

В. Ф. Байтингер, А. В. Байтингер
АНО «НИИ микрохирургии» (Томск)

«ЗОЛОТОЙ СТАНДАРТ» В ХИРУРГИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ

Описана история развития технологии шва нерва от эпинеурального до перинеурального и эпи-перинеурального. Анализируются известные проблемы реиннервации при использовании аутонервных вставок различной протяженности и происхождения (чувствительные нервы, двигательные, смешанные), а также кровоснабжаемых и некровоснабжаемых. Акцентируется внимание на факт фенотипических различий шванновских клеток чувствительных и двигательных нервов. Даны рекомендации по послеоперационному режиму ведения пациентов, которым был выполнен шов нерва.

Ключевые слова: шов нерва, аутонервные вставки, шванновские клетки.

Шов нерва представляет большой интерес для практической нейрохирургии и травматологии не только в связи с большой частотой их повреждения, например, при травме кисти, но и в связи с тем, что практикующие врачи нередко не могут сопоставить свою работу с теми фундаментальными биологическими процессами, которые происходят в поврежденных и сшитых различными способами нервах (17,34). Между тем, восстановительная хирургия повреждений периферических нервов, например перерыва срединного нерва на уровне предплечья – довольно дорогостоящая технология. В Швеции по L.V. Dahlin (8) – около 50 000 евро. Разумеется, такие расходы (страховка) не должны разочаровать пациента, но должны предполагать получение хорошего результата лечения.

В настоящее время основным оперативным приемом, как и 50-60 лет назад, остается эпинеуральный шов. Задача этой операции состоит в точном противопоставлении и удержании в соприкосновении поперечных срезов центрального и периферического концов пересеченного нервного ствола с помощью швов, накладываемых на эпинеурий (Рис. 1,2).

Историческая справка. Наиболее интересную справку по этому вопросу недавно представила лидер современной микрохирургии периферических нервов, руководитель отделения пластической и реконструктивной хирургии медицинской школы Вашингтонского университета Susan E. Maskinon et al. (16). По ее данным "пальма первенства" в разработке технологии эпинеурального шва принадлежит следующим врачам-хирургам. Прежде всего, Павлу Эгинскому (Paul of Aegina) – александрийскому врачу и хирургу эпохи Византийской империи (7 век н.э.), который впервые сшил два

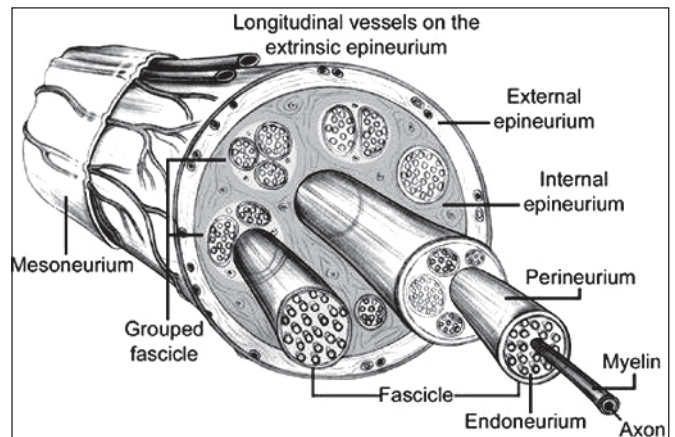


Рис. 1. Схематический рисунок строения периферического нерва по R.A.Weber,A.L.Dellon(34)

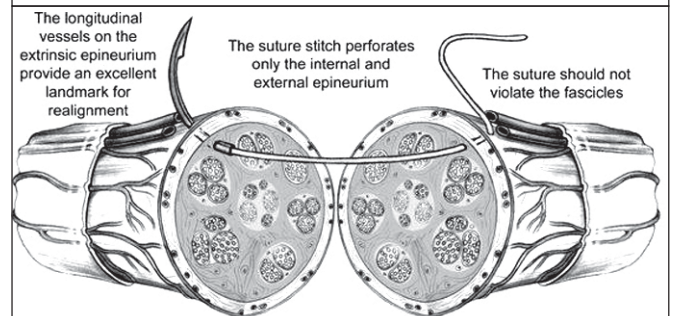


Рис. 2. Схема выполнения эпинеурального шва нерва конец-в-конец по R.A. Weber, A.L.Dellon(34).



Рис. 3. Пионеры хирургии периферических нервов: Auguste Nelaton (1807-1873), Stanislaus Laugier (1799-1872), Sir James Paget (1814-1899).

конца пересеченного нерва конским? волосом. В 19 веке появились первые научные работы, обосновывающие технологию сшивания концов поврежденных периферических нервов. Пионерами в этом направлении были французские хирурги Auguste Nelaton (1807-1873), Stanislaus Laugier (1799-1872) и немецкий травматолог, крупный специалист в области хирургии суставов – Carl Hueter (1838-1882) (Рис.3,4). На V конгрессе



Рис. 7. Знаменитый английский физиолог и морфолог Augustus Volney Waller (1816-1870).

резки в настоящее время с достаточным основанием стал называться валлеровской дегенерацией (Рис.8). Этот процесс происходит неизбежно, независимо от сроков соединения концов нерва, даже если выполнить шов нерва в первые секунды после его пересечения!

Схема процесса дегенерации нервного волокна после пересечения нерва и при регенерации после шва нерва представлена по М. Mumenthaler and Н. Schliack (21) на рис. 8. В периферическом конце пересеченного нерва уже в первые часы после повреждения нерва происходят морфологические изменения сначала в толстых миелиновых волокнах в виде дезинтеграции миелиновой оболочки, которая выражается ее расслоением и появлением вакуолей. В осевых цилиндрах (аксонах) начинается процесс фрагментации. Основная масса аксонов теряет свою

непрерывность в течение 4-7 дней. В шванновских клетках уже на вторые сутки набухают ядра, увеличивается объем цитоплазмы. Через 4-6 дней наблюдается учащение кариокинезов. Делящиеся шванновские клетки в области повреждения нерва образуют своеобразные клеточные тяжи, окруженные футлярами коллагеновых волокон («бюнгнеровские ленты»). Шванновские клетки и полибласты (макрофаги), происходящие из лимфоцитов и гистиоцитов соединительнотканых оболочек поврежденного нерва, захватывают фрагменты аксонов и миелиновых оболочек. В периферическом отрезке нерва площадь сечения «пустых аксональных трубок» (периневральных влагалищ) уменьшается на 25-40%. Эти атрофические изменения в периферическом отрезке приостанавливаются и подвергаются обратному развитию, если в него врастают регенерирующие нервные волокна из проксимального конца нерва.

Уже в первые часы после травмы (пересечения) нерва на небольшом участке проксимального конца начинается процесс ретроградной дегенерации в пределах нескольких шванновских клеток (длина одной клетки около 1 мм). В этих пределах происходит расслоение миелиновой

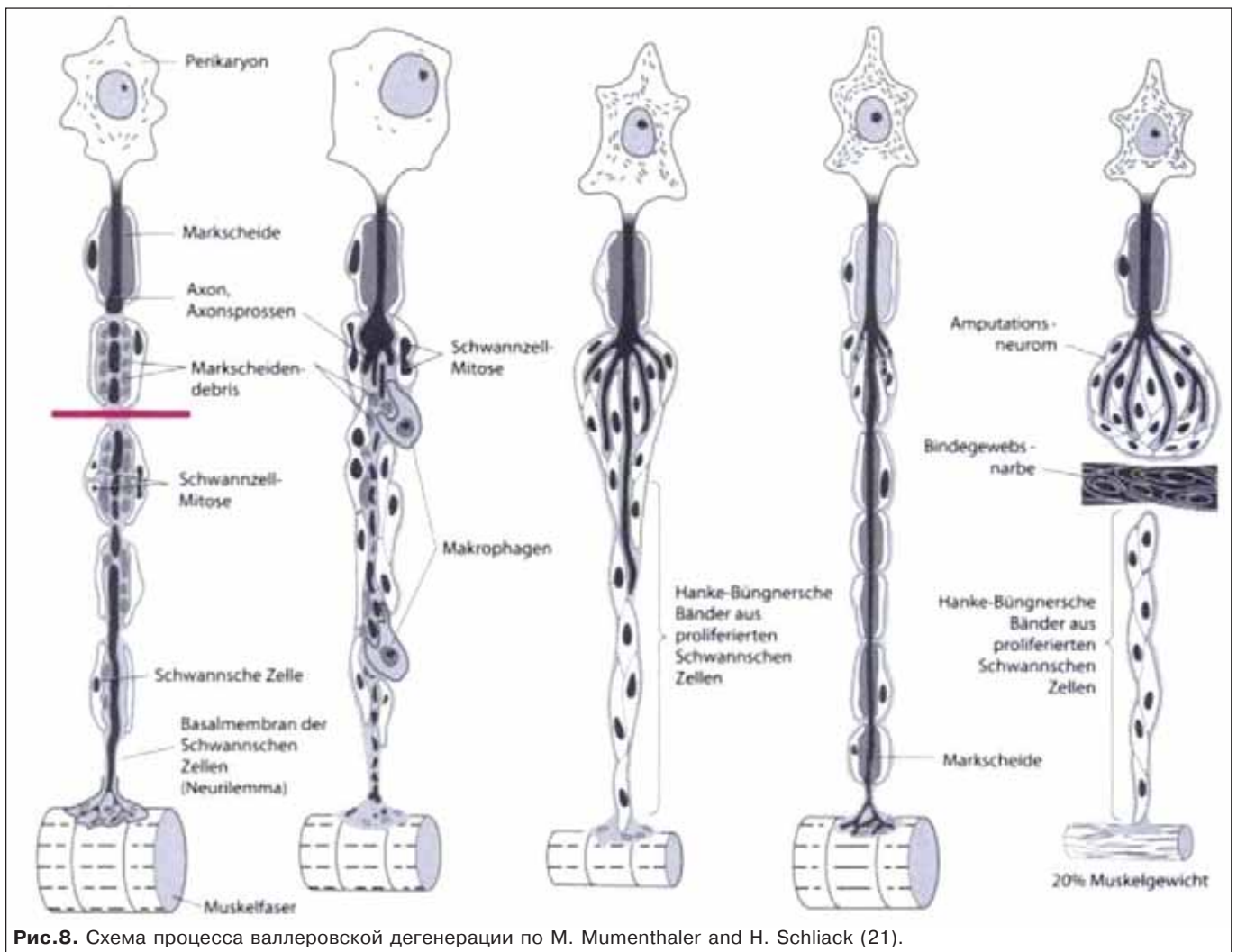


Рис.8. Схема процесса валлеровской дегенерации по М. Mumenthaler and Н. Schliack (21).

(лидер), n. cutaneus antebrachii lateralis et medialis, n. cutaneus femoris posterior, n. saphenous, n. cutaneus femoris lateralis, n. auricularis magnus, ramus superficialis n. radialis (7,18,20,32) В 1976 году G.I. Taylor, F.J. Nam (30) впервые представили микрохирургическую технологию пересадки кровоснабжаемой аутонервной вставки. Концепция кровоснабжаемых аутонервных вставок разрабатывалась в надежде, что такая технология будет более эффективной (регенерация нерва), чем использование некровоснабжаемых. Донорскими нервами для этой технологии стали: n. suralis, ramus superficialis n. radialis, n. tibialis anterior, n. peroneus superficialis, n. saphenous, n. ulnaris (31). В настоящее время считается, что кровоснабжаемые аутонервные вставки лучше, чем некровоснабжаемые (24,29). По данным Г.М. Ходжамуродова с соавт. (2) в настоящее время существуют специальные показания к применению кровоснабжаемых аутонервных вставок, например, реверсивного свободного нейровенозного комплекса икроножного нерва, а именно, при дефекте локтевого сосудисто-нервного пучка в дистальной трети предплечья, при дефекте плечевой артерии и срединного нерва на уровне плеча и при дефекте срединного нерва и локтевого сосудисто-нервного пучка. Кровоснабжаемую аутонервную вставку латерального кожного нерва предплечья можно брать в составе свободного лучевого лоскута, с помощью которого на другой конечности можно одновременно реконструировать дефект срединного нерва в средней трети предплечья и закрыть мягкотканый дефект. Иногда используют сегмент кровоснабжаемого локтевого нерва в виде целого ствола (в два этапа) при одномоментном дефекте срединного и локтевого нервов в области предплечья с необратимой атрофией собственных мышц кисти. Длина используемого трансплантата не ограничена!

Нельзя не сказать о двух интересных научных фактах, которые в будущем могут сыграть важную роль в дизайне исследований по регенерации нервов, а именно: существование различий шванновских клеток чувствительных и моторных нейронов, а также различий в функциональных результатах экспериментальных операций реконструкции дефектов нервов в зависимости от аутонервной вставки — лучшие результаты регенерации происходят вдоль моторных нервных графтов, нежели вдоль смешанных или, хуже того, чувствительных (5). В 2012 году Jesuraj N.J. et al.(10) были доказаны фенотипические различия шванновских клеток чувствительных и двигательных нервов у крыс (различия в генной экспрессии).

С 1917 года обсуждается и изучается тема так называемого «фасцикулярного шва нерва» — шва

отдельных нервных пучков в толще нервного ствола (12). В 1967 году F.M. Vora (4) впервые в эксперименте на кошках продемонстрировал технологию микрохирургического периневрального шва фасцикулярных групп. Затем были проведены многочисленные экспериментальные исследования сравнительного характера. Одни исследователи доказывали, что периневральные швы дают лучшие функциональные результаты, чем эпиневральные швы (22), другие доказывали отсутствие различий в процессах регенерации нерва после выполнения эпи — либо периневрального шва (6,11,23).

Послеоперационное ведение пациентов

Считается разумным, что после восстановления нерва (шов нерва конец-в-конец, аутонервная вставка) необходима защита операционной раны иммобилизацией. Ее продолжительность может быть от 10-14 дней до 6 недель в зависимости от локализации повреждения нерва и риска натяжения реконструированного нерва. После периода иммобилизации начинается реабилитационный период выполнением полных пассивных, а затем активных движений в функционирующих соседних суставах. Процесс прорастания аксонов контролируется вызванным симптомом Тинеля. По данным наших исследований ранними признаками регенерации периферических нервов является восстановление безмиелиновых сосудодвигательных нервных волокон (28). Этот процесс регистрируется по данным лазерной флоуметрии кровотока в сосудах кожи денервированной зоны (пальцах кисти). Особенность повреждения чувствительных нервов состоит в прекращении поступления информации (афферентации) с периферии в головной мозг. В связи с «функциональным выпадением» определенного участка в коре головного мозга, ответственного, например, за кисть, очень важен процесс переучивания по соответствующей технологии, разработанной в 2008 году G.Lundborg, A. Bjorkman, B. Rosen (15). Необходим специальный тренинг, который надо начинать очень рано и до восстановления чувствительности кожи. В этой связи результат во многом зависит от мотивации пациента! Процесс прорастания двигательных нервов регистрируется методом электромиографии. Реабилитация после восстановления периферических нервов верхней конечности включает также тщательную оценку результатов операции (восстановление чувствительной и двигательной функции) и коррекцию (при необходимости) различных форм дискомфорта, таких как боль, allodynia, cold intolerance. На процесс регенерации влияют многие факторы: локализация повреж-

дения, характер повреждения (резаный, тракционный и др.) и, конечно, возраст пациента. Он один из самых главных факторов. Считается, что более чем 50% различий в восстановлении чувствительности при одинаковом повреждении нерва (уровень, механизм и др.) определяется именно возрастом. У молодых пациентов результаты всегда лучше (26).

Таким образом, шов нерва конец-в-конец, использование аутонервных вставок в дефекты периферических нервов остаются «золотым стандартом» в хирургии периферических нервов верхней конечности. Дальнейшие перспективы в улучшении результатов многие исследователи связывают с применением тканеинженерных технологий. Однако, это пока экспериментальные исследования, хотя уже весьма успешные.

Литература

1. Григорович К.А. Хирургическое лечение поврежденных нервов. М.: Медицина, 1981. – 304 с.
2. Ходжамуродов Г.М., Одинаев М.Ф., Раджабов М. Опыт применения васкуляризированных трансплантатов для пластики дефектов нервных стволов верхних конечностей// *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии*, 2012, № 3, с. 78-83.
3. Albert E. Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen und Medizinischen Vereins in Innsbruck, 1878, Bd.9, S.97.
4. Bora F.M. Peripheral nerve repair in cats. The fascicular stitch// *J. Bone Joint Surg.*, 1967, v.49A, p.659-666.
5. Brenner M.J., Hess J.R., Myckatyn T.M. et al. Repair of motor nerve gaps with sensory nerve inhibits regeneration in rats// *Laryngoscope*, 2006, v. 116, № 9, p. 1685-1692.
6. Cabaud H.E., Rodkey W.G., McCarroll H.R. et al. Epineural and perineural fascicular nerve repairs: a critical comparison// *J. Hand Surg. (Amer)*, 1976, v.1, p.131-137.
7. Chin D.T.W., Ishii C. Management of peripheral nerve injuries// *Orthop. Clin. North Amer.*, 1986, v.17, p. 365-373.
8. Dahlin L.B. Techniques of peripheral nerve repair// *Scand. J. Surg.*, 2008, v.97, №4, p.310-316.
9. Hueter C. (1873) By Millesi H. Reappraisal of nerve repair// *Surg. Clin. North Amer.*, 1981, v.61, p. 321-340.
10. 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, № 1, p. 96-104.
11. Kline D.G., Hudson A.R., Bratton B.R. Experimental study of fascicular nerve repair with and without epineural closure// *J. Neurosurg.*, 1981, v.54, p. 513-520.
12. Langley J.N., Hashimoto M. On the suture of separate nerve bundles in the nerve trunk and on internal nerve plexus// *J. Physiol. (London)*, 1917, v.51, p.318.
13. Langenbeck B. von, Hueter V.L. In: *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft fuer Chirurgie. V Congress*, 1854, S 106.
14. Letievant J.J.E. *Traite des Sections nerveuses*. Paris: J.B. Bailliere et fils, 1873.
15. Lundborg G., Bjorkman A. Cortical effects of nerve injury. In: *Upper extremity nerve repair- tips and techniques: A master skills publication*. Slutsky D, Ed. ASSH.2008, p.29-37.
16. Mackinnon S.E. et al (2012) [Http://emedicine.medscape.com/article/1270360-overview](http://emedicine.medscape.com/article/1270360-overview).
17. Mafi P., Hindocha S., Dhital M. and Saleh M. Advances of peripheral nerve repair techniques to improve hand function: a systematic review of literature// *Open Orthop. J.*, 2012, v.6 (Suppl. 1: M7), p.60-68.
18. Millesi H. Fascicular nerve repair and interfascicular nerve grafting. In: R.K. Daniel and J.K. Terzis (Eds.) *Reconstructive microsurgery*. Boston: Little, Brown and Co, 1977, p. 430-442.
19. Millesi H. Reappraisal of nerve repair// *Surg. Clin. North Amer.*, 1981, v. 61, p.321-340.
20. Millesi H. Nerve grafting. In: J.K. Terzis (Ed) *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1987. – p.223-237.
21. Mumenthaler M. and Schliack H. *Peripheral nerve lesions*. Stuttgart: Thieme, 1990.
22. Orgel M.G., Terzis J.K. Epineural vs perineural repair: an ultrastructural and electrophysiological study of nerve regeneration// *Plast. Reconstr. Surg.*, 1977, v.60, p.80-91.
23. Orgel M.G. Epineural versus perineural repair of peripheral nerves// In: J.K. Terzis (Ed.) *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1987, p.97-100.
24. Ozcan G., Shenaq S., Spira M. Study of microcirculation of rat femoral nerve and development of a new vascularized nerve graft model // *J. Reconstr. Microsurg.*, 1991, v.7, p. 133-138.
25. Pabari A., Shi Yu Yang, Seifalian A.M. et al. Modern surgical management of peripheral nerve gap// *J. Reconstr. Aesthet. Surg.*, 2010, v.63, p.1941-1948.
26. Rosen B., Lundborg G. Sensory re-education following nerve repair. In: *Upper extremity nerve repair – tips and techniques: a master skills publication*. Slutsky D. (Ed.), ASSH 2008, p. 159-178.
27. Seryakov V., Baitinger V., Galashov A. et al. Axonal regeneration stimulated by D,L – carnitine: an experimental study on rabbits. In: *9th Congress of the European Federation of Societies for Microsurgery*. Turku, 2008, p. 47.
28. Seryakov V., Baitinger V., Dostovalova O. et al. Early functional signs of forearm peripheral nerves regeneration. In: *6th Congress of the World Society for Reconstructive Microsurgery*. Helsinki, 2011, p.119-120.
29. Shibata M., Tsai T.M., Firrell J., Breidenbach W.C. Experimental comparison of vascularized and nonvascularized nerve grafting// *J. Hand Surg. (Amer.)*, 1988, v. 13, p. 358-365.
30. Taylor G.I., Ham F.J. The free vascularized nerve graft: a further experimental and clinical application of microvascular techniques// *Plast. Reconstr. Surg.*, 1976, v.57, p. 413-426.
31. Terzis J.K., Breidenbach W.C. The anatomy of free vascularized nerve grafts. In: J.K. Terzis (Ed.) *Microreconstruction of nerve injuries*. Philadelphia: W.B. Saunders, 1987, p. 101-116.
32. Terzis J.K., Smith K.L. *The peripheral nerve. Structure, function, reconstruction*. Raven Press, New York, 1990, p. 127.
33. Tornau E. Beitrag zur Cazuistik der Nervennaht mit Beruecksichtigung der secundar Nervennaht. Inaug. Diss. Konigsberg, 1898.
34. Weber R.A., Dellon A.L. Nerve lacerations: repair of acute injuries. In: *Hand Surgery. 1st Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, 2004, p.819-846.
35. Wilgis E.F., Murphy R. The significance of longitudinal excursion in peripheral nerves// *Hand Clin.*, 1986, v.2, p. 761-766.