

ОПЫТ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ НАВЫКАМ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТОМОГРАММ МЕЛКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Ю.А. Финогенова¹, А.В. Смирнова^{1,2}, К.Е. Шпакова^{1,3,4}, А.А. Липенгольц^{1,3,4},
В.А. Скрибицкий^{1,3,4}, Е.Ю. Григорьева¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии
им. Н.Н. Блохина, Москва

² Московский клинический научно-практический центр им. А.С. Логинова ДЗМ, Москва

³ Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Москва

⁴ Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва

THE EXPERIENCE OF TEACHING STUDENTS TO PROCESS AND INTERPRET TOMOGRAPHY IMAGES OF SMALL LABORATORY ANIMALS

Y.A. Finogenova¹, A.V. Smirnova^{1,2}, K.E. Shpakova^{1,3,4}, A.A. Lipengolts^{1,3,4},
V.A. Skribitsky^{1,3,4}, E.Y. Grigorieva¹

¹ N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Moscow, Russia

² A.S. Loginov Moscow Clinical Scientific Center, Moscow, Russia

³ National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, Russia

⁴ N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry Moscow, Russia

Реферат

Цель: Проанализировать сложности, возникающие в процессе обучения студентов и аспирантов работе с томограммами лабораторных животных, и предложить рекомендации для наиболее эффективного обучения студентов и аспирантов различных специальностей данному навыку.

Материал и методы: Для анализа типичных ошибок и трудностей проведен опрос (интервью) обучающихся, опрос (интервью) научных руководителей и/или консультантов, проведено наблюдение за студентами/аспирантами во время работы с томограммами, проанализированы тексты подготовленных учебных работ на предмет ошибок и неточностей. Для выявления особенностей деятельности сотрудников с различным образованием и опытом работы при обработке и интерпретации томограмм были проведены опросы (интервью) и/или наблюдение на рабочем месте.

Результаты: Характер выявленных сложностей при обучении студентов и аспирантов во многом зависел от осваиваемой специальности. В частности, у физиков, химика и биотехника были сложности с изучением анатомии лабораторного животного. У всех студентов, кроме физиков, возникали проблемы при освоении компьютерных программ с англоязычным интерфейсом. У 1 физика и 1 биотехника выявилась гемофобия, что не встретилось среди биологов, медиков и ветеринарных врачей. На втором этапе были изучены особенности работы с томограммами у 15 сотрудников с различным профилем образования и опытом работы. Выявлены особенности, повышающие эффективность работы (преимущества) или снижающие ее (недостатки).

Заключение: На основании полученных данных предложены рекомендации по обучению студентов/аспирантов различных специальностей навыкам работы с томограммами лабораторных животных. Общим принципом является опора на то, что студенту знакомо и понятно. У физиков и биотехников это физические процессы, происходящие при сканировании в определенной модальности. У биологов и ветеринарных врачей – нормальная и патологическая анатомия животного, а у медиков – сравнение организма человека и животного.

Ключевые слова: ПЭТ, ОФЭКТ, КТ, МРТ, лабораторные животные, обработка изображений, образовательный процесс

Abstract

Purpose: To analyze the difficulties in teaching students to process and interpret the tomography images of laboratory animals, and to offer recommendations for the most effective teaching of this skill to students of various specialties.

Material and methods: To analyze typical errors and difficulties, we interviewed the students and their supervisors and/or advisors; observed students while working with tomography images; analyzed the texts of students' theses and reports. To identify the habits of researchers with different education and work experience in processing and interpreting the images, we conducted interviews and/or on-the-job observation.

Results: The difficulties revealed in the study largely depended on the student's specialty. In particular, physicists, a chemist and a biotechnician had difficulties with learning the anatomy of the laboratory animal. All students except physicists had problems using computer programs with English-language interface. A physicist and a biotechnician showed haemophobia, which is never found among biologists, veterinarians and medical students. In the second phase, the features of image processing were studied in 15 researchers with different education and work experience. We identified the features that increase job performance (advantages) or decrease it (disadvantages).

Conclusion: We offer recommendations for teaching students of various specialties how to work with tomography images of laboratory animals. The general principle is to rely on concepts that are familiar to the student. For physicists and biotechnicians, these are the physical processes of scanning in a particular modality. For biologists and veterinarians, it is the normal and pathological anatomy of the animal, and for medical students, it is the comparison of the human and animal body.

Key words: PET, SPECT, CT, MRI, laboratory animals, image processing, educational process

E-mail: b-f.finogenova@yandex.ru

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-103-3-102-110>

Введение

В современных экспериментальных и клинических исследованиях роль методов лучевой визуализации постоянно возрастает. При разработке новых радиофармацевтических лекарственных препаратов и изучении их свойств широко используются *in vivo* методы – позитронная эмиссионная томография (ПЭТ) и однофотонная эмиссионная томография (ОФЭКТ). В экспериментальной онкологии лучевая диагностика используется для верификации опухолевой модели, изучения особенностей анатомии и патофизиологии опухолевого узла, в том числе при использовании ортотопических и метастатических моделей. Продолжаются исследования по созданию новых контрастных средств для компьютерной томографии (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ).

Получение и интерпретация изображений мелких лабораторных животных с модельной патологией – задача для мультидисциплинарной команды исследователей [1]. В отличие от клинической практики, в которой томограммы интерпретирует врач-рентгенолог, изображения лабораторных животных могут анализировать специалисты с различным профилем образования и опытом работы. Каждый из них привносит в этот

процесс свои уникальные знания и навыки, что позволяет обеспечить комплексный анализ получаемых данных. Однако на практике в работе мультидисциплинарной команды возникают определенные сложности при выборе тактики интерпретации получаемых изображений, связанные с тем, что представители различных профессий используют разные подходы и специфичную терминологию.

Студенты и аспиранты при подготовке учебных работ на базе лаборатории неклинических исследований также сталкиваются с необходимостью освоения методов обработки и анализа томограмм мелких лабораторных животных. В отличие от клинических подразделений, в научной лаборатории могут учиться представители разных направлений: биологи, физики, химики, медики, ветеринарные врачи и др. В зависимости от целей и задач конкретной работы используется определенная модальность визуализации и различные способы постобработки: реконструкция изображений, применение фильтров, геометрическое совмещение изображений, построение мультипланарных реконструкций и т.д. На этапе интерпретации студент должен уметь ориентироваться в нормальной КТ- или МРТ-анатомии мышцы, выделять и оконтуривать области интереса, получать и анализи-

ровать количественные данные, оценивать развитие модельной патологии, делать выводы о накоплении различных соединений (рентгеноконтрастных, МР-контрастных, радиофармацевтических) в целевых органах и тканях животного.

При обучении всем этим навыкам студенты, как правило, испытывают трудности. Род затруднений разнообразен: что легко одному студенту, сложно другому. В связи с этим было выдвинуто предположение, что характер сложностей при работе с томограммами в значительной мере зависит от образовательной программы, осваиваемой или освоенной конкретным студентом. Если это так, то знание особенностей обработки и интерпретации томограмм специалистами с различным профилем образования может помочь при обучении студентов различных специальностей.

Цель данной работы – сформировать рекомендации по обучению студентов и аспирантов различных специальностей навыкам работы с томограммами мелких лабораторных животных. Для этого был обобщен опыт подготовки учебных работ на базе лаборатории, а также проанализированы подходы к получению, обработке и интерпретации томограмм сотрудниками с различным профилем базового образования.

Материал и методы

Были проанализированы типичные ошибки и трудности для студентов и аспирантов при подготовке учебных работ, включающих анализ томограмм мелких лабораторных животных в одной или нескольких модальностях: КТ, МРТ, ПЭТ/КТ, ОФЭКТ/КТ. В исследовании включены учебные работы, выполненные в период с 2017 по 2024 гг.: выпускные квалификационные работы (ВКР), отчеты по практике, промежуточные отчеты аспирантов по научно-исследовательской работе. Всего проанализировано 10 учебных работ, выполненных 9 обучающимися по 6 разным специальностям. Все работы были подготовлены при участии сотрудников лаборатории радионуклидных и лучевых технологий в экспериментальной онкологии НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России либо в качестве научного руководителя (9 работ), либо в качестве научного консультанта (1 работа). Томограммы животных были получены на базе лаборатории радионуклидных и лучевых технологий в экспериментальной онкологии НМИЦ онкологии

им. Н.Н. Блохина Минздрава России (6 работ), либо на базе кафедры медицинских нанобиотехнологий МБФ РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (4 работы).

Для выявления трудностей при обучении студентов и аспирантов работе с томограммами использовали следующие методы: опрос (интервью) студента или аспиранта, опрос (интервью) научного руководителя или консультанта, наблюдение за обучающимся во время работы, анализ текста подготовленной учебной работы с выявлением ошибок и неточностей.

На втором этапе были исследованы особенности деятельности сотрудников с различным образованием и опытом работы при получении, обработке и/или интерпретации томограмм мелких лабораторных животных. Всего исследовано 15 сотрудников из 5 организаций: 11 сотрудников лаборатории радионуклидных и лучевых технологий в экспериментальной онкологии ФГБУ “НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина” Минздрава России и по 1 сотруднику из учреждений: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, ИОНХ РАН, МГУ им. М.В. Ломоносова. Все сотрудники были условно разделены на 5 групп: “физики”, “химики”, “биологи”, “медики”, “ветеринарные врачи”. В случаях, когда диплом о высшем образовании получен по одной специальности, а кандидатская или докторская степень – по другой, использовался принцип самоопределения. При исследовании сотрудников НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина применяли методы опроса (интервью) и метод наблюдения на рабочем месте, а в 5 случаях также были проанализированы составленные сотрудниками протоколы экспериментов, черновики статей и отчетов. При исследовании работы сотрудников других учреждений использован только метод опроса (интервью).

Результаты

В период с 2017 по 2024 гг. на базе лаборатории 9 обучающихся подготовили 10 учебных работ, включающих анализ томограмм мелких лабораторных животных (табл. 1). В результате исследования были выявлены сложности, которые испытывали обучающиеся при работе с томограммами.

У 1 физика и 1 биотехника проявилась неадекватная реакция на вид крови (гемофобия). Эти студентки не смогли участвовать не только во

Таблица 1

Учебные работы, подготовленные студентами и аспирантами при участии сотрудников лаборатории радионуклидных и лучевых технологий в экспериментальной онкологии НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина в период 2017–2024 гг.

Автор работы	Год	Базовое образование	Вид работы	Модальность визуализации
Студентка В.	2017	03.04.02 Физика	ВКР магистра	КТ с контрастным усилением
Студентка Ю.	2018	30.05.02 Медицинская биофизика	ВКР специалиста	КТ с контрастным усилением
Студент С.	2021	03.04.02 Физика	ВКР магистра	КТ с контрастным усилением
Студентка Е.	2021	03.04.02 Физика	ВКР магистра	МРТ с контрастным усилением
Студент М.	2023	04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия	ВКР специалиста	ОФЭКТ/КТ с искусственным рекомбинантным ^{99m} Tc-связывающим белком
Студентка Н.	2024	03.04.02 Физика	ВКР магистра	ПЭТ/КТ с ¹⁸ F-БФА
Аспирант А.	2024	1.5.1 Радиобиология (специалитет – 36.05.01 Ветеринария)	Промежуточный отчет о научно-исследовательской деятельности аспиранта	МРТ и ПЭТ/КТ с ¹⁸ F-ФДГ
Аспирантка Ш.	2024	1.3.2 Приборы и методы экспериментальной физики	Промежуточный отчет о научно-исследовательской деятельности аспиранта	ПЭТ/КТ с ¹⁸ F-БФА
Студентка К.	2024	12.04.04 Биотехнические системы и технологии	Отчёт по учебной практике	ОФЭКТ/КТ с ^{99m} Tc-пертехнетатом
Студентка К.	2024	12.04.04 Биотехнические системы и технологии	Отчёт по производственно-технологической практике	ПЭТ/КТ с ¹⁸ F-ФДГ и контрастным усилением

Примечание: ¹⁸F-БФА – борфенилаланин, меченный фтором-18; ¹⁸F-ФДГ – фтордезоксиглюкоза, меченная фтором-18

вскрытиях животных и трансплантации опухолевого материала, но и в процессе сканирования животных, так как реакция проявлялась даже при виде одной капли крови, выступающей после внутривенного введения рентгеноконтрастного средства. Тем не менее, обе студентки спокойно работали с уже полученными томограммами и успешно подготовили учебные работы.

У 4 обучающихся возникли проблемы с освоением программного обеспечения, с помощью которого производится просмотр и постобработка томограмм: Pmod, Radiant DICOM Viewer, ImageJ, InterView FUSION. Сложности возникали с запоминанием элементов интерфейса, с ориентировкой в трехмерном пространстве томограммы, с выбором динамического диапазона для просмотра томограмм (стандартные клинические “окна” не подходят для мелких животных). Отдельную сложность представляла необходимость освоения программ с англоязычным интерфейсом. При этом встроенная справка (User manual) не помогала студентам, так как она тоже написана на английском языке и перегружена лишними деталями, среди которых студенту нужно самостоятельно найти ответ на возникший у него вопрос.

Проблемы с освоением программного обеспечения совершенно отсутствовали у студентов НИЯУ МИФИ, обучавшихся по направлению “физика” с профилем “медицинская физика”. Поскольку в обязанности медицинского физика входит планирование полей облучения по данным КТ или МРТ, студенты этого направления уже во время учебы в бакалавриате получают опыт работы с томограммами человека и свободно ориентируются как в англоязычном интерфейсе, так и в трехмерном пространстве томограмм.

У 1 медика и 1 биотехника оказался низкий уровень развития имплицитной процедурной памяти: студентки с большим трудом запоминали последовательность действий при работе в компьютерной программе. Одна студентка (медик) стремилась преодолеть свой недостаток, составляя подробные алгоритмизированные конспекты-памятки. Вторая студентка (биотехник) наряду с низкой имплицитной памятью обладала низким уровнем самостоятельности и не могла составить для себя алгоритмизированный конспект. Ее обучение было связано с большими сложностями.

У всех обучающихся в начале работы были сложности с распознаванием анатомических образований на томограмме: органов, тканей, модельных опухолей лабораторного животного. Однако скорость освоения навыков была различной и явно зависела от профиля базового образования. Быстрее всех справились медик и ветеринарный врач: им понадобилось всего несколько часов, при этом они самостоятельно использовали электронный КТ-атлас лабораторной мыши [2]. Физики осваивали основы КТ-анатомии мыши в течение 1–3 недель. Затруднения возникли у химика (5 недель) и биотехника (3 месяца), но в случае биотехника трудности в приобретении навыка были связаны не столько с образовательным профилем, сколько с упомянутым выше низким уровнем развития имплицитной памяти. У всех обучающихся вначале отмечались сложности при выборе и оконтуривании зон интереса, но они исчезали автоматически при должном освоении КТ-анатомии.

При анализе письменных учебных работ грубых ошибок выявлено не было, но отмечались неточности в использовании специализированной терминологии и при оформлении рисунков. Неожиданным оказалось то, что эти неточности никак не зависели от специальности студента. Например, речевая ошибка “введение препарата в животное” (вместо “введение животному”) встречалась и у физика, и у ветеринарного врача. Описание гиперденсивных зон словосочетаниями “горячие точки”, “яркие пятна”, “светлые пятна” встречалось в работах физика и медика. В одной работе студентка (биотехник) периодически путала ПЭТ и ОФЭКТ.

Неточности в использовании терминологии молодыми специалистами, теоретически, могут быть скомпенсированы применением специализированной учебно-методической литературы, но к настоящему моменту подходящих русскоязычных источников найти не удалось. Большинство существующих материалов изобилует англицизмами и “сленгом профессионалов”, который может иметь достаточно широкую интерпретацию [3, 4], в связи с чем они не подходят для самостоятельного изучения студентами.

На втором этапе исследования в ходе опроса и/или наблюдения на рабочем месте были изучены особенности работы с томограммами у 15 сотрудников с различным профилем образования и опытом работы. Распределение по профилю образования: 3 физика, 3 химика,

4 биолога, 4 ветеринарных врача, 1 врач-рентгенолог. Выявленные особенности классифицировались как повышающие (преимущества) или снижающие (недостатки) эффективность работы (табл. 2).

Наиболее четко выявленные различия были выражены в первый год работы с томограммами. Впоследствии за 2–5 лет различия стираются, при этом недостатки сглаживаются, а достоинства не исчезают. Ускоряет конвергенцию профессиональное общение с коллегами других специальностей внутри мультидисциплинарной команды.

Эффективность работы с томограммами зависела не только от образования сотрудников, но и от опыта работы. У сотрудников, имеющих опыт работы на оборудовании от 10 лет, не наблюдалось каких-либо недостатков, связанных с профилем образования. Предшествующий опыт работы в клиническом отделении лучевой диагностики также играл положительную роль. У ветеринарных врачей навыки работы с томограммами определялись практически исключительно опытом работы и варьировали от высокого уровня до полного отсутствия навыков.

У большинства исследованных сотрудников (12 из 15) специфичные особенности, присущие образовательному профилю, были выражены в большей или меньшей степени. Некоторым ограничением исследования является лишь один опрошенный врач-рентгенолог и полное отсутствие в выборке респондентов ветеринарных рентгенологов.

Обсуждение

Как видно из табл. 2, на сегодняшний день ни один из сотрудников не может единолично закрыть потребности лаборатории в обработке и интерпретации томограмм мелких лабораторных животных. Возникающие научные и практические задачи решаются лишь при постоянном взаимодействии внутри мультидисциплинарной команды.

Теоретически, ветеринарные врачи должны быстрее других сотрудников осваивать навыки работы с томограммами и сочетать их со знаниями нормальной анатомии мышей и крыс, а также со знаниями о развитии модельных патологий. В учебном плане специалитета 36.05.01 Ветеринария есть такие предметы, как “биология мелких домашних, лабораторных, диких и экзотических животных” и “вете-

Таблица 2

Особенности работы с томограммами мелких лабораторных животных, характерные для представителей различных специальностей, повышающие эффективность работы (преимущества) и снижающие ее (недостатки)

Специальность	Преимущества	Недостатки
Физики	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Детальное знание физических процессов, происходящих при томографии во всех модальностях ✓ Применение различных режимов сканирования, в том числе оригинальных (custom) для визуализации необходимых структур ✓ Быстрое освоение специализированного программного обеспечения ✓ Способность самостоятельно разрабатывать программное обеспечение 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Недостаток знаний об анатомии и физиологии лабораторных животных
Химики	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Способность прогнозировать характер биораспределения радиофармацевтического соединения или контрастного средства по его химической структуре 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Недооценка возможностей аппаратуры и программного обеспечения ✓ Использование только стандартных режимов сканирования и просмотра изображений ✓ Недостаток знаний об анатомии и физиологии лабораторных животных
Биологи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Знание анатомии и физиологии лабораторных животных ✓ Знание патофизиологии и закономерностей развития различных модельных патологий 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Недооценка возможностей аппаратуры и программного обеспечения ✓ Ошибки при распознавании анатомических структур, особенно в нестандартных проекциях (напр., определение поперечных срезов сосудов как легочных метастазов)
Врач-рентгенолог	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Знание общего плана строения организма млекопитающего животного ✓ Знание общего принципа развития патологических процессов ✓ Знание возможностей аппаратуры и программного обеспечения ✓ Применение рентгеноконтрастных средств ✓ Оформление результатов исследования в виде формализованного протокола 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Недостаток знаний об анатомии и физиологии лабораторных животных ✓ Неудачные попытки интерпретировать томограммы мыши по образцу человека, без учета видоспецифичности ✓ Некорректное использование медицинской номенклатуры вместо ветеринарной (напр., «верхняя конечность» вместо «грудная конечность»)
Ветеринарные врачи	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Знание анатомии и физиологии лабораторных животных ✓ Знание закономерностей развития различных патологических процессов ✓ Знание возможностей лучевой диагностики 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Сильная зависимость развития навыков от узкой специализации и предшествующего опыта работы ✓ Зависимость интерпретации томограмм от результатов физикального осмотра животного («предвзятость подтверждения диагноза»)

ринарная рентгенология”. В совокупности эти курсы должны предоставить знания анатомии лабораторной мыши, возможностей аппаратуры и программного обеспечения. На практике ветеринарные врачи были не более и не менее успешны в освоении навыков, чем представители других специальностей. Кроме того, достижения клинической ветеринарии оказались

мало применимы при обучении студентов и сотрудников. Русскоязычных атласов и учебников, содержащих томограммы мышцей с подписями и объяснениями, найти не удалось. Сотрудникам при обучении приходится пользоваться англоязычными атласами [5, 6], а также электронными ресурсами [2]. Курсы повышения квалификации, предлагаемые на сего-

дняшний день ветеринарным врачам, сосредоточены преимущественно на заболеваниях собак и кошек, при этом являются достаточно дорогостоящими. Для сотрудников научных лабораторий обучение работе с томограммами проводится аппликаторами при покупке и установке оборудования. Но при этом внимание уделяется преимущественно технологии получения томограмм, а обучение интерпретации изображений практически не осуществляется.

У ветеринарных врачей и биологов были выявлены сложности в понимании физики процессов, происходящих при сканировании в различных модальностях. Представителями этих специальностей базовые знания физики приобретаются на 1–2 курсе обучения, но впоследствии в течение 3–5 лет они остаются невосстановленными. Поэтому для понимания принципов работы аппаратуры требуется активация из долговременной памяти большого количества информации, логически не связанной с основной работой специалиста. Таким образом, существует проблема отрыва программы обучения специалистов от современной научно-технической базы.

При опросе сотрудников, в целом, было отмечено, что многие специалисты недостаточно отчетливо представляют себе порядок получения томограмм, протоколы сканирования и возможности различных модальностей. Например, химики знают, что йодсодержащий препарат может быть визуализирован методом КТ, но неправильно оценивают необходимую для этого концентрацию и дозировку препарата. Биологи иногда путают ПЭТ и ОФЭКТ. Некоторые сотрудники не знают методы выбора при исследовании различных анатомических областей, например, при поиске метастазов в легких просят “на всякий случай сделать и КТ, и МРТ”. Поэтому при планировании эксперимента протокол исследования (режим сканирования, временные точки, дозировка препаратов и путь введения) должен обсуждаться в мультидисциплинарной команде и утверждаться до начала работы. В силу специфики восприятия информации научными сотрудниками без достаточного опыта, изменения протокола не всегда полноценно фиксируются в ходе исследования. Это еще одна проблема образовательного процесса: отсутствие отработки методов ведения протоколов во время лабораторных занятий, когда при оценке лабораторных работ оценивается только результат, а не подробности способа получения первичных данных.

На основе полученных знаний об особенностях работы представителей различных специальностей были сформулированы рекомендации по обучению студентов и аспирантов работе с томограммами мелких лабораторных животных. Главная сложность в обучении студентов состоит в том, что им нужно одновременно изучить нормальную анатомию лабораторных грызунов, основы патофизиологии (в пределах знания закономерностей развития модельного патологического процесса), физические основы лучевой диагностики и последовательность действий при работе со специализированным программным обеспечением. Это огромный объем информации, который крайне сложно освоить в сжатые сроки. Учитывая, что время на научно-исследовательскую работу студента жестко ограничено учебным планом (например, летняя практика длится всего четыре недели), важно проводить обучение максимально эффективными методами. В связи с полным отсутствием подходящих русскоязычных источников, которые студент мог бы изучить самостоятельно, оптимальной формой обучения является наставничество – метод обучения на рабочем месте под руководством опытного сотрудника [7, 8]. При этом целесообразно составить для студента памятку, краткую инструкцию с иллюстрациями и т.п.

При обучении нужно опираться на то, что студенту уже знакомо и понятно [9]. У биологов и ветеринарных врачей это такие фундаментальные предметы, как нормальная и патологическая анатомия животного, а у медиков – хотя бы представление об общем плане строения организма млекопитающего. Студентам медицинских специальностей полезно проводить аналогии между организмом человека и мышши, с обязательным акцентом не только на сходства, но и на существенные различия. Данный методический прием не следует использовать при обучении физиков, химиков и биотехников: не обладая прочными знаниями об анатомии человека, они лишь сильнее запутываются. Сравнение анатомии различных животных (мышшь, крыса, собака, человек) не приводит к логической организации знаний в случае отсутствия глубокого понимания эволюционной теории.

Студентам всех специальностей полезно присутствовать при вскрытии животного, чтобы сопоставить анатомические структуры с визуализируемыми на томограммах. Данный прием должен считаться неприемлемым по отношению к студентам с гемофобией. Лечение фобий –

сложная многоэтапная задача, которая может быть выполнена только врачом-психотерапевтом [10]. Среди биологов, медиков и ветеринарных врачей случаи гемофобии казуистичны, поскольку отбор по данному признаку проводится еще на этапе выбора образовательной траектории. Однако среди физиков, химиков, биотехников такая реакция может встречаться.

Физики и биотехники отлично понимают процессы, происходящие при сканировании животного в различных модальностях. Студентам этих специальностей полезно связывать вид органа на изображении с физическими или химическими свойствами (“у легких низкая рентгеноплотность, потому что внутри них воздух”). Напротив, биологам, медикам и ветеринарным врачам основы получения изображений нужно давать в предельно сжатом объеме, ровно столько, сколько нужно для выполнения учебной работы. В данном случае избыток информации не упрощает, а усложняет понимание.

Для всех студентов начальное обучение должно проводиться в той модальности, которая затем будет использоваться при выполнении учебной работы. Исключением являются ПЭТ и ОФЭКТ, поскольку они используются в рамках комбинированного исследования ПЭТ/КТ или ОФЭКТ/КТ. Для данных модальностей вначале проводится обучение по КТ. Необходимо добиться, чтобы студент на нативных КТ-срезах быстро находил отделы скелета, головной мозг, легкие, сердце, печень, желудок, кишечник, почки, мочевой пузырь. Необходимо научить студента ориентироваться в трехмерном пространстве томограммы, для чего вначале надо объяснить, как проходят стандартные плоскости сечения. Начинать просмотр томограммы мыши нужно с коронального среза, потому что на нем сразу виден «общий план» строения животного. Биологи и ветеринарные врачи воспринимают корональный срез как лежащее в препаровальном лотке животное, подлежащее вскрытию – это существенно облегчает понимание. Только нужно следить за тем, чтобы студенты не путали правую и левую сторону. Сагиттальные срезы, как правило, не играют большой роли при выполнении учебных работ, поэтому в случае нехватки времени или при низкой академической подготовке студента целесообразно отказ от просмотра сагиттальных срезов.

Поскольку КТ обладает низким контрастным разрешением, было предложено на первом этапе обучать студентов просмотру МРТ-изоб-

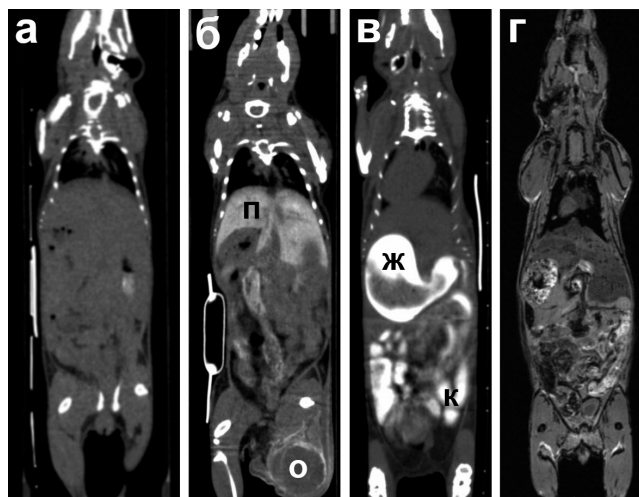


Рис. 1. Корональные срезы томограмм, используемые при обучении студентов: а – нативная КТ; б – КТ с контрастным усилением наночастицами золота; в – КТ после перорального введения контрастного средства (иопромид); г – МРТ в режиме *Inversion-recovery*. Буквами на томограммах обозначены структуры, визуализируемые благодаря контрастному усилению: п – печень, о – опухоль, ж – желудок, к – кишечник

ражений, на которых они могут научиться различать органы брюшной полости. На сегодняшний день в лаборатории отказались от этого методического приема. Большое количество деталей на МРТ-изображении, включая мелкие анатомические образования и специфичные артефакты, запутывает студента. Если же студент привыкает к МРТ-изображению и научается ориентироваться по нему, впоследствии ему сложно перейти на нативную КТ. Поэтому рекомендуется соблюдать следующий принцип: учить только в той модальности и в той компьютерной программе, которые необходимы для выполнения учебной работы. При обучении интерпретации нативной КТ промежуточным этапом целесообразно делать не МРТ, а КТ с контрастным усилением. На контрастированных изображениях более отчетливо видны границы внутренних органов, при этом общий принцип работы с изображением остается неизменным и может впоследствии применяться при обработке нативных томограмм (рис. 1).

Заключение

При обучении студентов и аспирантов работе с томограммами первостепенна роль на-

учного руководителя или консультанта. Учитывая полное отсутствие специализированных учебных курсов по интерпретации томограмм мелких лабораторных животных и, соответственно, выпускников этих курсов, готовых к трудоустройству в научные лаборатории, учебная практика (в том числе преддипломная и аспирантская) – единственная возможность вырастить специалиста в области доклинической визуализации. В данной работе предложены общие рекомендации по обучению студентов/ аспирантов разных специальностей, внедрение которых существенно ускорит первые этапы освоения приемов работы с томограммами. Это позволит студенту/аспиранту быстрее перейти к самостоятельной работе, обеспечит успешное выполнение учебного плана и, в конечном итоге, интенсифицирует профессиональное развитие молодого специалиста. Обучение студентов различных специальностей – физиков, химиков, биологов, врачей, ветеринарных врачей – позволит регулярно пополнять и обновлять мультидисциплинарную команду научной лаборатории, что необходимо для выполнения государственного заказа на доклинические исследования отечественных рентгеноконтрастных и радиофармацевтических лекарственных препаратов.

Список литературы

1. Яхонтова ЕС. Мультидисциплинарные команды как фактор устойчивости компаний в современных условиях. *Лидерство и менеджмент*. 2023; 10 (2): 425-38. <https://doi.org/10.18334/lim.10.2.117616>.
Yakhontova ES. Multidisciplinary teams as a factor of company sustainability in modern conditions. *Leadership and Management*. 2023; 10 (2): 425-38. <https://doi.org/10.18334/lim.10.2.117616> (In Russ.).
2. Анатомия мыши с названиями структур (микро-КТ высокого разрешения) [Электронный ресурс] URL: <https://www.imaios.com/ru/vet-anatomy/mysh/mysh-vsio-telo> (Дата обращения: 02.08.2024).
3. Наркевич БЯ, Моисеев АН, Рыжов СА и др. Разработка глоссария терминов и понятий по медицинской радиологии и радиационной безопасности. *Медицинская физика*. 2020; 2: 61-86.
Narkevich BY, Moiseev AN, Ryzhov SA, et al. Development of a glossary of terms and concepts on medical radiology and radiation safety. *Medical Physics*. 2020; 2: 61-86. (In Russ.).
4. Наркевич БЯ, Моисеев АН, Рыжов СА и др. Разработка глоссария терминов и понятий по медицинской радиологии и радиационной безопасности. *Медицинская физика*. 2020; 3: 91-114.
Narkevich BY, Moiseev AN, Ryzhov SA, et al. Development of a glossary of terms and concepts on medical radiology and radiation safety. *Medical Physics*. 2020; 3: 91-114. (In Russ.).
5. Kagadis GC, Ford NL, Karnabatidis DN, Loukos GK, editors. *Handbook of small animal imaging: preclinical imaging, therapy, and applications*. 1st ed. Imprint CRC Press; Boca Raton, FL, USA: 2016.
6. *Small Animal Imaging : Basics and Practical Guide*. Kiessling F, Pichler BJ, Hauff P, editors. Second edition. 2nd ed. Cham: Springer International Publishing AG, 2017.
7. Панфилова АП. Наставничество и обучение на рабочем месте: терминологический анализ зарубежных методов. *Современные технологии управления*. 2016; 12: 7202.
Panfilova AP. Mentoring and on-the-job training: the terminological analysis of foreign methods. *Modern management technology*. 2016; 12: 7202 (In Russ.).
8. Маслова ЕЛ, Дуборасова ТЮ. Наставничество как инструмент обучения на рабочем месте. *Вестник Университета мировых цивилизаций*. 2018; 9 (4): 102-14.
Maslova EL, Duborasova TY. Mentoring as a learning tool in the workplace. *Bulletin of University of World Civilizations*. 2018; 9 (4): 102-14 (In Russ.).
9. Хидирова МК. Принципы обучения взрослых. *Научный импульс*. 2023; 1 (8): 39-42.
Khidirova MK. Principles of adult education. *Scientific Impulse*. 2023; 1 (8): 39-42 (In Russ.).
10. Ромек ВГ. Поведенческая терапия страхов. *Прикладная психология*. 2002; 4: 72-89.
Romek VG. Behavioral therapy for fears. *Applied psychology*. 2002; 4: 72-89 (In Russ.).