

<https://doi.org/10.17116/operhirurg2019301139>

Интерактивный анатомический стол «Пирогов» в образовательном процессе

А.В. КОЛСАНОВ, В.Д. ИВАНОВА, О.А. ГЕЛАШВИЛИ, А.К. НАЗАРЯН

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Знание врачом индивидуальной анатомии с позиций трехмерной топографии органных структур каждого пациента становится лидирующей задачей на пути решения вопросов высококачественной помощи, оказываемой современной медицинской практикой.

Цель работы. Создать и внедрить в образовательный процесс при изучении дисциплины «Анатомия» на младших курсах медицинского университета новый обучающий продукт — интерактивный анатомический стол «Пирогов».

Материал и методы. Для математического моделирования и создания трехмерной модели человека применяли методы медицинской интроскопии, сканирование препарированных анатомических структур человеческого организма 3D-сканером и другие методы исследования.

Результаты. Создана высокореалистичная низкополигональная модель тела человека и на ее основе атлас трехмерной анатомии «In body Anatomy». Представленная модель позволила построить программно-аппаратный комплекс для виртуальной работы с трехмерной моделью человеческого тела — интерактивный анатомический стол «Пирогов».

Заключение. Интерактивный анатомический атлас 3D-изображений «Пирогов» позволяет перевести изучение дисциплин анатомического характера в новое русло вычислительной анатомии, или *anatomia in silico*.

Ключевые слова: анатомия, математическое моделирование, интерактивный анатомический атлас, трехмерная топография органных структур.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

Колсанов А.В. — д.м.н., проф. РАН, зав. кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий, директор Института инновационного развития, директор Центра прорывных исследований «Информационные технологии в медицине» ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443001, Самара, ул. Чапаевская, 227; e-mail: avkolsanov@mail.ru

Иванова В.Д. — д.м.н., проф., заслуженный работник высшей школы РФ, почетный проф. ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443001, Самара, ул. Чапаевская, 227

Гелашвили О.А. — к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443001, Самара, ул. Чапаевская, 227; тел.: +7(996)743-3596; e-mail: g_o_a@bk.ru

Назарян А.К. — старший преподаватель кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России; 443001, Самара, ул. Чапаевская, 227; e-mail: aikush@samsmu.net.

A Pirogov interactive anatomical table in the educational process

A.V. KOLSANOV, V.D. IVANOVA, O.A. GELASHVILI, A.K. NAZARYAN

Samara State Medical University, Ministry of Health of Russia, Samara, Russia

ABSTRACT

Introduction. That a physician should be aware of individual anatomy from the standpoint of the three-dimensional topography of organ structures in each patient becomes the leading task in solving the problems of high-quality care provided by modern medical practice.

Objective. To create and introduce the new educational product — a Pirogov interactive anatomical table — into the educational process when junior medical students study the discipline «Anatomy».

Materials and methods. Methods for medical introscopy, as well as scanning of the dissected human anatomical structures by a 3D scanner and other studies were used for the mathematical modeling and creation of a three-dimensional human model.

Results. A highly realistic low polygonal human body model was created built and used to prepare a 3D anatomy atlas «In body Anatomy». The presented model could build a software and hardware complex for virtual work with a three-dimensional human body model — a Pirogov interactive anatomical table.

Conclusion. The interactive anatomical atlas of 3D-images of the Pirogov table allows one to transfer the study of anatomical disciplines to a new channel of computational anatomy or *anatomia in silico*.

Keywords: anatomy, mathematical modeling, interactive anatomical atlas, three-dimensional topography of organ structures.

Введение

Знание врачом индивидуальной анатомии с позиций трехмерной топографии органных структур каждого пациента становится лидирующей задачей на пути решения вопросов высококачественной помощи, оказываемой современной медицинской практикой.

Морфология человека, изучающая макро- и микроскопическое строение тела человека, является фундаментальной дисциплиной в медицинских вузах и содержит огромный объем материала, требующий упорядоченного изучения и детализированного усвоения. Нарастающее число учебников и атласов по анатомии человека, к сожалению, не способствует улучшению качества знаний обучающихся. Двухмерные иллюстрации не дают необходимой объемной детализации изучаемой области. В условиях постоянно сокращающейся почасовой нагрузки таких фундаментальных дисциплин, как анатомия человека, студенты медицинских вузов вынуждены изучать прежний, весьма объемный и сложный для восприятия, поток учебной информации за более короткое время. Нарастающее с каждым годом количество учебно-методических пособий, учебных руководств и атласов по анатомическим дисциплинам, к сожалению, не в состоянии как-либо помочь в быстром и качественном познании предмета. Зачастую даже стиль изложения мешает правильному восприятию изучаемой области или отдельного органа, а иллюстративный материал не обеспечивает необходимого расположения и масштаба анатомического объекта.

Детали строения и положения органа, его формы и взаимоотношения органов даже вполне успевающие студенты очень плохо усваивают, а основная масса студентов просто перестает учить. Будущие врачи в таком варианте, не прилагая значительных усилий при детальном изучении организма человека, в конечном итоге обладают узостью мышления и совершают ошибки в трактовке состояния здоровья пациентов, диагностике и последующем лечении. Изрядная сложность изучения анатомических дисциплин и вместе с тем получение жизненно необходимой информации о строении организма человека, так необходимой в клинической практике, может компенсироваться в процессе препарирования (анатомирования) тела человека. Однако современное состояние законодательства ставит медицинские вузы в крайне затруднительное положение при юридическом оформлении трупного материала, а его качество не позволяет производить полноценное препарирование большому контингенту студентов.

Стремительный процесс цифровизации всех сфер деятельности человека в целом и медицины в частности все острее ставит вопрос о внедрении в образо-

вательный процесс современных средств обучения, компьютерных тренажеров, создании новых форм образования, связанных с заменой образовательных технологий [1–3]. Перевод массы учебно-методических пособий в цифровой формат текста лишь делает его доступным широкому кругу студентов, но не решает вопроса как времени, которое будет затрачено на его изучение, так и визуализации анатомических объектов. Необходима новая методика в изучении морфологии человека, основанная на системе визуализации анатомических объектов по данным медицинской интроскопии: компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ) и других методов исследования [4]. Новый раздел морфологии, где виртуальный человек с характерными пропорциональными соотношениями и анатомической достоверностью живого человека с полным объемом изображений макроскопической и микроскопической анатомии мужского и женского тела — это вычислительная анатомия, или *anatomia in silico* [5].

Цель работы — создать и внедрить в образовательный процесс по дисциплине «Анатомия» на младших курсах медицинского университета новый обучающий продукт — интерактивный анатомический стол «Пирогов».

Материал и методы

Для достижения поставленной цели было выполнено анатомическое препарирование, проведена морфометрия, включающая позиционные данные всех анатомических структур человеческого организма в норме. Затем созданы карты текстур и эластических свойств тканей органов, полученных при помощи тензометрического стенда.

Проведен клинико-диагностический анализ результатов ультразвукового дуплексного сканирования с цветным картированием, а также мультиспиральной компьютерной томографии и магнитно-резонансной томографии. Использован нейросетевой анализ.

Компьютерную томографию выполняли на базе 64-срезового томографа Toshiba Aquilion 64 (Япония), в клиниках ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (СамГМУ). Полученные данные с помощью системы передачи и архивирования DICOM конвертировали далее в полигональную модель. Ультразвуковое сканирование выполнено также на базе клиник СамГМУ на мультифункциональном аппарате General Electric (США).

Для математического моделирования и создания трехмерной модели человека применяли сканирование препарированных анатомических структур человеческого организма 3D-сканером Solutionix Regscan III (Южная Корея) с последующей обработкой отсканированных объектов с помощью 3D-редактора Autodesk Maya. 3D-сканер Solutionix Rexcan III —

это оптическая 3D-измерительная система с высокими разрешением (до 5 Мп) и точностью (0,007 мм) и низкими показателями зашумления. На препарированный трупный материал и область вокруг него устанавливали метки совмещения, регистрируя которые 3D-сканер формирует единую систему координат и таким образом может производить оцифровку объекта и позволяет получить полные трехмерные копии без дополнительной сборки-сшивки отдельных элементов.

В дальнейшем элементы сессии сканирования были экспортированы в программу ezScan7 с последующей обработкой моделей в редакторе Autodesk Maya.

Результаты

Активное междисциплинарное взаимодействие представителей разных наук с привлечением инновационных компьютерных технологий позволило создать на кафедре оперативной хирургии, клинической анатомии с курсом инновационных технологий СамГМУ и на базе Центра прорывных исследований «Информационные технологии в медицине» (ЦПИ «ИТ в медицине») высокореалистичную низкополигональную модель тела человека, а на ее основе — атлас трехмерной анатомии «In body Anatomy». Созданная модель позволила построить программно-аппаратный комплекс для виртуальной работы с трехмерной моделью человеческого тела — интерактивный анатомический стол «Пирогов». Новый продукт существенно расширил сферу применения обучающего материала — от визуального знакомства с анатомическим материалом и получения текстовой информации до проверки качества полученных знаний и автоматической обработки результатов. Кроме макроскопического строения тела человека, можно перейти и на микроскопический уровень, а также есть возможность сравнения различных анатомических объектов между собой (включая норму и патологию), изучения дополнительных диагностических материалов (данные КТ, МРТ, ультразвукового исследования (УЗИ)). Именно микроскопический уровень, наличие не только нормы, но и патологии и диагностические данные существенно отличают данный обучающий продукт от зарубежных разработок.

Интерактивный анатомический стол «Пирогов» был протестирован на практических занятиях по клинической анатомии у студентов 3—4-го курсов и слушателей факультета повышения квалификации врачей-хирургов. Затем была расширена и детализирована база данных по анатомическим объектам с учетом требований по дисциплине «Анатомия», что не только позволило использовать интерактивный атлас на этапе завершения изучения классической анатомии, но и сделало возможным его применение уже с первых занятий по этой дисциплине.

Обсуждение

Учитывая сложность и объемность учебного материала по анатомии, который лежит в основе изучения клинической анатомии, патологической анатомии, судебной медицины и других клинических дисциплин, преподавателям приходится использовать в основном аналитический метод обучения. В результате целостный организм человека разделяется по системам, а затем по отдельным органам. Клиническая анатомия, как и другие клинические дисциплины, нуждается в синергетическом восприятии определенных областей тела человека, в которых задействованы различные системы органов, взаимодействующие в живом организме именно комплексно (синергетически) в своем возникновении, развитии и функционировании, а не изолированно. Такое восприятие изучаемого материала предоставляет трехмерный анатомический атлас, который включает 4 режима работы:

1. Режим «Просмотр» для интерактивной работы с 3D-объектами. Предусмотрен для визуального знакомства с изолированными анатомическими объектами. База включает 12 систем органов или более 4 тыс. 3D-объектов и постоянно пополняется. На масштабный сенсорный экран можно вывести любую анатомическую структуру виртуального человека. Изображение можно приближать и вращать во всех плоскостях. Например, из мышечной системы можно выделить группу мышц, изучить положение отдельной мышцы в этой группе. Затем ее изолировать и подключить костные структуры данной области или весь скелет в целом, чтобы визуализировать точки прикрепления мышцы на костях. Можно вывести строение скелетной мышцы на гистологический уровень, а также рассмотреть источники кровоснабжения и иннервации этой мышцы, последовательно подключая соответствующие системы.

Представим, сколько в реальности времени займет обычное препарирование на трупном материале даже относительно отдельной группы мышц. Можно добавить сюда и микроскопию с процессами проводки материала по спиртам, изготовлению гистологических срезов и окрашиванию материала. С помощью же интерактивного анатомического стола «Пирогов» студенты могут практиковать препарирование без использования человеческого трупа, т.е. анатомировать цифровое тело. Такое цифровое препарирование позволяет выполнять его и поэтапно, и произвольно в течение нескольких секунд. Можно последовательно удалить кожный покров, послойно мышцы и кости, чтобы изучить систему органов или отдельно какой-либо орган. Можно показать скелетотопию органа. Цифровой формат позволяет проводить манипуляции и в обратной последовательности. Можно сразу выделить и изучить изолированно любой внутренний орган, затем добавить соседние органы, кости, затем постепенно нарастить мышцы и кожный

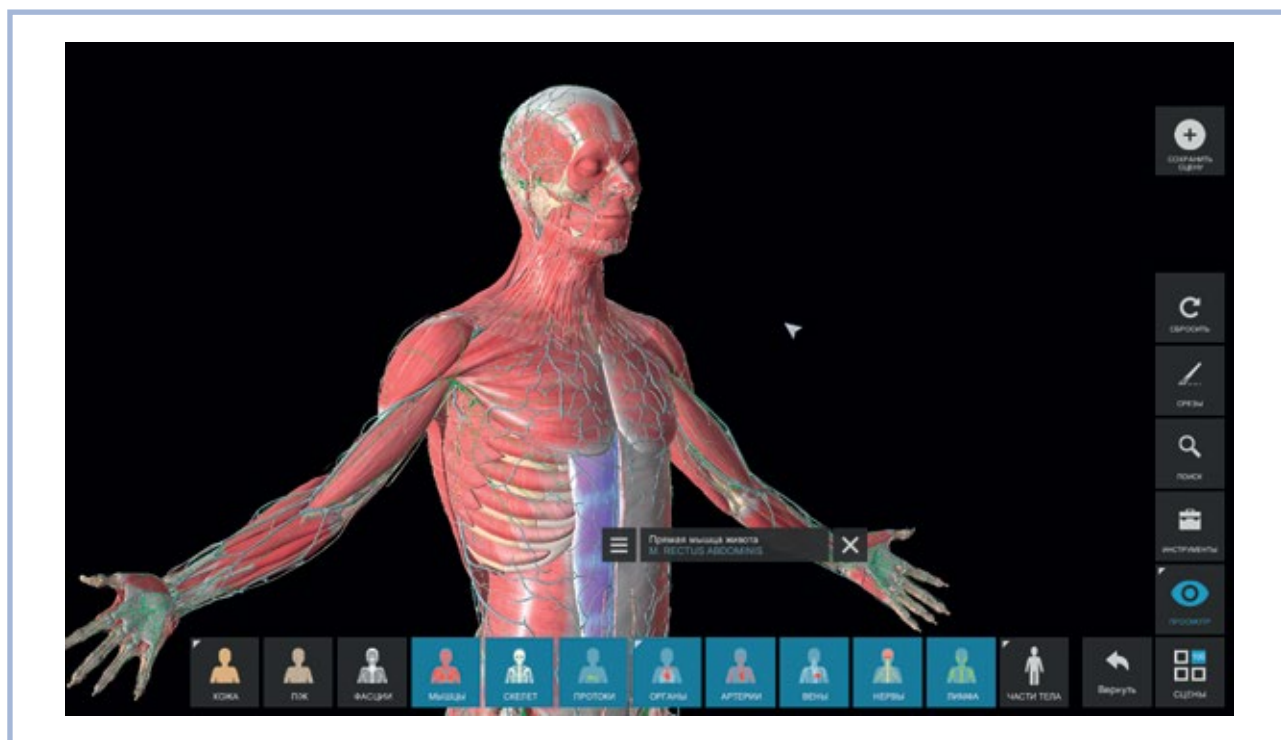


Рис. 1. Пример послойного разбора анатомической модели.

Fig. 1. An example of layer-by-layer analysis of the anatomical model.

покров. Виртуальный человек снова готов к анатомированию. Программа позволяет сменить пол.

Процесс цифрового анатомирования позволяет увидеть человеческое тело с совершенно уникальной точки зрения — изнутри, что достигается путем выделения и удаления части 3D-изображений. Все анатомические 3D-объекты имеют подробное текстовое описание с указанием всех анатомических названий (на латинском и английском языках) в соответствии с международной анатомической номенклатурой (рис. 1).

2. Режим «Сравнение». Применяется для сопоставления парных органов, нормы и патологии, а также различных патологий между собой. В базу данных атласа внесены смоделированные патологические состояния основных органов, включено около 4 Гб диагностической информации. Более 100 типичных патологических изменений позволяют создавать пользовательские сцены. Сцена — это комбинация для иллюстрирования самых редких анатомических случаев, которые встречаются в учебных пособиях на уровне текстового описания. Интерактивный анатомический стол «Пирогов» дает возможность изучения комплексного строения тела человека при акте дыхания, при сокращении различных отделов сердца, пульсации сосудов, перистальтике внутренних органов, т.е. в непрерывном физиологическом движении анатомических структур. Дополнительная возможность познания формы и ее изменения при функци-

ональных нагрузках существенно расширяет потенциал изучения классической анатомии (рис. 2).

3. Режим «Диагностика». Используется для получения дополнительной диагностической информации, а именно данных КТ, МРТ, УЗИ. Имеется информативный фото- и видеоматериал. Внесенные данные по патологии и диагностические показатели УЗИ, КТ и МРТ дают возможность использования интерактивного анатомического стола «Пирогов» не только студентам, но и слушателям циклов повышения квалификации различных клинических специальностей. Режим «Диагностика» позволяет интерактивно изучать диагностическую информацию: компьютерные и магнитно-резонансные аксиальные, фронтальные и поперечные срезы, а также просматривать ультразвуковые изображения по 8 позициям датчика для каждого органа.

4. Режим «Проверка знаний». Применяется для составления тестов проверки качества полученных знаний. Преподаватели классической и клинической анатомии имеют возможность использовать анатомический атлас в качестве медиасопровождения и лекционного курса и практических занятий. Программное обеспечение стола позволяет самостоятельно создавать тесты для студентов по текущим и пройденным темам. Любой вопрос может быть привязан к 3D-модели, а в качестве ответа студенту предлагается выбрать правильный анатомический объект в 3D-сцене.

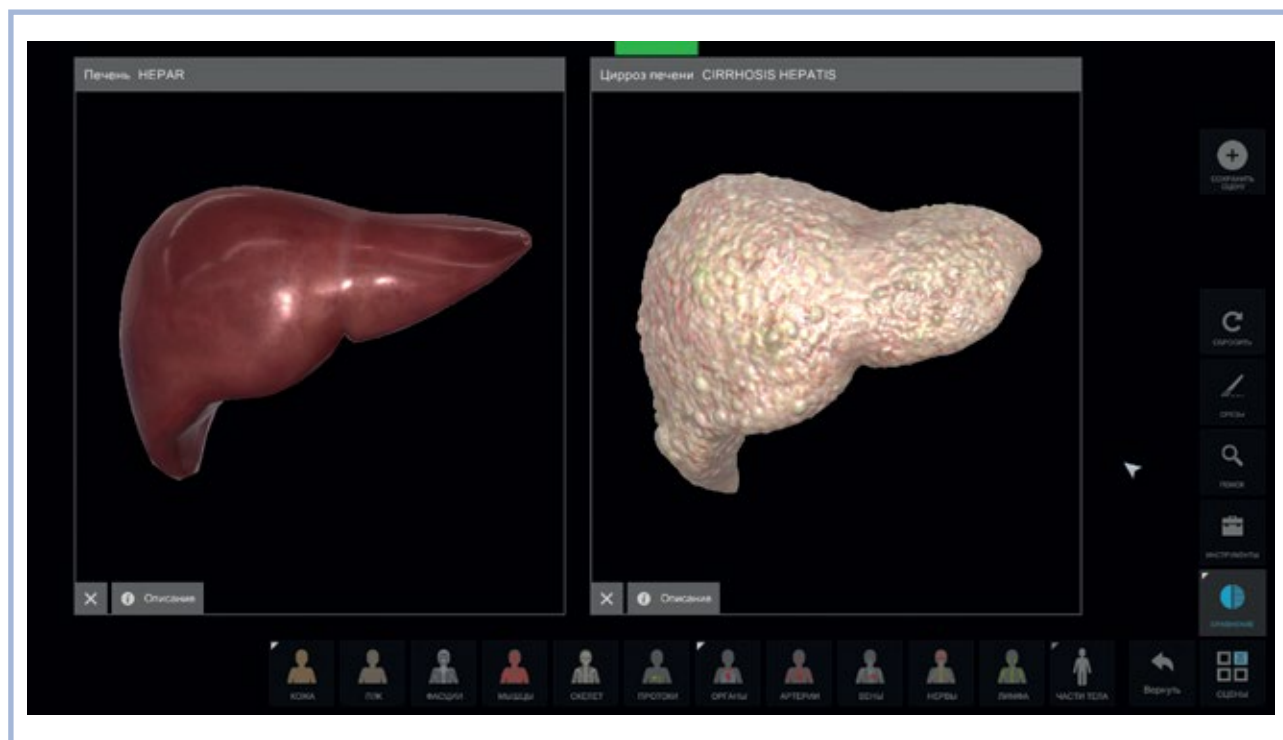


Рис. 2. Сравнение нормы и патологии.
Fig. 2. Comparison of norm and pathology.

Заключение

Таким образом, интерактивный анатомический атлас 3D-изображений «Пирогов» позволяет перевести изучение анатомических дисциплин в новое русло, поскольку помогает студентам лучше представить сложную пространственно-временную организацию систем органов, гетерогенность, индивидуальность, подвижность практически всех уровней живого организма человека. Он допускает манипуляции с виртуальным человеком в пространстве и во времени, становится разумной альтернативой традиционному препарированию, потому что дает возможность многократного удаления и восстановления объемных слоев тела человека и взаимоотношений органо-сосудисто-нервных образований. Интерактивный атлас обеспечивает полный цикл изучения анатомических дисциплин — от визуализации анатомических объектов до проверки качества полученной информации с последующей автоматической обработкой результатов тестирования.

Точность строения организма человека, структурированность огромного массива анатомической информации, ее хранение, а также быстрый поиск и качество патологических образцов делают разработанный атлас уникальным по анатомическому, топографическому и клиническому наполнению. Данные вычислительной анатомии применяются не только в учебном процессе, но и в клинической практике, реабилитологии и научно-исследовательской работе. Прочное усвоение анатомических знаний дает возможность их практического применения с правильным и адекватным воздействием на человеческий организм в процессе лечения, необходимым для быстрого возврата человека к условиям благоприятной и гармоничной жизни. Морфология человека, не теряя своей актуальности фундаментального изучения строения человека, становится одной из активно развивающихся дисциплин.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Бурых М.П., Ворошук Р.С. Воксельное анатомическое моделирование внутренних органов человека. *Клиническая анатомия и оперативная хирургия*. 2006;5(5):115-118.
Buryh MP, Voroshchuk RS. Voxel anatomical modeling of human internal organs *Klinicheskaya anatomiya i operativnaya hirurgiya*. 2006;5(5):115-118. (In Russ.).
2. Колсанов А.В., Иванова В.Д., Назарян А.К., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Мякотных М.Н. Вариантная трехмерная анатомия почечных артерий: клиническое применение. *Морфологические ведомости*. 2016;24(4):46-52.
Kolsanov AV, Ivanova VD, Nazaryan AK, Yaremin BI, Chaplygin SS, Myakotnykh MN. Variant three-dimensional anatomy of the renal arteries: clinical application. *Morfologicheskie vedomosti*. 2016;24(4):46-52. (In Russ.).
3. Котельников Г.П., Колсанов А.В. Инновационная деятельность СамГМУ: инфраструктура, подготовка кадров, формирование прорывных проектов, трансфер технологий в практику, участие в российской и региональной инновационной экосистеме. *Наука и инновации в медицине*. 2016;1:8-13.
Kotel'nikov GP, Kolsanov AV. Innovative activities of the Samara State Medical University: infrastructure, training, the formation of breakthrough projects, technology transfer to practice, participation in the Russian and regional innovation ecosystem. *Nauka i innovatsii v meditsine*. 2016;1:8-13. (In Russ.).
4. Рубан Е.О. Новое поколение учебного оборудования. *Оперативная хирургия и клиническая анатомия*. 2017;1(1):53-58.
Ruban EO. New generation of educational equipment. *Operativnaya hirurgiya i klinicheskaya anatomiya*. 2017;1(1):53-58.
5. Котельников Г.П., Колсанов А.В., Иванова В.Д., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Назарян А.К. Новые методологические подходы в анализе и синтезе морфологических данных (*anatomia in silico*). *Морфология*. 2017;152(4):74-78.
Kotel'nikov GP, Kolsanov AV, Ivanova VD, Yaremin BI, Chaplygin SS, Nazaryan AK. New methodological approaches in the analysis and synthesis of morphological data (*anatomia in silico*). *Morfologiya*. 2017;152(4):74-78 (In Russ.).

Поступила 16.10.18
Received 16.10.18