

и направления излучения, плохое отношение сигнал / шум и недостаточную воспроизводимость. Они также имеют довольно короткую продолжительность жизни. В целом, в литературе не поддерживается их использование для дозиметрии малых полей.

TLDs хорошо зарекомендовали себя для программ аудита поглощенной дозы в клиниках и для *in vivo* дозиметрии. LiF: Mg, Ti - один из наиболее часто используемых материалов для TLD. Его ответ является линейным в диапазоне значений поглощенной дозы, хотя он увеличивается в области поглощенной дозы выше 1–2 Гр. Для точной дозиметрии малых пучков TLD требуют осторожного обращения и контроля процедур считывания для достижения погрешности измерения 2% или меньше.

OSLDs основаны на принципе, аналогичном принципу TLD. Вместо тепла используется свет (от лазера) для высвобождения захваченной энергии в виде свечения.

Радиофотолуминесцентные (RPL) стеклянные дозиметры представляют собой твердотельные дозиметры накопительного типа, которые используют явление радиофотолуминесценции для измерения поглощенной дозы. Используемый материал - активированное серебром фосфатное стекло.

Аланин часто называют как подходящий дозиметр, потому что он близок к водному эквиваленту, но гранулы, с помощью которых осуществляется дозиметрия на уровне радиотерапии, обычно довольно большие (например, обычно диаметр 5 мм и толщина 2,5 мм) и, таким образом, также происходит существенное усреднению по объему.

В современной лучевой терапии наблюдается тенденция к увеличению использования малых полей в планах лучевой терапии, чему способствует общая доступность стандартных многолепестковых коллиматоров (multileaf collimator - MLC) и лечебных аппаратов нового поколения различного дизайна. В настоящее время растет интерес к использованию таких методик облучения, как стереотаксическая радиохирургия (stereotactic radiosurgery – SRS), стереотаксическая лучевая терапия тела (stereotactic body radiotherapy – SBRT), лучевая терапия с модуляцией интенсивности (intensity modulated radiotherapy – IMRT), в которых широко используются малые поля. Это увеличило неопределенности при проведении клинической дозиметрии, в особенности для малых полей. Точная дозиметрия малых полей важна при вводе в эксплуатацию линейных ускорителей и является сложной задачей, особенно для очень маленьких полей, используемых в стереотаксической радиотерапии.

Подводя итог, можно сказать, что жидкостные ионизационные камеры, кремниевые диоды, алмазные детекторы, органические сцинтилляторы, радиохромная пленка, TLD и OSL-дозиметры считаются подходящими для относительной дозиметрии малых фотонных полей и рекомендуются для использования в клиниках, где осуществляется радиотерапия.

ЛИТЕРАТУРА

1. INSTITUTE OF PHYSICS AND ENGINEERING IN MEDICINE, Small Field MV Photon Dosimetry / IPEM Rep. 103, York (2010).
2. WUERFEL, J., Dose measurements in small fields / Med. Phys. Int.1 (2013) 81–90.
3. LE ROY, M., et al., Assessment of small volume ionization chambers as reference dosimeters in high-energy photon beams, Phys. Med. Biol. 56 (2011) 5637–5650.
4. WESTERMARK, M., ARNDT, J., NILSSON, B., BRAHME, A., Comparative dosimetry in narrow high-energy photon beams, Phys. Med. Biol. 45 (2000) 685–702.
5. BUCCIOLINI, M., et al., Diamond detector versus silicon diode and ion chamber in photon beams of different energy and field size, Med. Phys. 30 (2003) 2149 – 2154.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА НА РЕНТГЕНОВСКОМ КОМПЬЮТЕРНОМ ТОМОГРАФЕ

BASIC PRINCIPLES OF QUALITY CONTROL OF X- RAY COMPUTED TOMOGRAPHY

О. В. Попченя

О. Popchenya

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь
popchenya.olga@gmail.com
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus
popchenya.olga@gmail.com*

Описана компьютерная томография и ее возможность использования в диагностической радиологии и лучевой терапии. Возрастающая сложность работы сканера и его оснащения требует тщательного контроля со стороны медицинского физика совместно с радиологом для обеспечения наличия надлежащих условий

обследования и оптимизации процедур с точки зрения качества диагностики и дозы. Причиной чрезмерно высокой дозы для пациента обычно может быть плохая оптимизация рентгенографических протоколов сканера, но также может быть плохое состояние оборудования. Из этого следует необходимость внедрения в каждом отделении программы гарантии качества оборудования. Программа контроля качества в диагностической радиологии, представляет собой организованные усилия персонала, направленные на обеспечение достаточно высокого качества получаемых диагностических изображений.

Computed tomography and its possible use in diagnostic radiology and radiation therapy are described. The increasing complexity of the scanner and its equipment requires careful monitoring by the medical physicist together with the radiologist to ensure the appropriate examination conditions and to optimize procedures in terms of diagnostic quality and dose. The reason for an excessively high dose for a patient can usually be poor optimization of the scanner's x-ray protocols, but it can also be a poor condition of the equipment. This implies the need to implement an equipment quality assurance program in each Department. The quality control program in diagnostic radiology is a joint effort of the staff to ensure a sufficiently high quality of the received diagnostic images.

Ключевые слова: компьютерная томография, радиационная безопасность, качество изображений, программа гарантии качества, дозиметрические характеристики, оптимизация, характеристики сканера.

Keywords: computed tomography, radiation safety, image quality, quality assurance program, dosimetric characteristics, optimization, scanner characteristics.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-2-241-244>

Цель данной работы – обосновать необходимость внедрения программы контроля качества компьютерных томографов, описать, каким образом данная программа будет способствовать контролю за основными параметрами сканера, перечислить обязанности персонала, эксплуатирующего объект; рассмотреть способы оптимизации доз при выполнении компьютерной томографии; а так же указать, какими параметрами нужно руководствоваться при выборе компьютерного томографа (далее – КТ) в учреждение здравоохранения.

Сканеры компьютерной томографии создают изображения поперечного сечения с высоким контрастом. Это особенно важно для диагностики с участием мягких тканей (то есть органов, не включая легкие или кости), поскольку контраст, доступный на изображениях, значительно превосходит контраст, полученный при проекционной рентгенографии, то этот тип визуализации является очень полезным с медицинской точки зрения и все более предпочтительным для растущего числа обследований. С другой стороны, доза для пациента может быть значительно выше, чем при альтернативных способах визуализации. Это имеет особое значение, если в обследовании участвует ребенок. Причиной чрезмерно высокой дозы для пациента обычно может быть плохая оптимизация рентгенографических протоколов сканера, но также может быть плохое состояние оборудования.

КТ-сканеры находятся в постоянном техническом развитии, что приводит к переосмыслению клинического применения, что в свою очередь подчеркивает необходимость непрерывного профессионального образования. Возрастающая сложность работы сканера и его оснащения требует тщательного контроля со стороны медицинского физика совместно с радиологом для обеспечения надлежащих условий обследования и оптимизации процедур с точки зрения качества диагностики. Для достижения этой цели необходимо поощрять и облегчать внедрение программы обеспечения качества. Это включает в себя профессиональную подготовку рентгенологов и радиологов, использование хорошо спроектированного оборудования, находящегося в надлежащем рабочем состоянии, подходящих протоколов обследования, адекватных условий просмотра для интерпретации изображений. Ключевым элементом процесса контроля качества является участие в нем физического специалиста.

Следует также отметить, что КТ-сканеры все чаще используются отделениями лучевой терапии для получения изображений в целях планирования лечения, в дополнение к традиционным функциям диагностики пациентов и лечения рака, что предъявляет дополнительные важные требования к производительности сканеров и процессам контроля качества.

Программа контроля качества в диагностической радиологии, как она определена Всемирной Организацией Здравоохранения (далее – ВОЗ), представляет собой организованные усилия персонала, эксплуатирующего объект, направленные на обеспечение достаточно высокого качества получаемых диагностических изображений, чтобы они обеспечивали адекватную диагностическую информацию с наименьшими затратами при наименьшем возможном облучении пациента. Медицинские физики должны разработать комплексную программу гарантии качества, для медицинской диагностики принимая во внимание принципы, установленные ВОЗ.

Программы контроля качества для медицинского облучения должны включать:

- измерение физических параметров генераторов излучения и устройств визуализации в момент ввода в эксплуатацию и периодически после этого;
- верификацию соответствующих физических и клинических факторов, используемых в диагностике (или лечении) пациента;
- письменные отчеты о соответствующих процедурах и результатах;
- проверку правильности калибровки и условий эксплуатации дозиметрического и контрольного оборудования;
- оптимизацию клинических протоколов и работы оборудования для достижения целей обеспечения качества.

Программы контроля качества (далее – КК), предназначенные для радиологического оборудования включают в себя испытания КК, которые выполняются надлежащим образом и в соответствии с запланированным графиком. Результаты этих испытаний оцениваются быстро и точно, далее в ответ на эти результаты принимаются необходимые корректирующие меры. Программа КК включает также и приемо-сдаточные испытания.

Приемо-сдаточные испытания – это испытания, проводимые с целью проверки соответствия поставленного в учреждение здравоохранения оборудования с техническим заданием на закупку. Они часто выполняются компанией, устанавливающей оборудование под наблюдением медицинского физика или, в качестве альтернативы, выполняются независимо медицинским физиком. Пусконаладочные испытания проводятся в момент ввода оборудования в эксплуатацию и используются для установления базовых уровней производительности, включая измерения, которые могут быть полезны при оптимизации протоколов. Они выполняются медицинским физиком. В значительной степени приемочные и пусконаладочные испытания пересекаются. В этой публикации в основном описываются испытания, которые формируют комплексную текущую программу КК для КТ, но признается, что необходимо обеспечить соответствие поставляемого оборудования установленным стандартам и что соответствующие исходные базовые значения устанавливаются и используются для обеспечения поддержания качества оборудования на протяжении всего срока его службы. Во время приемо-сдаточных испытаний квалифицированный специалист должен проверить электрическую и механическую безопасность любой новой установки.

Тесты контроля качества используются для проверки компонентов радиологической системы и проверки того, что оборудование работает удовлетворительно.

Важно, чтобы рутинное тестирование КК было надлежащим образом проведено для КТ и чтобы результаты были тщательно документированы. Не менее важно, чтобы проблемы и потенциальные проблемы были четко задокументированы и своевременно доведены до сведения объекта, а также чтобы медицинский физик был уверен в том, что принимающая сторона получила и поняла предоставленную информацию. Это особенно актуально, когда речь заходит о безопасности пациентов.

Структура отчетности в учреждении должна быть понятна медицинскому физика, который в идеале должен сообщать о проблемах лицу, уполномоченному вызывать обслуживающий персонал и, в случае необходимости, который может гарантировать, что оборудование не используется до тех пор, пока проблемы не будут устранены. Медицинского физика могут попросить объяснить проблемы обслуживающему персоналу и поделиться с ним результатами испытаний. Медицинский физик и представитель учреждения должны совместно работать над тем, чтобы обеспечить надлежащее устранение этих проблем.

Рассмотрим роли и обязанности персонала на КТ-сканерах.

Лицензиат или владелец регистрации несет конкретную ответственность за обеспечение выполнения всех требований к оформлению и/или лицензированию. Кроме того, лицензиат должен гарантировать, что все радиологи, рентгенологи, медицинские физики, работающие на объекте, имеют соответствующую квалификацию и подготовку, отвечающую всем требованиям непрерывного образования и опыта.

Лицензиат или владелец регистрации несет ответственность за обеспечение наличия программы, охватывающей все аспекты процесса обработки изображений. Конкретные задачи в рамках этой программы могут быть делегированы соответствующим сотрудникам, которые уже обладают опытом выполнения этих задач. Несмотря на делегирование полномочий, конечная ответственность за выполнение элементов программы контроля качества остается за пользователем аппарата.

Радиолог должен быть определен учреждением, чтобы иметь конкретную ответственность за обеспечение выполнения всех необходимых мероприятий по контролю качества.

В учреждении здравоохранения радиологи несут ответственность за следующие задачи:

- обеспечение того, чтобы медицинские физики и рентгенологи имели надлежащую подготовку и непрерывное образование в области КТ;
- обеспечение надлежащего технического обслуживания всего оборудования;
- мотивация, контроль и управление всеми аспектами, связанными с программой контроля качества в области КТ;
- обеспечение ориентирующей программы для рентгенологов на основе тщательно разработанного руководства по процедурам;
- обеспечение наличия оборудования и необходимых материалов для проведения испытаний КК;
- организация кадрового обеспечения и планирования таким образом, чтобы было достаточно времени для проведения испытаний КК, а также для записи и интерпретации результатов;
- обеспечение того, чтобы медицинский физик выполнял программу контроля качества оборудования.

В обязанности рентгенолога входит:

- обеспечение того, чтобы для запрашиваемого обследования использовались соответствующие факторы протокола и методики.
- обеспечение надлежащего выполнения, интерпретации и регистрации результатов испытаний КК. Это лучше всего достигается, когда один радиолог берет на себя общую ответственность за вопросы КК и может обучать других оказывать помощь в деятельности по КК.

Медицинский физик – это лицо, получившее образование в области медицинской физики и аттестованное в соответствии с соответствующей программой в государстве, если таковой имеется.

Медицинский физик должен быть специалистом в области диагностической радиологии.

Обязанности медицинского физика включают в себя:

- консультирование учреждения по вопросам качества компьютерной томографии и радиационной защиты пациента, персонала и населения;
- консультирование объекта по вопросам приобретения, установки и экранирования КТ;
- проведение испытаний для обеспечения безопасности и надлежащей работы оборудования, используемого в КТ. К ним относятся прямо-сдаточные, пусконаладочные и рутинные испытания КК;
- консультирование рентгенолога по вопросам оптимизации [1].

Хотя КТ уже давно является зрелым методом визуализации, технологические разработки в этой области продолжают развиваться быстрыми темпами и на широкой основе. Современные и прошлые коммерческие предложения варьируются от односекционных до многодетекторных сканеров с множеством рентгеновских трубок, генераторов, типов детекторов, аппаратного и программного обеспечения конструкций, размеров порталов, вариантов съемки / архивирования аксессуаров. Ни один сканер не является идеальным для всех клинических условий и требований. Выбор неадекватного сканера может привести к неоправданным расходам на ремонт и повторные операции, невозможности обеспечить адекватную поддержку и поддержку сканера и, самое главное, невозможности обеспечить оптимальный уход за пациентами. Выбор идеального сканера для конкретного объекта может быть непростой задачей и предполагает учет таких факторов, как клинические потребности и клинические параметры, условия эксплуатации, а также персонал и затраты.

Учет клинических потребностей конкретного учреждения должен быть главной заботой во всех процессах отбора КТ-сканеров. Коммерчески доступное оборудование предназначено для удовлетворения разнообразных клинических потребностей, при этом некоторые изделия и аппаратные средства являются высокоспециализированными в отношении специфических медицинских процедур.

Оценка клинических потребностей включает в себя следующие пункты:

Нагрузка на пациента: количество пациентов, обследованных на КТ-сканере в клинической практике, значительно варьируется. Часто новые сканеры требуются в ответ на возросший спрос на услуги. Очевидно, что потребность в быстром сканировании и быстрой реконструкции изображений будет частично обусловлена ежедневной нагрузкой на пациента. Менее загруженные клиники могут вполне успешно функционировать с более медленными возможностями получения и реконструкции изображений. Исключением здесь являются сканеры, которые будут использоваться для экстренного / травматического и сердечного сканирования, где скорость может быть критическим требованием. Емкость хранилища изображений и размер базы данных изображений также будут зависеть от количества сканированных пациентов.

Клинические применения: все производители предлагают аппаратные и программные средства сканеров, предназначенные для конкретных клинических применений (кардиология, неврология, ангиография, торакальная визуализация, виртуальная эндоскопия, ортопедия, травматология, визуальное руководство интервенционными процедурами, онкология и т. д.). При выборе КТ-сканера необходимо проконсультироваться со всеми участвующими клиническими отделениями, чтобы обеспечить удовлетворение их индивидуальных потребностей. Это должно быть сделано как можно раньше, поскольку задержки могут привести к напрасным усилиям или невозможности адекватно оценить желаемые характеристики. Примеры сложности требований варьируются от 2-D реконструкций, доступных с консоли сканера к трехмерным конструкциям и программным пакетам, которые часто выполняются на вспомогательном компьютерном рабочем месте. Спектр компьютерных программных пакетов обширен и, как правило, необязателен. В то время как включение ненужных опций обычно приводит только к увеличению стоимости и сложности операции, исключение необходимых функций может привести к неоптимальному уходу за пациентом и невозможности выполнения определенных процедур.

Технические параметры: технические параметры, которые учитываются при выборе КТ-сканера, являются существенными и включают общее время сканирования и длину сканирования, качество изображения сканера и вопросы дозы облучения. Экспертную консультацию следует искать у компетентного и независимого источника, например, у медицинского физика, специализирующегося в области диагностической радиологии [2].

В данной работе рассмотрели необходимость внедрения программы контроля качества компьютерных томографов, так как КТ-сканеры находятся в постоянном техническом развитии, что в свою очередь подчеркивает необходимость непрерывного профессионального образования, а возрастающая сложность работы сканера и его оснащения требует тщательного контроля со стороны медицинского физика для обеспечения наличия надлежащих условий обследования и оптимизации процедур с точки зрения качества диагностики и дозы. Так же были определены роли и обязанности персонала, задействованного при КТ-исследованиях, и описаны основные принципы, которыми нужно руководствоваться при выборе КТ-сканера для конкретной клиники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственный Стандарт 61223-2-6 – 2001: Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновской аппаратуры в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики. Часть 2-6. Испытания на постоянство параметров. Аппараты для рентгеновской компьютерной томографии. / ГОСТ Р МЭК– М.: Госстандарт России, 2001.
2. International Atomic Energy Agency. Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications. Human Health Series. / No. 19. – Vienna, 2012. – 171 p.