

## ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МАНУАЛЬНЫХ НАВЫКОВ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ НА МОЗГОВОМ ОТДЕЛЕ ЧЕРЕПА

**А.А. Смирнов<sup>1</sup>, В.В. Татаркин<sup>1</sup>, И.Г. Захматов<sup>1</sup>, А.Т. Марьянович<sup>1</sup>,  
М.В. Андреевская<sup>1</sup>, А.И. Назмиев<sup>1</sup>, Ш.Ш. Кудлахмедов<sup>1</sup>, В.А. Рыбаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

**Смирнов Александр Александрович** – к.м.н., кафедра оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Татаркин Владислав Владимирович** – кафедра оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Захматов Иван Геннадьевич** – к.м.н., кафедра оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Марьянович Александр Тимурович** – кафедра нормальной физиологии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Андреевская Марина Владиленовна** – к.м.н., доцент, кафедра нормальной физиологии ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Назмиев Азат Ильдусович** – студент ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Кудлахмедов Шакир Шавкатович** – студент ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

**Рыбаков Владимир Александрович** – студент ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Одной из задач высшего профессионального и дополнительного профессионального образования является формирование у обучающегося широкого спектра компетенций и прочно закрепленных практических навыков без ущерба здоровью пациента. Это обуславливает интерес к разработке и внедрению различных виртуальных симуляторов и тренажеров. Однако на сегодняшний день нет симуляционного комплекса для отработки техники выполнения хирургических вмешательств на мозговом отделе черепа и головном мозге. В этой связи основной целью данной работы является разработка тренажера для освоения мануальных хирургических навыков на мозговом отделе черепа в реальной топографо-анатомической среде. Исходя из данных физико-химических свойств тканей и имитирующих их материалов разработан оригинальный симуляционный тренажер, включающий в себя: головной мозг, выполненный из вазелино-парафиновой смеси; твердую мозговую оболочку и кожу, выполненные из хлопчатобумажной ткани, пропитанной силиконом; свод черепа-слепка из протакрила. На этапе апробации оригинального тренажера экспертами-нейрохирургами отмечена высокая приближенность реалистичности тактильных ощущений выполнения этапов трепанации черепа. Разработанная модель успешно внедрена и эффективно применяется в процессе обучения и контроля усвоения мануальных навыков студентов и клинических ординаторов, обучающихся на базе СЗГМУ им. И.И. Мечникова, г. Санкт-Петербург.

**Ключевые слова:** мозговой отдел черепа, хирургия, мануальные навыки, медицинское образование, компетенции.

## SIMULATOR FOR MANUAL SKILLS DEVELOPMENT OF SURGICAL INTERVENTIONS ON THE SKULL CEREBRAL SECTION

**Alexander A. Smirnov<sup>1</sup>, Vladislav V. Tatarkin<sup>1</sup>, Ivan G. Zakhmatov<sup>1</sup>,  
Alexander T. Marianovich<sup>1</sup>, Marina V. Andreevskaya<sup>1</sup>, Azat I. Nazmiev<sup>1</sup>,  
Shakir Sh. Kudlakhmetov<sup>1</sup>, Vladimir A. Rybakov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Smirnov Alexander Alexandrovich** - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Operative and Clinical Surgery with Topographic Anatomy Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Tatarkin Vladislav Vladimirovich** - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Operative and Clinical Surgery with Topographic Anatomy Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Zahmatov Ivan Gennadevich** - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Operative and Clinical Surgery with Topographic Anatomy Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Maryanovich Alexander Timurovich** - Doctor of Biological Sciences, Professor, Normal Physiology Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Andreevskaya Marina Vladilenovna** - Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Normal Physiology Department of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Nazmiev Azat Ildusovich** - Student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Kudlakhmedov Shakir Shavkatovich** - Student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

**Rybakov Vladimir Alexandrovich** - Student of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov", Saint-Petersburg, Russian Federation

*One of the aim of higher education and additional professional education is to create a wide range of abilities and profoundly fixed practical skills without harm to patient's health. That determines the interest to the development and implementation of various virtual simulators. However nowadays there is no simulation set capable to give the opportunity to practice the technique of surgical intervention performance on the cerebral section of the skull and the brain highly close to reality. That is why the chief aim of this work is create the simulator for manual surgical skills mastering on the cerebral section of the skull in a real topographic anatomical environment. Based on data of the physical and chemical properties of tissues and their simulating stuff a unique simulator was created. It includes the brain, made of Vaseline and paraffin mixture, the Dura mater and skin made of cotton fabric impregnated by silicone, the skull as a cast from protakril. At the stage of testing this unique simulator neurosurgeon experts pointed out the high level of the approximate reality of the tactile sensations of the craniotomy stages performance. The elaborated model is successfully implemented and effectively used in the process of learning and control of mastering manual skills by students and medical interns at North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russia.*

**Keywords:** skull cerebral section, surgery, manual skills, medical education, competence.

## АКТУАЛЬНОСТЬ

В связи с неуклонно растущими требованиями к качеству оказания медицинских услуг одной из основных задач медицинского образования является создание условий для развития у обучающегося широкого спектра компетенций и прочно закреп-

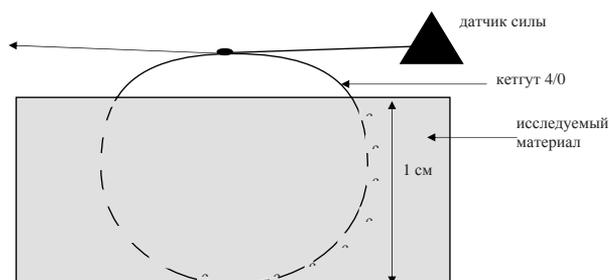
ленных практических навыков без риска нанесения вреда пациенту. Благодаря усовершенствованию компьютерных технологий и развитию устройств тактильной обратной связи, создаются виртуальные симуляторы в разных направлениях и областях медицины. В сфере высшего медицинского образова-

ния и на этапах дополнительного профессионального образования вклад виртуальных симуляторов, без сомнения, очень значителен, однако для формирования основных базовых навыков, например трепанации черепа, они мало применимы. Реалистичность тактильных ощущений при их использовании уступает отработке навыков на биологическом материале. При этом использование биологического материала от животных или умерших людей связано с этическими, юридическими и материальными ограничениями. На сегодняшний день не существует симуляционного комплекса, способного с высокой степенью реалистичности предоставить возможность отработать технику выполнения хирургических вмешательств на мозговом отделе черепа и головном мозге. Разработка и внедрение подобного комплекса будут способствовать не только наработке мануальных навыков, но и позволят оценить степень их усвоения, избежать этических и юридических проблем, снизить расходы на обучение и обеспечить биологическую безопасность по сравнению с использованием трупного материала. В этой связи основной целью данной работы является разработка тренажера для освоения мануальных хирургических навыков на мозговом отделе черепа в реальной топографо-анатомической среде, оценка его эффективности и внедрение в образовательный процесс.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Вся исследовательская работа проведена в несколько этапов. На первом этапе изучили и подобрали материал, максимально имитирующий физико-механические свойства тканей человека. Далее из выбранных материалов разработали оригинальный тренажер. Завершили исследование оценкой функциональных возможностей разработанного тренажера с последующим его внедрением в образовательный процесс.

Сравнение физико-механических свойств живых тканей и имитирующих их материалов проводилось с учетом данных, полученных из общедоступных литературных источников [1,2,3], и в сопоставлении тактильных ощущений практикующих врачей-нейрохирургов при моделировании оперативного вмешательства. Для имитации костной ткани были выбраны протакрил (быстроотвердевающая пластмасса) и гипс; кожи и твердой мозговой оболочки - латексная резина и комплекс



**Рисунок 1 – Схема апробации моделей кожи и твердой мозговой оболочки.**

силикона с хлопчатобумажной тканью; вещества мозга - силикон и вазелино-парафиновая смесь. С помощью интегрированной установки Biopac Student Lab (BIOPAC Systems Inc., США) измеряли силу, необходимую для прорезывания исследуемого материала толщиной 1 см при его прошивании ниткой пролен 2/0 (рис.1).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные значения прочности костной ткани свода черепа и значения заменяющих материалов представлены в табл. 1. Из данных табл. 1 видно, что протакрил по сравнению с гипсом наиболее близок к костной ткани по всем проанализированным физическим характеристикам. Согласно мнению экспертов-нейрохирургов слепок, выполненный из протакрила, в большей степени, чем гипс, имитирует костную ткань, что позволит более эффективно отработать мануальные навыки при наложении фрезевых отверстий и при выпиливании костного фрагмента.

**Таблица 1 – Некоторые физические характеристики костной ткани черепа, протакрила и гипса**

Показатели	Костная ткань свода черепа	Протакрил	Гипс
Прочность на растяжение, МПа	100	50	30
Твердость по Бринеллю, НВ	450	355	110
Модуль упругости (Юнга), МПа	10000	7000	1000

С помощью интегрированной установки Biopac Student Lab установлено, что для прорезывания человеческой кожи необходимо приложить силу в 9 Н, для прорезывания комплекса силикона с хлопчатобумажной тканью 7 Н. Следует отметить, что нити пролен 2/0 с прочностью на разрыв в 12 Н не хватило для прошивания латексной резины, из чего следует, что для прорезывания латексной резины необходимо усилие более 12 Н. По заключению экспертов-нейрохирургов сделан вывод, что латексная резина является высокоэластичным и упругим материалом, что не соответствует свойствам имитируемых субстратов и может привести к формированию неправильных мануальных навыков, а именно к чрезмерному затягиванию узлов [4]. Что касается силикона в комплексе с хлопчатобумажной тканью, то, по мнению экспертов-хирургов, данная модель в большей степени имитирует кожу и способствует формированию правильных мануальных навыков при зашивании твердой мозговой оболочки и кожи. Это связано с тем, что силикон по сравнению с латексной резиной более мягкий и обладает меньшей прочностью на растяжение, что потребует от обучающегося умеренно затягивать узлы.

Головной мозг представляет собой желеобразную субстанцию, удельная плотность которой ва-

рьюет от 1,038 до 1,041 г/см<sup>3</sup>. Удельная плотность силикона в зависимости от типа составляет от 1 до 2 г/см<sup>3</sup>. Следовательно, теоретически возможно было бы подобрать необходимый тип силикона для создания компонента симуляционной модели, однако высокий уровень твердости сделал бы модель нереалистичной. Также экспертами-нейрохирургами была апробирована модель из вазелино-парафиновой смеси. Эта субстанция обладает более низкой плотностью (0,88 - 0,92 г/см<sup>3</sup>), чем головной мозг, однако параметры твердости при субъективной оценке имеют высокую степень соответствия, что делает модель мозга максимально приближенной к реальности. К тому же силикон имеет высокую стоимость. Так, 1400 см<sup>3</sup> силикона, необходимого для изготовления модели головного мозга, стоит около 3000 рублей, тогда как 1400 см<sup>3</sup> парафина стоит всего 600 рублей.

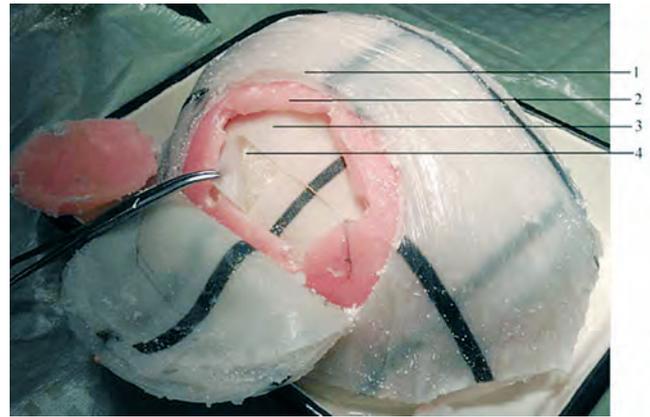
По результатам анализа механических характеристик потенциальных заменителей тканей человека был разработан тренажер, который включает головной мозг, твердую мозговую оболочку, свод черепа и кожу (рис.2).



**А - Подготовка оборудования для выполнения слепка свода черепа.**



**Б - Изготовление слепка свода черепа.**



**В. Готовый образец.**

**Рисунок 2 - Демонстрация этапов изготовления и готовый образец тренажера для наработки мануальных навыков.**

Свод черепа представляет собой слепок, выполненный из протакрила, головной мозг выполнен из вазелино-парафиновой смеси, твердая мозговая оболочка и кожа - из хлопчатобумажной ткани, пропитанной силиконом. Для оценки качества выполненных манипуляций было принято решение покрыть модель мозга полиэтиленовой пленкой, по целостности которой можно судить об успешно выполненных манипуляциях. При неуспешном выполнении полиэтиленовая пленка будет повреждена.

Принимая во внимание тот факт, что краниотомия является основным вариантом хирургического доступа к различным внутричерепным образованиям головного мозга с целью их хирургического лечения при нейрохирургических плановых и экстренных операциях, в качестве модели наработки мануальных навыков была выбрана именно трепанация черепа. Отработка практических навыков по трепанации мозгового отдела черепа включает в себя следующие этапы: скальпелем выполняют разрез кожи (рис.3;1), отводят кожный лоскут и просверливают 5-6 фрезевых отверстий на своде черепа (рис.3;2-3). После этого костные мостики между фрезевыми отверстиями выпиливают пилой Джильи, которую проводят под кость между соседними отверстиями с помощью проводника Поленова (рис.3;4). Затем вскрывают твердую мозговую оболочку (рис.3;5). Результатом успешно выполненных манипуляций является целостность полиэтиленовой пленки. На следующем этапе ушивают твердую мозговую оболочку (рис.3;6), выполняют костную пластику с помощью отпиленного костного лоскута (рис.3;7). Заключительный этап - наложение швов на кожу (рис.3;8).

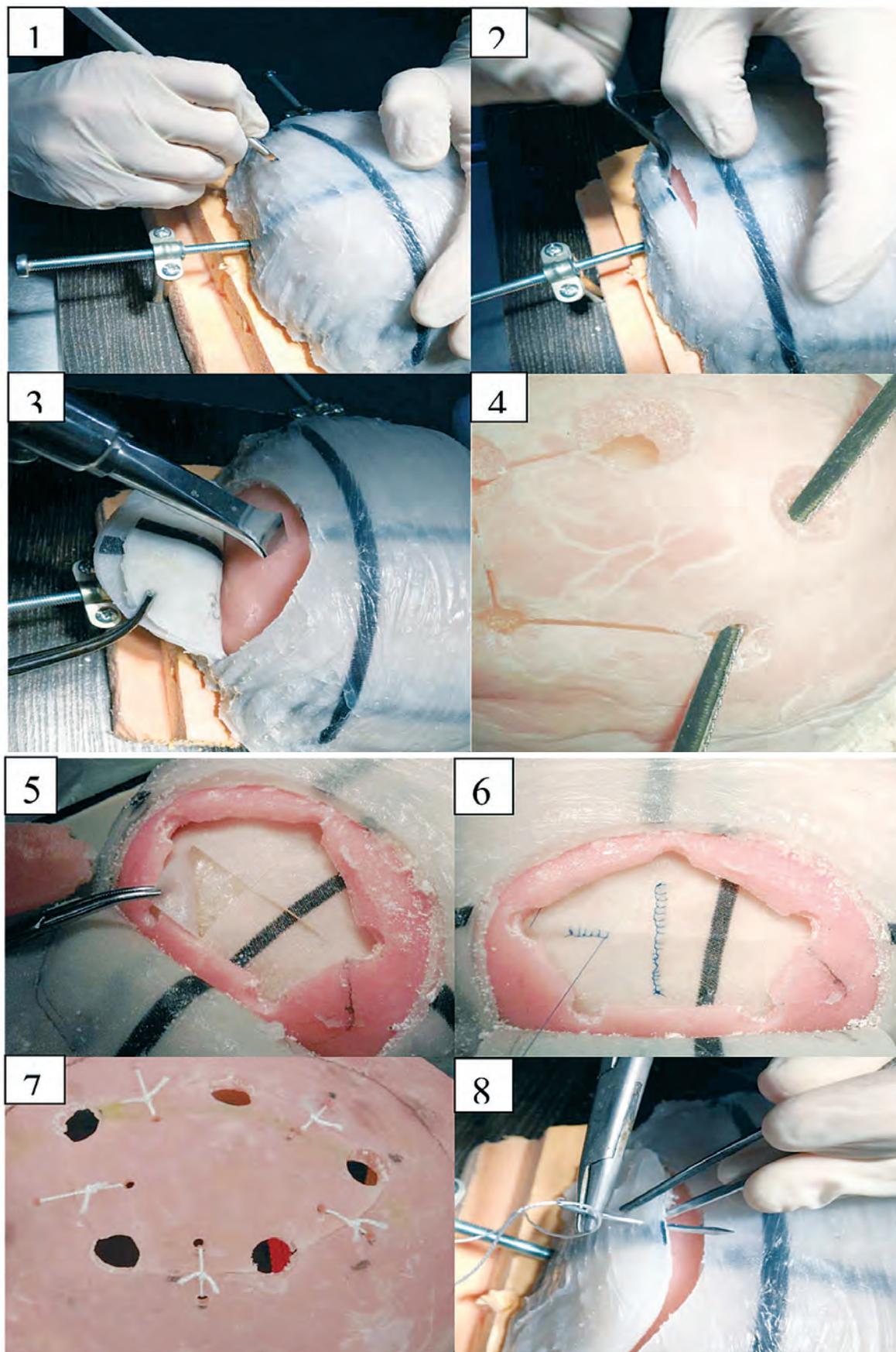


Рисунок 3 – Демонстрация последовательности действий при наработке мануальных навыков краниотомии с использованием оригинально разработанного тренажера.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, разработан оригинальный тренажер для освоения мануальных хирургических навыков на мозговом отделе головы в реальной топографо-анатомической среде. Экспертами-нейрохирургами отмечена высокая приближенность реалистичности тактильных ощущений выполнения этапов трепанации черепа на созданном тренажере с аналогичными на биологическом материале. Разработанная модель успешно применяется в процессе обучения студентов и клинических ординаторов на кафедре оперативной и клинической хирургии с топографической анатомией СЗГМУ им. И.И. Мечникова для формирования и контроля мануальных навыков.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES**

1. Верховский АЕ, Аболмасов НН, Федосов ЕА, Азовскова ОВ. Сравнительная характеристика физико-химических свойств и микробной адге-

зии базисных акриловых пластмасс с различными способами полимеризации. Российский стоматологический журнал. 2014; 3: 17-20. [Verkhovskiy AE, Abolmasov NN, Fedosoy EA, Azovskova OV. Comparative characteristics of the physicochemical properties and microbial adhesion of base acrylic resin with different methods of polymerization. Russian Journal of Dentistry. 2014; 3: 17-20. (in Russ.)]

2. Дубровский ВИ, Федорова ВН. Биомеханика. М.; 2003: 672 с.

3. Федоров АЕ, Самарцев ВА, Кириллова ТА. О механических свойствах кожи человека. Российский журнал биомеханики. 2006; 10(2): 29-42. [Fedorov AE, Samartsev VA, Kirillova TA. Mechanical properties of human skin. Russian Journal of Biomechanics. 2006; 10(2): 29-42. (in Russ.)]

4. Хай ГА. Ассистирование при хирургических операциях. СПб.;1998:382 с.

Лицензия № 0177 от 10.06.96 г.

Дата выхода 04.04.2017 г.

Отпечатано на цифровом оборудовании с готового оригинал-макета, представленного авторами.

Формат 60x84 1/8. Усл.-печ. л. 7,9

Тираж 510 экз. Заказ № 11

Адрес типографии:

450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3, Тел.: (347) 272-86-31

ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России

Цена свободная.