

УДК: 611.018:3787147:004

**ПЕРЕХОД К ПРЕПОДАВАНИЮ ГИСТОЛОГИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ  
WHOLE-SLIDE IMAGING: ТЕХНИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ**

А.В. ПАВЛОВ, Е.А. КРАЙНОВА, С.А. КОСТРОВ, О.А. ФОКАНОВА, Т.В. КОРАБЛЕВА

*ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России,  
Революционная ул., д. 5, Ярославль, Ярославская обл., 150000, Россия, e-mail: pavlov@ysmu.ru*

**Аннотация.** Целью работы явилось рассмотрение основных технических и организационных моментов, возникающих в ходе практической реализации проекта по внедрению технологии WSI (*whole-slide imaging*) в учебный процесс на кафедре гистологии, цитологии и эмбриологии Ярославского государственного медицинского университета в качестве реальной альтернативы традиционной световой микроскопии. Цифровые WSI-коллекции создаются с помощью сканера гистологических препаратов *OLYMPUS VS120-S5*. Формирование коллекций высококачественных цифровых копий гистологических препаратов является одним из наиболее трудоемких этапов проекта с позиции высоких требований, предъявляемых к получению «идеальной» структуры нормального органа (ткани), предлагаемой для изучения студентам (качественная фиксация образцов и окраска срезов, отсутствие артефактов, равномерная резкость всех участков препарата).

Для навигации по базовой коллекции цифровых слайдов разработана оригинальная компьютерная программа (электронный практикум), позволяющая проводить виртуальную микроскопию в разных режимах (демонстрация, практикум, экзамен). Цифровой контент локализован на центральном сервере локальной сети университета, работа на терминалах пользователей (технология «тонкий клиент») производится по протоколу удаленного доступа с помощью программы *OLYMPUS OlyVIA*. Предложены варианты технической модернизации учебных помещений и оптимальных схем интеграции технологии WSI в существующую структуру преподавания медицинской гистологии (базовый и целевой уровни).

**Ключевые слова:** гистология, преподавание, цифровые технологии, виртуальная микроскопия.

**Введение.** Начиная с XIX века световая микроскопия является классическим инструментом для преподавания гистологии и гистопатологии. Однако на протяжении последнего десятилетия в результате интенсивного развития цифровых телемедицинских технологий создано новое поколение роботизированных устройств – сканеров гистологических препаратов, способных создать их качественные оцифрованные копии. Система сканирует весь слайд целиком при требуемом разрешении, отдельные ее компоненты (микроскоп, моторизованный предметный столик, персональный компьютер, программное обеспечение) оптимально скоординированы между собой, режимы работы в интегрированном фокусе обеспечивают четкость изображения, получаемые отдельные снимки автоматически сшиваются в один большой файл («виртуальный слайд»). Данная методика цифровой визуализации микрообъектов в литературе получила название технологии WSI (*whole-slide imaging*) [4,6].

Проводимая на компьютере навигация по полученным подобным образом оцифрован-

ным слайдам (виртуальная микроскопия), способна полностью воспроизвести процесс исследования гистологических препаратов с помощью светового микроскопа: изучаемые участки изображения могут выбираться при перемещении виртуального слайда, увеличиваться или уменьшаться в масштабе с той же эффективностью. Данная технология, обладающая серьезными преимуществами, в XXI веке становится реальной альтернативной традиционной световой микроскопии в сфере преподавания морфологических дисциплин, о чем говорит опыт ее успешной реализации в университетах Европы и США [5,7,8]

На кафедрах гистологии ряда отечественных медицинских вузов в последние годы также проводятся разработки в этом направлении, перспективы использования виртуальной микроскопии в преподавании активно обсуждаются на авторитетных всероссийских научных конференциях («X Бабухинские чтения в Орле», 2017; «Гистогенез, реактивность и регенерация тканей», ВМА им. С.М.Кирова, 2018). Однако повсеместно преподавание предмета продол-

жают строиться на основе визуализации тканевых структур с помощью световой микроскопии, а оцифрованные микропрепараты используются, как важное дополнение, повышающее наглядность преподавания и доступ студентов к образовательным ресурсам при подготовке к занятиям и экзаменам [1-3].

**Цель исследования.** В рамках реализации программы создания современной цифровой образовательной среды в Ярославском государственном медицинском университете организована планомерная работа по полномасштабному внедрению виртуальной микроскопии в учебный процесс в качестве реальной альтернативы традиционным методам визуализации микроскопических структур. Целью настоящей работы явилось рассмотрение основных технических и организационных моментов, возникающих в ходе практической реализации проекта.

**Результаты и их обсуждение.** Выбор технической схемы реализации проекта произведен на основе имеющихся ресурсных возможностей вуза:

1. Цифровой контент локализован на центральном сервере локальной сети университета, работа на терминалах пользователей (технология «тонкий клиент») производится по протоколу удаленного доступа.

2. *WSI*-коллекции гистологических препаратов создаются с помощью сканера гистологических препаратов *VS120-S5* в формате *OLYMPUS OlyVIA – Virtual Slide Image (.vsi)* на базе межкафедральной лаборатории цифровой микроскопии ЯГМУ.

3. Для навигации по базовой коллекции гистологических препаратов создан электронный практикум «Виртуальная гистология для будущих врачей» (v.1.0) – первая отечественная разработка, основанная на технологии *WSI*, позволяющая проводить виртуальную микроскопию в разных режимах (демонстрация препаратов, практикум, экзамен);

4. Виртуальная микроскопия на рабочих местах пользователей проводится в режиме удаленного доступа с помощью программы *OLYMPUS OlyVIA (v.2.9)*, позволяющей также просматривать графические файлы других распространенных форматов (*jpg, tiff* и др.).

Одним из наиболее трудоемких технических этапов является формирование коллекций высококачественных цифровых копий гистологических препаратов. Это связано с высокими требованиями, предъявляемыми к исходным

образцам для обеспечения максимальной репрезентативности представления структуры нормального органа (ткани) с дидактических позиций: удачная плоскость и оптимальная толщина среза, качественная окраска, отсутствие артефактов, равномерная резкость всех участков препарата. Поэтому для получения «идеального» цифрового препарата приходится проводить предварительное изучение достаточно большого массива учебных гистологических препаратов и отбор образцов, удовлетворяющих всем вышеуказанным требованиям.

Наряду с разработкой электронного контента для поэтапного перехода от световой к виртуальной микроскопии необходимо проведение технической модернизации учебных помещений:

*а) базовый уровень:* оснащение каждой учебной комнаты стационарной демонстрационной компьютерной видеосистемой (жидкокристаллический телевизор диаметром экрана 42-50'', системный блок), подключенной к локальной сети вуза;

*б) целевой уровень:* дополнительно к этому – создание компьютеризированных рабочих мест (минимум 1 место на 2 обучающихся и 1 рабочее место преподавателя), подключенных по протоколу удаленного доступа через локальную сеть к центральному серверу. В наших условиях каждая из 4 учебных комнат, рассчитанных на 16 обучающихся, оборудована 1 демонстрационной компьютерной видеосистемой и 9 рабочими местами (8 – для студентов и 1 – для преподавателя).

Хотя традиционная организация практических занятий при переходе на работу с виртуальным микроскопом полностью сохраняется (меняется лишь способ визуализации микрообъектив, наиболее соответствующий текущему уровню развития биомедицины), вопрос отработки оптимальных схем интеграции данной технологии в сложившуюся структуру преподавания сохраняет свою актуальность. В ходе реализации проекта успешно апробированы следующие основные варианты:

*а) базовый уровень* – навигация по виртуальному гистологическому препарату проводится преподавателем с помощью стационарной видеосистемы в демонстрационном режиме, студенты продолжают изучать микроструктуры с помощью световой микроскопии (диагностика препаратов на итоговых занятиях и экзамене осуществляется в традиционном

формате).

б) *целевой уровень* – полный переход на виртуальное микрофотографирование как в демонстрационном режиме (преподаватель), так и при индивидуальной работе обучающихся (режим «Практикум»); диагностика препаратов на итоговых занятиях и экзамене также производится с помощью виртуального микроскопа в режиме «Экзамен».

Одним из позитивных результатов перехода к виртуальной микроскопии является существенное расширение возможностей самостоятельной работы студентов с коллекциями микропрепаратов во внеучебное время, поскольку доступ к ним возможен не только с рабочих

мест на кафедре, но и из общеузовских компьютерных классов.

Имеющийся на настоящее время опыт проведения практических занятий весеннего семестра 2018 года со студентами 2 курса лечебного и педиатрического факультетов – разделы «Сердечно-сосудистая система», «Пищеварительная система» (*базовой уровень*) и стоматологического факультета – разделы «Пищеварительная система», «Дыхательная система», «Мочевыделительная и половые системы» (*целевой уровень*) показал достаточную эффективность реализуемого подхода и высокую заинтересованность обучающихся в использовании данной технологии.

### TEACHING HISTOLOGY ON THE BASIS OF WHOLE-SLIDE IMAGING TECHNOLOGY: TECHNICAL AND ORGANIZATIONAL ASPECTS

A.V. PAVLOV, E.A. KRAYNOVA, S.A.KOSTROV, O.A.FOKANOVA, T.V. KORABLEVA

*Yaroslavl State Medical University, Revolutionary Str., 5, Yaroslavl, Yaroslavl region, 150000, Russia, e-mail: pavlov@ysmu.ru*

**Abstract.** The purpose of work was to consider the main technical and organizational aspects arising during implementation of the project on introduction of WSI technology in educational process at Department of Histology, Cytology and Embryology of the Yaroslavl State Medical University as a real alternative of traditional light microscopy. Digital WSI collections are created by means of the histologic scanner OLYMPUS VS120-S5. Formation of collections of high-quality digital copies of tissue specimens is one of the most labor-consuming stages of the project from a position of great demands placed on obtaining "ideal" structure of normal organ (tissue) offered for studying to students (high-quality fixation of samples and coloring of tissue cuts, lack of artifacts, uniform sharpness of all sites of tissue specimen). The original computer program (electronic practical work) allowing to carry out virtual microscopy in the different modes (demonstration, practical work, examination) is developed for navigation on a basic collection of digital slides. Digital content is localized on the central server of university local network, work on terminals of users ("thin client" technology) is performed under the protocol of remote access by means of the OLYMPUS OlyVIA program. Options of technical modernization of educational rooms and optimal schemes of integration of WSI technology into the existing structure of teaching medical histology (basic and target levels) are offered.

**Key words:** histology, teaching, digital technologies, virtual microscopy.

#### Литература

1. Волкова Л.В., Соловьева Л.М., Ворожейкин В.М. Преемственность в обучении патологической анатомии и гистологии на современном этапе // Международный журнал экспериментального образования. 2014. №3-2. С. 118–119.
2. Сазонов С.В. Оцифрованные гистологические препараты в обучении и отработке практических навыков и умений при изучении гистологии в медицинском вузе // Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2017. Т. 16,

#### References

1. Volkova LV, Solov'eva LM, Vorozhejkin VM. Preemstvennost' v obuchenii patologicheskoy anatomii i gistologii na sovremennom ehtape [Continuity in the training of pathological anatomy and histology at the present stage]. *Mezhdunarodnyj zhurnal ehksperimental'nogo obrazovaniya*. 2014;3-2:118-9. Russian.
2. Sazonov SV. Ocifrovannye gistologicheskie preparaty v obuchenii i otrabotke prakticheskikh navykov i umenij pri izuchenii gistologii v medicinskom vuze [Digitized histological preparations in training and development of practical skills and abilities in the

№4. С. 127–131.

3. Сазонов С.В., Береснева О.Ю., Курумчина С.Г. Цифровые технологии в изучении гистологии. Вопросы морфологии XXI века. Вып.5. Сборник трудов «Гистогенез, реактивность и регенерация тканей». СПб.: изд. ДЕАН, 2018. С. 303–306.

4. Boyce B.F. Whole slide imaging: uses and limitations for surgical pathology and teaching // *Biotech Histochem.* 2015. Vol. 90, №5. P. 321–330.

5. Brochhausen C., Winther H.B., Hundt C., Schmitt V.H., Schömer E., Kirkpatrick C.J. A virtual microscope for academic medical education: the pate project // *Interact J Med Res.* 2015. Vol. 4, №2. P. e11. DOI: 10.2196/ijmr.3495.

6. Bueno G., Fernández-Carrobles M.M., Deniz O., García-Rojo M. New Trends of Emerging Technologies in Digital Pathology // *Pathobiology.* 2016. Vol. 83, №2-3. P. 61–69.

7. Pantanowitz L., Szymas J., Yagi Y., Wilbur D. Whole slide imaging for educational purposes // *J Pathol Inform.* 2012. Vol. 3. P. 46.

8. Saco A., Bombi J.A., Garcia A., Ramírez J., Ordi J. Current Status of Whole-Slide Imaging in Education // *Pathobiology.* 2016. Vol. 83, №2-3. P. 79–88.

study of histology in medical school]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta.* 2017;16(4):127-31. Russian.

3. Sazonov SV, Beresneva OYU, Kurumchina SG. Cifrovye tekhnologii v izuchenii gistologii. Voprosy morfologii XXI veka. Vyp.5. Sbornik trudov «Gistogenez, reaktivnost' i regeneraciya tkanej» [Digital technology in the study of histology. Questions of morphology of the XXI century. Issue 5. Proceedings of "the Histogenesis, reactance, and regeneration of tissues»]. SPb.: izd.DEAN; 2018. Russian.

4. Boyce BF. Whole slide imaging: uses and limitations for surgical pathology and teaching. *Biotech Histochem.* 2015;90(5):321-30.

5. Brochhausen C, Winther HB, Hundt C, Schmitt VH, Schömer E, Kirkpatrick CJ. A virtual microscope for academic medical education: the pate project. *Interact J Med Res.* 2015;4(2):e11. DOI: 10.2196/ijmr.3495.

6. Bueno G, Fernández-Carrobles MM, Deniz O, García-Rojo M. New Trends of Emerging Technologies in Digital Pathology. *Pathobiology.* 2016; 3(2-3):61-9.

7. Pantanowitz L, Szymas J, Yagi Y, Wilbur D. Whole slide imaging for educational purposes. *J Pathol Inform.* 2012;3:46.

8. Saco A, Bombi JA, Garcia A, Ramírez J, Ordi J. Current Status of Whole-Slide Imaging in Education. *Pathobiology.* 2016;83(2-3):79-88.