

ВОЗМОЖНОСТИ МИКРОХИРУРГИЧЕСКОГО ТРЕНИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕОМИКРОСКОПА И ПРОСТОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

К.Н. Бабичев¹, А.В. Станишевский², Р.С. Мартынов¹, Д.В. Свистов¹

¹ФГБВОУ ВО «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны России; Россия, 194044 Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6;

²ФГБУ «Главный военный клинический госпиталь им. акад. Н.Н. Бурденко» Минобороны России; Россия, 105094 Москва, Госпитальная пл., 3

Контакты: Константин Николаевич Бабичев k_babichev@mail.ru

Введение. Современная нейрохирургия требует от хирурга навыков микрохирургической техники для нейрохирургических вмешательств с должным уровнем эффективности и безопасности. Поддержание и развитие данных навыков – одна из задач, которые стоят перед нейрохирургом. Оптимальными считаются учебные модели, позволяющие совершенствовать микрохирургическую технику практически без отрыва от производства. В нашей работе применялся промышленный микроскоп и простой инструментарий для тренировок в условиях основного вида деятельности или дома.

Цель работы – продемонстрировать возможность отработки навыков микрохирургического шва и анастомоза с использованием промышленного стереомикроскопа и набора микрохирургических инструментов.

Материалы и методы. Промышленный микроскоп, простой микрохирургический инструмент, дополнительное оборудование и расходный материал закупались на торговой интернет-платформе AliExpress. В качестве моделей подобраны наиболее простые и доступные для ежедневной тренировки, такие как шов нитей салфетки, диссекция куриного крыла с выделением артерий и наложением различных анастомозов, а также выполнение обоих упражнений на глубине с помощью самодельной подставки, изготовленной из конструктора LEGO. Прогресс в микрохирургических навыках оценивался по скорости и качеству наложения швов и анастомозов.

Результаты. Наиболее простой и в то же время эффективный вариант тренировки – сшивание нитей салфетки. Данное упражнение можно рассматривать как базовое перед более сложными вариантами тренинга. Постоянная практика позволила отработать базовый навык наложения микрохирургического анастомоза, улучшив его качество и сократив время, затраченное на выполнение задания, с 40 мин до 22 мин 40 с. Аналогичные результаты отмечались при сшивании нитей салфетки: время уменьшилось в среднем на 15 мин. Представленные модели отличаются от реальной клинической практики, но их доступность позволяет тренироваться ежедневно, что значительно влияет на кривую обучения.

Заключение. Наш опыт показал возможность и эффективность формирования, совершенствования и поддержания микрохирургических навыков с помощью промышленного стереомикроскопа и простого инструментария. Улучшение мануальных навыков, отмеченное в ходе ежедневных тренировок, также свидетельствует о важности и необходимости постоянного микрохирургического тренинга как при обучении нейрохирургов, так и в дальнейшем.

Ключевые слова: микрохирургический тренинг, стереомикроскоп, анастомоз, куриное крыло

Для цитирования: Бабичев К.Н., Станишевский А.В., Мартынов Р.С., Свистов Д.В. Возможности микрохирургического тренинга с использованием стереомикроскопа и простого инструментария. Нейрохирургия 2022;24(3):38–45. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-38-45

Opportunities of microsurgical training using a stereomicroscope and simple instruments

K.N. Babichev¹, A.V. Stanishevskiy², R.S. Martynov¹, D.V. Svistov¹

¹Kirov Military Medical Academy, Ministry of Defense of Russia; 6 Akademika Lebedeva St., Saint-Petersburg 194044, Russia;

²Main Military Clinical Hospital named after Academician N.N. Burdenko, Ministry of Defense of Russia; 3 Gospitalnaya Sq., Moscow 105094, Russia

Contacts: Konstantin Nikolaevich Babichev *k_babichev@mail.ru*

Background. Modern neurosurgery requires the surgeon to be skilled in microsurgical techniques to be able to operate efficiently and safely. Maintaining and developing these skills is one of main goal for neurosurgery. Optimal use of simple models for microsurgical techniques. For this purpose, we use an stereomicroscope and simple microinstruments to enable training without interruption from the main activity or at home.

Aim. To introduce a microneurosurgery training based on use of stereomicroscope and simple microinstruments that can be used for daily training.

Materials and methods. Simple microinstruments and stereomicroscope were used for anastomosis and suturing training. All equipment and tools were purchased on the AliExpress online trading platform. We suture neighboring fibers of the gauze with 9/0–12/0 nylon under fixed and highest magnification. Chicken blood vessels were used as a material for anastomosis training. A long segment of blood vessel from the proximal brachial artery to the distal radial artery was used for anastomosis. End-to-side anastomosis was practiced first, and the training continued with end-to-end anastomosis of the appropriate segments. Also, we used homemade box made of LEGO for training dexterity and maneuverability in the limited and deep field. Progress in changing microsurgical skills was assessed by the duration and quality of suturing and anastomoses.

Results. The instruments used for these models were affordable, simple and easy to use. The simple, but the same time effective training, is the suture neighboring fibers of the gauze. Daily training allowed us improve the skills of anastomosis reducing time for anastomosis end-to-side from 40 min to 22 min 40 sec. The same results we noticed using suture neighboring fibers of the gauze, reducing time of exercises by 15 min. This training system is somewhat of a drawback compared to the simulation of a real clinical setting. However, due to the extremely easy accessibility and accessibility, the stereomicroscope and simple instrument allow us to use them for daily training. This resulted in a steep learning curve of the technique.

Conclusion. This study suggests an effective and feasible method for microneurosurgical training using stereomicroscope and simple microinstruments. The improvement of our manual skills, marked by constant training, testifies about the necessity of microsurgical training both in the training of neurosurgeons and in the future.

Keywords: microsurgical training, stereomicroscope, anastomosis, chicken wing

For citation: Babichev K.N., Stanishevskiy A.V., Martynov R.S., Svistov D.V. Opportunities of microsurgical training using a stereomicroscope and simple instruments. *Neyrokhirurgiya = Russian Journal of Neurosurgery* 2022;24(3):38–45. DOI: 10.17650/1683-3295-2022-24-3-38-45.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день применение микрохирургической техники — это стандарт выполнения широкого спектра нейрохирургических вмешательств: от операций на периферических нервах до наложения микро-сосудистых анастомозов. Вместе с тем оперативные приемы — наложение швов, завязывание узлов и диссекция тканей, выполняемые при значительном увеличении, — требуют определенного навыка, от степени развития которого часто зависит исход лечения. В литературе описано значительное число моделей для отработки микрохирургических навыков и методов тренировки [1, 2], каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. Учитывая важность формирования, совершенствования и поддержания навыков микрохирургии для любого практикующего нейрохирурга, проблема создания простых, реалистичных и удобных в использовании тренировочных моделей остается актуальной.

Цель работы — продемонстрировать возможность отработки микрохирургических навыков с использованием промышленного стереомикроскопа и набора микрохирургических инструментов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для микрохирургического тренинга использовался тринокулярный цифровой стереомикроскоп Eakins

(КНР) с увеличением 7–45х и возможностью подключения Full HD 37MP видеокамеры для вывода и записи изображения на персональный компьютер. Микроскоп имеет 2 разных оптических пути и 2 объектива, за счет чего формируется объемное 3D-изображение.

Технические характеристики микроскопа, позволяющие комфортно выполнять тренировочные упражнения:

- бинокулярная головка с наклонным углом 45° и поворотным механизмом вращения на 360°;
- пара широкоугольных окуляров (WF10X/20) и дополнительный объектив 0.5х, создающие фокусное расстояние 100 мм;
- регулируемое межзрачковое расстояние (55–75 мм), возможность настройки диоптрий;
- светодиодная кольцевидная подсветка, обеспечивающая освещение холодным светом.

Базовый микрохирургический набор: 3 инструмента — микроиглодержатель, микроножницы и микропинцет без зубчиков длиной 11 и 15 см для отработки техники шва на поверхности и в глубине соответственно. Шовный материал: нити 9/0–12/0.

Дополнительные материалы: сосудистые клипсы, венозная канюля 20G, инсулиновые шприцы (1,0 мл), синий маркер для подкраски стенок артерии перед анастомозом, акриловые краски для заполнения сосудов с целью лучшей их визуализации, детали конструктора

LEGO для создания самодельной платформы, позволяющей моделировать глубину и малые размеры операционного поля (рис. 1).

Все оборудование, инструмент и дополнительный расходный материал были закуплены на торговой интернет-платформе AliExpress. Стоимость — 32 тыс. руб.

Для ежедневной отработки микрохирургических навыков подобраны наиболее простые и доступные модели, которые могут применяться как на рабочем/учебном месте, так и в домашних условиях:

- 1) шов нитей салфетки с помощью нитей 9/0, 11/0 и 12/0 (выполнение шва левой рукой);
- 2) диссекция куриного крыла с выделением ряда артерий — плечевой (ПА), лучевой (ЛЧА), локтевой (ЛКА) и артерий кисти — и наложением различных вариантов анастомоза: конец-в-конец, бок-в-бок, конец-в-бок; нити 11/0 и 12/0;
- 3) выполнение обоих упражнений на глубине с использованием самодельной подставки из деталей конструктора LEGO.

ТРЕНИРОВОЧНЫЕ ТЕХНИКИ

1. Шов нитей салфетки. Тренинг состоит из сшивания нитей салфетки с завязыванием 5 узлов. Цель задания — прошить близлежащие нити на равном расстоянии с завязыванием узла с максимально коротким концом нити (рис. 2). Хирургический шовный материал: нити 9/0—12/0. В ходе упражнения каждый раз накладывалось 20 швов и оценивалось затраченное время. Чередовалась работа правой и левой (доминантной/недоминантной) рукой. При выполнении задания недоминантной рукой время не фиксировалось: ставилась более простая цель — разработать руку. Во время первых тренировок применялась нить 9/0, в последующем — исключительно нити 11/0, 12/0, тем самым отрабатывались и поддерживались навыки более тонких манипуляций.

2. Диссекция крыла курицы. Первоначально проводилась диссекция крыла от плечевого до запястного

сустава. После приобретения опыта диссекцию распространяли вдоль артерий и на кисть. Это позволило отработать технику прецизионной диссекции малых артерий, а при диаметре артерий менее 1 мм — использовать их для практики наложения супермикроанастомозов. Таким образом, наложение анастомозов вели на всем протяжении артерий куриного крыла. На начальном этапе диссекции выполняли канюляцию ПА венозной канюлей 20G для введения жидкости, окрашенной акриловой краской, что позволило оценивать качество диссекции и наложения анастомоза. Боковые ветви перевязывались нитью 12/0 и отсекались от основного ствола (рис. 3).

Основной упор делался на отработку анастомоза конец-в-бок. Применялись различные варианты наложения анастомозов: непрерывным швом и одиночными узлами, с различным углом обзора при наложении швов. Наиболее часто для анастомозирования использовались ПА и ЛЧА, сопоставимые по диаметру с поверхностной височной артерией (ПВА) и корковыми ветвями средней мозговой артерии (СМА) [3].

Анастомозы конец-в-конец выполнялись между любыми артериями или с веной крыла. Тренировка шва бок-в-бок велась на ЛЧА и ЛКА, проходящих на плече рядом.

Для экономии времени после каждого тренинга крыло сохранялось для следующих занятий в контейнере с водой в холодильнике.

3. Отработка на глубине с помощью самодельной платформы из деталей LEGO. После формирования уверенных навыков работы на поверхности упражнения выполнялись уже на глубине 5—6 см (ее можно варьировать) с помощью самодельной платформы из деталей LEGO (рис. 4). С учетом большей глубины раны выбирали инструменты с длиной браншей 15 см.

Для оценки динамики навыков на каждом этапе занятия в дневнике обучающегося фиксировалось время выполнения упражнения. Кроме того, оценивалось качество наложения анастомоза другим тренирующимся.



Рис. 1. Внешний вид микроскопа и инструментарий: а — микроскоп с подключенным компьютером; б — базовый набор микроскопа; в — инструменты, нитки и дополнительные материалы для проведения микрохирургического тренинга

Fig. 1. A stereomicroscope and simple instrument: а — stereomicroscope connected to a computer; б — basic microscope set; в — tools, threads and additional materials for microsurgical training

В дневник заносили краткие данные об анастомозе, с указанием диаметра нити и числа швов, выполненных при его формировании.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Можно оценивать микрохирургический тренинг по 2 критериям: объективному (время, затраченное на задание, и качество выполнения) и субъективному (уверенность в действиях и автоматизация навыков).

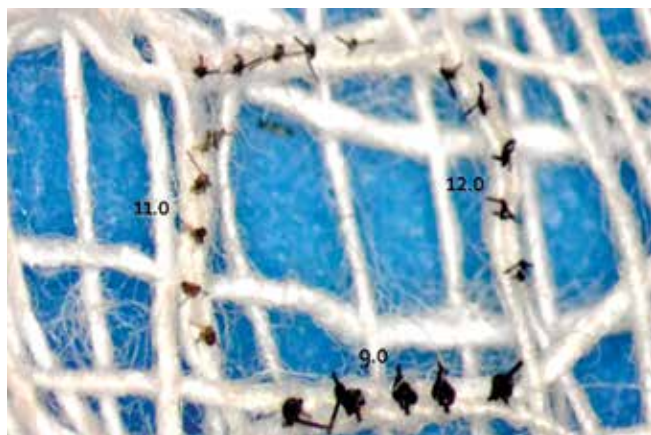


Рис. 2. Шов салфетки нитями различного диаметра: 9/0, 11/0 и 12/0
Fig. 2. Suture neighboring fibers of the gauze with 9/0, 11/0 и 12/0 thread

Тренинг 3–4 раза в неделю значительно повлиял на время и, самое главное, качество выполнения заданий. Время наложения 20 швов на нити салфетки на поверхности нитью 9/0 снизилось на 15 мин: с 53 до 36 мин (рис. 5). Время, затраченное на аналогичное упражнение нитью 12/0, хотя и было на 5–6 мин больше, также сократилось: лучший результат составил 41 мин.

После формирования стойкого навыка выполнения шва салфетки на поверхности стали использовать самодельную платформу для моделирования глубины раны и малых размеров операционного поля. Этот метод позволяет учиться манипуляции в малых и глубоких коридорах, характерных для хирургии основания черепа. На начальных этапах обучения требовалось 55 мин, впоследствии произошло ускорение — время уменьшилось на 12–10 мин.

Первый опыт наложения анастомоза конец-в-конец занял 40 мин, шов получился некачественным, отмечено большое число неловких движений. После 30 повторов данного упражнения минимальная длительность наложения анастомоза с использованием 13 швов нитью 12/0 составила 22 мин 40 с. Дальнейшее сокращение времени ограничено необходимостью смены инструмента и невозможностью автоматической смены увеличения, а также экономией нити (тратится больше времени на проведение всей длины

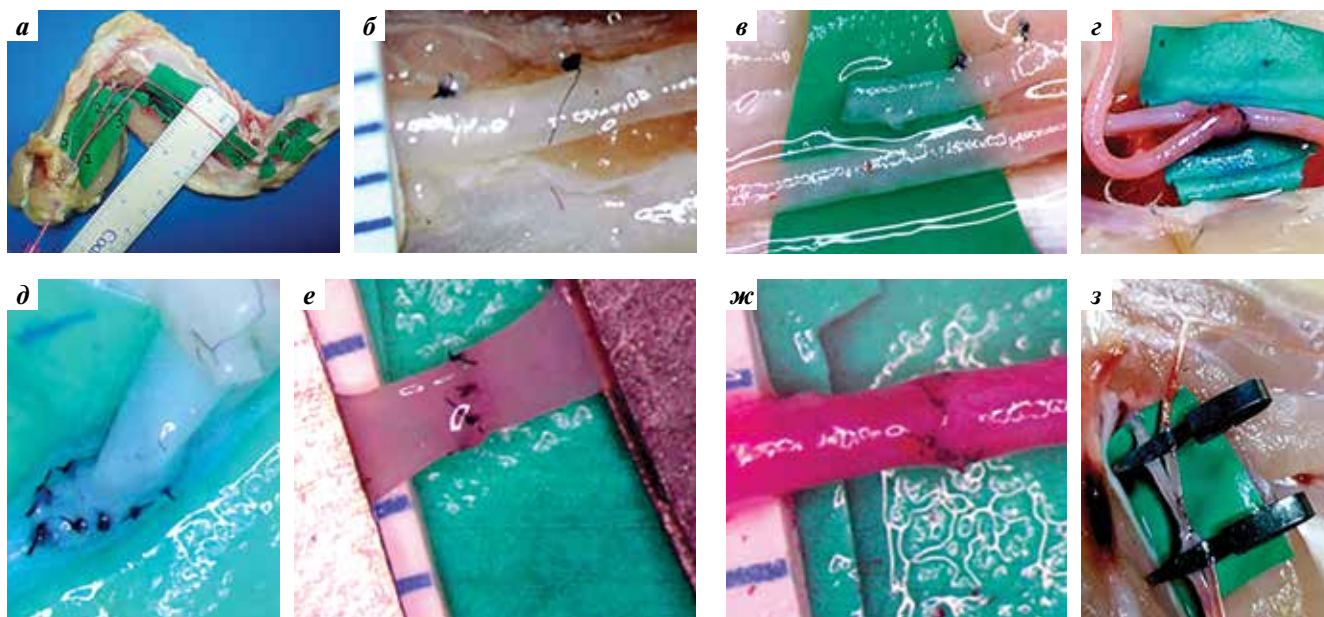


Рис. 3. Примеры техник на модели куриного крыла: а — диссекция куриного крыла, выделенные при этом сосуды: 1 — ПА (канюлирование перед диссекцией), 2 — ЛКА, 3 — ЛЧА, 4 — артерия кисти, 5 — плечевая вена; б — артерия (диаметр 1 мм), используемая для наложения анастомоза; в — подготовка ПА и ЛЧА к анастомозу; г — наложение анастомоза конец-в-бок нитью 12/0 с оценкой проходимости анастомоза (введение подкрашенной жидкости через венозную канюлю); д — анастомоз конец-в-бок (нить 12/0) под большим увеличением; е — анастомоз конец-в-конец (нить 12/0) под большим увеличением; ж — тот же анастомоз (е) после снятия клипсов, проверка его проходимости (введение окрашенной жидкости); з — анастомоз бок-в-бок

Fig. 3. Examples of techniques on a chicken wing model: а — dissection of the chicken wing, exposed arteries: 1 — brachial artery (cannulated before dissection), 2 — ulnar artery, 3 — radial artery, 4 — artery of the lower wing, 5 — brachial vein; б — artery (diameter 1 mm) and used for anastomosis; в — preparing of brachial artery and radial artery for anastomosis; г — end-to-side anastomosis with a 12/0 thread with an assessment of the patency of the anastomosis (injection of dyed fluid through the venous cannula); д — end-to-side anastomosis (suture 12/0) under higher magnification; е — end-to-end anastomosis (suture 12/0) under higher magnification; ж — the same anastomosis (e) after removing the clips, checking its patency; з — side-to-side anastomosis

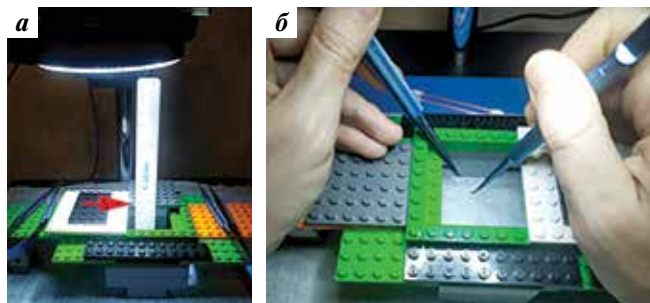


Рис. 4. Тренировка микрохирургических навыков работы в глубине операционного поля с помощью самодельной платформы из деталей LEGO: а — внешний вид платформы с формированием глубины поля 5 см; б — наложение шва салфетки

Fig. 4. Microsurgical training in the depth using a homemade platform from LEGO: а — homemade platform from LEGO deep 5 cm; б — suture neighboring fibers of the gauze

для завязывания узла). Таким образом, если учесть данные факторы, то время наложения анастомоза конец-в-бок составляет около 20 мин. На рис. 6 представлена диаграмма временной динамики наложения анастомоза по мере обретения опыта.

Помимо ускорения процедуры наложения шва, каждый из обучающихся отметил рост качества мануальных навыков: уменьшение тремора, устранение излишних и размашистых движений инструментами, формирование автоматизма движений. Эти критерии относятся к субъективным, основанным на ощущениях тренирующихся.

Значимость непрерывных занятий показывает и тот факт, что после 2-недельного перерыва в занятиях время выполнения каждого из упражнений увеличилось. Однако для возвращения на исходный, более высокий, уровень потребовалось всего 2–3 занятия.

ОБСУЖДЕНИЕ

Современная нейрохирургия основана на микрохирургической технике, умении оперировать в узких

и глубоких операционных коридорах. Для овладения такой техникой на высоком уровне требуется ежедневная практика. Отечественная модель обучения ординаторов или молодых нейрохирургов в большинстве случаев основана на приобретении мануальных навыков в операционной при выполнении отдельных этапов оперативного вмешательства. Данный вариант обучения изначально неверен, не соответствует этическим нормам, так как неуверенные действия хирурга могут привести к катастрофическим последствиям. Даже соблюдая предельную осторожность и находясь под непрерывным контролем наставника, начинающий нейрохирург для совершенствования техники нуждается в ежедневном участии в операциях, что не всегда возможно.

Альтернативный вариант развития мануальных навыков — микрохирургический тренинг. Существует множество различных моделей для тренировки [3–9]. Наиболее приближенные к реальным условиям — выполнение диссекции и наложение анастомозов на кадаврах или лабораторных крысах [10–12]. Однако оба варианта требуют специализированной лаборатории и лицензии, которые есть далеко не во всех нейрохирургических центрах. Применение операционного микроскопа для отработки навыков в свободное от операции время вряд ли найдет понимание у руководства и персонала операционного блока, при этом очевидна невозможность использования в операционной трупного материала или биологических объектов.

Для отработки микрохирургической техники в перерывах во время основного вида деятельности или дома мы использовали микроскоп, предназначенный для ремонта электронных плат или мобильных телефонов. После поиска микроскопа на интернет-площадках был подобран относительно бюджетный вариант, удовлетворяющий требованиям: тринокулярный микроскоп с большим увеличением и освещением, а также с возможностью записи изображения. Там же

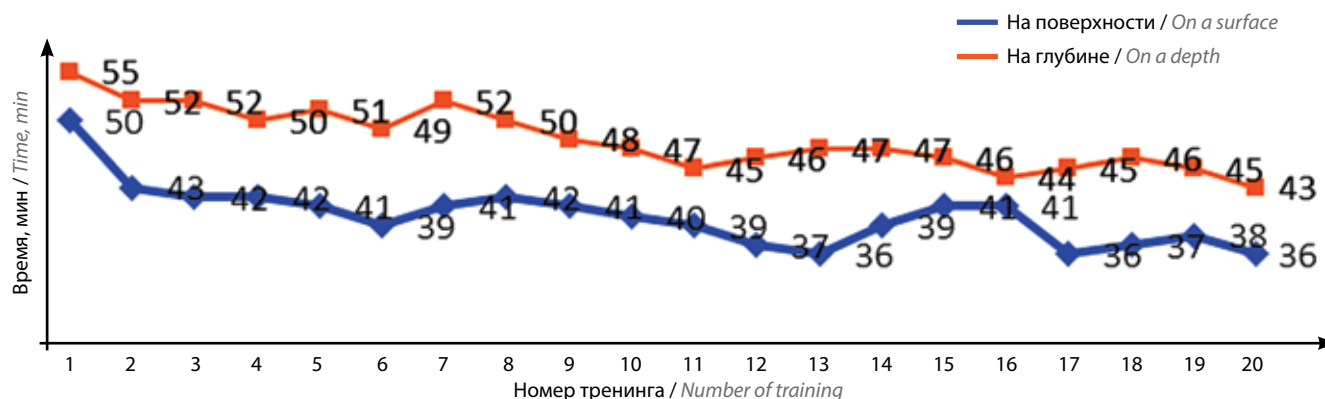


Рис. 5. Временная динамика выполнения упражнения на салфетке нитью 9/0–12/0 на поверхности и в глубине операционного поля (платформа LEGO)

Fig. 5. Temporal dynamics of suture neighboring fibers of the gauze with 9/0–12/0 thread on the surface and in the depth of the surgical field (LEGO platform)

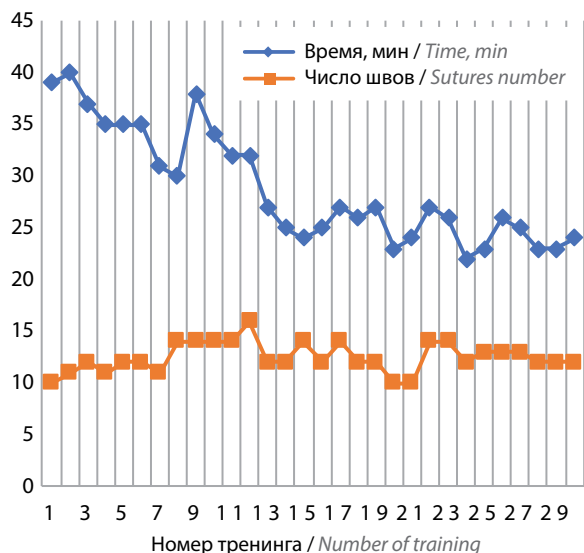


Рис. 6. Временная динамика наложения анастомоза конец-в-бок в ходе тренировок

Fig. 6. Temporal dynamics of end-to-side anastomosis during microsurgical training

(AliExpress) приобретался весь необходимый инструментарий — прямые микроножницы, микропинцет и микроиглодержатель разной длины (11 и 15 см).

На начальном этапе навыки отрабатывались на салфетке. Это наиболее простой способ ежедневного совершенствования или поддержания мануальных навыков. Т. Ипоце и соавт. рекомендовали наложение 10 тыс. швов перед наложением экстра-интракраниального анастомоза между ПВА и СМА [7]. I. Lascar и соавт. пишут о наложении 200 швов на салфетке перед началом практики на сосудах куриного крыла [13]. При этом применение нити 12/0 на большом увеличении ($\times 20$) позволяет более прецизионно отработать технику шва. Выполнение задания левой (недоминантной) рукой дает возможность увеличить ее ловкость и маневренность.

Навык работы на глубине велся с помощью самодельной платформы, имитирующей глубину/узость поля. При этом в нашей модели предусмотрена возможность уменьшать или увеличивать рабочий коридор, изменяя просвет конструкции или ее высоту.

Для отработки диссекции и микрососудистого анастомоза использовалось крыло курицы. Выделение артерий позволяет отработать навык диссекции, поэтому важно работать на всем протяжении куриного крыла вплоть до кисти, выделяя мелкие артерии (менее 1 мм в диаметре). Анастомозирование конец-в-бок в большинстве случаев проводилось на ПА и ЛЧА, диаметр которых составляет 1,2 и 1,0 мм соответственно. Для отработки шва на более мелких артериях накладывался шов артерий кисти (диаметром менее 1,0 мм) и ЛЧА. При этом до начала диссекции сосуды заполнялись подкрашенным акриловой краской раствором через венозную канюлю, установленную в ПА. Это

облегчало их визуализацию и оценку проходимости анастомоза. Конечно, жидкость все равно будет протекать между швами, но при качественном наложении шва подтекание окажется равномерным и края разреза стенки артерии не будут зиять. Следует учитывать особенность строения артерий курицы, имеющих более выраженную адвентицию, отделение которой подводит оператора к этапу выделения и подготовки ПВА перед созданием микроанастомоза с СМА в условиях клиники. Применение для формирования анастомозов нити 12/0 позволяет приучать обучающегося к работе с тончайшим шовным материалом при большом увеличении, а также выполнять больше швов для завершения анастомоза.

Для отработки анастомозов бок-в-бок сшивались ЛЧА и ЛКА. В последнее время мы стали использовать модель с грейпфрутом, когда шов накладывается в глубине борозды фрукта [14]. Этот метод позволяет одновременно отработать и навык межполушарного доступа и шва передних мозговых артерий. Однако модель не является рутинно используемой в нашей практике.

Согласно I. Lascar и соавт., оценивавших кривую обучаемости при наложении микроанастомозов, для достижения уверенных навыков, сопоставимых с таковыми у опытных хирургов, достаточно выполнения 30 анастомозов [13]. В нашей практике также потребовалось 25–30 анастомозов, чтобы выйти на плато по времени с хорошим качеством шва.

Данные литературы и наш опыт убеждают в необходимости ежедневной тренировки мануальных навыков, которые существенно повышаются даже при использовании таких простых моделей для тренировки. Еще два важных момента — возможность закупки относительно недорогого оборудования для тренировки и легкость его применения как в домашних условиях, так и в отделениях, не имеющих специализированных лабораторий. Наша работа показала, что с помощью тринокулярного цифрового стереомикроскопа Eakins (КНР), удобного и простого в работе, можно обеспечить (подобно другим микроскопам на рынке) большинство требований, необходимых для тренировки: отличное увеличение, яркость освещения поля, создание объемного изображения.

У данного микроскопа имеются и недостатки: относительно небольшое фокусное расстояние и отсутствие автоматического изменения увеличения (последняя опция доступна только на операционных микроскопах). Однако эти недостатки практически не ощущаются и не влияют на качество тренировки.

Есть возможность применения со стереомикроскопами флуоресцеина. Так, R. M. Lovato и соавт. применяли легкодоступное кольцо для ультрафиолетового излучения с желтым барьерным фильтром с выводом изображения на компьютер [15]. Мы с успехом заменили флуоресцеин на окрашенную краской жидкость, хотя флуоресценция имеет свои преимущества.

Несомненно, приблизиться к реальным условиям микрохирургических операций позволит применение лабораторных животных, но, прежде чем начать работать с ними, необходимо создать базовый навык. Именно предварительная отработка шва или диссекции на курином (или аналогичном) крыле позволяет приобрести необходимый навык, который может быть отточен уже в лаборатории или виварии. Немаловажно поддержание приобретенных навыков. Такие потребности, как показала наша работа, обеспечиваются непрерывным микрохирургическим тренингом, который может проводиться в перерывах на работе (в учебе) или в домашних условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Постоянные микрохирургические упражнения с постепенным их усложнением — неотъемлемая часть

совершенствования микрохирургических навыков. Важны как периодические интенсивные многодневные тренировки на мастер-классах и курсах, так и постоянные упражнения с использованием простых моделей. В своей практике для постоянной тренировки мы используем рядовые упражнения, промышленный микроскоп и простой инструментарий. Это позволяет проводить тренинг в свободное время на рабочем/учебном месте или в домашних условиях. Представленный опыт демонстрирует возможность и эффективность отработки микрохирургических навыков с помощью простых инструментов и несложных моделей (при необходимости их можно значительно усложнить). Улучшение мануальных навыков, отмеченное в ходе постоянных тренировок, свидетельствует о необходимости и важности микрохирургического тренинга как при обучении нейрохирургов, так и в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Бельх Е.Г. Экспериментальные модели для нейрохирургического тренинга клипирования аневризм средней мозговой артерии и наложения микроанастомозов. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2017. 26 с.
2. Belykh E.G. Experimental models for neurosurgical training of clipping of an aneurysm of the middle cerebral artery and the microanastomoses. Abstract of the dis. ... of cand. of med. sciences. Moscow, 2017. 26 p. (In Russ.).
3. Бывальцев В.А., Сороковников В.А., Бельх Е.А. Микрохирургический тренинг в нейрохирургии. Новосибирск: Наука, 2013. Byvaltsev V.A., Sorokovnikov V.A., Belykh E.A. Microsurgical training in neurosurgery. Novosibirsk: Nauka, 2013.
4. Kim B.J., Kim S.-T., Jeong Y.-G. et al. An efficient microvascular anastomosis training model based on chicken wings and simple instruments. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg 2013;15(1):20–5. DOI: 10.7461/jcen.2013.15.1.20
5. Olabe J., Olabe J. Microsurgical training on an in vitro chicken wing infusion model. Surg Neurol 2009;72(6):695–9. DOI: 10.1016/j.surneu.2008.12.008
6. Hino A. Training in microvascular surgery using a chicken wing artery. Neurosurgery 2003;52(6):1495–7; discussion 1497–8. DOI: 10.1227/01.neu.00000065174.83840.62
7. Peled I.J., Kaplan H.Y., Wexler M.R. Microsilicone anastomoses. Ann Plast Surg 1983;10(4):331–2. DOI: 10.1097/00000637-198304000-00015
8. Inoue T., Tsutsumi K., Adachi S. et al. Effectiveness of suturing training with 10-0 nylon under fixed and maximum magnification (x20) using desk type microscope. Surg Neurol 2006;66(2):183–7. DOI: 10.1016/j.surneu.2005.11.064
9. Cikla U., Sahin B., Hanalioglu S. et al. A novel, low-cost, reusable, high-fidelity neurosurgical training simulator for cerebrovascular bypass surgery. J Neurosurg 2019;130(5):1663–71. DOI: 10.3171/2017.11.JNS17318
10. Colpan M.E., Slavin K.V., Amin-Hanjani S. et al. Microvascular anastomosis training model based on a Turkey neck with perfused arteries. Neurosurgery 2008;62(5 Suppl 2): ONS407–10; discussion ONS410–1. DOI: 10.1227/01.neu.0000326026.01349.75
11. Olabe J., Olabe J., Sancho V. Human cadaver brain infusion model for neurosurgical training. Surg Neurol 2009;72(6):700–2. DOI: 10.1016/j.surneu.2009.02.028
12. Matsumura N., Hamada H., Yamatani K. et al. Side-to-side arterial anastomosis model in the rat internal and external carotid arteries. J Reconstr Microsurg 2001;17(4):263–6. DOI: 10.1055/s-2001-14518
13. Shurey S., Akelina Y., Legagneux J. et al. The rat model in microsurgery education: classical exercises and new horizons. Arch Plast Surg 2014;41(3):201–8. DOI: 10.5999/aps.2014.41.3.201
14. Lascar I., Totir D., Cinca A. et al. Training program and learning curve in experimental microsurgery during the residency in plastic surgery. Microsurgery 2007;27(4):263–7. DOI: 10.1002/micr.20352
15. Cikla U., Rowley P., Jennings Simoes E.L. et al. Grapefruit training model for distal anterior cerebral artery side-to-side bypass. World Neurosurg 2020;138:39–51. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.02.107
16. Lovato R.M., Campos Paiva A.L., Pesente F.S. et al. An affordable stereomicroscope for microsurgery training with fluorescence mode. World Neurosurg 2019;130:142–5. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.06.199

Вклад авторов

К.Н. Бабичев: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи;
А.В. Станишевский: разработка концепции и дизайна исследования, сбор и обработка материала, написание статьи;
Р.С. Мартынов: сбор и обработка материала;
Д.В. Свистов: написание и редактирование статьи.

Authors' contributions

K.N. Babichev: research idea and design of the study, obtaining data for analysis, article writing;
A.V. Stanishevskiy: research idea and design of the study, obtaining data for analysis, article writing;
R.S. Martynov: obtaining data for analysis;
D.V. Svistov: article writing and editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

К.Н. Баби́чев / K.N. Babichev: <https://orcid.org/0000-0002-4797-2937>

А.В. Стани́шевский / A.V. Stanishevskiy: <https://orcid.org/0000-0002-2615-269X>

Р.С. Марты́нов / R.S. Martynov: <https://orcid.org/0000-0002-2769-3551>

Д.В. Свистов / D.V. Svistov: <https://orcid.org/0000-0002-3922-9887>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работы выполнялись без внешнего финансирования.

Funding. The work was performed without external funding.