

МОДИФИЦИРОВАННАЯ АУТОНЕРВНАЯ ПЛАСТИКА ДИСТАЛЬНЫХ ДЕФЕКТОВ НЕРВНЫХ СТОЛОВ ВЕРХНЕЙ КОНЕЧНОСТИ

Одинаев М. Ф., Ходжамурадов Г. М., Наргис Гафур, Аминullo М. Э.,
Раджабов М. Ф., Саидов М. С.

Республиканский научный центр сердечно-сосудистой хирургии, г. Душанбе, Таджикистан

MODIFIED NERVE AUTOGRAFTING OF DISTAL NERVE BRANCHING OF UPPER EXTREMITY

Odinaev M. F., Khodzhamuradov G. M., Nargis Gafur, Aminullo M. E., Radzhabov M. F., Saidov M. S.

Republican Scientific Center for Cardiovascular Surgery, Dushanbe, Republic of Tajikistan

ЦЕЛЬ: усовершенствовать технику аутонервной пластики дефектов нервных стволов верхней конечности на уровне их деления на конечные ветви с учетом топографо-анатомических особенностей зоны повреждений.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ: На основе опыта лечения 34 больных (38 нервных стволов) представлена модифицированная техника аутонервной пластики дефектов, локализующихся в области деления нервного ствола на конечные ветви. В качестве прототипа была использована методика аутонервной пластики известной как способ Миллези. Модифицированная методика, принципиально не меняя суть традиционной техники основана на внутри-пучковой анатомии нервного ствола и обеспечивает более полноценное восстановление одноименных пучков нервов на проксимальном и дистальном концах поврежденного нерва. Технические усовершенствования были связаны с особенностями внутripучкового строения срединного, локтевого и лучевого нервов, зоны повреждений, формы и размеров дефектов и защищены 3-мя патентами изобретений.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Отдаленные результаты прослежены в сроки от 18 мес. до 18 лет. Результаты модифицированной аутонервной пластики нервов достигали степени восстановления S3+, S4; M4-M5 в 82–85 % случаев в зависимости от вида восстановленного нерва.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: усовершенствованные методики аутонервной пластики являются более упрощенными по сравнению с традиционной методикой Миллези. Они стандартизированы, максимально соответствуют запросам донорской зоны в области конечного разветвления срединного, локтевого и лучевого нервов и позволяют более качественно и быстро выполнить пластику дефекта нерва. Полученные результаты показали свою высокую эффективность функционального восстановления.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: верхняя конечность, срединный нерв, локтевой нерв, лучевой нерв, дистальные повреждения, дефекты нервных стволов, аутонервная пластика, методика Миллези.

OBJECTIVE: to modify the surgical technique of nerve grafting applicable to distal branching of a nerve depending on topographic anatomical zone of injury.

METHODS: the modified techniques of nerve grafting were based on experience of treatment of 34 clinical cases (38 nerve trunks) of nerve complete cut at the distal level. H. Millesi technique is the traditional way of grafting of nerve defects which is time consuming and technically difficult in case of distal nerve defects. A proposed modified nerve grafting technique principally doesn't make much difference with H. Millesi technique. The technical differences connected with intraneural fascicular anatomy of each of three median, ulnar and radial nerves, shape and length of nerve defect in the area of distal nerve branching. Modified technique requires the proximal nerve stump dissection with identification of fascicular groups identical to terminal distally cut branches in order to prepare for grafting. Separate surgeon team has to make nerve graft harvesting which is identical to the shape and length of nerve loss. The prepared nerve graft sample after positioning on the injury side consecutively sutured proximally and distally cabling each fascicular proximal groups with the same motor or sensory nerve branches distally. Depending on anatomical features and type of nerve 3 invention patents were issued.

RESULTS: late follow up were recorded on patients during 18 months to 18 years after reconstruction. The overall clinical recovery till level S3+, S4 of sensory and M4-M5 of motor functions were achieved in 82–85 % clinical cases depending on type of nerve.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Modified nerve grafting techniques is more simple in comparison with the traditional H. Millesi technique. They allow to restore previous anatomy of nerve defects in the zone of distal branching on more high quality which were proved by achieved functional recovery results.

KEY WORDS: upper extremity, median nerve, ulnar nerve, radial nerve, distal nerve defects, nerve autografting, H. Millesi technique.

Актуальность.

Частота травм периферических нервов верхних конечностей в мирное время составляет от 1,5 до 13 %, а в период военных конфликтов достигает 20 % от всех травм верхних конечностей с высоким процентом инвалидизации, достигающей до 60 % [1, 2].

Дефекты нервных стволов на уровне их разделения на конечные ветви встречаются относительно реже и являются малоизученной проблемой реконструктивной хирургии периферических нервов. Зачастую дистальные ветви нервов остаются незамеченными во время ревизии, что приводит к значительным функциональным потерям.

При выполнении аутонервной пластики важно соединение одноименных пучков на противоположных концах нервов через кабельный трансплантат. В связи с этим знание топографии пучковых групп на поперечном разрезе нервов имеет важное значение для полноценного выполнения аутонервной пластики. Впервые картирование групп фасцикул на поперечном срезе нерва было описано в работах Sunderland S. [3]. Дальнейшие работы, были посвящены изучению расположения фасцикулярных групп на поперечном срезе нерва на различных уровнях верхних конечностей являются, что явилось основой для правильной идентификации и точного сопоставления соответствующих групп фасцикул [4].

Техника аутонервной пластики нервов, разработанная Н. Millesi до сих пор широко применяется и является методом выбора при реконструкции дефектов нервных стволов [5]. Однако она отличается трудоемкостью и, при множественных повреждениях нервов, требует больших временных затрат.

Техника аутонервной пластики при дистальных повреждениях нервов усложняется тем, что на проксимальном конце имеется культя нерва, а на противоположном дистальном — отдельные ветви с разной длиной дефекта.

Цель работы.

Дальнейшее усовершенствование традиционной техники аутонервной пластики с учетом локализации дефектов нервов на уровне дистального разветвления на конечные ветви.

Материал и методы.

Материал охватывает период 1998–2019 г.г. в течение, которого оперированы 34 больных (38 нервных стволов) с дистальными дефектами нервов верхних конечностей.

За дистальный уровень был принят полный анатомический перерыв нерва не выше 5–7 см от разветвления на конечные ветви: лучевого нерва дистальнее уровня отхождения поверхностной кожной ветви лучевого нерва, для срединного ниже отхождения ладонной ветви, а для локтевого нерва — ниже уровня отхождения тыльной ветви. В свою очередь дистальные повреждения разделены на 3 топографо-анатомические зоны (см. Рис. 1).

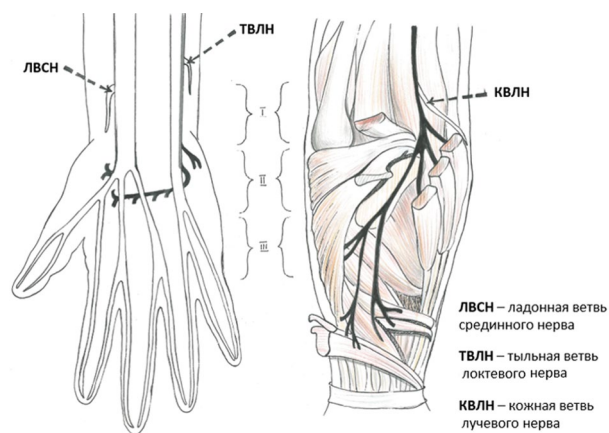


Рис. 1. Зоны повреждений при дистальных пересечениях нервов

За зону I приняты стволы дистальных повреждений нервов не выше 5–7 см от уровня их деления на конечные ветви. Для II зоны уровень пересечения проходит на уровне деления ствола нерва на конечные ветви. Зона III — повреждения всех или отдельных ветвей нерва ниже деления. За истинный уровень пересечения при дефектах нервов принята дистальная культя нерва.

Среди возрастных групп малолетние дети составили 6,4 %, около трети пациентов были до 10 лет, детский контингент составил около половины больных, что подчеркивает социальную значимость данных повреждений. Преобладали лица мужского пола, составляя около ¾ от общего числа пациентов. Повреждения справа на 15 % превышали левосторонние, что свидетельствует о подверженности доминантной руки режущим ранениям.

Среди этиологических факторов преобладали ранения острым и режущим предметами (19 случаев), остальные обратились по поводу последствий осложненных переломов (5 случаев), электротравмы (4 случая), огнестрельных повреждений (2 случая) и пр. (4 случая). Следует указать, что повреждения лучевого нерва часто сочетались с диафизарными переломами костей плеча и предплечья. В наших наблюдениях он составил 5 случаев (34,8 %) от общего количества больных с повреждениями лучевого нерва.

По виду поврежденного нерва самым частым повреждениям был подвержен срединный нерв — 16, за ним следует локтевой нерв — 4 и лучевой нерв — в 10 случаях, всего 34 больных с повреждениями 38 нервных стволов. Сочетанное повреждение срединного и локтевого нерва было отмечено в 4 клинических наблюдениях.

Методика аутонервной пластики основана на разработанной нами усовершенствованном способе, прототипом которого явилась методика, описанная в работах Н. Millesi [179].

Сложная анатомия дистальных дефектов нервов, недостатки традиционной техники аутонервной пластики побудили к его усовершенствованию с учетом индивидуальных запросов реципиентной зоны.

Результаты.

Разработаны и применены в нашей клинической практике 3 вида усовершенствованной техники ауто-нервной пластики:

1. Способ аутонервной пластики дефектов нервных стволов верхней конечности префабрикованным аутонервным трансплантатом (патент на изобретение № TJ 107, заявка № 0700156 от 05.02.2008 г.), применимых для стволовых дефектов, включая I зону повреждений;

2. Способ аутонервной пластики нервов верхней конечности при повреждениях на уровне дистального разветвления, применимых ко II зоне повреждений (патент на изобретение № TJ 1029 от 18.10.2019);

3. Способ пластики множественных дефектов нервов верхних конечности при помощи расщепленного трансплантата локтевого нерва (изобретение № TJ 182 № 0800238, заявка 07 октября 2008 г.).

Способ аутонервной пластики стволовых дефектов нервных стволов (I зона). Суть нашего метода заключается в том, что во время освежения культей поврежденного нерва отдельная бригада хирургов занимается выделением трансплантата и его заготовкой (префабрикация) на отдельном операционном столе. Учитывая размер диастаза (длина дефекта и диаметр нервного ствола) при помощи отрезков донорского аутонервного трансплантата формируется практически новый ствол с идентичным диаметром и длиной, равной величине диастаза. Заготовленный нервный трансплантат переносится на дефект и накладываются проксимальный и дистальный анастомозы концов нерва с трансплантатом (рис. 2).

Помимо экономии операционного времени при помощи данного метода исключается ошибочная ориентация нервных фасцикул проксимального конца нерва по отношению к дистальному, что имеет важное значение для попадания двигательных и чувствительных фасцикул к своим органам мишеням (чувствительные рецепторы, мышечные волокна) и, тем самым, обеспечивается более качественный нервный анастомоз.

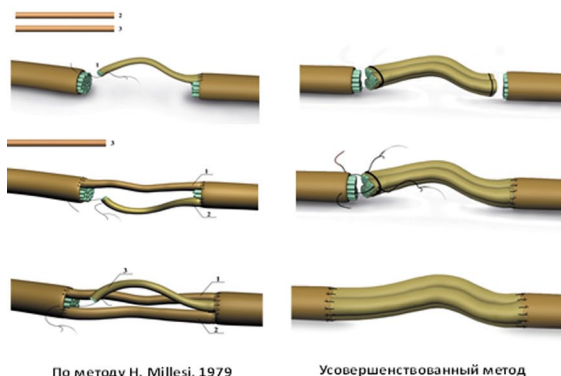


Рис. 2. Сравнение усовершенствованной ауто-нервной пластики по сравнению с классической методикой Н. Millesi (схема слева); интраоперационная картина заготовленного трансплантата нерва (сверху) с пластикой дефекта нерва (снизу)

Следует предостерегаться, что перед тем как накладывать анастомозы, проксимальный и дистальный концы нервов располагаются правильно друг по отношению друга (без ротационного смещения вокруг продольной оси нерва), ориентируясь на поперечный срез нерва (путем изучения пучков) и наружного сосудистого рисунка эпинеуральной оболочки.

Способ аутонервной пластики нервов верхней конечности при повреждениях на уровне дистального разветвления (II зона). После ревизии, нахождения концов поврежденных нервов и их освежения отдельная бригада хирургов выполняет забор трансплантата икроножного нерва и на отдельном операционном столе из отдельных отрезков изготавливает единый цельный трансплантат аналогичный недостающего конечного сегмента поврежденного нерва (Рис. 3). Проксимальная культя нерва при помощи продольной диссекции распучковывается в соответствии с размером и расположением дистальных культей ветвей нервов на дистальном конце. После подготовки реципиентного ложа выполняется пластика нерва путем кабельного соединения проксимальной группы фасцикул с соответствующими дистальными конечными ветвями через трансплантат.

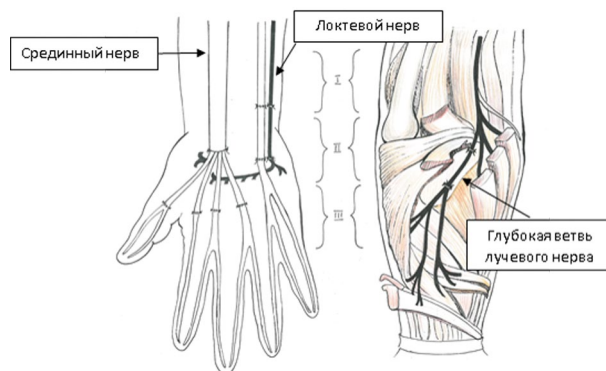
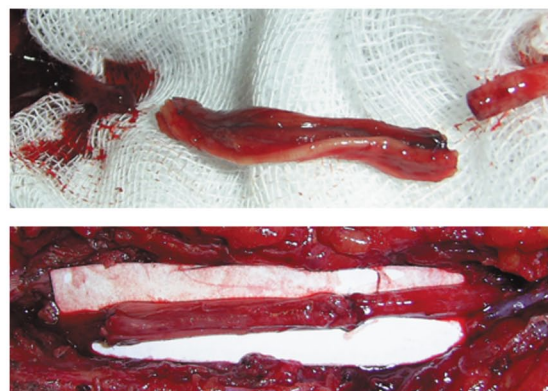


Рис. 3. Схема аутонервной пластики дефекта срединного, локтевого и лучевого нервов на уровне разделения на конечные ветви.



На рис. 4–6 приведены интраоперационные фотографии усовершенствованной аутонервной пластики срединного, локтевого и лучевого нервов на уровне дистального разветвления. Трансплантат в зависимости от вида нерва формируется в виде гусиной лапки, объединенный в пучок идентичный распучкованной проксимальной культе нерва на проксимальной культе нерва и дистально — отдельных пучков количество и длина которых формируется в зависимости от нахождения дистальных культей каждой ветви.

Аутонервная пластика срединного нерва (Рис. 4) выполнена в 20 случаях, из которых на уровне I зоны 5 случаев, II зоны — 14 случаев, III зоны 1 случай).

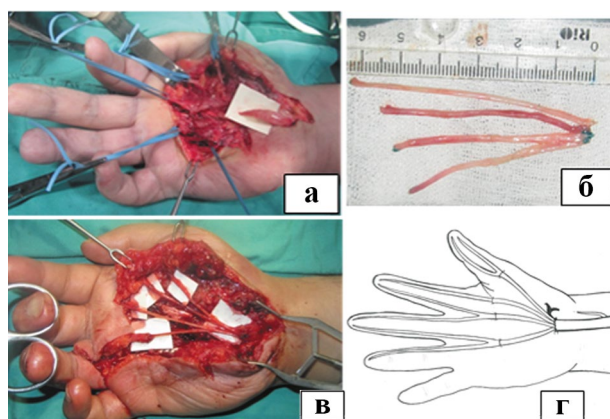


Рис. 4. а, б, в, г.

а) исходная картина: культя срединного нерва на уровне карпального канала, дистальные культя общепальцевых нервов; б) заготовка дефекта срединного нерва в области разветвления в виде гусиной лапки; в) реконструкция дистального сегмента срединного нерва при помощи заготовки аутонервного трансплантата; г) схематическое сопровождение

Для локтевого нерва идентификация двигательной и чувствительной порций на поперечном срезе проксимальной культы является критически важным для получения функционального результата (Рис. 5).

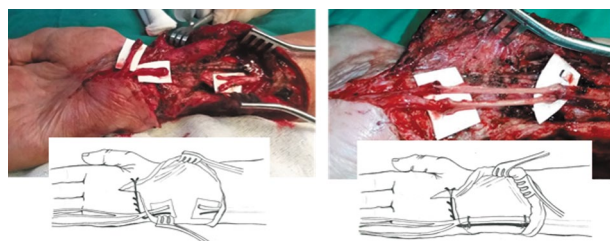


Рис. 5. Дефект локтевого нерва на уровне I зоны длиной 46 мм. После распучкования проксимального и дистального концов выполнена раздельная аутонервная пластика глубокой и поверхностной ветвей локтевого нерва.

Для дистального конца пересеченного локтевого нерва в затруднительных случаях предпочтительно

выполнить диссекцию нерва дистально и проследить ход прохождения конечных поверхностного и глубокого ветвей до уровня канала Гийона и далее.

Аутонервная пластика локтевого нерва была выполнена в 8 случаях: на уровне I зоны в 4-х случаях, II зоны — в 4-х случаях).

Глубокая ветвь лучевого нерва проходит по задней поверхности латерального надмышечка через канал супинатора и имеет постоянную анатомию. Нахождение его отдельных ветвей на уровне II и III зон требует особых навыков в топографической анатомии области разветвления во избежание случайного повреждения и нахождения каждой отдельной мышечной ветви (Рис. 6).

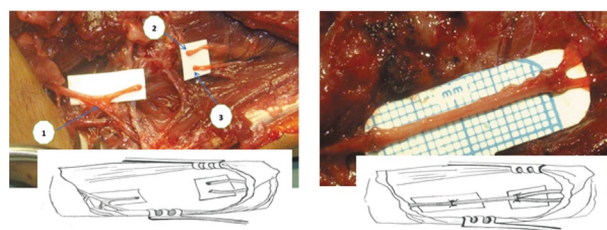


Рис. 6. Дифференциация пучковых групп при дистальных повреждениях лучевого нерва на уровне II зона с переходом на III зону: 1 — ветвь идущая к локтевому разгибателю кисти; 2 — ветвь общего разгибателя длинных пальцев; 3 — ветвь длинного разгибателя большого пальца. Аутонервная пластика глубокой ветви лучевого нерва единым трансплантатом икроножного нерва длиной 21 мм.

Аутонервная пластика глубокой ветви лучевого нерва была выполнена в 10 случаях: на уровне I зоны — в 1-м случае, II зоны — 7 случаев, III зоны — 2 случая.

Способ пластики множественных дефектов нервов верхних конечности при помощи расщепленного трансплантата локтевого нерва. При выполнении аутонервной пластики в качестве донорского материала, как правило, используется икроножный нерв. Икроножный нерв считается золотым стандартом использования в качестве донорского материала: имея значительный диаметр его забор не несет с собой значительных утрат.

При застарелых повреждениях локтевого нерва нами разработан способ использования двигательной порции локтевого нерва в качестве расщепленного аутонервного трансплантата для пластики чувствительной порции. Этот способ нами применен в 2-х случаях при дистальных застарелых повреждениях локтевого нерва при необратимой атрофии собственных мышц кисти.

Функциональные результаты были оценены не раньше, чем через 18 мес. после микрохирургической реконструкции. Клинические результаты восстановления чувствительности и движений приведены в Таблице 1.

Для более понятной и наглядной интерпретации приведенных в таблице 1 данных восстановление движений до степени M2, чувствительности до S3 приняты как удовлетворительные, полное восстановление утраченных функций до степеней M5 и S4 приняты как отличные, все остальные — за хорошие результаты. Эти данные суммированы в Таблице 2.

Результаты показали, что только в 6 из 38 случаев (15,8%) были получены удовлетворительные результаты, во всех остальных 84,2% случаях были получены хорошие и отличные результаты.

При сравнении повреждений по всем 3-м нервам независимо от способа реконструкции было выявлено, что наилучшие результаты восстановления были получены среди больных с повреждениями локтевого нерва. Больные с повреждениями срединного нерва заняли промежуточное положение. Результаты у больных после одновременной реконструкции срединного и локтевого нерва были хуже, хотя они находились в пределах градации «хороших» результатов. Это свидетельствует о том, что при изолированных повреждениях срединного или локтевого нервов меж-нервные анастомозы перекрывают зоны иннервации. Результаты, полученные при одномоментных повреждениях срединного и локтевого нервов являются истинными результатами, которые показали достаточно высокую степень регенерации, которые соответствуют степени S3+, S4 клинической градации.

Клинический случай. Пациент в возрасте 27 лет, поступил в плановом порядке по поводу посттравматического полного перерыва глубокой ветви лучевого нерва через 5 мес. после ранения острым предметом. Повреждение глубокой ветви лучевого нерва на дистальном уровне, II зона повреждения. Во время ревизии диагноз подтвержден, после освежения концов нервов истинный диастаз между проксимальным и дистальными культами нервов составил 26 мм. Выполнена аутонервная пластика общей проксимальной культы лучевого нерва с объединением конечных дистальных мышечных ветвей в единый пучок. Отдаленные результаты прослежены в сроки через 58 мес. (около 6 лет).



Рис. 7. Результат после аутонервной пластики глубокой ветви лучевого нерва на уровне II зоны повреждения

Таблица 1

Клинические результаты модифицированной аутонервной пластики по трем нервам верхней конечности (n = 38)

	Клинические результаты	Срединный нерв		Локтевой нерв		Лучевой нерв		Всего	
		N	%	N	%			N	%
1	M3	3**	15 %			4**	40 %	7	18,4 %
	M4	13*	65 %	6**	75 %	2	20 %	21	55,3 %
	M5	4	20 %	2**	25 %	4**	40 %	10	26,3 %
2.	S3	2**	10 %					2	7,1 %
	S3+	12*	60 %	5**	62,5 %			17	60,2 %
	S4	6*	30 %	3**	37,5 %			9	32,7 %
Итого		20		8		10		38	100 %

Примечание: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$ — различие достоверно по отношению к общим итоговым показателям.

Таблица 2

Суммарная оценка клинических результатов по всем 3-м нервам (n = 38)

	Нервы	Удовл.	Хор.	Отл.	Всего нервов
		≤M3S3	M4S3+	M5S4	
1.	Срединный	2	14	4	20
	В%	10 %	70 %	20 %	
2.	Локтевой	0	6	2	8
	В%	0	75 %	25 %	
3.	Лучевой	4	2	4	10
	В %	40 %	20 %	40 %	
Итого	В абс. цифрах	6	22	10	30
	В%	15,8 %	57,9 %	26,3 %	100 %

Клинически отмечается полная экстензия кисти и пальцев кисти до степени М4 (см. Рис. 7). Чувствительных расстройств изначально после получения травмы у больного не имело места. При ЭНМГ мышц разгибателей кисти и пальцев амплитуда вызванного М-ответа составила в среднем 11,2 Мв, а процент восстановления двигательных единиц составил около 38% по сравнению со здоровой кистью.

Обсуждение.

Дистальные дефекты нервов подкупая более лучшими результатами благодаря более короткому сроку регенерации имеют свои особенности.

В клинической практике применение аутоотрансплантатов икроножного нерва продолжает оставаться золотым стандартом при дефектах нервных стволов верхних конечностей [5, 6, 7].

Картирование проксимальной культи нерва имеет важное значение для правильного направления регенерирующих аксонов в отдельные дистальные ветви пересеченного нерва [3,4]. Интраоперационная заготовка аутонервного трансплантата в точном анатомическом соответствии с дефектом в области деления нерва на конечные ветви позволяет восстановить прежнюю анатомию и сделать предпосылки для качественного наложения микрохирургических нервных анастомозов.

Сравнивая виды восстановленных нервов нами обнаружено, что самые лучшие результаты сенсорно-трофического восстановления были у больных после реконструкции срединного нерва, а двигательные результаты — после реконструкции локтевого нерва. Но все эти различия колебались на фоне отличных и хороших результатов в 82–85% случаев среди общих показателей.

Мета-анализ микрохирургической реконструкции локтевого и срединного нервов в смешанной когорте больных показал, что отличное моторное восстановление до степени М4-М5 было достигнуто в 51,6% случаев, тогда как результаты восстановления сенсорной функции до степени S3+ до S4 были ниже и составили 42,6% [9,10,11]. Эти результаты приведены на основе анализа сотен публикаций за последние десятилетия и основаны на тысячах больных со схожими факторами. Самыми главными факторами, которые повлияли на конечный результат были возраст пациентов (дети против взрослых за 40 лет), место повреждения (дистальные против проксимальных), вид поврежденного нерва (срединный или локтевой) и время отсрочки [9,14,15].

Полученные наши данные показывают высокую регенеративную способность нервов среди однородной группы больных с дистальными уровнями по-

вреждениями, поступивших в благоприятные сроки. Улучшенные по сравнению с литературой результаты свидетельствуют о преимуществах усовершенствованной аутонервной пластики.

Данная работа вносит свой вклад в более полном использовании возможностей прямой реконструкции нервов и подчеркивает необходимость в тщательной ревизии раны, для нахождения каждой ветви поврежденного нерва для полноценного восстановления.

В случаях исчерпывания возможностей прямой реконструкции нерва следующей альтернативой является выбор одного из способов невротизации для достижения функциональных результатов [12,13,16].

Выводы.

Аутонервная пластика при дистальных повреждениях является методом выбора реконструкции. Тщательная ревизия и нахождение дистальных концов нервов являются залогом успешной реконструкции. Модифицированная аутонервная пластика концевых дефектов нервных стволов верхней конечности позволяет полноценно восстановить прежнюю анатомию. Результаты аутонервной пластики концевых дефектов нервных стволов позволяют довести процент хороших и отличных результатов до 82,4%. Расширение показаний к реконструкции нервов при дистальных повреждениях в плановом порядке позволило значительно снизить долю ранее считавшихся неоперабельных больных и полноценно восстановить утраченные функции кисти.

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов.

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали.

Конфликт интересов: отсутствует.

Сведения об авторах

Ходжамурадов Гафур Мухаммадмухсинович,
SPIN1726–7169, ORCID ID: 0000-0002-7095,
Researcher ID: F-4112–2018

Одинаев Мирали Файзуллоевич,
SPIN-код: 5388–9704, ORCID ID: 0000-0002-5361-1724,
Researcher ID: C-5172–2019

Аминулло Мухаммад Эхсон, ORCID ID 0000-0001-5560-8118
Наргис Гафур, ORCID ID: 0000-0002-5025-5111,
Researcher ID: AAG-8717–2020

Мехрубон Фарухович Раджабов, SPIN-код: 2146–3932,
ORCID ID: 0000-0002-6766-1431

Саидов Махмадулло Сайфуллоевич, SPIN6838–1053,
ORCID ID: 0000-0001-9003-1609,
Researcher ID: E-8505–2018

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ефименко Н. А. Замещение огнестрельных дефектов верхних конечностей / Н. А. Ефименко [и др.] // Травматология и ортопедия России. — СПб., 2005. — Т. 3 (37). — С. 71
- Меркулов М. В. Влияние симпатэктомии на регенерацию периферических нервов после аутонейропластики у человека / М. В. Меркулов, И. О. Голубев, А. И. Крупаткин // Физиология человека. — 2015. — Т. 41, № 2. — С. 91–97
- Leechavengvongs S. Surgical anatomy of the axillary nerve branches to the deltoid muscle / S. Leechavengvongs et al. // Clinical Anatomy. — 2015. — Т. 28, № 1. — P. 118–122
- Michael J. F. Intraneural Median Nerve Anatomy and Implications for Treating Mixed Median Nerve Injury in the Hand / J. F. Michael, D. C. Nguyen, Z. B. Phillips, and S. E. Mackinnon // Hand (N Y). — 2016 Dec. — 11(4). — 416–420. Published online 2016 Apr 5. doi: 10.1177/1558944716643290
- Millesi H. Microsurgery of Peripheral Nerves / H. Millesi // World J. Surg. — 1979. — V. 3 (1). — P. 67–79
- Черных А. В. Аутотрансплантация икроножным нервом в микрохирургии верхних конечностей у пациентов с сахарным диабетом 2 типа / А. В. Черных, Д. В. Судаков, Н. В. Якушева // Прикладные информационные аспекты медицины. — 2016. — Т. 19, № 3. — С. 107–112
- Давлатов А. А. Хирургическое лечение последствий одновременного повреждения срединного и локтевого нервов: дис. ... канд. мед. наук / А. А. Давлатов. — Душанбе, 2006. — 127 с.
- Menorca R. M. Nerve physiology. Mechanisms of injury and recovery / R. M. Menorca, T. S. Fussell, and J. C. Elfar // Hand Clinics. — 2013. — vol. 29. — no. 3. — pp. 317–330.
- Ruijs A. C. Median and ulnar nerve injuries: A meta-analysis of predictors of motor and sensory recovery after modern microsurgical nerve repair / A. C. Ruijs [et al.] // Plast. Reconstr. Surg. — 2005. — V. 116. — P. 484–496
- Ertem K. The effect of injury level, associated injuries, the type of nerve repair, and age on the prognosis of patients with median and ulnar nerve injuries / K. Ertem [et al.] // Acta. Orthop. Traumatol. Turc. — 2005. — V. 39. — P. 322–327
- Galtrey C. M. Characterization of tests of functional recovery after median and ulnar nerve injury and repair in the rat forelimb / C. M. Galtrey, J. W. Fawcett // J. Peripher. Nerv. Syst. — 2007. — V. 12 (1). — P. 11–27
- Flores LP. Comparative Study of Nerve Grafting versus Distal Nerve Transfer for Treatment of Proximal Injuries of the Ulnar Nerve. // J Reconstr Microsurg. — 2015 Nov. — 31(9). — p. 647–53. doi: 10.1055/s-0035-1556871. Epub 2015 Jul 13.
- Ходжамурадов ГМ, Одинаев МФ, Саидов МС, Раджабов МФ. Восстановительная хирургия посттравматических дефектов нервных стволов верхней конечности огнестрельной этиологии. Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. 2011;3:75–82.
- Карим-заде ГД, Маликов МХ, Ибрагимов ЭК, Хайрулло Нарзилло, Мирзобеков ХФ, Махмадкулова НА. Коррекция мягкотканых дефектов и последствий повреждения сосудисто-нервных пучков верхних конечностей. Вестник Авиценны. 2018;20(4):395–401. Available from: <http://dx.doi.org/10.25005/2074-0581-2018-20-4-395-401>
- Маликов МХ, Карим-заде ГД, Давлатов АА, Ибрагимов ЭК, Камолов АН, Махмадкулова НА, Хайрулло Нарзилло, Мирзобеков ХФ. Реконструктивная хирургия сочетанных повреждений верхних конечностей. Вестник Авиценны. 2018;20(4):410–415. Available from: <http://dx.doi.org/10.25005/2074-0581-2018-20-4-410-415>
- Одинаев МФ, Ходжамурадов ГМ, Шаймонов АХ, Саидов МС. Хирургическая тактика при дистальных поражениях нервных стволов верхних конечностей. Вестник Авиценны. 2019; 21(1): 83–89.