

В. Ф. Байтингер, А. В. Байтингер

**ШОВ НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК: СТРАТЕГИЯ «ПОЛУЧЕНИЯ»
АКСОНОВ ИЗ ИНТАКТНОГО НЕРВА (ЧАСТЬ III)***

V. F. Baitinger, A. V. Baitinger

**END-TO-SIDE NERVE SUTURE: STRATEGY OF «OBTAINING»
AXONS FROM THE INTACT NERVE (PART III)**

АНО НИИ микрохирургии, г. Томск

© Байтингер В. Ф., Байтингер А. В.

В статье даны современные представления о механизмах регенерации после выполнения шва нерва конец-в-бок, показаниях к его выполнению и первых известных клинических результатах его применения в хирургии кисти.

Ключевые слова: шов нерва конец-в-бок, контаминация, коллатеральный спрутинг, терминальный регенерирующий спрутинг.

Key words:

УДК 616.8-089.84:611.018.83

До настоящего времени ситуация с клиническим внедрением технологии шва нерва конец-в-бок остается весьма неопределенной. Причина тому не столько в отсутствии достаточного объема клинического материала, сколько в дефиците фундаментальных знаний по этому вопросу. Считается, что шов нерва конец-в-бок впервые выполнил французский хирург Jean-Joseph Emile Letievant (1830—1884) в 1873 г. Им уже тогда была высказана идея, что эта технология может стать в будущем краеугольной в «реконструктивной стратегии ликвидации протяженных дефектов нервов в случаях отсутствия большой протяженности донорского нерва». Вскоре, в 1876 г., шов нерва конец-в-бок выполнил его соотечественник Eugene-Armand Despres (1834—1896). Он восстановил пациенту поврежденный срединный нерв путем внедрения дистального его конца в локтевой нерв и зафиксировав его между фасцикулами этого нерва (рис. 21). Через 20 лет появилась информация от С. А. Ballance (1895) о том, что можно достичь успеха в реиннервации после выполнения атипичного шва

нерва — конец реципиентного нерва в бок частично рассеченного донорского нерва. В профессиональном сообществе к этой информации отнеслись с осторожностью, поскольку не были уверены, что при шве нерва конец-в-бок возможно было реальное формирование связей между эндоневральными трубками реципиентного и донорского нервов. Считалось, что такие связи могут формироваться только при шве нерва конец-в-конец. Явное отрицательное отношение к пионерской идее Е. Letievant [27] сформировал известный американский хирург William Wayne Babcock (1872—1963), заявивший в 1927 г., что шов нерва конец-в-бок при протяженных дефектах периферических нервов не сможет обеспечить адекватную двигательную реиннервацию денервированных мышц. Это будет всегда «функционально неполноценная реиннервация со стороны донорских нервов» (Babcock W. A standart technique for operations on peripheral nerves with special reference to the closure of large gaps // Surg. Gynecol. Obstet., 1927, v. 45, p. 364—378) (рис. 22). Возможно, он

* Окончание. Части I и II см. в журнале Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. — 2013. — № 2 (45), т. 16. — С. 6—20.



Рис. 21. Jean-Joseph Emile Letievant (1830—1884) и Eugene-Armand Despres (1834—1896) — первые исполнители шва нерва конец-в-бок в клинических условиях



Рис. 22. William Wayne Babcock (1872—1963) — оппонент технологии шва нерва конец-в-бок

был и прав, однако после такого заявления авторитетного хирурга об этой технологии практически забыли! О шве нерва конец-в-бок вспоминали лишь дважды [21, 39].

С внедрением микрохирургической технологии в хирургию периферических нервов стали укрепляться позиции шва нерва конец-в-конец (эпинеуральный, перинеуральный, эпиперинеуральный). Появилась возможность пересадки кровоснабжаемых аутонервных вставок. Вместе с тем, приходило осознание огромного ущерба,

наносимого донорской зоне в связи с забором аутонервных вставок чувствительных или двигательных нервов. Нужны были альтернативные технологии. И они появлялись, а именно, силиконовые трубки, синтетические (Maxon) и биологические (collagen) кондуиты, трубки из кровеносных сосудов, культура шванновских клеток, шов нерва конец-в-бок. Многие годы о шве нерва конец-в-бок даже не вспоминали, пока в 1992 г. F. Viterbo et al. [51] не открыли (повторно) эту забытую технологию. После работ F. Viterbo et al. [51—56] стали обсуждаться клинические показания для коаптации дистальной культы поврежденного нерва в ствол

прилежащего интактного (донорского) нерва. Чаще всего их было два: 1 — большой протяженности дефект нерва, который нельзя ликвидировать аутонервной вставкой; 2 — невозможность найти в ране проксимальную культю поврежденного нерва [14, 31, 57]. Появились первые публикации об удовлетворительных клинических результатах применения данной технологии — шов нерва конец-в-бок с использованием микрохирургической техники — [31, 34, 58, 62].

Цель нашей работы состояла в анализе ряда проблем технологии шва нерва конец-в-бок (механизм регенерации, факторы, влияющие на моторную регенерацию, технические нюансы выполнения этого шва) с позиции современных фундаментальных знаний, а также в оценке результатов первых операций реконструкции протяженных дефектов периферических нервов конечностей с использованием микрохирургической техники шва нерва конец-в-бок, проведенных в Институте микрохирургии (Томск) в 2012—2013 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА

МЕХАНИЗМ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОСЛЕ ШВА НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК

В 1992 г., через 115 лет после возникновения идеи выполнения шва нерва конец-в-бок, появилось первое объяснение реиннервации «присоединенного» нерва. На основании собственных

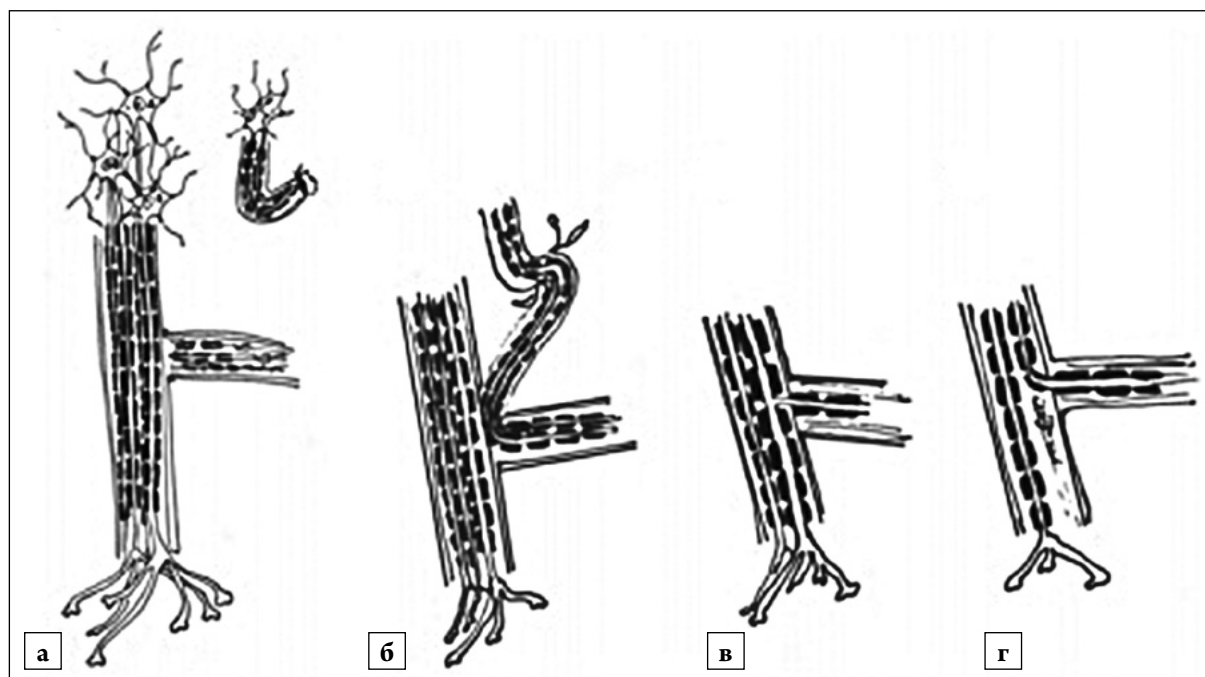


Рис. 23. Схема реиннервации коаптированного конец-в-бок нерва по E. Bontioti and L. B. Dahlin (2009): а — общий план, б, в, г — три возможных механизма рекрутирования аксонов из интактного нерва в дистальный конец коаптированного нерва (б — контаминация, в — коллатеральный спрутинг, г — терминальный регенерирующий спрутинг)

результатов экспериментальных исследований F. Viterbo et al. [53—55] пришли к выводу, что после выполнения шва нерва конец-в-бок происходит реиннервация за счет «ответвлений» от интактных аксонов донорского нерва в подшитый дистальный конец (реципиентного) поврежденного нерва. Но самым неожиданным стало заявление F. Viterbo et al. [51] о том, что неповрежденные аксоны донорского нерва способны к спрутингу (от англ. to sprout — «пускать ростки, ветвиться») сквозь свой интактный эпиневрй! Они также сообщали, что аксоны из интактного нерва могут проводить импульсы в культю подшитого конец-в-бок нерва. И все-таки конкретный механизм реиннервации денервированной культю подшитого нерва долгое время оставался неизвестным. В настоящее время рассматриваются следующие варианты реиннервации: контаминация, коллатеральный спрутинг, терминальный или регенерирующий спрутинг (рис. 23).

Первый вариант реиннервации — контаминация (от англ. contamination — «заражение, поражение, загрязнение») был хорошо продемонстрирован в экспериментальных исследованиях Т.М. Brushart [14] (рис. 23 б). Методом HRP-WGA (Horseradish Peroxidase Conjugated to Wheat Germ Agglutinin) он доказал, что аксоны из проксимальной культю пересеченного малоберцового нерва (дополнительно перевязанного

лигатурой для исключения его участия в процессе восстановления) могут регенерировать вниз по наружной поверхности эпиневрй интактного большеберцового нерва и через 6 нед прорасти в дистальную культю коаптированного конец-в-бок малоберцового нерва. Исследования спинного мозга подтвердили, что аксоны малоберцового нерва «вырывались» из тул проксимальной культю, и далее регенерация происходила вниз, но не в толще большеберцового нерва, а по его наружной поверхности, т. е. эпиневрйю. Другими словами, аксоны интактного большеберцового нерва не проникали в подшитую дистальную культю коаптированного малоберцового нерва! Эти неожиданные находки служат примером того, что нужна осторожность в интерпретации результатов экспериментального изучения реиннервации с использованием шва конец-в-бок (рис. 23 б). Ранее, в 1997 г., G. Tarasidis et al. [45] сообщали, что после шва нерва конец-в-бок контаминация происходит не из проксимальной, а из дистальной культю пересеченного нерва. В отличие от Т.М. Brushart [14], эти исследователи выполняли другой шов — конец большеберцового нерва в бок интактного малоберцового нерва. Эта регенерация завершилась через 16 нед и была преимущественно афферентной (чувствительной). Для того, чтобы окончательно закрыть эту тему (контаминация из проксимальной или дистальной культю), было

проведено экспериментальное изучение регенерации после выполнения так называемой *double end-to-side neurorrhaphy*, т. е. технологии, когда оба конца пересеченного нерва (проксимальный и дистальный) коаптировали конец-в-бок в стенку прилежащего интактного нерва. По данным F. Viterbo et al. [53], регенерирующие аксоны из проксимальной культы поврежденного нерва не проникали в интактный нерв, но использовали его эпиневрий в качестве «моста» для достижения дистальной культы этого же нерва. Примечательно, что когда шов *double end-to-side* сравнили с типичным *end-to-side* швом, то обнаружили, что интактный нерв после шва нерва *double end-to-side* содержал значительно большее число миелинизированных нервных волокон дистальнее выполненного шва (30). Итак, F. Viterbo et al. [53,54] и M. G. Lykissas [30, 31] в своих исследованиях еще раз подтвердили факт контаминации прилежащего интактного нерва аксонами проксимальной культы поврежденного нерва.

Второй вариант реиннервации — это реиннервация путем коллатерального спрутинга, когда здоровые неповрежденные аксоны отдают наружную ветвь для ветвления в подшитом дистальном конце поврежденного нерва (рис. 23 в). Предположение о том, что реиннервирующие аксоны могут происходить из интактных аксонов донорского нерва, требовали специфических доказательств. Они недавно появились и легли в основу концепции «инициации коллатерального аксонального спрутинга из интактных аксонов донорского нерва». Процесс реиннервации после шва нерва конец-в-бок происходит в две стадии: 1 — регенерирующие аксоны (спрутинг) возникают из более проксимального к месту коаптации перехвата Ранвье (Ranvier's node) интактного нерва и далее они «путешествуют» по его эпиневрию. Этому предшествует формирование в зоне коаптации «столбиков» шванновских клеток, похожих на «бюнгнеровские ленты» при шве нерва конец-в-конец [2, 16, 22, 29, 43, 44, 49, 63—66]; 2 — критический момент инициации коллатерального спрутинга из аксонов интактного нерва — это когда шванновские клетки сформированных «лент» прорастают из интактного (донорского) нерва в эпиневральный слой реципиентного и вслед за ними происходит интенсивный спрутинг регенерирующих донорских аксонов из интактного нерва в коаптированный реципиентный нерв [15, 20, 44, 50]. По мнению G. Tarasidis et al. [45], шванновские клетки формирующихся «столбиков» иницируют спрутинг не только из перехватов Ранвье донорского

нерва, но и из дистальной культы поврежденного нерва.

Третий вариант реиннервации — это реиннервация путем терминального (регенерирующего) спрутинга, т.е. роста прерванных (поврежденных) аксонов донорского нерва в подшитый конец-в-бок дистальный конец поврежденного нерва (рис. 23 г).

Таким образом, в настоящее время признаются два источника регенерирующих нервных волокон после выполнения шва нерва «конец» поврежденного нерва-в-«бок» интактного нерва: контаминация донорского нерва аксонами проксимального конца поврежденного нерва, а также коллатеральный аксональный спрутинг миелиновых нервных волокон из интактного нерва в подшитый дистальный конец поврежденного нерва.

КОЛЛАТЕРАЛЬНЫЙ СПРУТИНГ — ОСНОВНОЙ МЕХАНИЗМ РЕИННЕРВАЦИИ КОАПТИРОВАННОГО НЕРВА

После выполнения шва нерва конец-в-бок рассматриваются два варианта реиннервации коаптированного поврежденного нерва: контаминация донорского нерва аксонами проксимального конца поврежденного нерва и достижение по его эпиневрию дистального конца поврежденного нерва (А), коллатеральный спрутинг из перехватов Ранвье интактного (донорского) нерва в коаптированный поврежденный нерв (В) (рис. 24).

Механизм инициации коллатерального спрутинга после выполнения шва нерва конец-в-бок изучали многие исследователи [7, 17, 18, 33, 37, 41, 42, 44, 60, 64]. Считается, что он является результатом высвобождения нейротрофических факторов. По мнению Z. Zhang et al. [64], эти факторы высвобождаются из шванновских клеток, затем мигрируют в эпиневрий и далее диффузно перемещаются в периневрий, содействуя коллатеральному спрутингу из ближайшего к шву нерва перехвата Ранвье донорского нерва. Он считается условно поврежденным в связи с созданием в нем во время операции эпиневрального либо периневрального окон. В настоящее время в инициации коллатерального спрутинга известно участие следующих факторов: *neurotrophine-3* [44], *growth-associated protein-43*, *brain-derived neurotrophic factor* (60), *nerve growth factor* [7, 17, 18, 37, 41, 42], *ciliary neurotrophic factor* [33]. Известно, что нейротрофин-3 играет важную роль

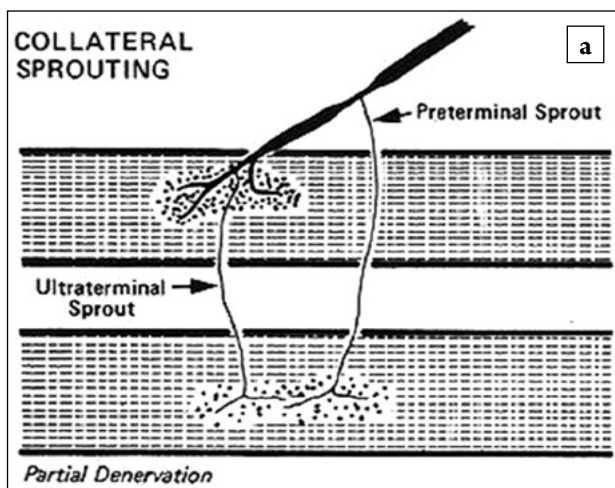


Рис. 24. Коллатеральный спрутинг: а — схема; б — гистологический препарат

в процессах регенерации нервов, в особенности эффекторной реиннервации скелетных мышц, поэтому не удивляет тот факт, что этот фактор и его рецептор TrkC экспрессировали в зоне коаптации нерва конец-в-бок, а маркер образования конусов роста (GAP-43) обнаруживали в месте коаптации. Более того, на модели шва нерва конец-в-бок с использованием антител к фактору GAP-43 был задокументирован факт роста нервных волокон из интактного нерва (донорского) в дистальный сегмент поврежденного (коаптированного) нерва (60). Доказательства участия нейротрофических факторов в инициации колатерального спрутинга были неоднократно подтверждены многими исследователями [7, 17, 18, 37, 41, 42]. Примечательно, что в 2005 г. в эксперименте по восстановлению пересеченных нервов плечевого нервного сплетения методом ретроградного маркирования дистальных концов пересеченных нервов, поочередно подшиваемых к интактному донорскому нерву (кристаллы FB — fast blue и DY — diamidino yellow), удалось доказать, что чувствительные и двигательные аксоны рекрутировались в шов конец-в-бок, т. е. в подшитый дистальный конец поврежденного нерва, из моторного и сенсорного нейрональных пулов спинного мозга, обеспечивая примерно 72 % от необходимой реиннервации [10].

ПРОБЛЕМЫ АФФЕРЕНТНОЙ И ЭФФЕКТОРНОЙ РЕИННЕРВАЦИИ ПОСЛЕ ШВА НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК

Многочисленные экспериментальные исследования и клинические данные указывают на то, что технология шва нерва конец-в-бок дает

хорошие результаты при реконструкции чувствительных нервов и весьма сомнительные — при реконструкции двигательных [8—10, 13, 19, 38, 45, 56]. Положительный результат восстановления моторной иннервации после выполнения шва нерва конец-в-бок остается весьма спорным: только в 20 % случаев по В. Battiston [6]. Этот вопрос, по нашему мнению, требует анализа с точки зрения технологических нюансов исполнения шва нерва конец-в-бок. Но пока ясно одно — для сохранения мышечной массы (минимизации атрофии в денервированных скелетных мышцах) необходима ранняя реиннервация мышц. Для сохранения мышечной массы денервированных мышц полезна не только двигательная, но и сенсорная реиннервация после выполнения шва нерва конец-в-бок [36, 61]. Логично сравнение в эксперименте (на одном животном) двигательной реиннервации скелетных мышц после выполнения двух разных швов: конец-в-конец и конец-в-бок. В результате было показано, что независимо от вида шва механическая функция реиннервированных мышц (*m. extensor digitorum longus*) через 6 мес. после операции не имела достоверных отличий по следующим параметрам: изометрическая сила и специфическая сила [25]. Эти данные подтвердили гипотезу о том, что при соответствующих обстоятельствах нет существенных различий в восстановлении механической функции мышц, реиннервированных швом конец-в-конец либо конец-в-бок.

Недавние экспериментальные исследования показали, что прямая мышечная невротизация *m. flexor digitorum* в комбинации с обоими видами швов достоверно и одинаково хорошо сохраняет массу реиннервированной мышцы [38]. Прямая мышечная невротизация — это возможность

восстановления моторной функции путем прямого вшивания моторных нервных фасцикулов в перимизиум денервированной скелетной мышцы. Эта технология была описана Н. Heineke в 1914 г. [23] и внедрена в клиническую практику для реиннервации мышц лица только в 2009 г. [46 — 48]. И тем не менее, вариант клинического использования шва нерва конец-в-бок для двигательной реиннервации скелетных мышц вызывает много вопросов и пока на ближайшее время не рассматривается в рамках «восстановительной стратегии» при протяженных дефектах периферических нервов.

ТЕХНИКА ИСПОЛНЕНИЯ ШВА НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК И РЕЗУЛЬТАТЫ ДВИГАТЕЛЬНОЙ РЕИННЕРВАЦИИ

В 1999 г. Kang Liu et al. [26] с большим оптимизмом высказывались о «моторной регенерации» после шва нерва конец-в-бок. Особое внимание они обратили на важность удаления эпинеурия с донорского нерва в месте коаптации с дистальным концом поврежденного нерва. Данный прием повышает эффективность шва нерва конец-в-бок в части двигательной реиннервации, поскольку эпинеурий, как оказалось, является частичным барьером для аксональной двигательной регенерации (коллатерального спрутинга). Удаление эпинеурия не вызывает никакого патологического влияния на структуру и функцию донорского нерва, однако является главным условием для запуска механизма коллатерального спрутинга», т. е. рекрутирования части двигательных и чувствительных аксонов донорского нерва в подшитый поврежденный нерв [31].

Были выполнены серьезные фундаментальные исследования по изучению степени повреждения донорского нерва (эпинеуральное окно, перинеуральное окно, парциальная аксотомия) для инициации спрутинга. Прежде всего, F. Viterbo et al. [51] и Cao X. et al. [16] привели доказательства отсутствия разницы в реиннервации подшитого поврежденного нерва (дистального конца) независимо от варианта «окна»: эпинеурального или перинеурального. Позднее F. Viterbo et al. [55] не выявили разницы в реиннервации реципиентного нерва после выполнения шва нерва конец-в-бок «с» или «без» формирования перинеурального окна. В обеих ситуациях она была успешной. Этот результат J. Z. Zhao et al. [66] объясняли тем, что регенерирующие аксоны после выполнения шва нерва конец-в-бок

без повреждения оболочек донорского нерва у крыс могут пенетрировать в его эндонеурий, перинеурий и эпинеурий. И все-таки, по данным гистологических исследований, результаты реиннервации после шва нерва конец-в-бок при продольном вскрытии перинеурия, т. е. после формирования «перинеурального окна», всегда были лучше, чем после формирования «эпинеурального окна» [64, 65]. Примечательно, что у человека после соединения нервов конец-в-бок с помощью фибринового клея (без создания эпинеурального окна) мышечная реиннервация не происходила [8]. По данным экспериментальных исследований M. G. Lykissas et al. [30], резекция небольшого участка эпинеурия и наложение эпинеуральных швов без повреждения перинеурия значительно улучшают функциональные результаты после выполнения шва нерва конец-в-бок. В настоящее время считается, что для инициации коллатерального спрутинга из донорского нерва необходимо небольшое повреждение эпинеурия, хотя бы скарификация. При этом коллатеральный спрутинг чувствительных волокон через «эпинеуральное окно» места соединения конец-в-бок — довольно надежный биологический процесс. Этого нельзя сказать о коллатеральном спрутинге моторных аксонов. Однозначного ответа на этот вопрос нет: от возможности до невозможности. E. Bontioti et al. [12] в эксперименте на крысах обнаружили повышение экспрессии активирующего транскрипцию фактора 3 (ATF3) — маркера клеточной активации, индуцированной в чувствительных и моторных нейронах, в области шва нерва конец-в-бок с эпинеуральным окном. Предполагается, что моторные волокна из донорского нерва могут прорасти в реципиентный только в случае, если до травмы этот реципиентный нерв обеспечивал эффекторную иннервацию мышечных волокон [10]. Для более эффективной моторной реиннервации реципиентного нерва у человека, в отличие от экспериментальных животных (крыс), недостаточно выполнение только «эпинеурального окна». По мнению ряда исследователей, для успешной эффекторной реиннервации реципиентного нерва у человека необходима парциальная аксотомия донорского нерва [11, 13]. При этом был обнаружен даже «дозозависимый ответ» между аксотомией донорского нерва и коллатеральным спрутингом моторных аксонов через место сформированного анастомоза конец-в-бок [13].

Клинических данных по моторной (частичной) реиннервации реципиентного нерва после шва нерва конец-в-бок без аксотомии не так

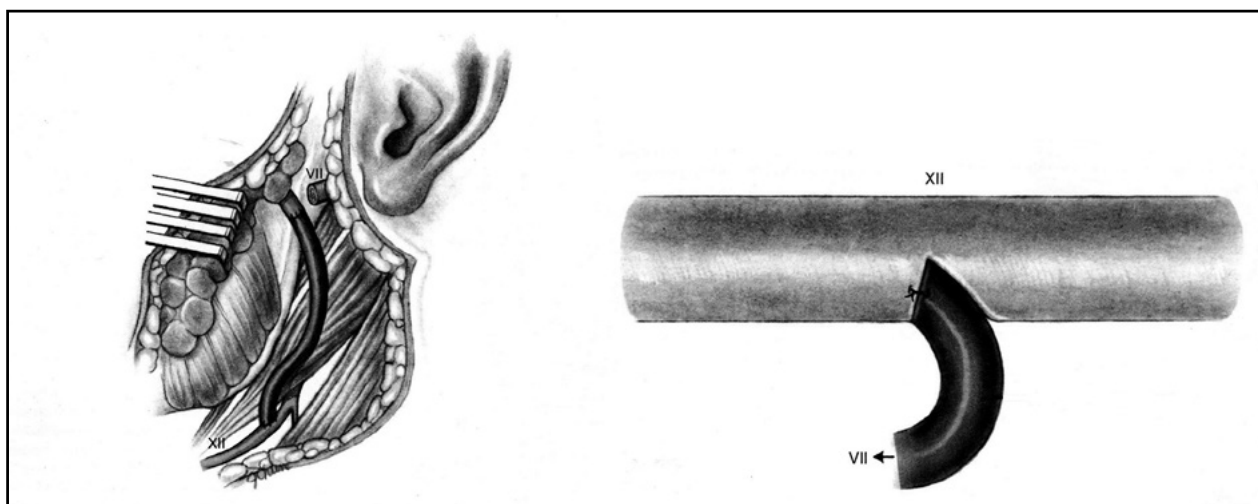
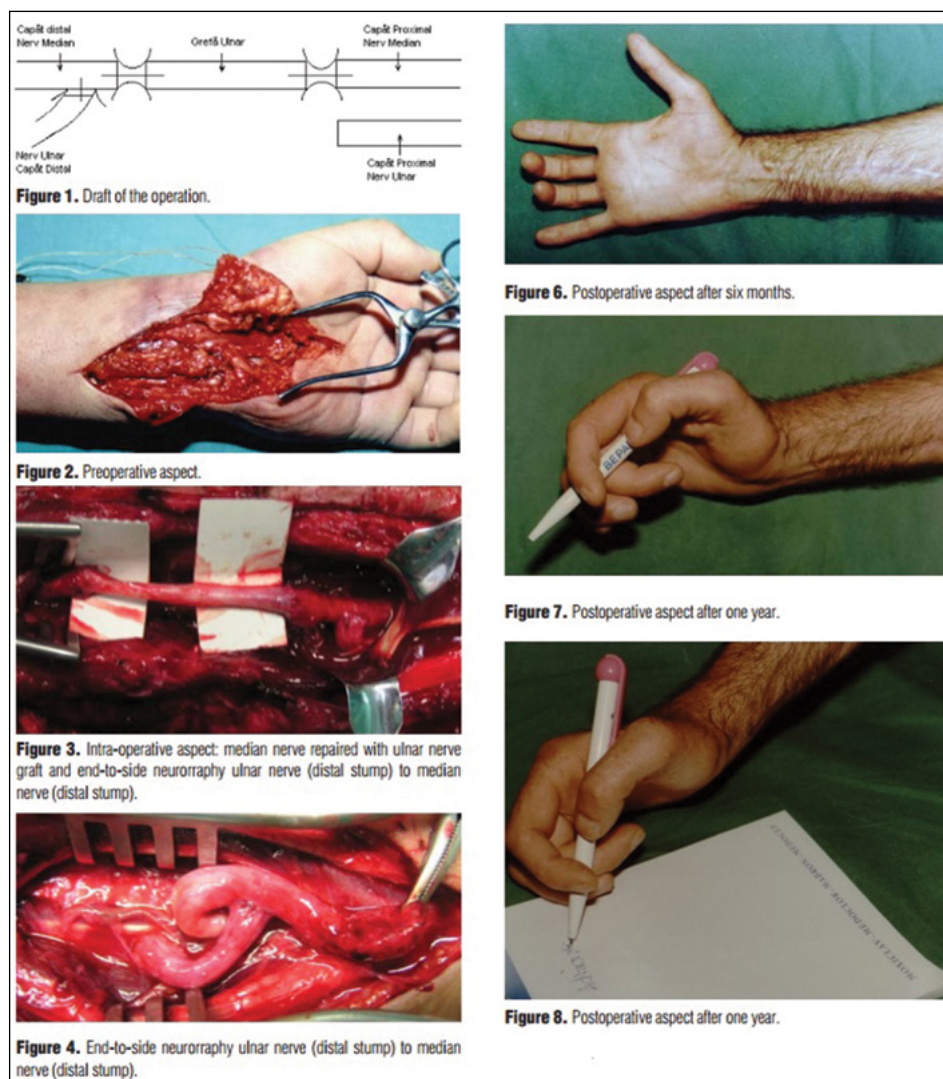


Рис. 25. Схема операции моторной реиннервации свободного аутотрансплантата из *m. gracilis* швом конец-в-бок в подъязычный нерв (чисто двигательный) с частичной его аксотомией — пример реализации терминального регенерирующего спрутинга



Клинические результаты эффекторной реиннервация после реконструкции протяженных дефектов нервов предплечья с использованием технологии шва нерва конец-в-бок (по G. Noditi et al., 2007)

много [1, 28, 34, 40, 49, 58, 62]. Однако в случае с парциальной аксотомией для реиннервации свободного трансплантата *m. gracilis*, т. е. шов нерва «конец» эффекторного нерва этой мышцы в «бок» интактного *nervus hypoglossus* для реанимации лица при параличе лицевого нерва (рис. 25, 26) не может остаться без последствий для донорского нерва. В этом случае, вероятно, надо прислушаться к совету R. A. Weber, A. Lee Dellon [59]: интактный (донорский) нерв для моторной реиннервации реципиентного нерва должен быть двигательным от синергичной мышечной группы, а для реконструкции сенсорного дефекта донорский нерв должен быть из соседнего дерматома.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время нет большого клинического материала по реиннервации с применением шва нерва конец-в-бок. В 1993 г. F. Viterbo [52] опубликовал результаты лечения паралича лицевого нерва с применением технологии *cross facial nerve graft transplantation* конец-в-бок. Они были весьма обнадеживающими. Через несколько лет шов нерва конец-в-бок был успешно применен для реконструкции протяженного дефекта локтевого нерва. Донорским нервом был интактный срединный нерв. После операции была восстановлена не только чувствительная, но и двигательная иннервация таргетных зон локтевого нерва без нанесения функционального ущерба донорскому нерву [28, 35] (рис. 25). F. Yuksel et al. [62] получили великолепные клинические результаты чувствительной реиннервации поврежденных срединного и лучевого нервов, коапированных в близрасположенный интактный локтевой нерв. Моторная реиннервация при этом была сомнительной. S. M. Amr, A. N. Moharram [1] опубликовали клинический материал с обнадеживающими результатами реконструкции травм плечевого нервного сплетения у 11 пациентов с использованием швов нервов конец-в-бок и бок-в-бок с интактными структурами плечевого нервного сплетения. E. Santamaria et al. [40] представили великолепные результаты афферентной реиннервации свободного лучевого лоскута, использованного для первичной реконструкции языка после гемиглоссэктомии по поводу рака. Во всех 25 случаях реиннервацию осуществляли выполнением шва нерва конец-в-бок между культей кожного нерва лучевого лоскута (*n. cutaneous antebrachii lateralis*) с нервами *plexus cervicalis*

или с *n. auricularis posterior*. Самые хорошие результаты чувствительной реиннервации с применением шва нерва конец-в-бок были получены в хирургии кисти [34, 58].

После внедрения в клиническую практику технологии шва нерва конец-в-бок нашла наконец-то свое решение сложная проблема невром пальцевых нервов. Многолетние клинические наблюдения и ранее проведенные экспериментальные исследования, выполненные австрийским кистевым хирургом Oskar C. Aszmann [3, 4], доказали, что при этом шве никогда не формируются невромы и этот шов — надежная профилактика невром пальцевых нервов. В настоящее время уже ни у кого не вызывает сомнений, что с помощью технологии шва нерва конец-в-бок удастся расширить возможности реконструктивной микрохирургии протяженных дефектов периферических нервов, получить удовлетворительные функциональные результаты восстановления поврежденного реципиентного нерва без нанесения ущерба интактному донорскому нерву. Но это касается, в основном, восстановления чувствительности таргетной зоны реципиентного нерва. Двигательная реиннервация таргетной зоны реципиентного нерва не так надежна, как бы хотелось пациенту и врачу. Существует широко распространенное мнение о том, что для успешной чувствительной реиннервации реципиентного нерва (шов нерва конец-в-бок) достаточно сформировать эпинеуральное окно, а для двигательной этого недостаточно. Необходимо создание перинеурального окна или даже выполнение парциальной аксотомии донорского нерва! Но это (аксотомия) уже чревато выпадением части функции донорского нерва, что противоречит современной концепции реконструктивной микрохирургии.

Проблемы эффекторной реиннервации реципиентного нерва после выполнения шва нерва конец-в-бок имеют свое объяснение. Во-первых, и, что самое главное, для успешной реконструкции двигательной функции денервированных таргетных мышц донорский нерв должен быть двигательным, из синергичной мышечной группы. По-видимому, использование в качестве доноров смешанных нервов — не вполне оптимальный вариант для эффекторной реконструкции с использованием шва нерва конец-в-бок. В настоящее время без применения термино-латеральной технологии реиннервации (конец-в-бок) уже невозможно решать ряд проблем реконструктивной микрохирургии периферических нервов. Эта технология становится

альтернативной техникой, когда в ране не удается обнаружить проксимальный конец поврежденного нерва или дефект поврежденного нерва очень протяженный и его нельзя ликвидировать с помощью разнообразных вставок. Позиции этой технологии будут укрепляться параллельно с решением вопроса по повышению эффективности двигательной реиннервации коаптированного (реципиентного) нерва.

Во-вторых, нельзя не учитывать наличие фенотипических различий (в генной экспрессии) шванновских клеток, чувствительных и двигательных нервов у крыс [24] — основного животного, на котором были получены практически все экспериментальные результаты по реиннервации коаптированного конец-в-бок нерва. О существовании подобных особенностей у шванновских клеток человека пока ничего не известно. Но эту информацию нельзя сбрасывать со счетов при обсуждении проблем двигательной реиннервации таргетных мышц поврежденного нерва. Кроме того, еще в 1999 г. в эксперименте на седалищном нерве крыс было показано, что в инициации коллатерального аксонального спрутинга из интактных аксонов донорского нерва принимают непосредственное участие только шванновские клетки дегенерирующих аксонов чувствительных нейронов из

dorsal root ganglia. Моторные аксоны в этом участия не принимают, поэтому реиннервация коаптированного нерва происходит за счет чувствительных аксонов донорского нерва. Обнаруженная инвазия шванновских клеток в эпинеуральный слой коаптированного нерва является решающим моментом для инициации коллатерального аксонального спрутинга из интактных аксонов донорского нерва в коаптированный нерв [32].

С учетом всей имеющейся информации по вопросу невротизации коаптированного конец-в-бок дистального конца поврежденного нерва становится понятным, что название шва нерва «конец-в-бок», по-видимому, некорректно. Нерв, снабжающий аксонами другой нерв, является донорским. Нерв, который вшивается в бок донорского нерва, является «мостом»; по нему продвигаются регенерирующие аксоны (чувствительные, двигательные) из проксимального участка донорского нерва, поэтому он должен называться реципиентным. С учетом данных обстоятельств было бы правильным шов нерва «конец-в-бок» называть швом нерва «бок-в-конец». В силу существующих традиций первое название шва, по-видимому, так и останется единственным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Amr S. M., Moharram A. N. Repair of brachial plexus lesions by end-to-side and side-to-side grafting neurorrhaphy: experimental based on 11 cases // *Microsurgery*. — 2005. — V. 25. — P. 126—146.
2. Andreopoulos G. K., Skoulis T. G., Terzis J. K. Double labeling technique to trace axonal sprouting after end-to-side neurorrhaphy. Abstract presented at the 43rd annual meeting of the Plastic Surgery Research Council; 1998, April 7; Loma Linda.
3. Aszmann O. C., Korak K. J., Rab M. et al. Neuroma prevention by end-to-side neurorrhaphy: an experimental study in rats // *J. Hand Surg.* — 2003. — V. 28, P. 1022—1028.
4. Aszmann O. C., Furtmueller G., Frey M. Reconstruction of high ulnar nerve lesions with a selective distal median to ulnar end-to-side nerve transfer. Abstract presented at 6th Congress of the World Society for Reconstructive Microsurgery, 2011; 29 June-2 July; Helsinki.
5. Balance C. A., Balance H. A., Stewart P. Remarks on the operative treatment of chronic facial palsy of peripheral origin // *Brit. Med. J.* — 1903. — V. 1. — P. 1009—1013.
6. Battiston B., Tos P., Conforti L. G., Geuna S. Alternative techniques for peripheral nerve repair: conduits and end-to-side neurorrhaphy // *Acta Neurochir. Suppl.* — 2007. — V. 100. — P. 43—50.
7. Bajrovic F., Kovacic U., Pavcnik M., Sketelj J. Interneuron signaling is involved in induction of collateral sprouting of nociceptive axons // *Neuroscience*. — 2002. — V. 111. — P. 587—596.
8. Bertelli J. A., dos Santos A. R., Calixto J. B. In axonal sprouting able to traverse the conjunctival layers of the peripheral nerve? A behavioral, motor, and sensory study of end-to-side nerve anastomosis // *J. Reconstr. Microsurg.* — 1996. — V. 12. — P. 559—563.
9. Bertelli J. A., Ghinzoni M. F. Nerve repair by end-to-side coaptation or fascicular transfer: a clinical study // *J. Reconstr. Microsurg.* — 2003. — V. 19. — P. 313—318.
10. Bontioti E., Kanje M., Lundborg G. and Dahlin L. End-to-side nerve repair in the upper extremity of rat // *J. Peripher. Nerv. Syst.* — 2005. — V. 10. — P. 58—68.
11. Bontioti E., Dahlin L., Kataoka K., Kanje M. End-to-side nerve repair induces nuclear translocation of activating transcription factor 3 // *Scand. Plast. Reconstr. Surg. Hand Surg.* — 2006. — V. 40. — P. 321—328.

12. Bontioti E. and Dahlin L. Mechanisms underlying the end-to-side nerve regeneration // *Internat. Rev. Neurobiol.* — 2009. — V. 87. — P. 251—268.
13. Brenner M.J., Dvali L., Hunter D.A., Myckatyn T.M. Motor neuron regeneration through end-to-side repairs is a function of donor nerve axotomy // *Plast. Reconstr. Surg.* — 2007. — V. 120. — P. 215—223.
14. Brushart T.M. *Nerv repair.* — Oxford University Press, 2011. — 462 p.
15. Buehler M.J., Seaber A.V., Urbaniak J.R. The relationship of functional return to varying methods of nerve repair // *J. Reconstr. Microsurg.* — 1990. — V. 6. — P. 61—69.
16. Cao X., Shidao H., Yu J. Experimental study on the collateral sprouting after end-to-side anastomosis of nerve trunk // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* — 1997. — V. 11. — P. 321—324.
17. Diamond J., Holmes M., Coughlin M. Endogenous NGF and nerve impulses regulate the collateral sprouting of sensory axons in the skin of the adult rat // *J. Neurosci.* — 1992. — V. 12. — P. 1454—1466.
18. Doubleday B., Robinson P.P. The role of nerve growth factor in collateral reinnervation by cutaneous C-fibres in the rat // *Brain Res.* — 1992. — V. 593. — P. 179—184.
19. Dvali L.T. and Myckatyn T.M. End-to-side nerve repair: Review of the literature and clinical indications // *Hand Clin.* — 2008. — V. 24. — P. 455—460.
20. Edds M.V. Collateral nerve regeneration // *Q. Rev. Biol.* — 1953. — V. 28. — P. 260—276; Gatta R. Sulla anastomosi latero-terminale dei tronchi nervosi // *Arch. Ital. Chir.* — 1938. — V. 48. — P. 155—171.
21. Hayashi A., Yanai A., Komuro Y., Nishida M. et al. Collateral sprouting occurs following end-to-side neurorrhaphy // *Plast. Reconstr. Surg.* — 2004. — V. 114. — P. 129—137.
22. Heineke H. Die direkte Enipflanzung des Nerven in den Muskel // *Zbl. Chir.* — 1914. — Bd. 41. — S. 465—491.
23. Jesuraj N.J., Nguyen P., Wood M.D. et al. Differential gene expression in motor and sensory Schwann cells in the rat femoral nerve // *J. Neurosci. Res.* — 2012. — V. 90. — P. 96—104.
24. Kalliainen L.K., Cederna P.S., Kuzon W.M. Jr. Mechanical function of muscle reinnervated by end-to-side neurorrhaphy // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1999. — V. 103. — P. 1919—1927.
25. Kang Liu, Long-En Chen, Seaber A.V. et al. Motor functional and morphological findings following end-to-side neurorrhaphy in the rat model // *J. Orthop. Res.* — 1999. — V. 17. — P. 293—300.
26. Letievant E. *Sections nerveuses: physiologie pathologique, indications — procedes operatoires.* — Paris: J.-B. Bailliere et Fils, 1873. — 548 p.
27. Luo Y., Wang T., Fang H. Preliminary investigation of treatment of ulnar nerve defect by end-to-side neurorrhaphy // *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* — 1997. — V. 11. — P. 338—339.
28. Lutz B.S., Chuang D.C.C., Hsu J.C., Wei F.C. End-to-side neurorrhaphy: functional and double-labeling study in rat upper limb // *J. Reconstr. Microsurg.* — 1998. — V. 14. — P. 590.
29. Lykissas M.G., Korompilias A.V., Batistatou A.K. et al. Can end-to-side neurorrhaphy bridge large defects? An experimental study in rats // *Muscle Nerve.* — 2007. — V. 36. — P. 664—671.
30. Lykissas M.G. Current concepts in end-to-side neurorrhaphy // *World J. Orthop.* — 2011. — V. 2. — P. 102—106.
31. Matsumoto M., Hirata H., Nishiyama M. et al. Schwann cells can induce collateral sprouting from intact axons: experimental study of end-to-side neurorrhaphy using a Y-chamber model // *J. Reconstr. Microsurg.* — 1999. — V. 15. — P. 281—286.
32. Mc Callister W.V., Tang P., Smith J., Trumble T.E. Axonal regeneration stimulated by the combination of nerve growth factor and ciliary neurotrophic factor in an end-to-side model // *J. Hand Surg. (Amer.).* — 2001. — V. 26. — P. 478—488.
33. Mennen U. End-to-side nerve suture in clinical practice // *Hand Surg.* — 2003. — V. 8. — P. 33—42.
34. Noditi G., Siclovan H., Galosi L. et al. End-to-side neurorrhaphy in reconstruction of large posttraumatic defects of peripheral nerves // *TMJ.* — 2007. — V. 57. — P. 151—156.
35. Oswald T.M., Feng Zhang, Man-Ping Lei et al. Muscle flap mass preservation with end-to-side neurorrhaphy: an experimental study // *J. Reconstr. Microsurg.* — 2004. — V. 20. — P. 483—488.
36. Owen D.J., Logan A., Robinson P.P. A role for nerve growth factor in collateral reinnervation from sensory nerves in the guinea pig // *Brain Res.* — 1989. — V. 476. — P. 248—255.
37. Papalia I., Ronchi G., Muratori L. et al. Direct muscle neurotization after end-to-end and end-to-side neurorrhaphy. An experimental study in the rat forelimb model // *Neural Regener. Res.* — 2012. — V. 7. — P. 2273—2278.
38. Pozzan D.A. Contributo alla tecnica dell'anastomosi latero-laterale dei nervi periferici // *Arch. Ital. Chir.* — 1939. — V. 57. — P. 458—482.
39. Santamaria E., Wei F.C., Chen I.H., Chuang D.C. Sensation recovery on innervated radial forearm flap for hemiglossectomy reconstruction by using different recipient nerves // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1999. — V. 103. — P. 450—457.
40. Sebert M.E., Shooter E.M. Expression of mRNA for neurotrophic factors and their receptors in the rat dorsal root ganglion and sciatic nerve following nerve injury // *J. Neurosci. Res.* — 1993. — V. 36. — P. 357—367.
41. Shen H., Chung J.M., Chung K. Expression of neurotrophin-mRNAs in the dorsal root ganglion after spinal nerve injury // *Brain Res. Mol. Brain Res.* — 1999. — V. 64. — P. 186—192.
42. Slack J.R., Hopkins W.G., Williams M.N. Nerve sheaths and motoneurone collateral sprouting // *Nature.* — 1979. — V. 282. — P. 506—507.
43. Sterne G.D., Coulton G.R., Brown R.A. et al. Neurotrophin-3-enhanced nerve regeneration selectively improves

- recovery of muscle fibers expressing myosin heavy chains 2b // J. Cell Biol. — 1997. — V. 139. — P. 709—715.
44. Tarasidis G., Watanabe O., Mackinnon S.E., Strasberg S.R. et al. End-to-side neurorrhaphy resulting in limited sensory axonal regeneration in a rat model // Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. — 1997. — V. 106. — P. 506—5112.
 45. Terzis J.K., Tzafetta K. Outcomes of mini-hypoglossal nerve transfer and direct muscle neurotization for restoration of lower lip function in facial palsy // Plast. Reconstr. Surg. — 2009. — V. 124. — P. 1891—1904.
 46. Terzis J.K., Karypidis D. Outcomes of direct muscle neurotization in pediatric patients with facial paralysis // Plast. Reconstr. Surg. — 2009. — V. 124. — P. 1486—1498.
 47. Terzis J.K., Karypidis D. Outcomes of direct muscle neurotization in adult facial paralysis // J. Plast. Reconstr. Aesthet. Surg. — 2011. — V. 64. — P. 174—184.
 48. Tham S.K., Morrison W.A. Motor collateral sprouting through an end-to-side nerve repair // J. Hand Surg. (Amer.). — 1998. — V. 23. — P. 844—851.
 49. Torigoe K., Tanaka H. G., Takahashi A., Hashimoto K. Early growth of regenerating neuritis in acrylamide neuropathic mice: application of a film model // Brain Res. — 1997. — V. 746. — P. 269—274.
 50. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K., Mazzoni Neto A. Latero-terminal neurorrhaphy without removal of the epineural sheath. Experimental study in rats // Rev. Paul. Med. — 1992. — V. 110. — P. 267—275.
 51. Viterbo F. A new method for treatment of facial palsy: the cross-face nerve transplantation with end-to-side neurorrhaphy // Rev. Soc. Bras. Cir. Plast. Estet. Reconstr. — 1993. — V. 8. — P. 29—38.
 52. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K., Mazzoni Neto A. End-to-side neurorrhaphy with removal of epineural sheath: an experimental study in rats // Plast. Reconstr. Surg. — 1994. — V. 94. — P. 1038—1047.
 53. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K., Mazzoni Neto A. Two end-to-side neurorrhaphies and nerve graft with removal of the epineural sheath: experimental study in rats // Brit. J. Plast. Surg. — 1994. — V. 47. — P. 75—80.
 54. Viterbo F., Teixeira E., Hoshino K., Padovani C. R. End-to-side neurorrhaphy with and without perineurium // Sao Paulo Med. J. — 1998. — V. 116. — P. 1808—1814.
 55. Viterbo F., Amr A. H., Stipp E. J., Reis F. J. End-to-side neurorrhaphy: past, present, and future // Plast. Reconstr. Surg. — 2009. — V. 124(6 Suppl.): P. 351—358.
 56. Viterbo F., Salvio A. G., Griva B. L., Maciel F. O. The embracing end-to-side neurorrhaphy in rats // Acta Chir. Brasil. — 2012. — V. 27. — P. 260—265.
 57. Voche P., Quattara D. End-to-side neurorrhaphy for defects of palmar sensory digital nerves // Brit. J. Plast. Surg. — 2005ю — V. 58. — P. 239—244.
 58. Weber R. A., Dellon A. L. Nerve lacerations: repair of acute injuries // Hand Surgery: 1st Ed. — Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2004. — P. 819—846.
 59. Yamauchi T., Maeda M., Tamai S. et al. Collateral sprouting mechanism after end-to-side nerve repair in the rat // Med. Electron. Microsc. — 2000. — V. 33. — P. 151—156.
 60. Yoshitatsu S., Matsuda K., Yano K. et al. Muscle flap mass preservation by sensory reinnervation with end-to-side neurorrhaphy: an experimental study in rats // J. Reconstr. Microsurg. — 2008. — V. 24. — P. 479—487.
 61. Yuksel F., Peker F., Celikoz B. Two applications of end-to-side nerve neurorrhaphy in severe upper extremity nerve injuries // Microsurgery. — 2004. — V. 24. — P. 363—368.
 62. Zhang Z., Soucacos P. N., Bo J., Beris A. E. Evaluation of collateral sprouting after end-to-side nerve coaptation using a fluorescent double-labeling technique // Microsurgery. — 1999. — V. 19. — P. 281—286.
 63. Zhang Z., Soucacos P. N., Beris A. E., Bo J., Ioachim E., Johnson E. O. Long-term evaluation of rat peripheral nerve repair with end-to-side neurorrhaphy // J. Reconstr. Microsurg. — 2000. — V. 16. — P. 303—311.
 64. Zhang Z., Soucacos P. N., Bo J., Beris A. E., Malizos K. N., Ioachim E., Agnantis N. J. Reinnervation after end-to-side nerve coaptation in a rat model // Amer. J. Orthop. (Belle Mead NJ). — 2001. — V. 30. — P. 400—406; discussion 407.
 65. Zhao J. Z., Chen Z. W., Chen T. Y. Nerve regeneration after terminolateral neurorrhaphy: experimental study in rats // J. Reconstr. Microsurg. — 1997. — V. 13. — P. 31—37.

Поступила в редакцию _____.2013

Утверждена к печати _____.2013

Авторы:

Байтингер В. Ф. — д-р мед. наук, профессор, президент АНО «НИИ микрохирургии», г. Томск.

Байтингер А. В. — студент 6-го курса лечебного факультета, ГБОУ ВПО СибГМУ Минздрава России, г. Томск.

Контакты

Байтингер Владимир Федорович

e-mail: baitinger@mail.tomsknet.ru