

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

V. F. Baitinger, A. V. Baitinger

## END-TO-SIDE NERVE SUTURE: STRATEGY OF «OBTAINING» AXONES FROM THE INTACT NERVE (PART I)

АНО «НИИ микрохирургии», г. Томск  
© Байтингер В. Ф., Байтингер А. В.

Впервые в отечественной литературе дана подробная историческая справка по шву нерва конец-в-бок, для которого в силу неизученности ряда фундаментальных вопросов регенерации не определены клинические показания.

**Ключевые слова:** шов нерва конец-в-конец, шов нерва конец-в-бок, терминальная реиннервация, коллатеральная реиннервация.

For the first time in home literature, detailed historical information concerning the end-to-side nerve suture is given, clinical indications for which are not cleared because a number of fundamental issues of regeneration are not studied.

**Key words:** end-to-side nerve suture, terminal reinnervation, collateral reinnervation.

УДК 616.8-091.931-089.819.84

Шов нерва конец-в-конец без сомнения остается основным оперативным пособием при травмах периферических нервов конечностей, а восполнение дефекта нерва аутотрансплантатом — «золотым стандартом» хирургии периферических нервов. В настоящее время четко сформулированы те проблемы в технологии шва нерва конец-в-конец, которые в силу морфологической и биологической обусловленности преодолеть практически невозможно. Речь идет, прежде всего, о следующих: а) степени натяжения сшиваемых концов нерва и показаниях к аутопластике, а также размере аутонервных графтов, б) приоритете кровоснабжаемых либо некровоснабжаемых аутонервных вставок, в) невrome в месте соединения нерва конец-в-конец и влиянии различных факторов на ее развитие и выраженность, г) сроках реиннервации таргетных зон, д) принципиальной возможности стимуляции регенерации нерва после выполнения шва нерва.

Цель нашей работы состояла в анализе вышеперечисленных проблем с точки зрения огромного собственного клинического материала, а также результатов научных (экспериментальных)

исследований, проведенных в Институте микрохирургии (Томск) за период 2000—2013 гг. Этот анализ, в конечном счете, мы проводили с позиции сравнений между «терминальной» и «коллатеральной» реиннервациями, т. е. между швами нерва конец-в-конец (terminal neurotaphy) и конец-в-бок (termino-lateral neurotaphy).

### ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА О ШВЕ НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК

Самую подробную справку об истории разработки и применении шва нерва конец-в-бок представили знаменитые бразильские микрохирурги — W. F. Huaraca, F. Viterbo (интернет-издание на [www.medicosecuador.com](http://www.medicosecuador.com)), а также итальянские микрохирурги — I. Rapalia et al. [14]. Считается, что первым исполнителем этого шва был французский хирург Eugene-Armand Despres (1834—1896), который в 1876 г. восстановил пациенту поврежденный срединный нерв путем внедрения дистального его конца через сформированное «эпинеуральное окно»



**Рис. 1. Despres Eugene-Armand (1834—1896) — первый исполнитель шва нерва конец-в-бок в условиях клиники: дистальный конец срединного нерва в бок локтевого нерва**



**Рис. 2. Сокращения мимических мышц, ассоциированные с подъемом верхней конечности на стороне операции после шва нерва конец-в-бок: дистальный конец лицевого в бок добавочного (по R. Kennedy, 1899)**

в локтевом нерве и зафиксировав его между фасцикулами этого нерва (рис. 1). Первое экспериментальное исследование шва нерва конец-в-бок было выполнено G. C. Huber [8] в 1895 г. Автор вшивал проксимальный конец пересеченного срединного нерва в бок локтевого нерва, но не получил доказательств регенерации нерва и восстановления функции таргетной зоны срединного нерва. В 1901 г. в журнале «Phil. Trans. R. Soc. Lond.» была опубликована статья R. Kennedy [9] с описанием клинического случая (1899), когда пациента со спазмом лицевой мускулатуры лечили пересечением лицевого нерва и включением его периферического (дистального) конца конец-в-бок в спинальную порцию добавочного нерва. Результат этого лечения был положительным, спазм был купирован, хотя в ряде случаев наблюдались транзиторные сокращения мимических мышц, ассоциированных с подъемом верхней конечности на стороне операции (рис. 2). Вскоре появилась первая работа по хирургическому лечению «акушерского» паралича плечевого нервного сплетения у детей [10].

В связи с тем, что лечение паралича мимических мышц (реанимация лица) при повреждении лицевого нерва всегда имело и имеет огромный интерес как со стороны пациентов, так и со стороны врачей, имя Charles Alfred Ballance



**Рис. 3. Charles Alfred Ballance (1856—1936) — основатель хирургии лицевого нерва (реанимации лица)**

(1856—1936) — основателя хирургии лицевого нерва с использованием технологии шва нерва конец-в-бок (1901), является в настоящее время наиболее известным и цитируемым (рис. 3).

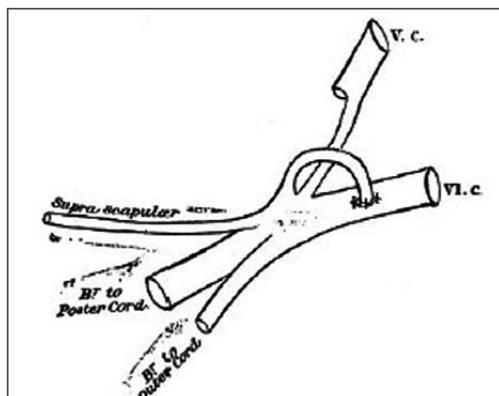


Рис. 4. Шов нерва конец-в-бок в хирургии плечевого нервного сплетения (по W. Harris, V. W. Low, 1903)

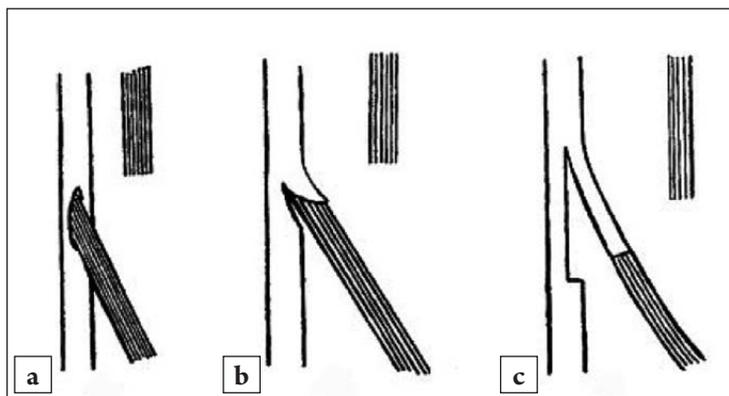


Рис. 5. Классификация способов восстановления пересеченных нервов по J. Sherren (1906): а — дистальный конец поврежденного нерва в вертикальный продольный разрез эпинеурia в донорском нерве; б — глубокий косой разрез в донорском нерве, позволяющий произвольно отделить часть его нервных волокон для соединения с дистальной культей поврежденного нерва; с — вариант отделения «нервного локуса» для шва с дистальным концом поврежденного нерва

На родине, в Англии, его чтут не только как великолепного врача, но и как первого президента Society of British Neurological Surgeons. Он проводил коррекцию паралича лицевого нерва в два этапа:

1) выполнение анастомоза дистального конца механически поврежденного лицевого нерва конец-в-бок со спинальной ветвью добавочного нерва;

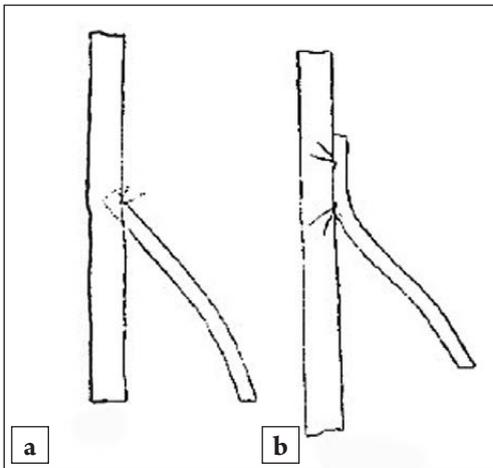
2) через три-десять лет после операции — разобщение ассоциированных движений надплечья и мимической мускулатуры путем пересечения ствола спинальной порции добавочного нерва сразу дистальнее первого анастомоза (конец-в-бок) с немедленным восстановлением конец-в-конец спинальной порции добавочного нерва.

Через 3 месяца после разобщения пациенты могли в полном объеме произвольно сокращать все мышцы реиннервированной стороны лица [3]. Еще в 1903 г. Ch. Ballance [2] сообщил о серии наблюдений по лечению паралича лицевого нерва путем выполнения анастомоза между дистальным сегментом поврежденного лицевого нерва и другим, здоровым, нервом: 6 случаев с анастомозом лицевого нерва конец-в-бок со спинальной ветвью добавочного и 1 — с анастомозом лицевого нерва конец-в-бок с подъязычным нервом. В этом же году появилась работа W. Harris, V. W. Low [7] о применении анастомоза конец-в-бок в лечении повреждения плечевого нервного сплетения (верхнего ствола) у трех пациентов (2 взрослых, 1 ребенок). Лечение пациентов состояло в выполнении анастомоза конец-в-бок дистального

конца продольно выделенной части корешка C5 в бок неповрежденного корешка C6 (рис. 4). Результат этой операции был неудовлетворительным. J. Sherren [18] предложил классификацию различных способов восстановления пересеченных нервов, когда невозможно было сопоставить оба конца для шва конец-в-конец (рис. 5). После этой работы почти 20 лет не было ни одной публикации о шве нерва конец-в-бок. В 1922 г. появилось сообщение об успешном излечении пациента с протяженным дефектом локтевого нерва после выполнения двух анастомозов: концы локтевого нерва в бок целого (сохранного) срединного нерва [17]. В 1923 г. H. Platt and W. R. Bristow [15] сообщили о 7 клинических случаях, когда дистальный конец поврежденного локтевого нерва имплантировали в сохраненный срединный нерв, не получив положительного результата. Все это послужило прекращению на многие десятилетия клинических испытаний шва нерва конец-в-бок. С 1900 по 1992 гг. в разных странах проводились только немногочисленные экспериментальные исследования этого вида анастомоза. Например, в 1900 году была опубликована статья P. Manasse [13] об экспериментальных исследованиях на собаках, когда периферический конец пересеченного лицевого нерва вшивался в бок добавочного нерва. У 3 из 5 собак произошло частичное восстановление функции парализованных мышц. По данным R. Gatta [6], в первой декаде XX века известный венский травматолог-ортопед, специалист в области хирургии периферических не-



**Рис. 6.** Hans Spitzzy (1872—1956) — австрийский травматолог-ортопед, впервые выполнивший шов нерва конец-в-бок на нижней конечности (дистальный конец малоберцового в бок большеберцового)



**Рис. 7.** Схема швов нерва конец-в-бок и бок-в-бок по R. Gatta (1938)

рвов Hans Spitzzy (рис. 6) сообщил о результатах экспериментальных исследований на собаках, посвященных разработке новой технологии лечения травм малоберцового нерва. Он выполнял шов дистального конца пересеченного малоберцового нерва в бок целого, неповрежденного, большеберцового нерва. В своих гистологических исследованиях Н. Spitzzy не обнаружил регенерацию нервных волокон из большеберцового в малоберцовый. Позднее были опубликованы еще две ра-

боты, посвященные экспериментальному изучению шва нерва конец-в-бок — double end-to-side anastomosis у различных животных, включая обезьян [4, 17]. Были получены морфологические и физиологические доказательства эффективности этой технологии при реконструкции дефектов нервных стволов. Кроме этого, гистологические доказательства регенерации нервных волокон после выполнения у кроликов анастомоза пересеченного малоберцового нерва с целым большеберцовым нервом конец-в-бок либо бок-в-бок были получены R. Gatta [6] (рис. 7). С помощью метода импрегнации серебром по Сажал были получены нейрогистологические доказательства богатой регенерации нервных волокон в малоберцовом нерве с прекрасными результатами именно при шве нерва бок-в-бок. Успешную регенерацию нервных волокон вдоль малоберцового нерва наблюдали и в третьей экспериментальной группе, в которой шов нерва бок-в-бок был выполнен не сразу, а через 1 месяц после пересечения нерва. Это доказывает, что задержка с восстановлением нервов не ухудшает в итоге хирургический результат. R. Gatta [6] считал, что «отделение» некоторых донорских нервных волокон большеберцового нерва — основа богатого регенеративного процесса наблюдаемого в культе подшитого малоберцового нерва.

Таким образом, шов нерва конец-в-бок был известен хирургам с конца XIX века, однако научные исследования этого способа были отложены более чем на 50 лет. Яркая критика этого шва восходит к авторитетному среди многих специалистов Руководству S. Sunderland «Nerves and Nerve Injuries» [19]. По поводу этой технологии автор писал, что она прошла: «путь от кратковременного удовлетворения результатами и даже популярности до признания бесполезности ее использования и без призывов к дальнейшему ее изучению. Тем не менее, все предшествующие исследования можно рассматривать в качестве предварительных для более тщательной разработки других вариантов кросс-графтинга». Ситуация изменилась недавно, после выхода в свет последнего издания книги G. Lundborg «Nerve Injury and Repair» [12], где автор уделил большое внимание анастомозу конец-в-бок и его клиническому применению. Он сделал осторожный, но оптимистичный вывод, «что анастомоз конец-в-бок — важный и новый инструмент, который может быть использован в очень специфических ситуациях, в которых рутинные хирургические методы, такие как нерв-графтинг и/или мышечный трансфер, не способны разрешить



Рис. 8. Fausto Viterbo — известный бразильский микрохирург, повторно открывший шов нерва конец-в-бок в 1992 г.

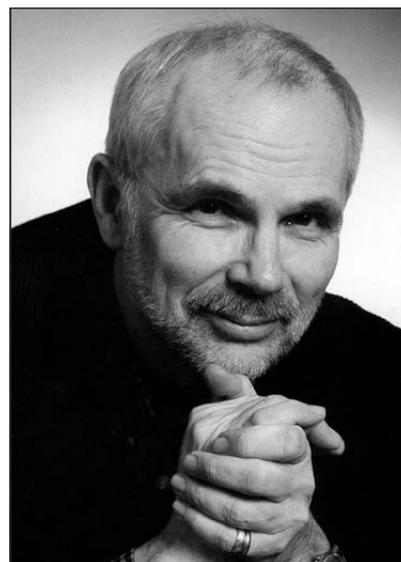


Рис. 9. Известный шведский микрохирург Goran Lundborg, лидер исследований микрососудистого русла периферических нервов при их травмах

возникшую проблему. История может подтвердить энтузиазм, выраженный рядом авторов, только в случае получения постоянных позитивных клинических результатов».

#### ПОВТОРНОЕ «ОТКРЫТИЕ» ШВА НЕРВА КОНЕЦ-В-БОК

Это общепризнанное событие связано с именами двух известных микрохирургов: бразильского — Fausto Viterbo (рис. 8) и шведского — Goran Lundborg (рис. 9). Результатами своих экспериментальных исследований они снова заставили обратить внимание исследователей на технологию шва нерва конец-в-бок [11, 20—22]. Был дан мощный толчок к проведению новых экспериментальных и клинических исследований по реконструктивной хирургии периферических нервов [1, 12, 16, 24]. Заметим, что F. Viterbo et al. [20] в своих исследованиях указывал, что он делал шов нерва конец-в-бок без создания «окна» в эпиневрии донорского нерва. Его утверждение, что неповрежденные аксоны можно стимулировать для проникновения через интактный эпиневрив в подшитый поврежденный нерв привели к серии исследований механизма этого феномена и его потенциального применения в реконструктивной хирургии. По данным G. Lundborg [11], как моторные так и сенсорные аксоны могут

генерировать коллатеральный спрутинг для реиннервации поврежденного реципиентного нерва. На рис. 10 представлен продольный гистологический срез после выполнения шва нерва конец-в-бок у крысы без «перинеурального окна» [5]. Суть эксперимента состояла в пересечении малоберцового нерва и выполнении шва нерва конец-в-бок между дистальным концом этого нерва и прилежащим большеберцовым нервом. Проксимальный конец малоберцового нерва перевязывали, исключая его из процесса восстановления. Через 6 недель с помощью широко используемой технологии HRP-WGA для отслеживания регенерации нервных проводников, была доказана реиннервация дистального конца малоберцового нерва (рис. 10). Эта реиннервация не происходила из аксонов фасцикулов большеберцового нерва, расположенных в соседстве с эпиневрием этого нерва. Реиннервация происходила вдоль, по наружной поверхности эпиневрия большеберцового нерва. Исследования спинного мозга методом HRP-WGA подтвердили, что из проксимальной культи малоберцового нерва выходили аксоны, которые регенерировали вниз по эпиневриву большеберцового нерва (показано стрелками) и далее входили в конец коапированного малоберцового нерва. Дистальный конец малоберцового нерва был, таким образом, реиннервирован аксонами, которые клинически никак не будут себя проявлять. Тайваньские ученые [23]

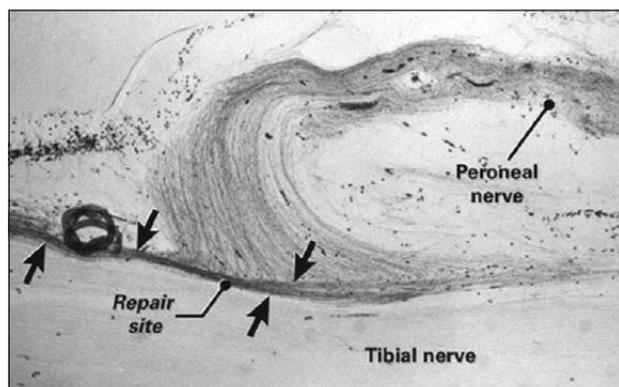


Рис. 10. Шов нерва конец-в-бок у крысы без «периневрального окна» (технология HRP-WGA): дистальный конец малоберцового нерва в бок большеберцового по Т.М. Brushart (2011). Аксоны интактного большеберцового нерва непосредственно не проникают в дистальную культю коапированного малоберцового нерва

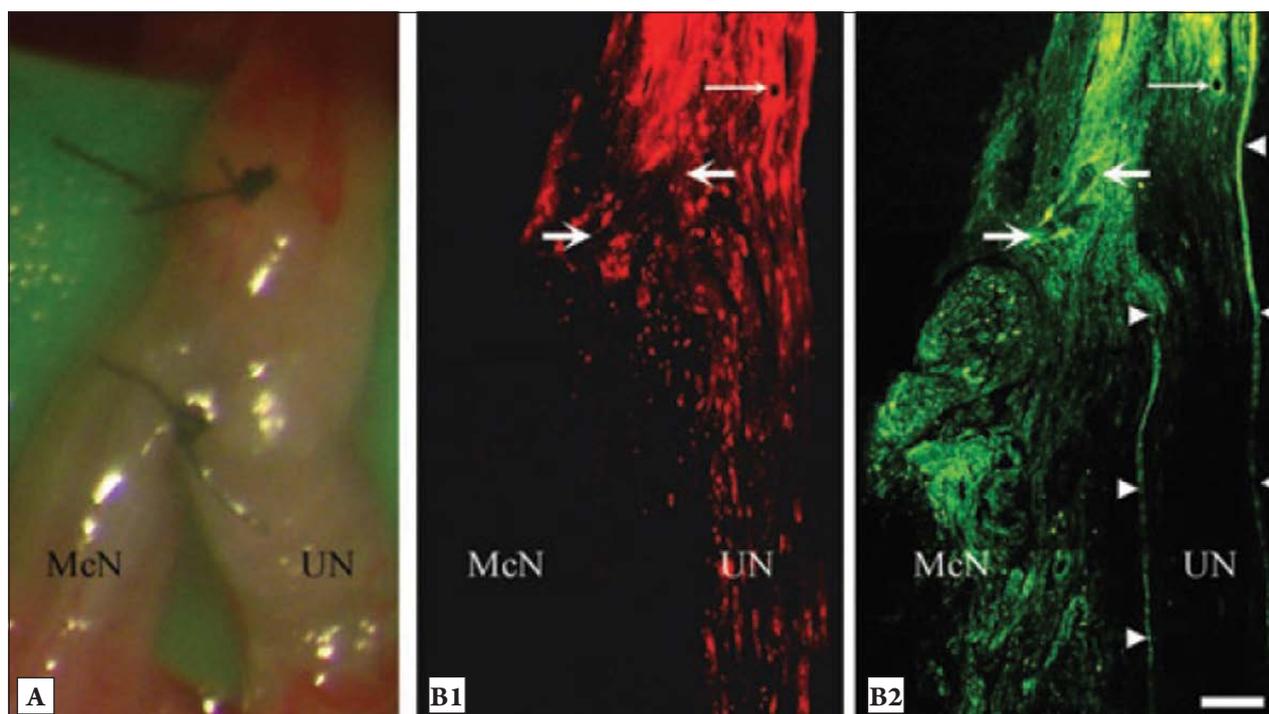


Рис. 11. Термино-латеральная реиннервация мышечно-кожного нерва у мыши (шов нерва конец-в-бок через «эпиневральное окно») при коаптации мышечно-кожного нерва в бок локтевого по Wen-Chieh Liao et al. (2009): McN — мышечно-кожный нерв; U — локтевой нерв. Демонстрация роста нервных волокон из интактного донорского нерва в реципиентный: А — шов нерва с узлами за эпиневрив; В1, В2 — продольные срезы через шов нерва конец-в-бок с различными ретроградными метками. В1 — красная (DiI) флуоресценция из отдаленного участка дистального отдела локтевого нерва в его проксимальный отдел. В2 — ретроградно меченые с помощью FB нервные волокна (желто-зеленая флуоресценция) из локтевого нерва в коапированный конец-в-бок мышечно-кожный (McN) нерв. Толстыми стрелками на В1 и В2 показаны границы выполненного шва, тонкой стрелкой — поперечный срез сосуда, треугольными стрелками на В2 обозначена вся толщина эпиневрального слоя. Справа внизу на В2 — цена деления для определения увеличения (для рис. А — 360 мкм, для В1и В2 — 130 мкм)

в эксперименте на мышах показали, что через 4 месяца после выполнения шва нерва конец-в-бок через «эпиневральное окно» между мышечно-кожным (конец) и локтевым (бок) нервами происходит другой вариант реиннервации, а именно, рост нервных волокон из проксимального участка интактного донорского нерва (локтевого)

в коапированный реципиентный нерв (мышечно-кожный) (рис. 11). Природа пока неизвестного процесса, при котором аксоны «тащатся» из интактного (донорского) нерва в поврежденный реципиентный, будет решающим фактором результата, которого ждут не только экспериментаторы, но и клиницисты.

Таким образом, исторический анализ доступной нам литературы показал, что шов нерва конец-в-бок был известен уже в XIX веке, однако в связи с разноречивыми данными по клиническим результатам, эта технология была забыта и только через 50 лет о ней вспомнили вновь. Стимулом к этому были экспериментальные исследования с формулированием на их основе концепции коллатерального спрутинга (collateral sprouting) при термино-латеральной регенерации. G. Lundborg в своей

книге «Nerve Injury and Repair» [12] писал: «... хотя и допускалась возможность существования термино-латеральной регенерации нерва после выполнения шва нерва конец-в-бок, однако клинические показания для его применения до появления этой инновационной научной концепции (речь о коллатеральном спрутинге) не были определены; возможно, при других обстоятельствах его бы уже включали в арсенал рутинных хирургических методов восстановления периферических нервов».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Al-Qattan M. M. Terminolateral neurorrhaphy: Review of experimental and clinical studies // *J. Reconstr. Microsurg.* — 2001. — Vol. 17. — P. 99—108.
2. Ballance C. A., Ballance H. A., Stewart P. Operative treatment of chronic facial palsy of peripheral origin // *Brit. Med. J.* — 1903. — Vol. 1 (2209). — P. 1009—1013.
3. Ballance C. A. Some results of nerve anastomosis // *Brit. J. Surg.* — 1923. — Vol. 11. — P. 327—346.
4. Ballance C. A., Colledge L., Bailey L. Further results of nerve anastomosis. An illustrated record of some experiments in which: 1. The central and peripheral ends of a divided nerve were implanted at varying distances apart into a neighbouring normal nerve. 2. Certain nervetrunks of the limbs were divided and anastomosed by suture in cross-wise fashion // *Brit. J. Surg.* — 1926. — Vol. 13. — P. 533—558.
5. Brushart T. M. *Nerve Repair*: Oxford University Press. — 2011. — 462 p.
6. Gatta R. Sulla anastomosi latero-terminale dei tronchi nervosa // *Arch. Ital. Chir.* — 1938. — Vol. 48. — P. 155—171.
7. Harris W., Low V. W. On the importance of accurate muscular analysis in lesions of the brachial plexus; and the treatment of Erb's palsy and infantile paralysis of the upper extremity by cross-union of the nerve roots // *Brit. Med. J.* — 1903. — Vol. 2. — P. 1035—1037.
8. Huber G. C. A study on the operative treatment for loss of nerve substance in peripheral nerves // *J. Morphol.* — 1895. — Vol. 11 (Part 2). — P. 629—740.
9. Kennedy R. On the restoration of coordinated movements after nerve crossing with interchange of function of the cerebral cortical centres // *Phil. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.* — 1901. — Vol. 194. — P. 127—164.
10. Kennedy R. Suture of the brachial plexus in birth paralysis of the upper extremity // *Brit. Med. J.* — 1903. — Vol. 1. — P. 298—301.
11. Lundborg G., Zhao Q., Kanje M. et al. Can sensory and motor collateral sprouting be induced from intact peripheral nerve by end-to-side anastomosis? // *J. Hand Surg. (Brit.)*. — 1994. — Vol. 19. — P. 277—282.
12. Lundborg G. *Nerve Injury and Repair*. Edinburgh: Churchill Livingstone. — 2005.
13. Manasse P. Ueber Vereinigung der N. Facialis mit dem N. Accessorius durch die Nervenpfropfung (Grefte nerveuse) // *Arch. Klein. Chir. (Berlin)*. — 1900. — Bd. 62. — S. 805—833.
14. Papalia I., Geuna S., Stagno D'Alcontres F. et al. Origin and history of end-to-side neurorrhaphy // *Microsurg.* — 2007. — Vol. 27. — P. 56—61.
15. Platt H., Bristow W. R. The remote results of operations for injuries of the peripheral nerves // *Brit. J. Surg.* — 1924. — Vol. 11. — P. 535—567.
16. Rovak J. M., Cederna P. S., Kuzon W. M. Jr. Terminolateral neurorrhaphy: A review of the literature // *J. Reconstr. Microsurg.* — 2001. — Vol. 17. — P. 615—624.
17. Sachs E., Malone J. Y. An experimental study on the methods for bridging nerve defects // *Arch. Chir. (Chicago)*. — 1922. — Vol. 5. — P. 314—333.
18. Sherren J. Some points in the surgery of the peripheral nerves // *Edinburgh Med. J.* — 1906. — Vol. 20. — P. 297—316.
19. Sunderland S. *Nerves and Nerve Injuries*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1968.
20. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K. et al. Latero-terminal neurorrhaphy without removal of the epineural sheath. Experimental study in rats // *Rev. Paul. Med.* — 1992. — Vol. 110. — P. 267—275.
21. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K. et al. Two end-to-side neurorrhaphies and nerve graft with removal of the epineural sheath: Experimental study in rats // *Brit. J. Plast. Surg.* — 1994. — Vol. 47. — P. 75—80.
22. Viterbo F., Trindade J. C., Hoshino K. et al. End-to-side neurorrhaphy with removal of epineural sheath: An experimental study in rats // *Plast. Reconstr. Surg.* — 1994. — Vol. 94. — P. 1038—1047.
23. Wen-Chieh Liao, Jeng-Rung Chen, Gueh-Jan Wang et al. The efficacy of end-to-end and end-to-side nerve repair (neurorrhaphy) in the rat brachial plexus // *J. Anat.* — 2009. — Vol. 251. — P. 506—521.
24. Zhang F., Fischer K. A. End-to-side neurorrhaphy // *Microsurgery*. — 2002. — Vol. 22. — P. 122—127.

Поступила в редакцию 10.01.2013  
Утверждена к печати 1.06.2013