

ВОЗМОЖНОСТИ И ТРУДНОСТИ ПЕРВИЧНОЙ ПОДГОТОВКИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ ДЛЯ РАБОТЫ В ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ

*Н.Ф. Карякина, Е.В. Кижжаев, А.В. Столбовой, Е.Л. Разумова,
Е.П. Симакина, Е.М. Жмаева, А.А. Яманди*

*Российская медицинская академия непрерывного последипломного образования
Минздрава России, Москва*

Обсуждается накопленный педагогический опыт первичной подготовки медицинских физиков для работы в радиотерапевтических отделениях медицинских организаций. Отражены основные разделы и темы специальности, виды занятий (лекции, семинары, практика). Отражена большая роль занятий с клиницистами.

Ключевые слова: *медицинский физик, первичная подготовка, радиотерапия, кафедра радиотерапии и радиологии*

До настоящего времени в России наблюдается нехватка медицинских физиков для радиотерапевтических и радиологических отделений. Руководство медучреждений вынуждено привлекать к этой работе инженеров и выпускников вузов без специальной подготовки для работы в этой области. У таких сотрудников есть острая необходимость получить начальные знания по специальности, которым обычно не уделяется должное внимание на различных школах (ESTRO, МАГАТЭ).

Кафедра радиотерапии и радиологии Российской медицинской академии непрерывного последипломного образования (РМАНПО) на протяжении длительного времени осуществляет подготовку радиотерапевтов и радиологов почти из всех регионов России. В программе профессиональной первичной подготовки и переподготовки врачей имеются разделы физики взаимодействия ионизирующих излучений с веществом, формирования дозовых полей, создания планов облучения, вопросы фракционирования

доз облучения и др. По инициативе многолетнего руководителя кафедры, академика РАН, А.С. Павлова с 1975 г. было организовано проведение циклов “Клиническая дозиметрия” для инженеров и физиков радиологических отделений. Бессменным вдохновителем и куратором этих циклов долгие годы была доцент кафедры, кандидат технических наук Марина Антоновна Фадеева, ученица Александра Натановича Кронгауза, одного из основоположников этой области медицинской физики в Советском Союзе.

Многие медицинские физики, прошедшие первичную подготовку на кафедре, работают в радиологических отделениях и по настоящее время, повышая свою квалификацию на различных школах (ESTRO, МАГАТЭ), в организации которых активно участвует Ассоциация медицинских физиков России (АМФР).

Следует отметить, что наряду с радиологическими отделениями, оснащёнными современным оборудованием, есть отделения, не пе-

реоснащённые к настоящему времени и работающие на лучевых аппаратах ещё советского периода и располагающие лишь 2D- или 2,5D-системами планирования. К сожалению, есть и такие учреждения, где сами врачи (ввиду отсутствия физика и компьютерных систем планирования) пользуются так называемым "ручным планированием" облучения. Справедливости ради следует сказать, что подобных ситуаций становится заметно меньше с каждым годом. Такая неоднородность обучающихся требует определённой организации учебного процесса, особенно в части физико-технического раздела для врачей и подготовки медицинских физиков в частности.

За прошедшие годы программа обучения физиков на цикле "Клиническая дозиметрия" вышла за рамки собственно клинической дозиметрии, была расширена разделами компьютерного планирования облучения, радиобиологических моделей фракционирования облучения, вопросами толерантности нормальных тканей и др., переработана и утверждена как "Медицинская физика в радиотерапии" (2016). Эта работа была простимулирована тем, что по приказу МЗ РФ № 915н от 15 ноября 2012 г. в штатах радиологических отделений различного уровня предусмотрены должности именно медицинских физиков.

Только за последние годы (2007–2018 гг.) на циклах прошли подготовку 177 физиков радиологических отделений (рис. 1), начинающих или со стажем порядка одного года. Клиническая база кафедры радиотерапии и радиологии (клиника РМАНПО) располагает необходимым оборудованием для дозиметрии источников излучения, топометрического процесса, дозиметрического планирования облучения и аппаратов для радиотерапии 2-го уровня (Доклад 50 МКРЕ).

Организация учебного процесса, исходя из возможностей технологического оснащения клиники РМАНПО, позволяет обучающимся освоить базовые знания, приобрести навыки и умения, необходимые для работы медицинских физиков в радиологических отделениях: по дозиметрии источников ионизирующих излучений и дозиметрическому планированию лучевого лечения. Процесс обучения имеет организационные и методические преимущества: кафедра и клиника располагаются в одном здании, сложившийся опытный профессорско-преподавательский состав обеспечивает высо-

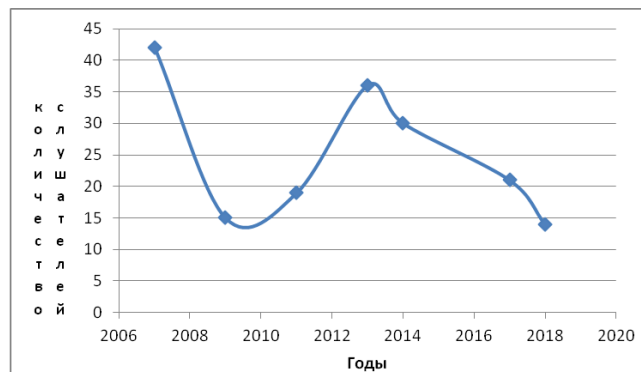


Рис. 1. Динамика количества слушателей циклов медицинских физиков

кий методический уровень подготовки слушателей.

Кроме того, сотрудники кафедры, совмещающие работу на кафедре с основным местом работы (Институт нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко, Клиническая больница № 62), проводят семинары для начинающих медицинских физиков в радиологических отделениях этих медучреждений, технологически оснащённых на современном уровне (рис. 2–4).

Разработанная методика профессиональной первичной подготовки медицинских физиков включает: лекции, семинары, практические занятия, контрольное тестирование. Читаются лекции по следующим разделам специальности:



Рис. 2. Семинар Г.Е. Горлачёва в институте Нейрохирургии им. Н.Н.Бурденко



Рис. 3. Проф. В.С. Хорошков после лекции демонстрирует оборудование для проведения протонной терапии



Рис. 4. Слушатели курса в Институте теоретической и экспериментальной физики

- ✓ Введение в клинику (анатомия и анатомические термины, радиационная онкология, лучевое лечение).
- ✓ Ионизирующие излучения и их взаимодействие с веществом.
- ✓ Количественные и качественные характеристики ионизирующих излучений, применяемых в лучевой терапии.
- ✓ Аппараты для лучевой терапии, дозиметры, фантомы и системы дозиметрического планирования.
- ✓ Дозиметрия пучков ионизирующих излучений. Абсолютная дозиметрия. Протоколы измерений. Калибровка систем планирования.
- ✓ Формирование дозовых полей.
- ✓ Модификация дозовых полей.
- ✓ Основы дозиметрического планирования облучения (топометрия, определение основных объёмов облучения и критических объёмов, создание планов облучения).
- ✓ Конформное и квазиконформное облучение, гистограммы доза–объём.
- ✓ Документирование лучевой терапии.
- ✓ Радиобиологические модели (НСД, ВДФ, ЛКМ) в оценке вероятности осложнений в нормальных тканях и определение изоэффективных режимов фракционирования дозы.

Лекционный материал формируется на основании монографий, посвящённых вопросам физики ионизирующих излучений, клинической дозиметрии, вопросам дозиметрического и радиобиологического планирования луче-

вой и радионуклидной терапии, на докладах МКРЕ, материалах школ ESTRO и др. Лекции представляются слушателям в форме презентаций в PowerPoint с большим иллюстративным материалом: таблицы, графики, необходимое количество формул. В конце каждой лекции даётся список цитируемой и рекомендуемой литературы.

Многие лекционные темы поддерживаются практическими и семинарскими занятиями:

1. Особое внимание уделяется практическим занятиям по *дозиметрическому контролю ионизирующего излучения аппаратов для радиотерапии и калибровки системы планирования облучения*: абсолютные измерения поглощённой дозы фотонного пучка в воде по определённым протоколам: 1). Поглощенные дозы фотонного (1–50 МэВ) и электронного (5–50 МэВ) излучений в лучевой терапии. Методы определения. РД 50-691-89, Госстандарт. 1990 г.; 2). МАГАТЭ, серия технических докладов №398 (TRS 398) Определение поглощённой дозы при дистанционной лучевой терапии: Международные практические рекомендации по дозиметрии, основанные на эталонах единицы поглощённой дозы в воде, Вена, 2000 г.

Также обсуждаются способы калибровки радиоактивных источников, применяемых в аппаратах для контактной лучевой терапии. Проводится занятие по калибровке источника на аппарате GammaMedplus, одним из доступных способов – в воздухе или в тканеэквивалентном фантоме.

2. *Формирование дозовых полей.* Накопленный за прошедшие годы методический опыт “ручного планирования” облучения по картам изодоз был нами использован для разработки учебного пособия “Формирование дозовых полей фотонного излучения при дистанционной лучевой терапии”.

Практическое выполнение упражнений по формированию дозовых полей проводится по этому учебному пособию на компьютерных системах планирования. На этих занятиях слушателям демонстрируются возможности тканеэквивалентного фантома в системе планирования, как вспомогательной опции, для решения некоторых проблем, возникающих в практике работы начинающего медицинского физика. Заключительный этап этих практических занятий – формирование облучения различными способами произвольно назначенной мишени в тканеэквивалентном фантоме с получением гистограмм доза–объем и обоснованием оптимального плана.

3. *Основы дозиметрического планирования облучения.* Успешное лучевое лечение обеспечивается согласованием всех этапов процесса: диагностики, топометрии, планирования облучения и реализации облучения. Практические и семинарские занятия этого раздела являются наиболее значимыми (после дозиметрии источников излучения) для ежедневной работы медицинского физика радиологического отделения. Они проводятся совместно с преподавателями-клиницистами. На этих занятиях обсуждаются практические рекомендации по оконтуриванию объемов облучения: GTV, CTV, PTV, PRV, необходимых отступов от этих объемов в зависимости от локализации, распространенности злокачественного процесса и различных этапов лучевого лечения.

Медицинские физики осваивают конвенциональные методики облучения наиболее распространенных локализаций злокачественного процесса: молочной железы, органов малого таза, грудной клетки, головы и шеи. Слушателям предоставляется возможность самостоятельного планирования облучения.

Занятия по планированию контактной (внутриполостной) лучевой терапии начинаются с ознакомления с типичными дозовыми распределениями в зависимости от типа интрастата и количества позиций источников в соответствующих каналах и требований нормировки. На практических занятиях обучающиеся участвуют в реальных сеансах внутриполост-

ной терапии: топометрия на С-дуге или КТ с последующим планированием (2D или 3D) на системе Brahy Vision.

На заключительном этапе этого раздела слушатели участвуют в реализации плана облучения с позиционированием пациента на лечебном столе в соответствии с созданным протоколом сеанса облучения.

На семинаре обсуждается документирование и представление отчёта о терапии пучками фотонов (рекомендации МКРЕ №50, 62, 71, 83).

4. *Радиобиологические модели* (НСД, ВДФ, ЛКМ) в оценке вероятности осложнений в нормальных тканях и определение изоэффективных режимов фракционирования дозы. На основе модели ЛКМ (LQM) в её модификации ЛКЕД2 (EQD2) анализируется понятие биологически эквивалентной дозы и её определение по физической дозе с привлечением параметров модели (α/β), характеризующих определённый тип ткани. Рассматриваются возможности этой модели по определению изоэффективных режимов для достижения эффекта как по контролю опухоли, так и по достижению приемлемого уровня ранних и поздних реакций нормальной ткани.

5. *Контроль полученных знаний.* Как на этапе прочитанных лекций, так и после практических занятий осуществляется контроль полученных знаний. По всем разделам прочитанных лекций нами создана тестовая компьютерная программа, включающая вопросы по четырём крупным разделам:

- ✓ Количественные и качественные характеристики ионизирующих излучений.
- ✓ Основные понятия и количественные величины в клинической дозиметрии.
- ✓ Аппараты для лучевой терапии.
- ✓ Формирование и модификация дозовых полей.

На последнем заключительном занятии подводятся итоги обучения с обсуждением особо важных понятий, процедур измерений и работ, которые обязательны для медицинского физика радиологического отделения. Обсуждается список литературы, обязательный для самостоятельной работы. Кроме того, слушателям предоставляется возможность записать на флеш-память или на CD-диск папку “Учебная литература”, сформированную преподавателями и содержащую полезные таблицы, методические рекомендации, разработанные на кафедре, некоторые книги в электронном виде и

др. На этом заключительном занятии слушатели делятся своими впечатлениями и пожеланиями, особо отмечают полезность и значимость семинаров и практических занятий с клиницистами.

Трудности первичной подготовки медицинских физиков на кафедре радиотерапии и радиологии РМАНПО обусловлены небольшой длительностью обучения (1 месяц, 144 часа), весьма ограниченным технологическим радиологическим оснащением клиники РМАНПО, что определяет отбор обучающихся с минимальным стажем работы в радиотерапевтическом отделении (до 1 года). К трудностям подготовки следует отнести и различный уровень образования обучающихся.

Тем не менее, наш опыт обучения начинающих медицинских физиков показал, что есть необходимость дать не только практические физико-технические основы специальности, но и воспитать необходимость быть причастными к клиническим проблемам. Для этого на кафедре читаются лекции, знакомящие физика с медицинской терминологией, главными этапами работы радиационного онколога,

рассказывается о психологической стороне общения с пациентами и их родственниками. Обращается особое внимание на соблюдение разумного баланса между борьбой за жизнь и недопустимостью чрезмерного вреда здоровью больного собственно лучевым лечением. Приступая к работе в больнице, физик не даёт клятву Гиппократу, не принимает присягу врача, но он должен осознавать, что принимает непосредственное участие в их соблюдении, являясь членом медицинского коллектива. Только во врачебном окружении, наблюдая за лечебным процессом, физик может увидеть разницу между статичностью созданного им плана облучения и динамичностью процесса лучевого лечения.

Выражаем искреннюю признательность коллегам: Г.Е. Горлачёву, В.А. Климанову, Л.Я. Клепперу, В.Г. Сахаровской, В.С. Хорошкову, О.С. Андриюшину, И.Н. Бриккеру и С.А. Князеву, которые любезно соглашались читать лекции и проводить консультации слушателям-медицинским физикам.

OPPORTUNITIES AND DIFFICULTIES OF PRIMARY TRAINING FOR MEDICAL PHYSICISTS IN RADIOTHERAPY

*N.F. Karyakina, E.V. Kizhaev, A.V. Stolbovov, E.L. Rasumova,
E.P. Simakina, E.M. Zhmaeva, A.A. Yamandi*

Russian Medical Academy of Continuous Postgraduate Education, Moscow, Russia

The accumulated pedagogical experience of medical physicists primary training for work in radiotherapy departments of medical organizations is discussed. The main sections and topics of the speciality, types of classes (lectures, seminars, practice) are reflected. The large role of classes with clinicians is reflected.

Key words: *medical physicist, primary training, radiotherapy, department of radiotherapy and radiology*

E-mail: radiology5@yandex.ru