

УДК 615.472:616.13-089.843-092.9

## ПРИСПОСОБЛЕНИЕ И МИКРОИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ШВОВ ПРИ АНАСТОМОЗИРОВАНИИ АРТЕРИЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА И ИХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ АПРОБАЦИЯ

Щудло Н.А., Щудло М.М., Сбродова Л.И., Щурова Е.Н.

ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова» Минздрава РФ, Курган, e-mail: nshchudlo@mail.ru

Разработаны микрохирургические инструменты – зонд с проточкой под иглу с максимальным диаметром рабочей части 0,3 мм и силиконовый интраваскулярный стент. Инструмент и приспособление апробированы на неживой биологической модели (24 артерии охлаждённого бедра цыплёнка с наружным диаметром от 0,5 до 0,8 мм) и шести лабораторных крысах (бедренные артерии с наружным диаметром от 0,5 до 0,7 мм). Проходимость анастомозов на неживой модели верифицирована их диссекцией с биомикроскопической оценкой качества швов: наличие или отсутствие признаков прорезывания и повреждений иглой противоположной стенки сосуда. На крысах выполнена ультразвуковая доплеровская флоуметрия через месяц после операции. Применение разработанного инструмента и приспособления сокращает время выполнения анастомоза, исключает технические ошибки при проведении установочных швов, обеспечивает эффективное восстановление кровотока в ближайшем и отдалённом периодах после операции.

**Ключевые слова:** микрохирургия, инструменты, флоуметрия

## DEVICE AND MICROINSTRUMENT FOR HOLDING STITCHES FOR SMALL-DIAMETER ARTERIES ANASTOMOSIS, AND THEIR EXPERIMENTAL TESTING

Schudlo N.A., Schudlo M.M., Sbrodova L.I., Schurova E.N.

FSBI Russian Ilizarov Scientific Center «Restorative Traumatology and Orthopaedics» (RISC RTO) of the RF Ministry of Health, Kurgan, e-mail: nshchudlo@mail.ru

We developed a microsurgical tool – a probe (0,3 mm maximum working part diameter) with slot for a suture needle, and a silicone intravascular stent. Both the instrument and the device were tested on non-live biological model (24 arteries of cooled chicken femur with 0,5–0,8 mm outside diameter) and six laboratory rats (femoral arteries 0,5–0,7 mm outside diameter). The anastomoses patency in the non-live model was verified by their dissection with biomicroscopic evaluation of suture quality: the presence or absence of the signs of cutting-through and damaging the opposite vascular wall with a needle. In rats ultrasound Doppler flowmetry was performed one month after surgery. The use of the developed instrument and device reduces the time of anastomosing, eliminates technical errors when making stay sutures, provides efficient blood flow recovery in the immediate and long-term periods after surgery.

**Keywords:** microsurgery, instruments, flowmetry

Микрохирургия последнего десятилетия характеризуется техническими усовершенствованиями: развитием телемикрохирургии и роботизированной ассистенции, а также супермикрохирургии. Робот-телеманипулятор позволяет контролировать тремор рук хирурга и эргономику движений, что успешно используется при обучении [6], однако его внедрение в клиническую микрососудистую хирургию проблематично. По сравнению с операциями без участия роботов при роботизированной ассистенции время выполнения микрососудистого анастомоза увеличивается вдвое; иглодержатели роботов позволяют манипулировать с шовным материалом до 10-0, но не тоньше. Техника сшивания сосудов с наружным диаметром менее 0,8 мм, получившая название «супермикрохирургия» [5], требует не только специальных на-

выков, но и более прецизионного оснащения: микроскопа с большим увеличением и фокусным расстоянием, шовного материала калибра 12-0 и ультратонких пинцетов с диаметром рабочей части 0,1 мм [8]. Практическая значимость прецизионной техники доказана для пластической [5] и реплантационной [4] хирургии.

По мнению некоторых авторов, выполнение супермикрохирургического анастомоза возможно обычными микрохирургическими инструментами с применением интраваскулярного стентирования [9]. В качестве стента используют фрагмент нейлоновой монофиламентной нити, который вводят в просветы концов пересечённого сосуда, что позволяет предотвратить их слипание, исключить повреждение иглой противоположной стенки сосуда при проведении швов, а также равномерно

распределить швы. По данным С. Bossut, О. Barbier [2], этот приём облегчает задачу сшивания субмиллиметровых сосудов для молодых хирургов, однако манипуляции по установке и удалению стента создают риск тромбогенных повреждений интимы.

Таким образом, анализ литературы свидетельствует, что хотя супермикрохирургия стала реальностью клинической практики и обеспечена индустрией развитых стран, остаются актуальными разработки инструментов и приспособлений, облегчающих сшивание тонких сосудов и сочетающих атравматичность, прецизионность и простоту использования.

**Цель исследования** – разработка оригинального микроинструмента и приспособления для проведения швов, экспериментальная оценка целесообразности их применения при анастомозировании сосудов малого диаметра.

#### Материалы и методы исследования

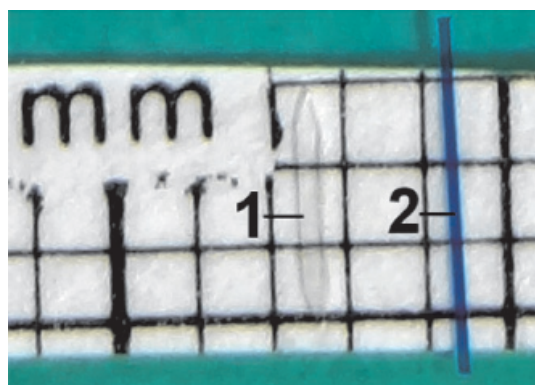
Разработано приспособление – силиконовый микростент с заострёнными концами (рис. 1, а), а также микроинструмент – зонд с максимальным диаметром рабочей части 0,3 мм, имеющий прорезь под иглу (рис. 1, б). На первом этапе исследования проведена апробация приспособления и инструмента на неживой биологической модели, рекомендованной для тренировки супермикрохирургических анастомозов – охлаждённом бедре цыплёнка [3]. Апробированы приёмы введения разработанного приспособления и инструмента в просвет малых сосудов и выполнено 24 анастомоза артерий диаметром от 0,5 до 0,8 мм – ветвей а. ischiadica первого и второго порядков. Диаметры артерий измеряли миллиметровой шкалой, тарированными клипсами фирмы Aescular с ценой деления шкалы 0,5 мм и тарированной с помощью объект-микрометра картонной шкалы с ценой деления 0,125 мм.

При выделении и анастомозировании сосудов применялся бинокулярный стереомикроскоп МБС-10 (Россия) – увеличения 8, 16 и 32х, а также инструмен-

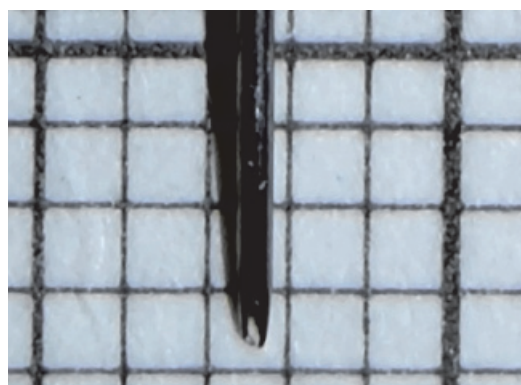
ты фирмы Aescular (Германия). Для механической дилатации сосудов использовались ультратонкие пинцеты с диаметром рабочей части 0,1 мм, полученные методом тонкой ручной шлифовки концов стандартных микрохирургических пинцетов. В контрольной группе ( $n = 12$ ) ультратонкие пинцеты применялись также и при проведении швов. Швы выполнены нитями 10/0 и 11/0 на круглых атравматических иглах диаметром 50 и 75 мкм фирмы Ethicon.

После перерезки артерий охлаждённого бедра цыплёнка концы их в большинстве случаев значительно сокращаются, поэтому их фиксировали и сближали сдвоенной клипсой-аппроксиматором. Для визуализации и дилатации спавшегося просвета артерии её концы орошали тёплым физиологическим раствором, осторожно отодвигали адвентицию от торцов, при необходимости её резецировали, а затем дилатировали просвет тонким пинцетом. После этого накладывали два установочных шва на расстоянии около 120 градусов друг от друга, которые завязывали инструментальными двойным и одинарным узлами. Затем, используя установочные швы для натяжения стенки сосуда и разворотов анастомоза, накладывали от 4 до 7 дополнительных отдельных узловых швов, каждый из которых завязывали двумя одинарными узлами. При проведении швов использовали увеличение микроскопа 16х и 32х, что позволяло визуально контролировать прохождение иглы сквозь просветную стенку сосуда.

В опытной группе ( $n = 12$ ) при анастомозировании артерий диаметром 0,6 мм и более для проведения установочных швов через проксимальный конец артерии применяли разработанный металлический зонд. Фиксируя адвентицию проксимального конца сосуда вкол иглы, зонд вводили в дилатированный просвет. Сквозной вкол и выкол иглы проводили, направляя иглу по прорези зонда. Для анастомозирования более тонких сосудов использовали силиконовый гемистент, который вводили в проксимальный конец пересечённой артерии примерно на половину его длины. Удерживая свободный конец стента пинцетом и создавая встречное противодействие игле, через стенку проксимального конца артерии проводили два установочных шва (рис. 2, а). Затем гемистент удаляли и проводили иглы через симметричные точки дистального конца артерии. Остальные швы выполнены аналогично контролю (рис. 2, б).

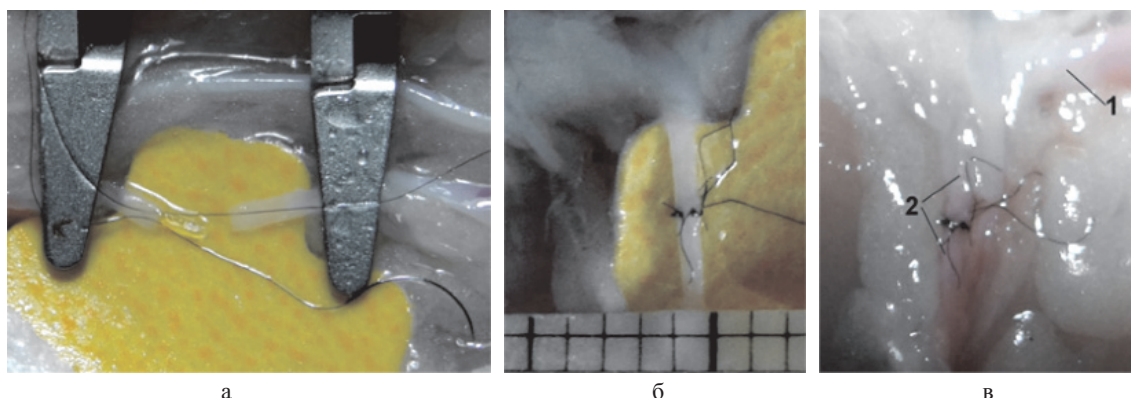


а



б

Рис. 1. Интраваскулярные стенты (а) и зонд с прорезью под иглу (б) для анастомозирования сосудов малого диаметра:  
1 – силиконовый стент; 2 – монофиламентный стент



*Рис. 2. Этапы анастомозирования ветви a. ischiadica охлаждённого бедра цыплёнка: а – стентирование проксимального отрезка и проведение установочных швов; б – окончание анастомоза; в – контроль заполнения a. ischiadica (1) и её пересечённой и анастомозированной ветви (2) окрашенной жидкостью. Цена деления шкалы 1 мм*

Пройодимость анастомозов тестировали инъекцией окрашенной жидкости в a. ischiadicae (рис. 2, в) и последующей диссекцией анастомоза. При диссекции оценено качество проведения швов: наличие или отсутствие признаков их прорезывания, поврежденной иглой противоположной стенки сосуда, а также равномерность длины стежков и расстояний между ними.

На втором этапе исследования проведена апробация разработанного стента и микрозонда на 6 живых белых крысах. Животных содержали в виварии, оперативные вмешательства и эвтаназию осуществляли в соответствии с требованиями Министерства здравоохранения Российской Федерации к работе экспериментально-биологических клиник, а также «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей». Операции (перерезка и анастомозирование бедренной артерии диаметром от 0,5 до 0,7 мм) выполнены под общей анестезией, которая достигалась внутримышечным введением гидрохлорида ксилазина (0,8 mg/100 g) и тилетамина/золазепам (0,4 mg/100 g), в асептических условиях с применением операционного микроскопа Ortop. В течение 15 минут после окончания анастомоза оценивали выраженность горизонтальной пульсации артерии и результаты двухпинцетной пробы. Через 4 недели после операции животных наркотизировали повторно, проводили ревизионную операцию и биомикроскопию зоны анастомоза, оценивая выраженность пульсации артерии и её ветвей. Визуальный контроль проходимость анастомозов дополняли определением объёмной скорости кровотока ультразвуковым доплеровским флоуметром T101 (Transonic Systems Inc., США).

Статистическую обработку количественных данных проводили с использованием критериев Манна – Уитни и Барнарда, значения которых получали в программе Attestat (разработчик – И.П. Гайдышев).

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Выявлено преимущество разработанного силиконового стента по сравнению с известным монофиламентным нейлоновым [9]. Прямоугольный в сечении упру-

го-эластический силиконовый стент гораздо легче удерживать пинцетом и вводить в просвет сосуда.

Металлический зонд по сравнению с наиболее близким зарубежным аналогом [1] также показал преимущества при введении в просвет сосуда в силу меньшего диаметра (0,3, а не 0,5–1,5 мм); кроме того, в отличие от аналога он имел сквозную прорезь под иглу, что обеспечивало более точную ротацию последней при проведении через стенку сосуда.

Введение силиконового стента или металлического зонда левой рукой в просвет сосуда навстречу вколу иглы при проведении первого шва требовало более сложного навыка, чем противодействие введённым в просвет тонким пинцетом, однако при выработке такого навыка разработанные микроинструмент и приспособление облегчали проведение установочных швов. Более быстрое и точное их выполнение в среднем сокращало время выполнения анастомоза. В опытной группе оно варьировало от 12 до 36 минут и составило в среднем  $24,8 \pm 2,3$  минуты, а в контроле – от 18 до 42 минут, в среднем  $30,4 \pm 2,3$  минуты ( $p < 0,05$ ).

Все анастомозы оценены как проходимые. В контрольной группе отмечено три случая прорезывания установочных швов и два случая повреждения иглой противоположной стенки сосуда. В одном случае прорезывание было полным и потребовало перепроведения шва, в двух других оно было замечено только при диссекции анастомоза и микроскопии лигатурных каналов. В опытной группе технических ошибок не выявлено. При сравнении частоты ошибок по критерию Барнарда  $p < 0,01$ .



Анастомозы бедренной артерии на живых крысах, выполненные с применением разработанного приспособления и инструмента, были проходимыми не только в ближайшие 15 минут после операции, но и через месяц после неё. Объёмная скорость кровотока в анастомозированных артериях во всех шести опытах была сопоставима с контрлатеральной стороной и составляла от 8 до 12 мл/мин.

Для восстановления и сохранения кровотока в артериях малого диаметра требуется щадящая и прецизионная техника, поскольку уже при выделении таких сосудов из окружающих тканей происходит интенсивное слушивание эндотелиальных клеток и формирование тромбоцитарных агрегатов [7]. Внедрение супермикрохирургии в клиническую практику, отмеченное в последние годы, вызывает необходимость экспериментальных разработок инструментов и приспособлений, не только облегчающих выполнение микрососудистого анастомоза, но и улучшающих его качество и тем самым способствующих сохранению кровотока в ближайшем и отдалённом периодах. Выполненное исследование показало, что решение этой задачи достигается щадящей инструментацией просвета артерии на этапе проведения установочных швов и исключением её при выполнении последующих швов. Обычный для микрохирургической практики приём – коррекция прохождения иглы при её проведении снаружи в просвет сосуда противодействием браншами тонкого пинцета, введёнными в просвет навстречу игле, – не гарантирует защиты от повреждения остриём иглы противоположной стенки сосуда. Кроме того в некоторых случаях браншами тонкого пинцета создаётся большое удельное давление на стенку сосуда и риск её повреждения. И, наконец, при применении пинцета не всегда удаётся точная ротация иглы соответственно её кривизне. Именно поэтому в контрольной группе опытов в пяти случаях из 12 отмечены технические ошибки, выявленные при микроскопии анастомозов после их диссекции. При испытании на неживой модели они не повлияли на проходимость (заполнение анастомоза жидкостью), но в живом организме такие дефекты могут быть предпосылкой тромбоза в ближайшем послеоперационном периоде или стенотического ремоделирования сосуда в отдалённом. Результаты опытной группы показали, что альтернативные инструмент и приспособление не только облегчают задачу выполнения установочных швов, но и позволяют исключить технические ошибки, отмеченные в контроле. Атрауматично и прецизионно вы-

полненные установочные швы, несомненно, определяют качество анастомоза в целом, что подтвердилось в испытании как на неживой, так и на живой биологической модели.

Использование неживой модели не только для отработки навыков микрохирургии, но и апробации новых инструментов и приспособлений представляется целесообразным. Такой подход позволяет существенно снизить расходы на исследование, а также исключает контаминацию человека микробной флорой лабораторных животных. Модель охлаждённого бедра цыплёнка адекватна задачам экспериментальной супермикрохирургии в силу анатомических особенностей сосудистого русла [10] – наличием большого количества артерий с наружным диаметром 0,8 мм и менее.

### Заключение

Применение тонкого зонда с проточкой под иглу либо силиконового гемистента на этапе проведения установочных швов через проксимальный отрезок артерии малого диаметра позволяет сократить время выполнения анастомоза и обеспечить эффективное восстановление кровотока в ближайшем и отдалённом периодах после операции. Разработанные инструмент и приспособление могут быть изготовлены самостоятельно, просты и атрауматичны в использовании.

### Список литературы

1. Патент US № 4803984 A, 14.02.1989.
2. Bossut C., Barbier O. Exploration of the intravascular stenting method for sub 1-mm vessels // *J.Reconstr. Microsurg.* – 2011. – Vol. 27, № 8. – P. 461–468.
3. Chen W.F., Eid A., Yamamoto T., Keith J., Nimmons G.L., Lawrence W.T. A novel supermicrosurgery training model: The chicken thigh. // *J.of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery (JPAS)*. – 2014. – Vol. 67, I.7. – P. 973–978.
4. Fufa D., Calfee R., Wall L., Zeng W., Goldfarb C. Digit replantation: experience of two U.S. academic level-I trauma centers // *J Bone Joint Surg Am.* – 2013. – Vol. 95, № 23. – P. 2127–2134.
5. Koshima I., Narushima M., Yamamoto Y., Mihara M., Iida T. Recent Advancement on Surgical Treatments for Lymphedema // *Ann. Vasc. Dis.* – 2012. – Vol. 5, № 4. – P. 409–415.
6. Livemeaux P.A., Hendriks S., Selber J.C., Parekattil S.J. Robotically Assisted Microsurgery: Development of Basic Skills Course // *Archives of Plastic Surgery.* – 2013. – Vol. 40, № 4. – P. 320–326.
7. Margic K. Early changes in dissected small vessels: Experimental study on rat arteries and veins // *Plast Reconstr Surg.* – 1985. – Vol. 75, № 3. – P. 375–383.
8. Mihara M., Hayashi Y., Iida T., Narushima M., Koshima I. Instruments for supermicrosurgery in Japan // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2012. – Vol. 129, I. 2. – P. 404–406.
9. Qassemyar Q., Sinna R. De la microchirurgie à la «supermicrochirurgie»: étude expérimentale de faisabilité et perspectives. From microsurgery to supermicrosurgery: Experimental feasibility study and perspectives // *Annales de chirurgie plastique esthétique.* – 2011. – Vol. 56. – P. 518–527.
10. Swielim G.A., Khalifa E.F., El-Gammal S.M. Anatomical studies on the arterial blood supply of the pelvic limb of chicken // *Suez Canal Veterinary Medicin Journal (SCVMJ).* – 2012. – Vol. 17, № 2. – P. 171–190.