i>N. axillaris</i>	<i>N. thoracodorsalis</i>
Отведение плеча	<i>N. axillaris</i>	<i>N. intercostales</i>
Крыловидная лопатка/нестабильность лопатки	<i>N. thoracicus longus</i>	<i>N. thoracodorsalis</i>
Крыловидная лопатка/нестабильность лопатки	<i>N. thoracicus longus</i>	Пучки корешка C7 к грудным мышцам
Крыловидная лопатка/нестабильность лопатки	<i>N. thoracicus longus</i>	<i>N. intercostales</i>
Паралич коротких мышц кисти	Глубокая ветвь <i>n. ulnaris</i>	Дистальная часть переднего межкостного нерва
Пронация	Ветви <i>n. medianus</i> к круглому пронатору	Ветвь <i>n. radialis</i> к короткому лучевому разгибателю запястья + ветви <i>n. medianus</i> к поверхностному сгибателю пальцев/длинной ладонной мышце/лучевому сгибателю запястья
Разгибание кисти и пальцев	Ветви <i>n. radialis</i> к короткому лучевому разгибателю запястья, тыльный межкостный нерв	Ветви <i>n. medianus</i> к поверхностному сгибателю пальцев/длинной ладонной мышце/лучевому сгибателю запястья
Сгибание пальцев	<i>N. interosseus anterior</i>	Ветвь <i>n. musculocutaneus</i> к плечевой мышце + ветви <i>n. radialis</i> к короткому лучевому разгибателю запястья / круглому пронатору
Разгибание предплечья	Ветви <i>n. radialis</i> к трехглавой мышце плеча	Пучок <i>n. ulnaris</i> к локтевому сгибателю запястья + пучок <i>n. radialis</i> к короткому лучевому разгибателю запястья
Разгибание предплечья	Ветви <i>n. radialis</i> к трехглавой мышце плеча	Межреберные нервы

**Табл. 2.** Наиболее часто применяемые невротизации на верхней конечности для восстановления чувствительности

Вид нарушения чувствительности	Нерв(ы)-реципиент(ы)	Нерв(ы)-донор(ы)
I-II пальцы ( <i>n. medianus</i> )	Общий пальцевый нерв первого межпальцевого промежутка и лучевой пальцевый нерв I пальца	Общий пальцевый нерв к третьему межпальцевому промежутку ( <i>n. medianus</i> )
I-II пальцы ( <i>n. medianus</i> )	Общий пальцевый нерв первого межпальцевого промежутка и лучевой пальцевый нерв I пальца	Общий пальцевый нерв к четвертому межпальцевому промежутку ( <i>n. ulnaris</i> )
I-II пальцы ( <i>n. medianus</i> )	Общий пальцевый нерв первого межпальцевого промежутка и лучевой пальцевый нерв I пальца	Тыльные кожные ветви <i>n. radialis</i> I-II пальцев
Локтевая поверхность II пальца, III палец ( <i>n. medianus</i> )	Общие пальцевые нервы второго и третьего межпальцевых промежутков	Общий пальцевый нерв к четвертому межпальцевому промежутку ( <i>n. ulnaris</i> ) (конец-в-бок)
IV-V пальцы ( <i>n. ulnaris</i> )	Общий пальцевый нерв четвертого межпальцевого промежутка и локтевой пальцевый нерв V пальца	Общий пальцевый нерв/его пучки к третьему межпальцевому промежутку ( <i>n. medianus</i> )
Локтевой край кисти	Тыльная кожная ветвь <i>n. ulnaris</i>	Латеральный кожный нерв предплечья
Лучевая поверхность тыла кисти	Чувствительная ветвь <i>n. radialis</i>	Латеральный кожный нерв предплечья

вторичную сухожильно-мышечную транспозицию для увеличения силы сгибания в локтевом суставе.

В случае невозможности применения *n. medianus* или *n. ulnaris* можно использовать *n. thoraco-*

*dorsalis*. Так, С. Novak и соавт. [13] 6 пациентам выполнили невротизацию ветвей *n. musculocutaneus* к двуглавой и плечевой мышцам *n. thoracodorsalis*. У 1 пациента сила сгибания в локтевом



суставе соответствовала уровню М5, у 4 — М4 и у 1 — М2. М. Samardzic и соавт. [14] сообщили об использовании *n. thoracodorsalis* для невротизации в 26 случаях, из них в 12 на ветви *n. musculocutaneus*, в 4 на *n. axillaris*. Восьми пациентам невротизация ветвей *n. musculocutaneus* выполнялась исключительно *n. thoracodorsalis*, у 4 человек в качестве нервов-доноров дополнительно использовали *n. intercostales*, *n. subscapularis* или *n. thoracicus longus*. В первой серии у 2 пациентов сила сгибания предплечья достигла М4+, у 5 — М4, у 1 — М3, во второй серии — М4+ и М4 у 1 и 3 прооперированных соответственно.

Ветви *n. pectoralis medialis* также являются адекватными донорами для невротизации. К. Brandt и соавт. [15] опубликовали результаты невротизации ветви *n. musculocutaneus* к двуглавой мышце плеча этими ветвями у 4 пациентов. У трех пациентов сила сгибания предплечья восстановилась до М4 и у одного — до М3. Первые ЭНМГ-признаки реиннервации констатировали через 6–8 мес после операции.

В работе [16] в качестве нерва-донора использовали *n. pectoralis medialis*: 14 пациентам выполнена невротизация *n. musculocutaneus*, а 11 — *n. axillaris*. В группе пациентов, которым восстанавливали сгибание в локтевом суставе, у 2 получен отличный результат (М4+), у 4 — хороший (М4), у 3 — удовлетворительный (М3), и у 1 пациента не удалось достичь восстановления (М0). Четырём пациентам невротизация *n. musculocutaneus* за счет *n. pectoralis medialis* была дополнена невротизацией за счет *n. accessorius* или *n. intercostales*. У 2 из этих пациентов констатировали отличный результат (М4+), у 1 — хороший (М4) и у 1 — плохой (М1).

В целом при невротизации ветвей *n. musculocutaneus* в большинстве случаев восстановление сгибания в локтевом суставе до уровня М4 и выше удается достичь в 80–85% случаев.

*Невротизация подмышечного (n. axillaris) и надлопаточного (n. suprascapularis) нервов.* Движения в плечевом суставе после этих невротизаций восстанавливаются лучше, чем после артрореза плечевого сустава, но хуже, чем сгибание в локтевом суставе при невротизации ветвей *n. musculocutaneus*. Очевидно, что наилучшие результаты (восстановление функции плечевого сустава) отмечаются при одновременной реиннервации *n. suprascapularis* и *n. axillaris*. Это было подтверждено в мета-анализе 1088 невротизаций, где было проведено сравнение степени восстановления движений в плечевом суставе при невротизации *n. suprascapularis* и *n. axillaris* с реиннервацией одного из них [17].

Невротизация *n. axillaris* за счет ветви *n. radialis* к длинной головке трехглавой мышцы с использованием заднего доступа впервые была описана S. Leechavengvongs и K. Witoonchart в 2003 г. в анатомическом, а затем и клиническом исследова-

ниях [18, 19]. Семи пациентам была проведена невротизация передних ветвей *n. axillaris* ветвью *n. radialis* к длинной головке трехглавой мышцы плеча одновременно с невротизацией *n. suprascapularis* за счет дистальных ветвей *n. accessorius* с использованием заднего доступа. У 5 пациентов функция дельтовидной мышцы восстановилась до М4+, у 2 — до М4. Наружная ротация у 6 пациентов достигла уровня М4, у 1 — М3. Средняя амплитуда отведения плеча составила 124° (от 70° до 160°). Подвывих плечевого сустава был устранен у всех пациентов, и ни у одного пациента не был выявлен дефицит функции нервов-доноров.

L. Dvali и соавт. [7] модифицировали данную операцию, применив в качестве нерва-донора ветвь *n. radialis* к медиальной головке трехглавой мышцы плеча, отметив более легкую диссекцию и возможность использования более длинной ветви.

В исследовании [20] проведена серия невротизаций надлопаточного и подмышечного нервов *n. accessorius* и ветвью *n. radialis* к длинной или латеральной головке трехглавой мышцы плеча. Десяти пациентам выполнялись невротизации для восстановления функции плечевого и локтевого суставов одновременно. Сила отведения плеча до уровня М4 восстановилась в 3 случаях и до М3 — в остальных, наружная ротация плеча до уровня М4, М3 и М2 — у 2, 5 и 3 пациентов соответственно. Амплитуда отведения плеча составила в среднем 92° (от 65° до 120°). Никаких признаков дефицита функции нервов-доноров отмечено не было.

В условиях нехватки нервов-доноров функция плечевого сустава после невротизации только *n. suprascapularis* была лучше, чем после невротизации *n. axillaris*, и примерно сопоставима (и даже лучше) с результатами артрореза плечевого сустава.

P. Songcharoen и соавт. [21] провели 577 невротизаций *n. axillaris* или *n. suprascapularis* за счет *n. accessorius*. Наилучшие результаты констатировали при невротизации *n. suprascapularis* с восстановлением отведения плеча до уровня М3 и выше в 80% случаев в среднем через 17,5 мес после операции. Хорошим результатом считали отведение плеча 70°, сгибание плеча 60°, наружную ротацию 30°.

В работе [22] невротизация *n. suprascapularis* была использована в лечении 118 пациентов, из них у 80 *n. accessorius* выступал в качестве донора (у 15 пациентов пришлось использовать невральную аутоотрансплантат). У прооперированных без применения трансплантата отведение плеча восстановилось в среднем до уровня М4 со средней амплитудой 58°. У пациентов, у которых пришлось использовать трансплантат, эти же показатели составили М3 и 44° соответственно. Отмечено, что результаты невротизации за счет *n. accessorius* были лучше, чем при использовании других экстраплексарных доноров.



Невротилизация *n. axillaris* как альтернатива невротизации *n. suprascapularis* дает удовлетворительные, но худшие результаты. P. Songcharoen и соавт. [21] описали невротизацию *n. axillaris* за счет *n. accessorius* с использованием неврального трансплантата. В серии из 266 прооперированных у 60% больных удалось восстановить моторную функцию до уровня М3 и выше с амплитудой отведения плеча 60° и сгибания 45° [23].

### Невротилизации на предплечье

Изолированные повреждения нервов в дистальных отделах поддаются хорошему лечению при помощи невротизаций. Так, T. Tung и соавт. [24] использовали ветвь *n. radialis* к короткому разгибателю запястья для восстановления функции круглого пронатора при его изолированном параличе. Пронация восстанавливалась в среднем через 3–4 мес с силой М4–М5- без потери функции разгибания запястья.

Использование двигательных ветвей *n. medianus* в проксимальном отделе предплечья для восстановления функции *n. radialis* обеспечивает хороший и предсказуемый результат: мышечную реиннервацию констатировали спустя 9–12 мес после операции, а восстановление силы разгибания пальцев и запястья достигло уровня М4–М5 в отсутствие двигательных или сенсорных нарушений в донорской области [25, 26].

Описано применение мышечных ветвей *n. radialis* в проксимальном отделе предплечья для восстановления функции *n. medianus* [27]. Целью этой невротизации было восстановление функции переднего межкостного нерва и пронации предплечья за счет ветвей *n. radialis* к супинатору и короткому разгибателю запястья. Клинически значимая реиннервация мышц была отмечена через 4 мес после операции, а сила мышц восстановилась до М4+/5 для круглого пронатора, М4+/5 для длинного сгибателя I пальца и М4-/5 для глубокого сгибателя II пальца. Однако через 1,5 года пациентам был выполнен тенodes для усиления сгибания II пальца. Авторы также не выявили каких-либо нарушений в области иннервации нерва-донора.

Результатом невротизации глубокой ветви *n. ulnaris* за счет дистальной ветви переднего межкостного нерва у 8 пациентов [28] стала реиннервация коротких мышц кисти с усилением «ключевого» хвата (с 1±0,9 кгс до операции до 6,3±2,7 кгс — после) и силы кулачного хвата (с 4±4,7 до 27,8±12,6 кгс соответственно). Одному пациенту понадобилось выполнить сухожильную транспозицию для устранения когитости. Ни один из пациентов не отмечал нарушение или ослабление пронации.

### Невротилизации при акушерских параличах

Одно из первых сообщений о невротизации при акушерских параличах принадлежит H. Kawabata и соавт. Они описали невротизацию *n. axillaris* или

*n. suprascapularis* за счет дистальной ветви *n. accessorius* у 13 детей [29]. Сила М4 была достигнута в дельтовидной мышце в 77% случаев, а в подостной мышце в 88% без нарушения функции нервов-доноров.

Исследователи [30] ретроспективно сравнили восстановление функции плечевого сустава после невротизации *n. suprascapularis* из корешка С5 с использованием трансплантата ( $n=65$ ) с невротизацией за счет дистальной ветви *n. accessorius* ( $n=21$ ) [30]. Функциональные показатели были улучшены после обеих операций, но статистически значимой разницы между ними не было.

Описана невротизация ветвей *n. musculocutaneus* к двуглавой мышце плеча за счет пучков *n. ulnaris* у 7 детей в среднем на 16-м месяце жизни [31]. Сила сгибания предплечья М3 и больше была достигнута у 5 пациентов, менее М3 — у 2. Невротизация тех же ветвей, но за счет *n. pectoralis medialis* была выполнена у 25 детей в рамках более обширной реконструкции [32]. У 17 пациентов констатировали превосходный результат, у 5 — удовлетворительный, у 3 — неудовлетворительный. Операция Steindler была проведена 3 детям.

**Заключение.** Изучение и понимание внутренней топографии периферических нервов и возможность получения хороших результатов невротизаций по сравнению с другими методами реконструкций при различных видах повреждений периферических нервов привело к популяризации данного вида оперативного вмешательства. Невротизации, конечно, не смогут полностью заменить первичный шов нерва, аутонейропластику и сухожильные транспозиции, но при определенных условиях могут оказаться более выгодными. Ключом к успешной невротизации является доскональное знание топографической анатомии ветвей периферических нервов, понимание внутренней топографии этих ветвей, владение прецизионной хирургической техникой и адекватное послеоперационное восстановительное лечение.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Nath R.K., Mackinnon S.E. Nerve transfers in the upper extremity. *Hand Clin.* 2000; 16: 131–9.
2. Kobayashi J., Mackinnon S.E., Watanabe O., Ball D.J., Gu X.M., Hunter D.A. et al. The effect of duration of muscle denervation on functional recovery in the rat model. *Muscle Nerve.* 1997; 20: 858–66.
3. Guelinckx P.J., Faulkner J.A., Essig D.A. Neurovascular-anastomosed muscle grafts in rabbits: functional deficits result from tendon repair. *Muscle Nerve.* 1988; 11: 745–51.
4. Tung T.H., Liu D.Z., Mackinnon S.E. Nerve transfer for elbow flexion in radiation-induced brachial plexopathy: a case report. *Hand (N Y).* 2009; 4: 123–8.
5. Novak C.B., Mackinnon S.E. Treatment of a proximal accessory nerve injury with nerve transfer. *Laryngoscope.* 2004; 114: 1482–4.
6. Kozin S.H. Nerve transfers in brachial plexus birth palsies: indications, techniques, and outcomes. *Hand Clin.* 2008; 24: 363–76.



7. *Dvali L., Mackinnon S.* Nerve repair, grafting, and nerve transfers. *Clin. Plast. Surg.* 2003; 30: 203–21.
8. *Mackinnon S.E., Novak C.B., Myckatyn T.M., Tung T.H.* Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J. Hand Surg.* 2005; 30A: 978–85.
9. *Mackinnon S.E., Novak C.B.* Nerve transfers: new options for reconstruction following nerve injury. *Hand Clin.* 1999; 15: 643–66.
10. *Brown J.M., Mackinnon S.E.* Nerve transfers in the forearm and hand. *Hand Clin.* 2008; 24: 319–40.
11. *Liverneaux P.A., Diaz L.C., Beaulieu J.Y., Durand S., Oberlin C.* Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus palsies. *Plast. Reconstr. Surg.* 2006; 117: 915–9.
12. *Teboul F., Kakkar R., Ameer N., Beaulieu J.Y., Oberlin C.* Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve to the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J. Bone Joint Surg.* 2004; 86A: 1485–90.
13. *Novak C.B., Mackinnon S.E., Tung T.H.* Patient outcome following a thoracodorsal to musculocutaneous nerve transfer for reconstruction of elbow flexion. *Br. J. Plast. Surg.* 2002; 55: 416–9.
14. *Samardzic M.M., Gruzicic D.M., Rasulic L.G., Milićic B.R.* The use of thoracodorsal nerve transfer in restoration of irreparable C5 and C6 spinal nerve lesions. *Br. J. Plast. Surg.* 2005; 58: 541–6.
15. *Brandt K.E., Mackinnon S.E.* A technique for maximizing biceps recovery in brachial plexus reconstruction. *J. Hand Surg.* 1993; 18A: 726–33.
16. *Samardzic M., Gruzicic D., Rasulic L., Bacetic D.* Transfer of the medial pectoral nerve: myth or reality? *Neurosurgery.* 2002; 50: 1277–282.
17. *Merrell G.A., Barrie K.A., Katz D.L., Wolfe S.W.* Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J. Hand Surg.* 2001; 26A: 303–14.
18. *Witoonchart K., Leechavengvongs S., Uerpaiojkit C., Thuvasethakul P., Wongnopsuwan V.* Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part I: an anatomic feasibility study. *J. Hand Surg.* 2003; 28A: 628–32.
19. *Leechavengvongs S., Witoonchart K., Uerpaiojkit C., Thuvasethakul P.* Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part II: a report of 7 cases. *J. Hand Surg.* 2003; 28A: 633–8.
20. *Bertelli J.A., Ghizoni M.F.* Reconstruction of C5 and C6 brachial plexus avulsion injury by multiple nerve transfers: spinal accessory to suprascapular, ulnar fascicles to biceps branch, and triceps long or lateral head branch to axillary nerve. *J. Hand Surg.* 2004; 29A: 131–9.
21. *Songcharoen P., Wongtrakul S., Spinner R.J.* Brachial plexus injuries in the adult nerve transfers: the Siriraj Hospital experience. *Hand Clin.* 2005; 21: 83–9.
22. *Terzis J.K., Kostas I.* Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast. Reconstr. Surg.* 2006; 117: 613–29.
23. *Chuang D.C.* Nerve transfers in adult brachial plexus injuries: my methods. *Hand Clin.* 2005; 21: 71–82.
24. *Tung T.H., Mackinnon S.E.* Flexor digitorum superficialis nerve transfer to restore pronation: two case reports and anatomic study. *J. Hand Surg.* 2001; 26A: 1065–72.
25. *Lowe J.B., Tung T.H., Mackinnon S.E.* New surgical option for radial nerve paralysis. *Plast. Reconstr. Surg.* 2002; 110: 836–43.
26. *Mackinnon S.E., Roque B., Tung T.H.* Median to radial nerve transfer for treatment of radial nerve palsy: case report. *J. Neurosurg.* 2007; 107: 666–71.
27. *Hsiao E.C., Fox I.K., Tung T.H., Mackinnon S.E.* Motor nerve transfers to restore extrinsic median nerve function: case report. *Hand (N Y).* 2009; 4: 92–7.
28. *Novak C.B., Mackinnon S.E.* Distal anterior interosseous nerve transfer to the deep motor branch of the ulnar nerve for reconstruction of high ulnar nerve injuries. *J. Reconstr. Microsurg.* 2002; 18: 459–64.
29. *Kawabata H., Kawai H., Masatomi T., Yasui N.* Accessory nerve neurotization in infants with brachial plexus birth palsy. *Microsurgery.* 1994; 15: 768–72.
30. *Pondaag W., de Boer R., Wijlen-Hempel M.S., Hofstede-Buitenhuis S.M., Malessy M.J.* External rotation as a result of suprascapular nerve neurotization in obstetric brachial plexus lesions. *Neurosurgery.* 2005; 57: 530–7.
31. *Noaman H.H., Shiha A.E., Bahm J.* Oberlin's ulnar nerve transfer to the biceps motor nerve in obstetric brachial plexus palsy: indications, and good and bad results. *Microsurgery.* 2004; 24: 182–7.
32. *Blaauw G., Slooff A.C.* Transfer of pectoral nerves to the musculocutaneous nerve in obstetric upper brachial plexus palsy. *Neurosurgery.* 2003; 53: 338–41.

**Сведения об авторах:** Журавлев С.А. — врач травматолог-ортопед клинично-диагностического отделения; Голубев И.О. — доктор мед. наук, зав. отделением микрохирургии и травмы кисти.

**Для контактов:** Журавлев Сергей Александрович. 127299, Москва, ул. Приорова, д. 10, ЦИТО. Тел.: +7 (903) 267-02-06. E-mail: DrZhuravlevSA@gmail.com.