

ОБУЧЕНИЕ В НЕЙРОХИРУРГИИ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2016

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ ОБУЧЕНИЯ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРАМИНАЛЬНОЙ ПОЯСНИЧНОЙ ДИСКЭКТОМИИ В РАМКАХ ОБРАЗОВАНИЯ НЕЙРОХИРУРГА

И.А. Борщенко¹, А.В. Басков^{1,2,3}, А.В. Ярыгин¹, В.Л. Пучков², А.В. Кузнецов², О.Н. Древаль²¹ Клиника ОРТОСПАЙН, Москва² Российская медицинская академия последипломного образования, кафедра нейрохирургии, Москва³ Центральная клиническая больница № 1 ОАО «РЖД», Москва

Цель: описание опыта внедрения интерактивной системы обучения чрескожной трансфораминальной поясничной дискэктомии в рамках сертификационных и тематических циклов обучения нейрохирурга.

Материал и методы: интерактивная программа обучения хирурга чрескожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии создана с использованием ресурсов кафедры нейрохирургии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО). Она представляет собой высококачественную трехмерную видеoaнимацию каждого этапа хирургического вмешательства, учитывающую естественные анатомические взаимоотношения и пропорции, воспроизводящую внешний вид и работу реальных хирургических инструментов. Это дает возможность обучающемуся повторять и воспроизводить их необходимое количество раз. Программа состоит из видеоматериалов, текстового описания, вступительного теста и окончательного экзамена в виде теста. Программа располагается на специальном интернет-сайте, поэтому после получения индивидуального доступа курсант способен обучаться дистанционно.

Результаты: программа интерактивного обучения чрескожной поясничной эндоскопической трансфораминальной дискэктомии внедрена в рамках профессионального образования на кафедре нейрохирургии РМАПО.

Заключение: внедрение интерактивной системы обучения чрескожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии в рамках образования нейрохирурга на кафедре нейрохирургии РМАПО оказалось эффективным способом обучения врачей и имеет широкие перспективы дальнейшего развития.

Ключевые слова: спинальная эндоскопия, дистанционное обучение, минимально-инвазивная хирургия позвоночника,

Objective: the description of experience of introduction of interactive system for training of spine surgeons for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy within the course of graduate education.

Material and methods: the interactive program of surgical training for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy is created using the resources of the Russian Medical Academy of Postdegree Education (RMAPE). It represents the high-quality three-dimensional video animation of each stage of surgical intervention considering natural anatomic relationship and proportions, reproducing appearance and operation of real surgical instruments. It gives the trainee opportunity to repeat and reproduce it as many times as may be necessary. The program consists of video animation, text description, pre-test and final examination test. The program hosts on the special Internet site therefore after receiving the individual access the student is capable to be trained on-line.

Results: the interactive program of surgical training for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy was introduced as a part of program of professional education at the base of department of neurosurgery of the Russian Medical Academy of Postdegree Education (RMAPE).

Conclusion: Introduction of the interactive program of surgical training for percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy at the base of department of neurosurgery of RMAPE demonstrates the effective way of training of surgeons and has wide prospects of further development.

Key words: spine endoscopy, minimally invasive spine surgery, on-line training

Введение

Программа Международной Федерации медицинского образования (МФМО) начала свою

работу в 1998 г. Ее целью является установить механизм улучшения медицинского образования в мировом контексте и быть принятой национальными властями, институтами и организациями,

ответственными за медицинское образование [1]. Этапы медицинского образования включают в себя 3 фазы: базовое медицинское образование, последипломное медицинское образование и непрерывное профессиональное развитие [2]. Создание общей Европейской области высшего образования общей Европейской области исследований — European Higher Educational Area (EHEA) and European Research Areas (ERA), в рамках Болонского процесса приводит к повышению мобильности студентов и профессионалов в пределах Европы, и поэтому вызывает необходимость выработки общих принципов оценки качества образовательного процесса [1]. Согласно программе МФМО, третьей частью медицинского образования является непрерывное профессиональное развитие или образование. Его цель — стимулировать и поддерживать докторов и улучшать практические навыки врачей специалистов, и это является *обязательной основой* профессионального образования. Существующий Европейский Аккредитационный совет для непрерывного медицинского образования (European Accreditation Council for Continuing Medical Education (EACCME)) позволяет осуществить сотрудничество в этой области на основании национальной программы, соответствующей международным нормам.

Непрерывное медицинское образование — это образовательный процесс, с помощью которого медицинские работники постоянно (ежедневно) обновляют свои знания и практические навыки. Он начинается после завершения обязательной последипломной подготовки. Его целью является повышение качества медицинской помощи пациентам. В настоящее время происходит процесс реформы медицинского образования в РФ. В связи с этим организован Ассоциация профессиональных медицинских обществ по качеству медицинской помощи и медицинского образования (АСМОК) (<http://www.asmok.ru>). Это первая в России профессиональная общественная медицинская организация, специализирующаяся на вопросах качества медицинской помощи и медицинского образования. АСМОК объединяет ведущие Российские профессиональные медицинские общества. Основной целью АСМОК является содействие повышению качества медицинской помощи и медицинского образования, инициирование работы по созданию национальной концепции управления качеством медицинской помощи. Одним из предложений АСМОК является ведение системы образовательных кредитов (часов), позволяющих объективно оценить процесс непрерывного медицинского образования и развития врача. Кредиты в медицинском образовании — это баллы (часы) — условные единицы измерения значимости каждого образовательного мероприятия. Среди них могут быть посещение врачами аккредитованных общероссийских и зарубежных конференций и семинаров; написание научных работ и аналитических обзоров, стажировки в российских и зарубежных высокотехнологичных центрах, участие в реализации программ по управлению качеством и по

внедрению стандартов медицинской помощи в ЛПУ, выступления на конференциях, подготовка разборов сложных клинических случаев и др. Согласно предложениям АСМОК, кредиты (очечные баллы) следует распределять равномерно в течение 5 лет, после чего следует этап повторной сертификации (аккредитации) специалиста. Предлагается выделить равное количество времени как на обучение на базе образовательных учреждений, так и на самостоятельное обучение или учебу на рабочем месте. В ходе учебы на базе образовательных учреждений около одной трети кредитов предлагается получать в ходе дистанционного обучения. Оно может осуществляться в виде образовательных модулей (заочных лекций, семинаров), участие в работе интернет конференций, телемедицинских лекций (вебинаров). В стандартах по качеству улучшения медицинского образования Международной федерации медицинского образования (WFME Global Standards for Quality of Improvement in Medical Education), в главе, посвященной непрерывному профессиональному развитию, отдельным пунктом описывается использование информационных технологий [1]. Согласно ему, медицинские центры, осуществляющие непрерывное последипломное медицинское образование, должны иметь программу, учитывающую эффективное использование информационных и коммуникационных технологий [1].

Материал и методы

В рамках реформы образовательного процесса на базе кафедры нейрохирургии Российской медицинской академии последипломного образования (РМАПО) была создана программа интерактивной системы обучения нейрохирургов, в частности, разработан модуль обучения чрескожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии. Известно, что кривая обучения эндоскопической спинальной хирургии имеет пологий вид, что означает достаточную длительность и трудность на начальных этапах обучения [3]. Это связано с тем, что эндоскопическая спинальная анатомия сложна для усвоения, требует хорошего пространственного воображения хирурга. Кроме того, сложность организации обучения с использованием секционного материала или муляжей, необходимость многократной отработки хирургических навыков создает дополнительные препятствия к освоению этих современных минимально инвазивных операционных техник. Современные цифровые анимационные технологии позволяют обойти эти трудности. Качественная видеоанимация, учитывающая естественные анатомические взаимоотношения и пропорции, воспроизводящая внешний вид и работу реальных хирургических инструментов позволяет подробно осветить каждый этап хирургической операции, дает возможность обучающему повторять и воспроизводить их необходимое количество раз. Это приводит к ускорению обучения и повышению его эффективности.

Внедренная система интерактивного обучения состоит из интернет-портала, имеющего страницу авторизации (<http://orthospine.allgoodmed.com>) (рис. 1). Курсант получает от преподавателя (куратора курса) электронный доступ к системе, в данном случае к ее части по обучению чрезкожной эндоскопической трансфораминальной дискэктомии. В ходе регистрации учащийся указывает контактную информацию (электронный адрес, почтовый адрес), позволяющую осуществлять обратную связь с ним в ходе обучения. Для того, чтобы получить полный доступ к обучающей информации, курсант должен пройти вступительный тест. Этот тест позволяет оценить начальный уровень знаний курсанта, которые он получает в ходе лекционного курса. Таким образом, прослушанные (прочитанные) очно или заочно лекции позволяют создать предварительный уровень подготовки для того, чтобы усвоить узко специфичные знания по хирургическому вмешательству. В данной программе обучения чрезкожной эндоскопической трансфораминальной дискэктомии обучение построено на подробной презентации каждой части хирургического вмешательства с помощью высококачественной видеоанимации. Вся операция разбита на части, в частности, выделены следующие разделы: 1) позиционирование ЭОПа относительно тела пациента и оперируемого диска; 2) определение точки входа на кожу пациента; 3) местная анестезия; 4) введение иглы в диск; 5) общая анестезия; 6) атаралгезия; 7) введение проволочного проводника в диск;

8) введение дилатора по проволочному направлению; 9) введение рабочей гильзы; 10) расширение межпозвонкового отверстия бором (опция); 11) создание рабочей полости в диске; 12) удаление грыжевого секвестра; 12) нуклеотомия (опция); 13) гемостаз; 14) введение раствора стероида к области операции (опция); 15) пункционная лазерная реконструкция диска (опция); 16) послеоперационный неврологический контроль; 17) показания к чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии; 18) противопоказания к чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии; 19) результаты чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии; 20) литература.

Каждый раздел иллюстрируется видеофрагментом, который возможно просмотреть многократно. Он сопровождается также текстовым описанием. Во время спинальных эндоскопических вмешательств используют флюороскопический контроль. Совмещение реального положения рабочего инструмента, видеоанимации конкретного этапа операции и одновременного рентгеноскопического изображения реализуется в этой обучающей программе. Такой прием позволяет приблизить интерактивное обучение к реальной хирургической ситуации и повышает эффективность усвоения хирургического приема. Кроме отдельных видеороликов к каждой части программы имеется возможность просмотреть всю операцию целиком, создав цельное представление о вмешательстве (рис. 2, 3).



Рис. 1. Домашняя (первая) страница сайта, на котором расположена интерактивная система обучения нейрохирурга чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии.

Fig. 1. Home (front) page of site which hosts the interactive education system for neurosurgeons for training of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy.

1 **Позиционирование ЭОПа относительно тела пациента и оперируемого диска** редактировать

Для выполнения чрезкожного трансфораминального эндоскопического удаления грыжи диска важным является точное позиционирование ЭОПа относительно плоскости оперируемого диска. Это необходимо во избежание проекционных искажений, связанных с несовпадением плоскости рентгеновского луча и плоскости диска, поскольку такие искажения приведут к невозможности точного и безболезненного нахождения точки входа на кожу и на диск. В противном случае операция будет затруднена, затянута и может сопровождаться болями и даже травмой нервных структур.

Для точного позиционирования ЭОПа относительно тела пациента и плоскости диска в прямой проекции выполняется снимок и отмечается на коже линией. Далее в плоскости этой линии устанавливается С-дуга ЭОПа. Для облегчения этого может использоваться совмещение лазерного луча С-дуги с линией на коже. После чего производится рентгеновский контроль в боковой проекции. При этом контролируют горизонтальное положение оси позвоночника, совпадение краниальной и каудальной части изображения с истинным расположением пациента.

При правильном позиционировании ЭОПа относительно тела пациента и плоскости оперируемого диска достигаются следующие особенности изображения в боковой проекции:

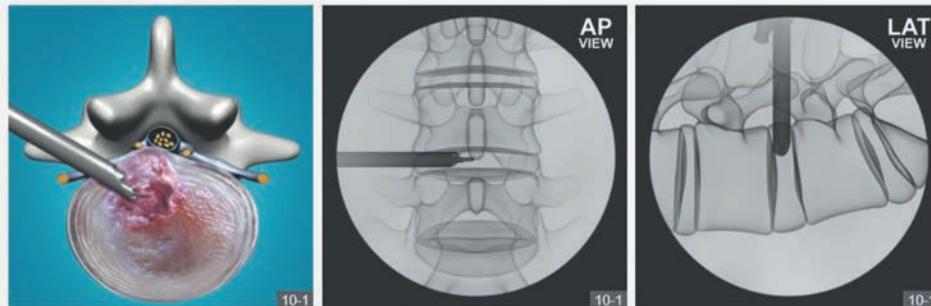
- каудальная и краниальная часть изображения соответствует положению пациента на операционном столе
- ось оперируемого отдела позвоночника располагается горизонтально
- плоскость рентгеновского луча С-дуги соответствует плоскости диска, что проявляется в одном контуре изображения ножек позвонков, максимальной прозрачности просвета диска и межпозвонковых отверстий



Рис. 2. Фрагмент интернет-страницы интерактивной системы обучения нейрохирурга чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии, на которой описан начальный этап хирургического вмешательства. Fig. 2. The fragment on webpage of interactive education system for neurosurgeons for training of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy which describes the initial step of surgical intervention.

10 **Создание рабочей полости в диске** редактировать

Данная техника чрезкожной эндоскопической трансфораминальной дискэктомии использует принцип «изнутри-наружу». То есть в типичном случае грыжевого фрагмента, который располагается без миграции и имеет заднебоковую или парамедиальную, или центральную локализацию, используется техника удаления секвестра через диск. Для этого производится удаление части пульпозного ядра в дорзальной 1/3-1/4 диска. Обычно в этой зоне располагается основание грыжевого фрагмента и уже на этом этапе возможен захват грыжевого секвестра и его удаление. Если прочной связи грыжевого фрагмента и диска нет, то удаляется ткань диска в виде множества мелких фрагментов кусачками. Для этого могут использоваться микроконхотомы для работы через рабочий канал эндоскопа, или макроконхотомы для работы через рабочую гильзу без непосредственного визуального контроля. Во время хромодискографии эта часть диска обычно окрашивается в голубой цвет.



11 **Удаление грыжевого секвестра** редактировать

Рис. 3. Фрагмент интернет-страницы интерактивной системы обучения нейрохирурга чрезкожной эндоскопической трансфораминальной поясничной дискэктомии, на которой описан этап операции создания внутридисковой рабочей полости. Fig. 3. The fragment on webpage of interactive education system for neurosurgeons for training of percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy which describes the step of operation for creation of interdiscal working cavity.

На основании текстового и видеоматериала подготовлена тестовая часть обучения. Она представляет собой вопросы по каждому представленному этапу обучения. В частности, предлагается 3 варианта ответа, среди которых требуется выбрать правильный. Как уже упоминалось, перед началом обучения студенту предлагается пройти вступительный тест. Этот тест включал 5 вопросов, среди которых имелись следующие: «Для удаления грыж преимущественно каких межпозвонковых дисков чаще используют чрезкожное трансфораминальное эндоскопическое удаление грыжи поясничного диска?», «Между

какими анатомическими структурами осуществляют чрезкожное трансфораминальное удаление поясничной грыжи?», «Какое предпочтительное время госпитализации при чрезкожном эндоскопическом удалении поясничной грыжи трансфораминальным доступом?» и т.д. Ответить на данные вопросы возможно врачу-ординатору, имеющему достаточно широкий общий медицинский кругозор, или курсанту, очно прослушавшему (дистанционно прочитавшему) лекции по данной теме. Такой предварительный тест позволяет отсеять «случайных» или неподготовленных курсантов.

После прохождения вступительного теста курсант получает доступ к основной обучающей программе, включая все текстовые и видеоматериалы. По завершению обучения, то есть к концу обучения на цикле курсант обязан сдать экзамен, который также проводится дистанционно в виде теста. В этом случае обучающийся обязан ответить на 14 вопросов, выбирая в каждом случае правильный ответ из нескольких предложенных.

Программа автоматически рассчитывает процент правильных ответов и в случае достижения пороговой величины (в данном случае порог устанавливали 80%) выдает ответ об успешном завершении экзамена. В программе также существует возможность генерирования автоматически сертификата или иного документа, удостоверяющего, что курсант успешно прошел обучение.

Куратор курса осуществляет дистанционный контроль за курсантами. Это возможно благодаря скрытой от студентов административной части программы. После регистрации в течение суток куратор присылает на электронный адрес индивидуальный доступ в обучающую систему. Этот доступ действителен в течение времени обучения на курсах или оговаривается индивидуально. В административной части имеются раздел «Панель», собирающий контактные данные о курсантах и отслеживающий их успехи в сдаче тестов; раздел «Классы», позволяющий создавать новую обучающую группу по определенной теме; раздел «Курсы и тесты», дающий возможность оперативно редактировать обучающий текстовый и видео материал; раздел «Отзывы», который собирает мнение курсантов. Это позволяет быстро совершенствовать и модернизировать обучающую программу.

Результаты

В рамках профессионального образования врачей-ординаторов на кафедре нейрохирургии РМАПО была внедрена система интерактивного обучения чрескожной эндоскопической трансфориальной поясничной дискэктомии. Обучение включало в себя очную часть в виде лекционного материала, посвященного методам эндоскопической и минимально инвазивной хирургии позвоночника. В ходе лекции также была разобрана видеозапись реального оперативного вмешательства по трансфориальной эндоскопической поясничной дискэктомии. В конце лекции курсантов ознакомили с интерактивной системой обучения и сообщили адрес сайта, на котором осуществляется обучение. Всего на лекционном курсе зарегистрировалось 9 курсантов. Активность использования интерактивной формой обучения составила 55%, поскольку это не являлось обязательным. Из тех, кто прошел обучение, все успешно завершили курс обучения и смогли сдать окончательный экзамен.

Обсуждение

В Российской Федерации происходят процессы сближения национальной образовательной программы с европейскими рекомендациями и нормами. В частности, Федеральный Закон «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» (ФЗ №323 «Об основах охраны здоровья граждан в РФ» (в ред. Федеральных законов от 02.07.2013 N 185-ФЗ, от 25.11.2013 N 317-ФЗ) предполагает новую систему медицинского образования, внедрение которой в полном объеме планируется с 2016 г. Она включает в себя 6-летнюю программу базового высшего медицинского образования (специалитет), программу высшего медицинского образования (ординатура, аспирантура) на протяжении 2–5 лет, программу дополнительного профессионального образования — профессиональной переподготовки или повышения квалификации. После прохождения каждой из выше перечисленных программ предусмотрена система аккредитации и оценки специалистов, дающей возможность заниматься практической медицинской деятельностью. После чего предусмотрено, что все специалисты на протяжении практической деятельности в рамках непрерывного медицинского образования (развития) проходят обязательную аккредитацию не реже 1 раза в 5 лет.

Тадеуш Келановский, польский патолог и фтизиатр, говорил, что врача, который не заглядывает в книгу, следует остерегаться больше болезни! Это утверждение образно подтверждает необходимость постоянного профессионального развития, непрерывного медицинского образования. Современные информационные, цифровые, интернеттехнологии позволяют часть обучения осуществлять на дистанционной основе. Огромное преимущество такого обучения в том, что специалист может проводить обучение без отрыва от производственного процесса, экономя и собственное время, и ресурсы лечебного учреждения. Эффективность дистанционного обучения, прежде всего, зависит от качества предоставляемых материалов. Не секрет, что заочная форма обучения всегда ценилась меньше, чем очная. Современные эффективные способы общения с преподавателем позволяют преодолеть этот разрыв. В данной внедренной обучающей программе основное преимущество связано с высококачественной видеoaнимацией хирургического вмешательства. Это не схематичные зарисовки этапов операции, а анатомически точное и чрезвычайно подробное трехмерное изображение каждого этапа операции. Инструментарий, используемый в данной анимационной программе,— это точная копия реальных эндоскопов и инструментов. Важным преимуществом является совмещение флюороскопического рентгеновского изображения и интраоперационной картины.

При оценке отзывов о дистанционной форме интерактивного обучения по теме «Чрескожная эндоскопическая трансфориальная дискэктомия» на вопросы об эффективности курса, информативности текстового материала, инфор-

мативности анимационных видеоматериалов, о практической пользе курса курсанты ответили положительно во всех случаях. Однако на вопрос «Может ли данная форма дистанционного интерактивного обучения по теме «Чрескожная эндоскопическая трансфораминальная дискэктомия» частично или полностью заменить очную форму обучения?» все дали отрицательный ответ. Это означает, что программа должна иметь дальнейшие перспективы развития. Известно, что хирург, выполняющий эндоскопическое вмешательство, имеет очень ограниченное визуальное поле. То есть, анатомические структуры, которые не попадают в поле зрения эндоскопа, хирургу приходится домысливать в воображаемой общей анатомической картине, что и составляет основную сложность при обучении молодых хирургов. Работу хирурга с использованием эндоскопа можно сравнить с работой человека, исследующего обстановку в темной комнате узким лучом фонаря. Внедренная анимационная программа преодолевает эти трудности, поскольку демонстрирует не только узкую рабочую область, но и орган или тело в целом, помогая обучающемуся в ориентировании на «местности». Для совершенствования данной стороны программы целесообразно совмещать не только анимированное изображение, флюороскопическое изображение, но и видеосъемку реальной операции через эндоскоп. Это позволит полностью приблизить студента к пациенту и повысить результативность обучения.

Нейрохирурги должны постоянно практиковаться и оттачивать свой опыт. Хирургические ошибки могут иметь катастрофические последствия, а обучение во время операции удлиняет ее и увеличивает общий операционный риск для пациента. Кроме того, обучение новой технике требует индивидуального инструктора. Однако на практике обучающий процесс ограничен и временем, и доступными хирургическими случаями, и количеством обучающих инструкторов. Существующие муляжи, или секционный материал человека или животных далеки от идеала. Как муляжи, так и секционный материал имеют характеристики тканей, отличающиеся от живого организма. Анатомия животного также значительно отличается от человеческой. Кроме того, модели секционного материала крайне дороги и малодоступны. Поэтому Аккредитационный совет по медицинскому образованию (The Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME)) признал необходимость использования методов цифровой симуляции для преодоления описанных барьеров. Обучение на программах и устройствах, симулирующих виртуальную реальность может стать частью плана хирургического обучения [4].

Дальнейшее совершенствование представленной обучающей программы возможно с применением трехмерных стерео симуляторов. Уже существующие на практике современные 3D-очки

позволят получать изображение, полностью копирующее реальный трехмерный объект. Использование описанного опыта высокоточной видеоанимации даст возможность создать обучающую программу эндоскопической спинальной хирургии без необходимости применения муляжей или секционного материала. Совмещение тактильных ощущений применения хирургического инструмента и трехмерного стереоизображения позволит полностью симулировать реальную операцию и чрезвычайно эффективно обучать хирургов [5].

Заключение

Внедрение интерактивной системы обучения чрескожной эндоскопической трансфораминальной дискэктомии в рамках образования нейрохирурга на кафедре нейрохирургии РМАПО оказалось эффективным способом обучения врачей и имеет широкие перспективы дальнейшего развития.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Борщенко Игорь Анатольевич — канд. мед. наук, зам. главного врача по хирургии Клиники ОРТОСПАЙН, e-mail: spine@orthospine.ru

Древал Олег Николаевич — д-р мед. наук, проф., зав. каф. нейрохирургии Российской медицинской академии последипломного образования, e-mail: ODreval@nsi.ru

Кузнецов Алексей Витальевич — канд. мед. наук, доц. каф. нейрохирургии РМАПО, e-mail: AKuznetsov@nsi.ru

Пучков Виктор Леонидович — канд. мед. наук, доц. каф. нейрохирургии РМАПО, e-mail: VPoutchkov@nsi.ru

Басков Андрей Владимирович — д-р мед. наук, проф., проф. каф. нейрохирургии Российской медицинской академии последипломного образования, e-mail: spine@orthospine.ru

Ярыгин Артем Владимирович — врач-нейрохирург клиники ОРТОСПАЙН, e-mail: spine@orthospine.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. WFME/AMSE, International Task Force. WFME Global Standards for Quality Improvement in Medical Education European Specifications For Basic and Postgraduate Medical Education and Continuing Professional Development. University of Copenhagen, Denmark: Kandrup Bogtrykkeri A/S, 2007. 82 p.
2. Inuwa I.M. Re: Accreditation of Graduate Medical Education Programmes // Sultan Qaboos Univ. Med. J. 2013. Vol. 13, № 4. P. 587—589.
3. Hsu H. — T. et al. Learning curve of full-endoscopic lumbar discectomy // Eur. Spine J. 2013. Vol. 22, № 4. P. 727—733.
4. Alaraj A. et al. Virtual reality training in neurosurgery: Review of current status and future applications // Surg. Neurol. Int. 2011. Vol. 2.
5. Vepenstad C., Buzink S.N. Procedural virtual reality simulation in minimally invasive surgery // Surg. Endosc. 2013. Vol. 27, № 2. P. 364—377.