

Применение ультразвукового скальпеля в хирургии периферических нервов и его экспериментальное обоснование

Н.А. Щудло, М.М. Щудло, А.В. Шамара, А.М. Добрушкин

Use of ultrasound scalpel in peripheral nerve surgery and its experimental substantiation

N.A. Chtchoudlo, M.M. Chtchoudlo, A.V. Shamara, A.M. Dobrroushkin

Государственное учреждение науки

Российский научный центр "Восстановительная травматология и ортопедия" им. академика Г. А. Илизарова, г. Курган
(генеральный директор — заслуженный деятель науки РФ, член-корреспондент РАМН, д.м.н., профессор В.И. Шевцов)

Разработан способ подготовки нерва к нейроррафии, включающий получение выровненного среза и профилактику кровотечения из его концов. Способ заключается в двухэтапном пересечении нерва при освежении его концов: предварительный циркулярный разрез эпинеургии ультразвуковым скальпелем и пересечение пучков нервных волокон режущим инструментом. После такого пересечения вокруг перинеуральных футляров за счет эффекта сварки эпинеургии с подлежащими тканями создавался своеобразный поддерживающий «поясок», который предотвращал ретракцию оболочек, выбухание интраперинеурального содержимого, смещение мелких пучков и пролапс их в линию анастомоза при выполнении швов. Кровотечение из эпинеуральных сосудов отсутствовало, а из сосудов эндонеургии было незначительным и прекращалось после однократного осушения тампоном. Методом описательного гистологического исследования и морфометрии установлено, что описанный способ является щадящим по отношению к нервной ткани и обеспечивает лучшую топографическую специфичность регенерации нервных волокон.

Ключевые слова: регенерация нерва, ультразвуковой скальпель, гистология, морфология.

A technique of nerve preparation for neurorrhaphy was developed including achievement of even cut and prevention of its end hemorrhage. The technique consists in two-stage intersection of a nerve with refreshment of its ends: preliminary circular cutting of epineurium with the ultrasound scalpel and crossing of nerve fiber bundles with a cutting tool. After such a crossing a kind of supporting "belt" was formed around the perineural cases at the expense of the effect of epineurium welding together with underneath tissues, and this belt prevented coverage retraction, protrusion of intra-epineurial contents, shift of little bundles and their prolapse to anastomosis line while suturing. Epineurial vessel hemorrhage was absent and that of endoneurium vessels was slight and stopped after a single tamponing. The method of descriptive histology and morphometry showed that the technique described is sparing with respect to nerve tissue and ensures better topographic specificity of nerve fiber regeneration.

Keywords: nerve regeneration, ultrasound scalpel, histology, morphology.

ВВЕДЕНИЕ

При сшивании концов повреждённого нерва хирург стремится выполнить два условия, которые в известной степени противоречат друг другу: точное сопоставление структур и минимальная травматизация нервной ткани. Современная техника не всегда позволяет корректно подготовить концы нерва: применяя самые острые режущие инструменты, можно не получить выровненный «освежающий» срез. Дело в том, что эпинеургии, перинеургии и эндонеургии содержат разные типы коллагена, существенно различаются по жёстко-эластическим свойствам и после пересечения сокращаются в разной степени.

Известные трудности создаёт кровотечение из концов нерва. Традиционные приёмы его профи-

лактики и остановки включают применение жгута или пневматического турникета, накладываемого на конечность, а также микроэлектрокоагуляцию сосудов нерва [1]. Жгут позволяет уменьшить кровотечение на этапе невролиза, но риск вторичных кровотечений и гематом, в том числе между концами нерва, достаточно велик. Электрокоагуляция эффективна в плане гемостаза, но неизбежно повреждает близлежащие нервные волокна и отрицательно сказывается на реиннервации соответствующих мышц [4]. Отмывание или удаление кровяного сгустка с конца нерва тампоном или инструментами являются дополнительными травмирующими факторами, однако интерпозиция его между торцами пучков нерв-

ных волокон является одним из главных местных факторов, отрицательно влияющих на регенерацию нервных волокон [2].

Попытки решить обозначенные проблемы в литературе известны. Например, L. de Medina-celli (1994) в эксперименте и клинике выполнял пересечение нерва после помещения его на замораживающую платформу [6]. Автор считает, что при таком способе можно получить идеально ровный срез концов нерва и за счёт этого точно их сопоставить. Однако охлаждение тканей до -1 – -2 градусов несомненно расширяет зону повреждения нерва. L.C. Hurst et al. (1985) производили пересечение нерва крыс карбоновым лазером; степень повреждения тканей оказалась в этих экспериментах выше, а степень

проведения нейронального маркера – пероксидазы хрена – ниже по сравнению с контролем (пересечение зубчатыми микроножницами) [5].

В доступной литературе мы не встретили данных о применении ультразвукового ножа для пересечения нерва, хотя В. Поляков (1980) успешно использовал его при выделении нервов из окружающих тканей (невролизе) и подчёркивал, что этим инструментом можно осуществить очень осторожную щадящую препаровку.

Цель исследования – изучение состояния тканей и параметров регенерации нервных волокон периферического нерва после применения ультразвукового микрохирургического скальпеля для освежения его концов перед нейрорафией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 8 взрослых беспородных собак выполняли пересечение седалищного нерва двумя способами. Первый способ (опыт) включал циркулярный ультразвуковой разрез эпинеургии (аппаратом УЗХ-9121-МХ-МЕДЭЛ) и пересечение пучков нервных волокон режущим инструментом; второй способ (контроль) – одномоментное пересечение лезвием. У 2 собак материал был взят сразу после пересечения нерва и изучен в продольных криостатных срезах, окрашенных по гистологическим методикам и импрегнированных по Бодиану. Часть материала фиксировали по Гейденгайну и готовили парафиновые поперечные срезы.

У 6 собак (из них 3 – опыт и 3 – контроль) после пересечения нерва выполняли микрохирургический эпинеуральный шов нитью фирмы “Ethicon” калибра 8/0 с применением 8-кратного увеличения операционного микроскопа фирмы “Orton”. Через 4 месяца животных выводили из опыта передозировкой барбитуратов. Иссекали кусочки оперированного седалищного нерва на

10 мм дистальнее (Д) и проксимальнее (П) линии швов; после альдегидно-осмиевой фиксации материал мельчили и по стандартной методике заливали в эпоксидные смолы. Поперечные полутонкие срезы толщиной 1 мкм получали на ультразвуковых фирмы “LKB” (Швеция) и после специальной обработки окрашивали метиленовым синим и основным фуксином [3]. Используя исследовательские микроскопы фирмы “Orton” (Германия) и аппаратно-программный комплекс “ДиаМорф” (Москва), с каждого уровня оцифровывали не менее 20 полей зрения с изображениями не менее 400 микротканых нервных волокон (мнв). Определяли численную плотность их профилей ($NA_{мнв}$), по правилу эквивалентного круга измеряли их диаметры ($D_{мнв}$), среднюю толщину миелина ($L_{миел}$), оценивали распределение по калибрам: 1,1-4,0 мкм в диаметре – мелкий калибр (S); 4,1-7,0 мкм – средний калибр (M); 7,1 мкм и более – крупный калибр (L).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение поперечных гистологических срезов периферических нервов заставляет предположить, что основным источником кровотечения при их пересечении являются магистральные артерии и вены эпинеургии (рис. 1). Залегают они во внутреннем эпинеургии между крупными пучками нервных волокон.

При пересечении эпинеургии ультразвуковым скальпелем магистральные эпинеуральные сосуды коагулируются (рис. 2, слева). Пересечь ультразвуковым скальпелем перинеургии достаточно трудно даже при высокочастотном режиме. При низкочастотном режиме практически не выполним одномоментный разрез толщи наружного эпинеургии. При среднечастотном это удаётся сделать, не повреждая перинеургии.

Гистологическое исследование культей магистральных эпинеуральных сосудов, пересечённым ультразвуковым скальпелем, позволяет сделать заключение, что зона их повреждения незначительна (рис. 2, справа).

На рисунке 3 показано состояние оболочек нерва после пересечения его разными способами. При одномоментном пересечении режущим инструментом в продольном срезе конца нерва определялось характерное “грибовидное выпячивание” интраперинеурального содержимого (рис. 3, слева), ретракция эпи-перинеургии составляла 1 мм и более. Край перинеургии из-за выбухания нервных волокон был завернут. На торце срезов пучков нервных волокон располагались объёмные кровяные сгустки.



Рис. 1. Фрагмент поперечного среза седалищного нерва собаки. Фиксация в сиропе "суза" по Гейденгайну, окраска по Массону, об. 2,5, ок. 15х. 1 - магистральные артерия и вена эпинеурia между двумя крупными пучками нервных волокон, 2 - артерии в эндоневрии одного из пучков

Если перед пересечением периневральных влаглищ был предварительно выполнен циркулярный ультразвуковой разрез эпинеурia, кровяные сгустки на торцах срезанных пучков нервных волокон имели намного меньший объём (рис. 3, справа). Локализовались они, по-

видимо, в зонах центральных эндоневральных артерий пучков. Срезы пучков были лучше выровнены: края эпинеурia и периневрия располагались почти на одном уровне, «грибовидное выпячивание» нервных волокон отсутствовало.

После двухмоментного пересечения нерва (с применением кругового ультразвукового разреза эпинеурia), шов нерва выполнялся проще. Необходимость удаления с концов нерва кровяного сгустка тампоном или инструментами либо его отмывания практически исключалась. Кровотечение из эндоневральных сосудов было весьма незначительным и прекращалось после однократного осушения срезов тампоном. За счёт эффекта сварки край эпинеурia припаивался к подлежащему периневрию, что создавало вокруг периневральных футляров своеобразный поддерживающий "поясок", который предотвращал ретракцию оболочек, выбухание интрапериневрального содержимого, а также смещение мелких пучков и пролапс их в линию анастомоза при выполнении швов.

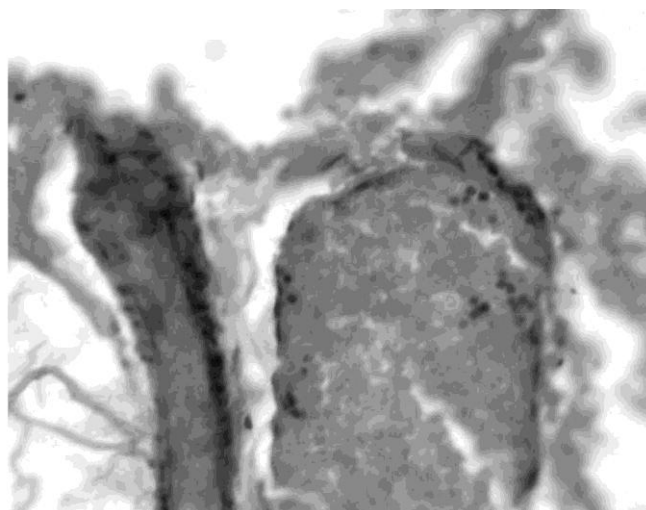
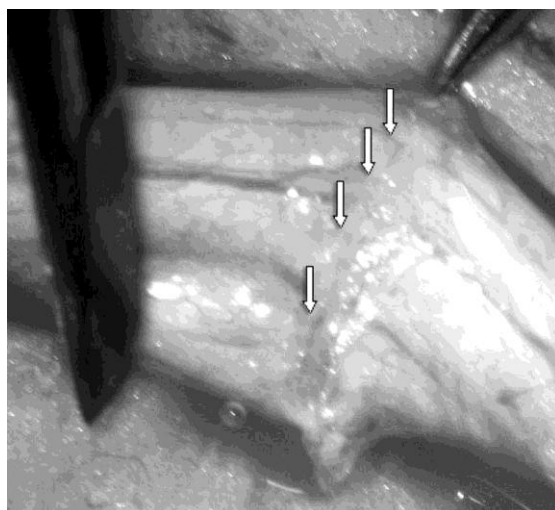


Рис. 2. Слева: разрез эпинеурia седалищного нерва собаки, выполненный ультразвуковым микрохирургическим скальпелем. Стрелками обозначены концы пересечённых магистральных сосудов эпинеурia (фотосъёмка). Справа: культы магистральной артерии и вены эпинеурia в седалищном нерве собаки после кругового рассечения эпинеурia ультразвуковым скальпелем. В просвете сосудов - форменные элементы крови. Окраска гематоксилином-эозином. Об. 40х, ок. 12,5х

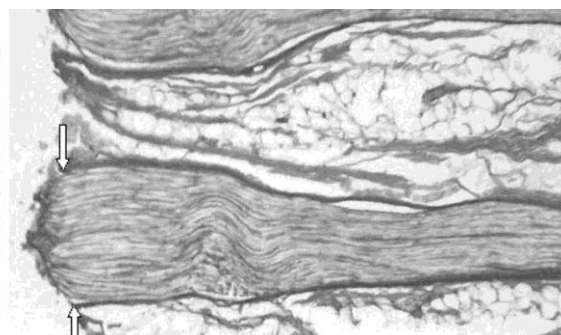
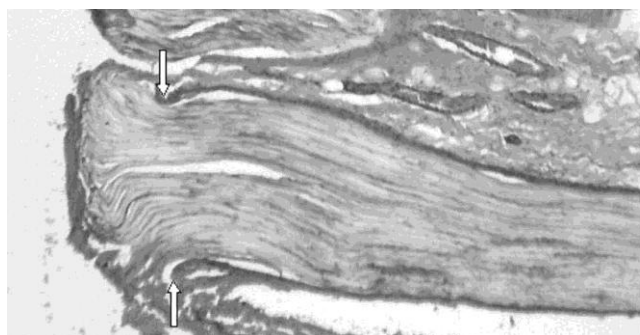


Рис. 3. Слева: продольный криостатный срез конца седалищного нерва собаки после пересечения лезвием. Окраска гематоксилином-эозином. Об. 6,3х, ок. 12,5х. Стрелки обозначают завернутый край периневрия. Справа: продольный криостатный срез конца седалищного нерва собаки после пересечения ультразвуковым скальпелем. Стрелки обозначают край периневрия. Окраска по Ван-Гизону. Об. 6,3х, ок. 12,5х

Относительный недостаток ультразвукового разреза эпинеургии заключался в том, что визуально идентифицировать края периневральных влаглищ после него было достаточно трудно.

Результаты морфометрических исследований, выполненных через 4 месяца после операции, свидетельствуют, что по параметрам «численная плотность нервных волокон» дистальнее и проксимальнее швов, а также «индекс невротизации» опыт и контроль не отличаются.

Показатели дифференцировки мягкотных волокон (доля волокон крупного калибра, максимальный диаметр, средний диаметр фракции крупных волокон и средняя толщина миелиновой оболочки) в опытной серии несколько выше (табл. 2).

В качестве средства статистического анализа полученных данных использовали двухвыборочный Z-тест для средних, предлагаемый программой Microsoft Excel 97. Проверялась гипотеза об отсутствии различий по параметрам "средний диаметр мягкотных волокон" и "средний диаметр фракции крупных волокон" между опытом и контролем. В первом случае одностороннее значение $P = 0,318823 > 0,05$, что позволяет принять нулевую гипотезу на уровне значимости 0,05. Во втором случае одностороннее P-значение $0,005056 < 0,05$. Следовательно, на уровне значимости 0,05 может быть принята альтернативная гипотеза о статистически значимом различии средних.

Таблица 1

NA_{мнв} (M±m) дистальнее (Д) и проксимальнее (П) зоны швов

Объект	Срок эксперимента	NA _{мнв} (M±m)		Д/П (индекс невротизации)
		Д	П	
Опыт 1	4 мес.	35167±1585	14038±664	2,5
Опыт 2	4 мес.	27846±1764	20893±742	1,3
Опыт 3	4 мес.	32533±1417	30458±1232	1,1
Контроль 1	4 мес.	33677±1252	21267±921	1,6
Контроль 2	4 мес.	37364±1356	15000±1222	2,5
Контроль 3	4 мес.	39833±1825	23533±1855	1,7

Таблица 2

Численно-размерный состав регенерировавших мягкотных волокон

Объект	D _{мнв} (M±m)	Распределение (%) мнв по калибрам			Характеристики фракции крупных волокон			
		S	M	L	D _{макс}	D _{средн}	L _{мнел}	G _{средн}
Опыт 1	3,72±0,07	67,1	29,6	3,3	9,7	7,99±0,20	1,49±0,07	0,812±0,006
Опыт 2	3,93±0,07	57,5	40,4	2,1	9,1	7,64±0,21	1,49±0,07	0,803±0,012
Опыт 3	4,19±0,07	56,1	37,3	6,6	10,2	7,93±0,13	1,68±0,04	0,786±0,006
Контроль 1	3,76±0,05	63,4	35,8	0,8	7,4	7,27±0,07	1,38±0,14	0,810±0,022
Контроль 2	3,91±0,07	57,4	40,2	2,4	8,1	7,49±0,09	1,30±0,05	0,825±0,007
Контроль 3	3,96±0,06	59,6	37,6	2,8	8,8	7,71±0,14	1,40±0,07	0,816±0,011

ВЫВОДЫ

1. Двухмоментное пересечение нерва (предварительный круговой разрез эпинеургии ультразвуковым скальпелем и последующее пересечение пучков нервных волокон лезвием) позволяет эффективно предотвратить кровотечение из концов нерва и получить их выровненный срез.

2. Указанный хирургический приём прост в выполнении, позволяет сократить время и травматичность операции, является щадящим по отношению к нервной ткани и обеспечивает лучшую топографическую специфичность регенерации нервных волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов А.Е. Микрохирургия периферических нервов // Вестн. хир. - 1983. - № 1. - С. 147-149.
2. О'Брайен Б. Микрососудистая восстановительная хирургия / Пер. с англ. - М.: Медицина, 1981. - 422 с.
3. Щудло М.М. Целлоидинирование полутонких срезов большой площади для предупреждения складок при окраске // Архив патологии. - 1982. - Т. XLIV, № 11. - С. 66-67.
4. The effect of bipolar electrocautery on peripheral nerves / L.A. Hnatuk, K.T. Li, A.J. Carvalho et al. // Plast. Reconstr. Surg. - 1998. - Vol. 101, N 7. - P. 1867-1874.
5. Carbon dioxide laser transection of rat peripheral nerves / L.C. Hurst, M.A. Badalamente, D. Blum, S. Brook // J. Hand Surg. - 1985. - Vol. 9A, N 3. - P. 428-433.
6. De Medinacelli L. Freeze trim repair: Symposium "Peripheral Nerve Surgery Today", Part 2. Vienna, Austria. (November 23-26, 1991) // J. Reconstr. Microsurg. - 1994. - Vol. 10, N 2. - P. 127.

Рукопись поступила 06.11.02.