Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко
2020, №6, с. 59-66
https://doi.org/10.17116/neiro20208406159

Burdenko's journal of neurosurgery
2020, №6, pp. 59-66
https://doi.org/10.17116/neiro20208406159

Селективная невротизация срединного нерва у молодых пациентов с осложненной позвоночно-спинномозговой травмой на уровне C_V—C_{VII}

© Е.Н. Коротченко, Ж.Б. Семенова

ГБУЗ Москвы «Научно-исследовательский институт неотложной детской хирургии и травматологии» Департамента здравоохранения Москвы, Москва, Россия

Резюме

Осложненная позвоночно-спинномозговая травма составляет 1—5 случаев на 100 тыс. населения. У детей на долю травм шейного отдела приходится 72% всех травм позвоночника. При этом от 25 до 50% травм позвоночника осложняются травмой спинного мозга, что в большинстве случаев приводит к глубокой инвалидизации. Реабилитация таких пациентов, как правило, неэффективна или приводит к незначительному улучшению. Восстановление даже минимальных движений для таких пациентов имеет принципиальное значение. В настоящее время появились публикации, посвященные хирургической реабилитации ключевых функций кисти при повреждениях шейного отдела спинного мозга.

Цель исследования. Продемонстрировать возможность восстановления ключевых функций кисти у пациентов с осложненной позвоночно-спинномозгвой травмой на уровне C_V—C_{VII} на примере селективной невротизации ветвей срединного нерва.

Материал и методы. За 2 года для операции отобраны 3 пациента в возрасте от 17 до 19 лет с осложненной позвоночно-спинномозговой травмой уровня C_V—C_{VII}. На момент травмы все пациенты соответствовали группе А по шкале ASIA. Средний срок обращения после реабилитации составил 11,3 месяца. К этому времени у всех пациентов восстановились полный объем сгибания и разгибания в локтевых суставах, ротация предплечий, сгибания и разгибания кистей рук, но отсутствовали активные движения в дистальных фалангах пальцев, были признаки формирующейся контрактуры в сгибателях.

Результаты. Хирургическая тактика включала селективную невротизацию порции срединного нерва моторной веткой мышечно-кожного нерва. В одном из случаев применена дополнительная невротизация заднего межкостного нерва. При катамнестическом наблюдении через 15 мес у 2 пациентов отмечено восстановление функции цилиндрического хвата кисти до М4 и восстановление щипкового захвата до уровня М3. У третьего пациента катамнез не оценивался из-за малого срока после вмешательства.

Выводы. Селективная невротизация переднего межкостного нерва на уровне средней трети плеча может рассматриваться как этапная или самостоятельная операция в рамках восстановления ключевых функций кисти, что улучшает качество жизни пациентов с осложненной позвоночно-спинномозговой травмой.

Ключевые слова: *селективная невротизация, передний межкостный нерв, невротизация.*

Информация об авторах:
Коротченко Е.Н. — https//orcid.org/0000-0002-6933-2017; e-mail: plastunenko.@mail.ru
Семенова Ж.Б.— https//orcid.org/0000-0002-2018-050X
Автор, ответственный за переписку: Коротченко Е.Н. — e-mail: plastunenko.@mail.ru

Как цитировать:
Коротченко Е.Н., Семенова Ж.Б. Селективная невротизация срединного нерва у пациентов молодого возраста с осложненной позвоночно-спинномозговой травмой на уровне C_V—C_{VIII}. *Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко*. 2020;84(6):59—66.
https://doi.org/10.17116/neiro20208406159

Selective neurotization of the median nerve in young patients with C_V—C_{VII} complicated spinal cord injury

© E.N. Korotchenko, Zh.B. Semenova

Research Institute of Emergency Pediatric Surgery and Traumatology, Moscow, Russia

Abstract

Background. Complicated spinal cord injury occurs in 1—5 cases per 100.000. In children, cervical trauma makes up 72% of all spinal trauma. Spinal cord injury complicates vertebral trauma in 25—50% of cases that usually results severe disability. Rehabilitation of these patients is usually ineffective or results a little improvement. Restoration of even minimal movements is essential in these patients. There are reports devoted to surgical rehabilitation of important hand functions after cervical spinal cord injury.

Objective. To demonstrate the restoration of key hand functions in patients with C_V—C_{VII} complicated spinal cord injury using selective neurotization of the median nerve.

Material and methods. Three patients aged 17—19 years with complicated C_V—C_{VII} spinal cord injury and ASIA class A have been selected for surgery for 2 years. Mean period after rehabilitation was 11.3 months. Prior to surgery, all patients recovered flexion/extension in the elbow joints, forearm rotation, flexion and extension of hands. However, there were no active movements in distal phalanges of the fingers, and initial signs of flexor contracture were observed.

Results. Surgical strategy included selective neurotization of the median nerve with a motor branch of musculocutaneous nerve. In one case, we used additional neurotization of posterior interosseous nerve. Two patients recovered cylindrical grip up to M4 and pinch

grip up to M3 within 15 months. In the third patient, postoperative data were not assessed due to short-term follow-up.
Conclusion. Selective neurotization of anterior interosseous nerve may be considered as a stage or independent surgery for restoration of key hand functions. This approach improves the quality of life in patients with complicated spinal cord injury.

Keywords: *selective neurotization, anterior interosseous nerve, neurotization.*

Information about the authors:
Korotchenko E.N. — https//orcid.org/0000-0002-6933-2017; e-mail: plastunenko.@mail.ru
Semenova Zh.B. — https//orcid.org/0000-0002-2018-050X
Corresponding author: Korotchenko E.N. — e-mail: plastunenko.@mail.ru

To cite this article:
Korotchenko EN, Semenova ZhB. Selective neurotization of the median nerve in young patients with C5-C7 complicated spinal cord injury. *Burdenko's Journal of Neurosurgery = Zhurnal voprosy neirokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2020;84(6):59–66. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/neiro20208406159

Список сокращений

AIN — передний межкостный нерв

Осложненная позвоночно-спинномозговая травма составляет 1—5 случаев на 100 тыс. населения. В детской и подростковой популяции на долю травмы шейного отдела позвоночника приходится 72% всей позвоночной травмы, из них 25—50% сопровождается повреждением спинного мозга. У 85—90% выживших пациентов тяжелые и стойкие формы соматических и нейрогенных расстройств приводят к глубокой инвалидизации. Выраженный локомоторный дефицит, нарушения функций тазовых органов, нейротрофические расстройства делают таких пациентов дезадаптированными даже при наличии вспомогательных средств передвижения и самообслуживания.

Осложненная позвоночно-спинномозговая травма уровня C_V—C_{VII} сопровождается клинически значимой потерей функций верхних конечностей. Активная двигательная реабилитация способствует частичному функциональному восстановлению проксимальных и дистальных отделов верхних конечностей, но восстановление ключевых функций кисти достигается редко. Отсутствие цилиндрического хвата и щипкового захвата пальцев не позволяют восстановить элементарные двигательные навыки, что существенно ограничивает реабилитационный потенциал.

Методики селективной невротизации, успешно применяемые при коррекции плексопатии Дежерин-Клюмпке, могут быть использованы для восстановления ключевых функций кисти у пациентов с осложненной травмой шейного отдела C_V—C_{VII}. В зарубежных публикациях авторы приводят успешные результаты селективной невротизации срединного и лучевого нервов в рамках хирургической коррекции функции кисти у пациентов с тетрасиндромом [1—9]. Отечественные авторы отдают предпочтение ортопедической коррекции, описывая методики сухожильно-мышечной транспозиции [10, 11]. Мы представляем опыт хирургической реабилитации функции кисти у пациентов с осложненной травмой спинного мозга C_V—C_{VII}.

Цель исследования — продемонстрировать возможность восстановления ключевых функций кисти у пациентов с осложненной позвоночно-спинномозговой травмой на уровне C_V—C_{VII} на примере селективной невротизации ветвей срединного нерва.

Материал и методы

В период с 2017 по 2019 г. нами для хирургического лечения отобрано 3 пациента — 17, 18 и 19 лет (пациенты №1, 2, 3 соответственно) с осложненной позвоночно-спинальной травмой уровня C_V—C_{VII}. На момент выписки из первичного стационара после первого лечения неврологический статус всех пациентов соответствовал группе А по шкале ASIA [12]. У всех отмечены сохранение функции отведения плеча, парез сгибания в локтевых суставах 2—3 балла, отсутствовали функции верхних конечностей ниже локтевых суставов (ротация предплечий, сгибание и разгибание в кистях и пальцах). У всех пациентов травма спинного мозга сопровождалась миелоишемией, которая верифицирована по данным магнитно-резонансной томографии. После стабилизации витальных функций и соматического статуса больные получали реабилитационное лечение. Средний срок обращения после травмы составил 11,3 мес. На момент обращения у всех пациентов восстановился полный объем сгибания и разгибания в локтевых суставах, ротация предплечий, сгибание и разгибание кистей рук, однако отсутствовали активные движения в дистальных фалангах пальцев. Функция кисти оценивалась по возможности совершить цилиндрический хват с удержанием и щипковый захват. Объективизацию оценки производили по таблице Международной классификации функций кисти при тетрасиндроме (International Classification for Surgery of the Hand in Tetraplegia) [13]. Согласно этой классификации, 2 пациента отнесены к группе 5, 1 пациент — к группе 4 **(табл. 1)**.

Таблица 1. **Международная классификация функции кисти при тетрасиндроме**

Группа	Сохранные мышцы с объемом движений ⩾M4	Функция
0	Нет сохранных мышц ниже локтевого сустава	Сгибание в локте и супинация
1	*M. brachioradialis*	Сгибание в локте и ротация предплечья
2	*M. extensor carpi radialis longus*	Разгибание запястья (слабое)
3	*M. extensor carpi radialis brevis*	Разгибание запястья (сильное)
4	*M. pronator teres*	Пронация предплечья
5	*M. flexor carpi radialis*	Ладонное сгибание кисти
6	*M. extensor digitorum communis*	Разгибание пальцев
7	*M. extensor policis*	Разгибание I пальца
8	*M. flexor digitorum*	Сгибание пальцев (слабое)
9	Отсутствует функция только собственных мышц кисти	Сгибание пальцев

У всех пациентов, несмотря на длительную реабилитацию, на момент обращения были признаки формирующейся контрактуры в сгибателях пальцев.

Отбор пациентов осуществлялся по следующим критериям: срок с момента травмы не менее 12 мес; наличие реабилитационного лечения; исчерпанный реабилитационный потенциал в отношении восстановления функций кисти; восстановление сгибания локтевого сустава до M5, сгибания и разгибания лучезапястного сустава до M4—M5, отсутствие выраженных контрактур в кистях; стабильный удовлетворительный соматический статус (отсутствие инфекционных и трофических осложнений). Обращалось внимание на мотивированность пациента, стабильный психический статус (отсутствие выраженных мнестических нарушений, суицидальных мыслей).

В группу не вошли пациенты с сочетанным поражением плечевого сплетения.

Вмешательства проводились на обеих верхних конечностях: на первом этапе — на доминантной руке (двое правшей, один левша), на втором этапе — на контралатеральной.

Хирургическая тактика заключалась в селективной невротизации порции срединного нерва моторной ветвью мышечно-кожного нерва на уровне средней трети плеча. Во всех случаях нервом-донором были ветви мышечно-кожного нерва к *m.coracobrachialis* и *m. brachialis*. Нервом-реципиентом в составе ствола срединного нерва выбрана фасцикулярная группа, формирующая в дальнейшем переднюю межкостную ветвь **(рис. 1)**.

Этапы операции. Доступ к невральным структурам осуществлялся из линейного разреза по внутренней поверхности плеча. После выделения общего ствола мышечно-кожного нерва под контролем увеличения выделяли моторную ветвь, отходящую к бицепсу плеча. Далее выделяли ветви, отходящие к клювовидно-плечевой и плечевой мышцам. В двух случаях ветвь к *m. brachialis* значительно преобладала по диаметру и была избрана в качестве донора. В одном случае ветви к *m. brachialis* и к *m. coracobrachialis* были тонкими, сопоставимыми по диаметру, поэтому использованы для невротизации совместно.

Для точной верификации моторных ветвей мышечно-кожного нерва проведена прямая стимуляция с применением аппарата NIM-Neuro 3.0 (Medtronic, США). Стимуляция выполнялась концентрическим электродом ритмичными стимулами 0,2 мс и силой тока 0,5—2,0 мА. М-ответ регистрировался визуально или игольчатой регистрацией непосредственно в операционной ране. Разная сила тока при стимуляции обусловлена скоростью выведения релаксантов короткого действия, используемых на этапе вводного наркоза и интубации и разной скоростью хирургического доступа к нервам-мишеням. После обнаружения сохранных доноров их диссекции и мобилизации стволы пересекали непосредственно у ворот мышц.

Для верификации фасцикулярной группы реципиента использована предложенная A. Hawasli и соавт. [3] анатомическая схема внутриствольного расположения фасцикулярных групп срединного нерва на уровне средней трети плеча. В соответствии с ней после продольной микрохирургической диссекции ствола срединного нерва выбирали заднемедиальную (в положении на столе с отведенной рукой — дорсо-каудальную) фасцикулярную группу **(рис. 2, 3)**. Внутриствольная диссекция в проксимальном направлении осуществлялась до мобилизации 2—3 см фасцикулярной группы AIN **(рис. 4)**.

После пересечения дистальная часть фасцикул AIN и ветви-доноры мышечно-кожного нерва сопоставлялись без натяжения. Анастомоз конец-в-конец формировали с использованием микроскопа OPMIPentero (Carl Zeiss Meditec AG, Германия, увеличение ×8) и нитей Prolen 9,0 в двух случаях и Prolen 10,0 в одном случае **(рис. 5)**.

Для восстановления функции отведения I пальца и разгибания пальцев дополнительно выполняли невротизацию заднего межкостного нерва ветвью к *m. supinator*. Однако у двух пациентов при прямой стимуляции двигательной ветви к *m. supinator* М-ответы не получены. В связи с этим одному пациенту выполнена невротизация заднего межкостного нерва. В послеоперационном периоде согнутую в локте и приведенную к туловищу конечность иммобилизировали на 3 нед. Осложнений не было, пациентов выписывали на 5—6-е сутки после вмешательства.

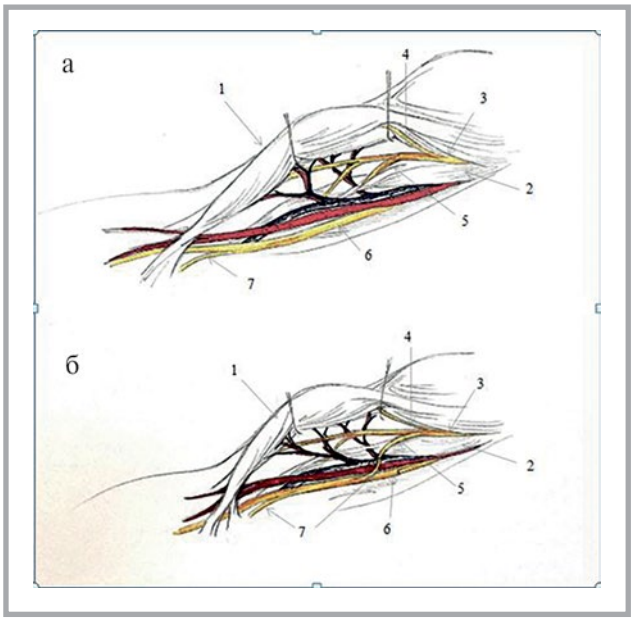


Рис. 1. **Схематическая анатомия мышечно-кожного и срединного нерва на уровне плеча (а) и анастомоза моторной ветви мышечно-кожного нерва с фасцикулой срединного нерва (б). Собственные данные.**

1 — *m. biceps*; 2 — *m. coracobrachialis*; 3 — *n. musculocutaneus*; 4 — *r.n. musculocutaneus* на *m. biceps*; 5 — *r.n. musculocutaneus* на *m. coracobrachialis*; 6 — *n. medianus*; 7 — *anterior interosseous nerve (AIN)*; 8 — анастомоз *r.n. musculocutaneus* с *AIN n. medianus*.

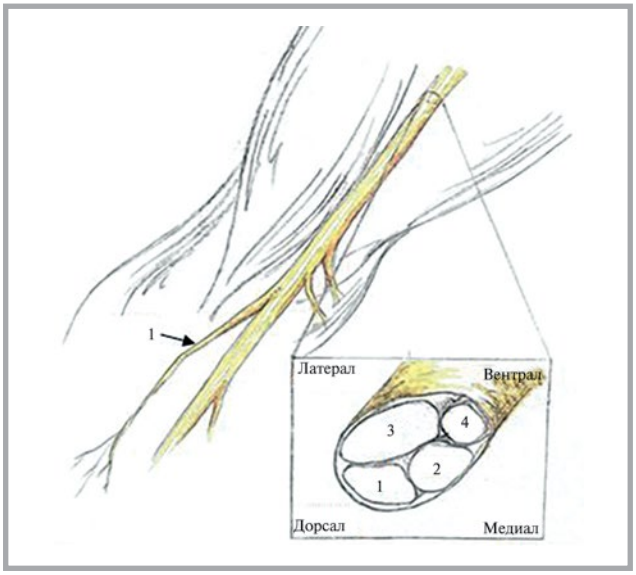


Рис. 2. **Схема расположения фасцикул срединного нерва на уровне средней трети плеча. Собственные данные.**

1 — передний межкостный нерв (AIN); 2 — порция к сгибателю запястья; 3 — чувствительная порция; 4 — порция к пронатору.

Результаты

Катамнез оценивали у двух пациентов (№1 и №2) через 13 и 15 мес соответственно. Результаты отражены в **табл. 2.** Оба пациента освоили навыки использования различных предметов обихода (посуды) и письма **(рис. 6, а, б)**. Катамнез у третьего пациента (№3) не оце-

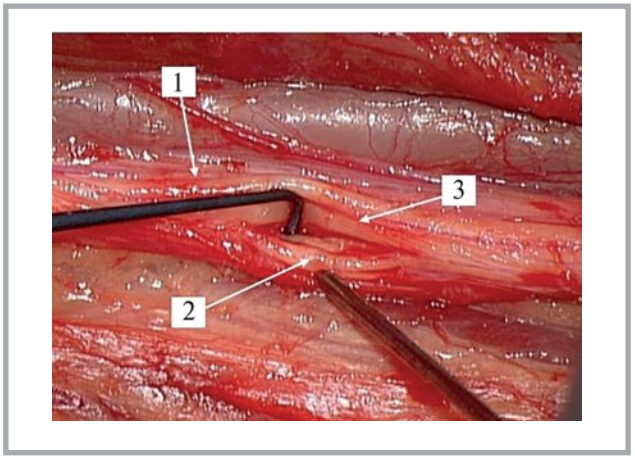


Рис. 3. **Микрохирургическое выделение дорсо-каудальной фасцикулярной группы срединного нерва. Интраоперационная фотография.**

1 — общий ствол срединного нерва; 2 — дорсо-каудальная фасцикулярная группа, составляющая AIN; 3 — сенсорная фасцикулярная группа срединного нерва.

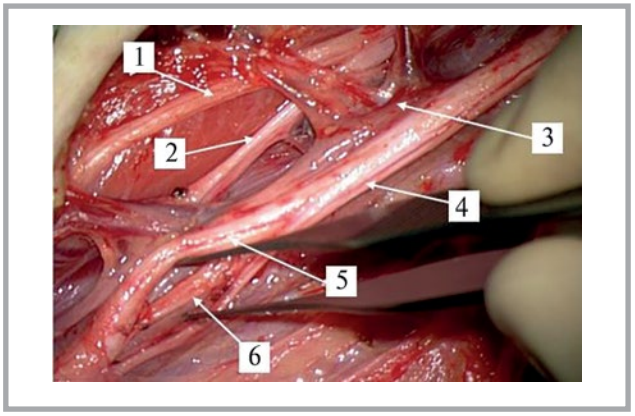


Рис. 4. **Диссекция ствола срединного нерва. Интраоперационная фотография.**

1 — чувствительная порция мышечно-кожного нерва; 2 — ветвь мышечно-кожного нерва к *m. brachialis*; 3 — а. и *v. brachialis*; 4 — ствол срединного нерва; 5 — сенсорная группа и порция к сгибателю запястья; 6 — фасцикулы на AIN.

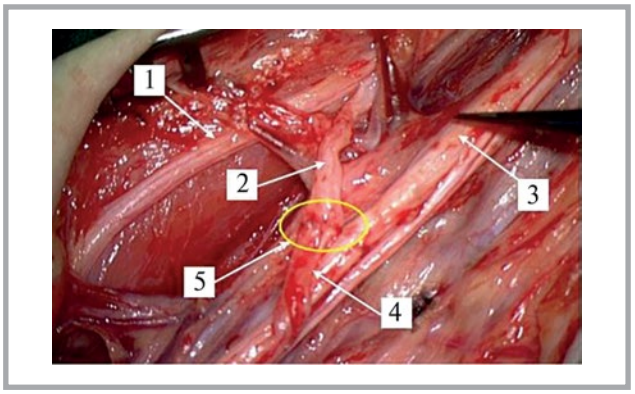


Рис. 5. **Анастомоз между ветвью к *m. brachialis* и задне-медиальной фасцикулой срединного нерва. Интраоперационная фотография.**

1 — чувствительная порция мышечно-кожного нерва; 2 — ветвь мышечно-кожного нерва к *m. brachialis*; 3 — ствол срединного нерва; 4 — фасцикулы на AIN; 5 — микрохирургический анастомоз конец-в-конец.

Таблица 2. **Восстановление ключевых функций кисти у пациентов через 13 и 15 мес**

Пациент	Функция			
	цилиндрический хват		щипковый захват	
	правая кисть	левая кисть	правая кисть	левая кисть
№1	M4	M4	M3	M2
№2	M4	M3	M3	M3

Таблица 3. **Количество аксонов в различных отделах периферической нервной системы верхней конечности**

Невральная структура	Количество аксонов
Корешок C_V	16 472
Корешок C_{VI}	27 421
Корешок C_{VII}	23 781
Мышечно-кожный нерв	5023
Срединный нерв	15 915
Ветка к лучевому разгибателю кисти	2798
Передний межкостный нерв	1695
Ветка к глубокому сгибателю пальцев	872

нивали ввиду малого срока после вмешательства, однако отмечено увеличение объема пассивных движений в кисти в первые 3—4 дня после операции за счет уменьшения спастичности как эффекта невротомии.

Обсуждение

Использование невротизации для восстановления функции дистальных отделов верхних конечностей описано J. Benassy и J. Robart в 1966 г. [14]. Они впервые провели транспозицию и селективную невротизацию срединного нерва мышечно-кожным нервом на уровне плеча с дальнейшим восстановлением функции цилиндрического хвата до уровня M2—M3 и опубликовали описание своего опыта [14]. Перенимая их опыт, M. Krasuski и J. Kiwerski опубликовали в 1991 г. результаты использования той же методики [1]. В 2013 и 2016 гг. F. Senjaya и R. Midha, рассматривая функциональные изменения спинного мозга в условиях осложненной позвоночно-спинальной травмы, выделили три уровня в области повреждения: I уровень — верхние неповрежденные сегменты с сохранной функцией, II — повреждения с разрушенными мотонейронами передних рогов и нарушением проводимости, III — нижний уровень сохранных сегментов с сегментарной иннервацией и потерянным корковым контролем [2, 15]. Периферические нервы, отходящие от I уровня, могут выступать донорами для ключевых нервов II и III уровней. В зависимости от уровня травмы и количества восстановившихся сегментов стратегия реконструктивной хирургии может быть разной — от восстановления разгибания в локте для облегчения освоения инвалидной коляски до восстановления ключевых функций кисти как при травме C_{VI}—C_{VII}. Восстановленная до M4—M5 или сохранившаяся функция сгибания в локте дает возможность использования 2-й и 3-й моторных ветвей мышечно-кожного нерва в качестве донора аксонов без потери функции бицепса. Срединный нерв, содержащий почти 16 тыс аксонов, отдает ветвь переднего межкостного нерва, которая отвечает за функцию квадратного пронатора, сгибателя большого пальца и глубокого сгибателя пальцев. Передний межкостный нерв, в свою очередь, содержит около 1700 ак-



а б

Рис. 6. **Пациент №2. Восстановление функции кистей рук после операции.**

а — цилиндрический хват средств повседневного обихода, левая рука; б — восстановление навыка письма за счет щипкового захвата, правая рука.

Таблица 4. **Применение и сроки селективной невротизации при тетрасиндроме по данным литературы**

Автор, год	Страна	Количество пациентов, *n*	Возраст	Уровень травмы	Шкала ASIA	Срок с момента травмы до операции, мес
J. Benassy, 1966 [14]	Франция	1	37	C_V—C_{VI}	—	11
M. Krasuski и J. Kiwerski, 1991 [1]	Польша	42	Ср41	C_{VI}—C_{VII}	—	Ср. 4,1
J. Bertelli и соавт., 2010	Бразилия	1	20	C_{VI}	—	7
J. Bertelli и соавт., 2011	Бразилия	1	21	C_{VI}	—	9
J. Brown, 2011 [21]	США	1	28	C_V	B	156
J. Bertelli и M. Ghizoni, 2012	Бразилия	1	53		A	5
J. Fridén и A. Gohritz, 2012 [11]	Швеция	1	36	C_V	A	12
S. Mackinnon и соавт., 2012 [9]	США	1	71	C_{VII}	A	23
J. Bertelli и M. Ghizoni, 2013 [22]	Бразилия	1	39	C_{VII}	—	18
N. Van Zyl и соавт., 2014 [23]	Австралия	1	21	C_{VI}	—	L — 6, R — 8
J. Bertelli и M. Ghizoni, 2015 [5]	Бразилия	7 (13 конечностей)	20—39	C_{VI}	A	6—18
I. Fox и соавт., 2015 [24]	США	9 (12 конечностей)	16—72	—	—	6—144
J. Bertelli и M. Ghizoni, 2016 [4]	Бразилия	9 (17 конечностей)	12—55	C_V (n=4), C_{VI} (n=10), C_{VII} (n=3)	A	4—16
M. Emamhadi, S. Andalib, 2018 [6]	Иран	1	30	C_{VII}	A	12
I. Fox и соавт., 2018 [8]	США	1	34	C_V	B	144
K. Sananpanich и соавт., 2018 [25]	Таиланд	1	18	C_{VI}	A	8

сонов, что в 10 раз меньше, чем в общем стволе срединного нерва [16—18]. Полнота восстановления целевых функций напрямую зависит от соотношения количества аксонов донора и реципиента **(табл. 3)**. Таким образом, селективная невротизация переднего межкостного нерва не менее эффективна и более рациональна, чем попытка невротизировать весь срединный нерв.

Учитывая уровень отхождения ветвей-доноров от мышечно-кожного нерва, следует отметить, что прямая невротизация переднего межкостного нерва возможна лишь в составе общего ствола срединного нерва на уровне средней трети плеча. В связи с этим важно понимание внутриствольной топографической анатомии срединного нерва. A. Hawasli и соавт. описали заднее-медиальное расположение фасцикулярной группы переднего межкостного нерва в общем стволе срединного нерва на уровне средней трети плеча [3]. Дальнейшее изучение топографической анатомии срединного нерва подтвердило это утверждение [19, 20]. Точная верификация фасцикулы-реципиента обеспечивает условия для создания качественного анастомоза, уменьшает вероятность потери аксонов-доноров на нецелевые (в том числе сенсорные) фасцикулы и в конечном итоге повышает вероятность положительного результата.

Обеспечение полноценной функции кисти возможно лишь при совместной работе мышц сгибателей и разгибателей пальцев и отведении I пальца, поэтому помимо восстановления функций сгибателей кисти необходима коррекция функций антагонистов. Различными авторами предложена методика селективной невротизации заднего межкостного нерва ветвью от мышцы-супинатора для обеспечения разгибания пальцев и отведения I пальца [4—7]. В нашей практике мы сочетали подобную методику с невротизацией заднего межкостного нерва у одного пациента (катамнез не оценивали по причине малого срока от момента хирургического вмешательства).

Вопрос об оптимальных сроках хирургического вмешательства остается открытым. В отличие от травмы плечевого сплетения, при которой динамика патофизиологических процессов денервации и атрофии целевых мышц известна, а сроки реконструкции ограничены, осложненная шейная позвоночно-спинномозговая травма подразумевает сохранение сегментарной иннервации. С одной стороны, по литературным данным, после временной посттравматической блокады проводимости спинального сегмента корковый контроль над моторными функциями может восстановиться в течение 12—18 мес после травмы [7, 18, 20]. С другой стороны, оптимальный срок реиннервации мышц составляет 6 мес, после чего вероятность восстановления функции резко снижается. В связи с этим в публикациях, посвященных данной проблеме, не сложилось единого мнения о сроках оптимального хирургического вмешательства: в основном предлагается выполнять операцию в пределах 5—8 мес после травмы, однако некоторые авторы считают, что с учетом фактора сохранной сегментарной иннервации эти сроки могут быть увеличены до года [11] и более [8, 9, 21] **(табл. 4)** [1, 4—6, 8, 9, 11, 14, 21—25].

Успешность невротизации зависит не только от количества аксонов, достигших терминальной пластины целевой мышцы. Важным моментом восстановления функции является способность формиро-

вать новый механизм заместительного двигательного стереотипа в ответ на невротизацию. Это достигается длительной последующей реабилитацией. В связи с этим молодые мотивированные пациенты представляются наиболее подходящей группой для предполагаемого оперативного лечения.

Заключение

Мы считаем, что селективная невротизация переднего межкостного нерва моторными ветвями мышечно-кожного нерва может рассматриваться как эффективная этапная или самостоятельная операция в рамках восстановления ключевых функций кисти, способствующая более полной социальной адаптации пациентов с осложненной позвоночно-спинальной травмой. Селективная невротизация — малотравматичное хирургическое вмешательство, не приводящее к новому неврологическому дефициту. Вместе с тем методика требует соблюдения критериев отбора пациентов и знания топической внутриствольной анатомии нервов.

Представленный нами материал требует уточнения на более крупной серии наблюдений.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Krasuski M, Kiwerski J. An analysis of the results of transferring the musculocutaneous nerve onto the median nerve in tetraplegics. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 1991;111(1):32-33. https://doi.org/10.1007/bf00390190
2. Senjaya F, Midha R. Nerve transfer strategies for spinal cord injury. *World Neurosurgery*. 2013;80(6):319-326. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2012.10.001
3. Hawasli AH, Chang J, Reynolds MR, Ray WZ. Transfer of the brachialis to the anterior interosseous nerve as a treatment strategy for cervical spinal cord injury: technical note. *Global Spine Journal*. 2015;5(2):110-117. https://doi.org/10.1055/s-0034-1396760
4. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve and free gracilis muscle transfers for thumb and finger extension reconstruction in long-standing tetraplegia. *The Journal of Hand Surgery*. 2016;41(11):411-416. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2016.08.003
5. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve transfers for elbow and finger extension reconstruction in midcervical spinal cord injuries. *Journal of Neurosurgery*. 2015;122(1):121-127. https://doi.org/10.3171/2014.8.JNS14277
6. Emamhadi M, Andalib S. Double nerve transfer for restoration of hand grasp and release in C7 tetraplegia following complete cervical spinal cord injury. *Acta Neurochirurgica*. 2018;160(11):2219-2224. https://doi.org/10.1007/s00701-018-3671-0
7. Khalifeh JM, Dibble CF, Van Voorhis A, Doering M, Boyer MI, Mahan MA, Wilson TJ, Midha R, Yang LJS, Ray WZ. Nerve transfers in the upper extremity following cervical spinal cord injury. Part 2: Preliminary results of a prospective clinical trial. *Journal of Neurosurgery. Spine*. 2019;1-13. Epub ahead of print. https://doi.org/10.3171/2019.4.SPINE19399
8. Fox IK, Novak CB, Krauss EM, Hoben GM, Zaidman CM, Ruvinskaya R, Juknis N, Winter AC, Mackinnon SE. The use of nerve transfers to restore upper extremity function in cervical spinal cord injury. *PM&R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*. 2018;10(11):1173-1184.e2. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.03.013
9. Mackinnon SE, Yee A, Ray WZ. Nerve transfers for the restoration of hand function after spinal cord injury. *Journal of Neurosurgery*. 2012;117(1):176-185. https://doi.org/10.3171/2012.3.JNS12328
10. Тихилов Р.М., Кочиш А.Ю., Родоманова Л.А. *Микрохирургия в ортопедии. Ортопедия. Национальное руководство*. Под ред. Миронова С.П., Котельникова Г.П. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2008.
Tihilov RM, Kochish AYu, Rodomanova LA. *Mikrohirurgiya v ortopedii. Ortopediya: nacional'noe rukovodstvo.* Pod red. Mironova S.P., Kotel'nikova G.P. M.: GEOTAR-Media; 2008.
11. Fridén J, Gohritz A. Brachialis-to-extensor carpi radialis longus selective nerve transfer to restore wrist extension in tetraplegia: case report. *The Journal of Hand Surgery*. 2012;37(8):1606-1608. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2012.05.005
12. *International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury, 1992.* Accessed September 07, 2020. https://www.physio-pedia.com/International_Standards_for_Neurological_Classification_of_Spinal_Cord_Injury_(ISNCSCI)
13. Bryden AM, Peljovich AE, Hoyen HA, Nemunaitis G, Kilgore KL, Keith MW. Surgical Restoration of Arm and Hand Function in People with Tetraplegia. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2012;18(1):43-49. https://doi.org/10.1310/sci1801-43
14. Benassy J, Robart J. Un cas de transposition du nerf musculocutane sur la nerf median. *Annales de Chirurgie Plastique*. 1966;11(3):187-191.
15. Ray WZ, Chang J, Hawasli A, Wilson TJ, Yang L. Motor nerve transfers: a comprehensive review. *Neurosurgery*. 2016;78(1):1-26. https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001029
16. Ustun ME, Ogun TC, Buyukmumcu M. Neurotization as an alternative for restoring finger and wrist extension. *Journal of Neurosurgery*. 2001;94(5):795-798. https://doi.org/10.3171/jns.2001.94.5.0795
17. Tung TH, Mackinnon SE. Flexor digitorum superficialis nerve transfer to restore pronation: two case reports and anatomic study. *The Journal of Hand Surgery*. 2001;26(6):1065-1072. https://doi.org/10.1053/jhsu.2001.28427
18. World Health Organization — International Spinal Cord Society. International perspectives on spinal cord injury. Accessed June 20, 2020. https://www.who.int/disabilities/policies/spinal_cord_injury/en/
19. Winston MJ, Saltzman EB, Lee SK, Wolfe SW. *Anatomic and Histologic Evaluation of Brachialis to Anterior Interosseous Nerve Transfer.* Hospital for Special Surgery. New York. 2017.
20. Mackinnon SE. Donor distal, recipient proximal and other personal perspectives on nerve transfers. *Hand Clinics*. 2016;32(2):141-151. https://doi.org/10.1016/j.hcl.2015.12.003
21. Brown JM. Nerve transfers in tetraplegia I: Background and technique. *Surgical Neurology International*. 2011;2:121. https://doi.org/10.4103/2152-7806.84392
22. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of a flexor digitorum superficialis motor branch for wrist extension reconstruction in C5—C8 root injuries of the brachial plexus: A case series. *Microsurgery*. 2013;33(1):39-42. https://doi.org/10.1002/micr.22027
23. van Zyl N, Hahn JB, Cooper CA, Weymouth MD, Flood SJ, Galea MP. Upper limb reinnervation in C6 tetraplegia using a triple nerve transfer: case report. *The Journal of Hand Surgery*. 2014;39(9):1779-1783. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2014.06.017
24. Fox IK, Davidge KM, Novak CB, Hoben G, Kahn LC, Juknis N, Ruvinskaya R, Mackinnon SE. Nerve transfers to restore upper extremity function in cervical spinal cord injury: update and preliminary outcomes. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2015;136(4):780-792. https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000001641
25. Sananpanich K, Kraisarin J, Siriwittayakorn W, Tongprasert S, Suwansirikul S. Double motor nerve transfer for all finger flexion in cervical spinal cord injury: an anatomical study and a clinical report. *The Journal of Hand Surgery*. 2018;43(10):920-926. https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2018.07.013

Поступила 13.05.2020
Received 13.05.2020
Принята к печати 28.08.2020
Accepted 28.08.2020

Комментарий

Хирургическая помощь пациентам с осложненной спинномозговой травмой в течение многих лет находится в сфере интересов нейрохирургов. Предлагались разнообразные хирургические методики, призванные повлиять на различные звенья спинальной травмы. Следует отметить, что результативность большинства методик оценивалась как малоэффективная. В последнее время в реабилитационный комплекс таких пациентов стали активно включать разнообразную реконструктивную хирургию, направленную на использование сохранившихся функциональных ресурсов для восстановления утраченных. Одним из таких направлений является регионарная транспозиция периферических нервов, которая широко применяется при хирургическом лечении травматического поражения плечевого сплетения. Опубликовано значительное количество работ, посвященных данной методике, в которых представлены обнадеживающие результаты в виде частичного восстановления функции кисти и улучшения социальной реабилитации пациентов.

В работе авторы описывают опыт применения регионарной транспозиции для невротизации глубокой ветви срединного нерва в случае осложненной позвоночно-спинномозговой травмы у 3 больных. Для оценки пациентов предложена общепризнанная шкала ASIA, отдельно представлена оценка до проведения реабилитации и после реабилитационного цикла. Определены критерии отбора пациентов для оперативного лечения. Хирургическая тактика и этапы оперативного вмешательства подробно описаны и наглядно иллюстрированы. В обсуждении достаточно полно изложены физиологические и патофизиологические аспекты проблемы, доказательно представлен выбор нервов-доноров для выполнения селективной невротизации, определены сроки хирургического вмешательства.

Актуальность работы несомненна, а полученные результаты свидетельствуют о возможности восстановления функции кисти после операции, что позволяет рекомендовать продолжение исследования в выбранном направлении.

А.В. Шток (Москва)