

УДК 53.089.4

ПРОГРАММА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОГО ТОМОГРАФА СОВМЕЩЕННОГО С КОМПЬЮТЕРНЫМ ТОМОГРАФОМ

Е.Е. ЕМЕЛЬЯНЕНКО, И.Г. ТАРУТИН, А.В. САВКОВ

*РНПЦ онкологии и медицинской радиологии им. Н.Н. Александрова
агр. Лесной, 3, 223040, Минская обл., Беларусь**Поступила в редакцию 22 ноября 2016*

Представлена программа контроля качества для позитронно-эмиссионного томографа Discovery IQ. Данная программа адаптирована к определенным условиям клинической эксплуатации указанного аппарата в РНПЦ ОиМР им. Н.Н. Александрова, с учетом имеющихся возможностей и особенностей оборудования.

Ключевые слова: контроль качества, ПЭТ/КТ-сканер, фантом, стандарты, ПЭТ-центр.

Введение

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) является нововведением в Республике Беларусь. Количество ежедневных исследований неуклонно растет. На данный момент проводятся исследования на основе F-18 ФДГ и F-18 холина. В ближайшее время планируется выпуск радиофармпрепаратов (РФП) на основе C-11. Осуществляется диагностика в области неврологии (височная эпилепсия), кардиологии (оценка жизнеспособности миокарда), онкологии (лимфома, рак молочной железы).

В РНПЦ ОиМР им. Н.Н. Александрова установлено три комбинированных ПЭТ-КТ сканера, производства General Electric (Discovery 710 и два Discovery IQ). Данное оборудование обладает большим спектром функциональных возможностей за счет современной детектирующей системы в ПЭТ и возможности совмещения изображения с изображением, полученном на компьютерном томографе (КТ). Совмещенное изображение позволяет получить целостную картину метаболической активности и анатомической информации, что позволяет достаточно точно локализовать очаги накопления РФП.

Точность и корректность информации получаемой на ПЭТ/КТ изображениях в значительной степени зависит от технических характеристик томографа и нуждается в своевременном и периодическом контроле. Нынешние стандарты радионуклидной диагностики имеют достаточно высокие требования к качеству получаемого изображения, а также радиационной нагрузке на пациента. Таким образом ставится две задачи: получение качественного изображения и минимизация радиационной нагрузки, что является достаточно непростым условием, при сохранении максимальной информативности изображения [1].

Производители рекомендуют для контроля качества весьма сокращенный набор измерений и методов анализа, что является недостаточным, чтобы гарантировать высокое качество. При рассмотрении международных рекомендаций контроля качества комбинированных ПЭТ-КТ систем, ряд методик невозможно осуществить по причине отсутствия необходимых фантомов. Учитывая тот факт, что ПЭТ-КТ является инновацией в Республике Беларусь, возникает необходимость в создании программы контроля качества, учитывающей технические возможности конкретной лаборатории ПЭТ-КТ диагностики.

Тестирование стабильности системы и анализ синопграмм

Ежедневное тестирование оборудования является необходимым и обязательным условием контроля качества. Ежедневный контроль качества ПЭТ состоит из следующих этапов:

- 1) установка и сканирование фантома с GE-68, получение отчета;
- 2) визуальный анализ отчета (карта кристаллов);

Критерием оценки карты кристаллов является равномерное распределение градаций серого цвета на рисунке. Полученный отчет свидетельствует о нормальном функционировании детектирующей системы.

- 3) анализ синопграмм;
- 4) установка базового уровня.

Помимо получения карты кристаллов и цифровых данных важным аспектом является анализ синопграмм (рис. 1). Данному аспекту в руководствах уделяется мало внимания, однако нельзя отрицать его значимости. Получение и оценка синопграмм является вершиной контроля качества ПЭТ [2]. Синопграмма ПЭТ позволяет выявить избыточные и неравномерные колебания, происходящие в архитектуре кристаллов. Любое значительное изменение в кристаллах детектора будет проявляться как «полоса» неравномерности. В большинстве случаев эта полоса указывает на неисправность детектора блока. Наличие блока неисправного детектора потребует повторения контроля качества, чтобы попытаться проверить корректность работы сканера. Отказ блока представляет собой серьезную неисправность [3].

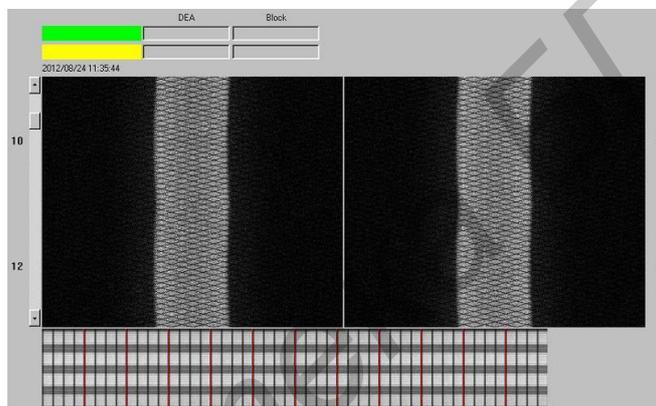


Рис. 1. Пример синопграммы, полученной при контроле качества с фантомом GE-68

Сцинтилляционные кристаллы ПЭТ особенно восприимчивы к условиям окружающей среды, таким как изменения температуры, влажности или структуры охлаждения. В результате, технологом должен осуществлять периодический анализ который обеспечивает оценку состояния детектирующей системы [4]. Анализ данной синопграммы свидетельствует о нормальном состоянии детектирующей системы Discovery IQ.

Контроль качества временных характеристик

К еженедельно контролируемым параметрам относится обновление коэффициента усиления и обновление временных характеристик. Процедуры еженедельного контроля качества проводятся с фантомом GE-68 как и в случае ежедневного контроля качества. Удовлетворяющими параметрами является сообщение системы об успешном завершении процедуры. Одним из элементов контроля качества является четкое временное сопровождение технологического процесса на всех элементах комплекса. Главным образом, это совпадение времени на инфузионной системе (автоматический иньектор) и непосредственно на томографе. Расчет параметров серий, по которым осуществляются реконструкции, в обязательном порядке учитывает активность, а следовательно, это подчеркивает важность временных характеристик. Программное обеспечение томографа требует введения данных об активности и времени (для каждого пациента) до иньекции и на момент иньекции. С учетом того, что время между автоматическим иньектором и томографом будет синхронизировано, погрешность во времени, а, соответственно, и величины вводимой активности будет минимальной. Синхронизацию времени желательно осуществлять через единый сервер. Проверять соответствие времени на оборудовании необходимо ежедневно.

Контроль качества с водонаполненным фантомом

Наличие водонаполненного фантома позволяет проводить серию тестов для контроля качества ПЭТ и ПЭТ/КТ изображений: однородность ПЭТ изображения, однородность КТ изображения, проверка совмещения изображений, формирование кросс-калибровочного коэффициента. Для выполнения вышеуказанных тестов фантом был подготовлен по алгоритму, описанному ниже.

1. Наполнить фантом дистиллированной водой (5640 мл)
 2. Если использовать фантом наполненный заранее, необходимо выполнить проверку на отсутствие мелкодисперсных частиц. Как правило, периодически необходимо менять дистиллированную воду в фантоме.
 3. Наполнять фантом необходимо таким образом, чтобы не оставалось пузырьков воздуха.
 4. Активность, вводимая в фантом, может варьироваться. Минимальная активность может быть около 20 МБк. В работе использовалась активность 250 МБк.
 5. При наполнении шприца необходимо выбрать из фантома объем жидкости, равный объему активности, которая взамен будет введена в фантом.
 6. Необходимо зафиксировать время введения активности в фантом, объем активности, остаточную активность в шприце.
- Далее следует этап обработки и анализа изображения.

Комплексная проверка ПЭТ в клиническом режиме

В исследовании использовался стандартный диагностический протокол сканирования (время набора импульсов 5 мин). Полученные серии изображений просматривались с помощью представленного поставщиком программного обеспечения, в приложении (Volume viewer). Измерения были выполнены на аксиальных проекциях (рис. 2) с помощью инструмента «куб». В трех произвольных местах были выставлены равные зоны интереса (ROI) и измерен показатель объемного накопления (таблица), также рассчитан кросс-калибровочный коэффициент. Кросс-калибровочный коэффициент (ККК) необходим для калибровки ПЭТ-сканера и определения калибровочного коэффициента ECF, который используется для конвертации оптической плотности пикселей на томограмме в количественные единицы объемной активности или стандартного значения показателя накопления (SUV).

Аналогично были выставлены ROI на аксиальных проекциях серии КТ изображений (с помощью инструмента эллипс) и проведен контроль качества числа воды и однородности КТ изображения (данный метод можно использовать как экспресс тест, обычно подобные измерения принято проводить на специальных фантомах для контроля качества характеристик КТ). Отклонение числа воды ставило в среднем 1-2 HU (что является допустимым отклонением). Использование диагностического протокола сканирования позволяет анализировать КТ изображение, а также получить ПЭТ-КТ изображение (рис. 3).

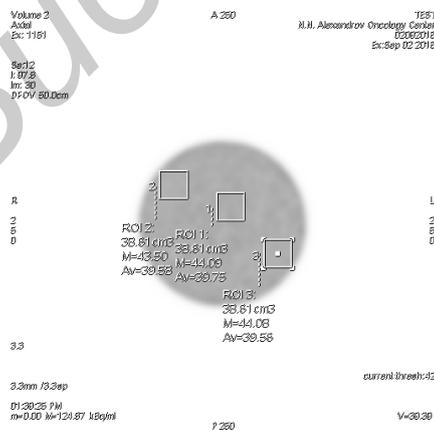


Рис. 2. Аксиальная проекция водонаполненного фантома, ПЭТ изображение

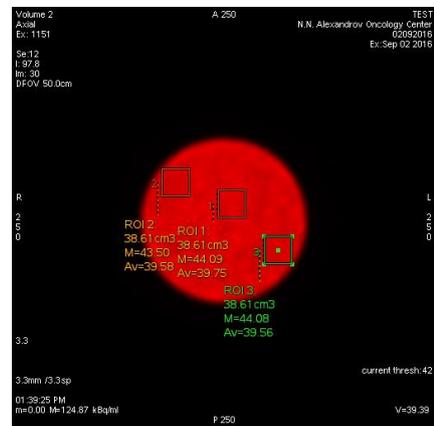


Рис. 3. Аксиальная проекция водонаполненного фантома, совмещенное ПЭТ/КТ изображение

По известному объему фантома (V) и активности (A), рассчитан кросс-калибровочный коэффициент: $K = \frac{A}{V} = \frac{250000}{5640} = 44,32$ кБк/мл.

Универсальный показатель объемного накопления

ROI, см ³	SUV	
	MAX (кБк/мл)-максимальное значение в ROI	AV (кБк/мл) - среднее значение в ROI
38,61	43,50	39,58
38,61	44,09	39,75
38,61	44,08	39,56

Результаты и их обсуждение

Максимальное значение рассчитываемой удельной активности незначительно отличается от максимальной измеряемой (1 %) удельной активности в зоне интереса (SUV). Выполнена визуальная оценка совмещенного изображения (рис. 3). Смещений изображений не наблюдается. Полученные результаты свидетельствуют о корректной работе оборудования. Анализ серий КТ изображений показал, что в качестве экспресс теста числа воды и однородности КТ изображения допустимо применение водонаполненного фантома.

Анализ международных и государственных стандартов контроля качества, рекомендации МАГАТЭ, Республиканские стандарты контроля качества КТ, рекомендуемые протоколы контроля качества производителя отмечены значительные различия между ними. В связи с этим назревает необходимость гармонизации стандартов для КТ и ПЭТ и создании стандарта, регламентирующего контроль эксплуатационных характеристик ПЭТ/КТ-сканера.

Для осуществления контроля качества в соответствии со стандартами МАГАТЭ и МЭК (Международная Электротехническая Комиссия) в Республиканском ПЭТ-центре отсутствует необходимая техническая база (фантомы). Таким образом разработанная программа контроля качества, рекомендуемая для Республиканского ПЭТ-центра, адаптирована для существующей технической базы. Учитывая, что ПЭТ-КТ является гибридной системой, необходим комплексный контроль качества и КТ. На данный момент для этих целей частично используется существующий с 2007 г. протокол контроля качества ОФЭКТ/КТ [5], который не учитывает особенности функционирования ПЭТ/КТ. Ведется разработка протокола контроля качества КТ, адаптированного для конкретного оборудования и программного обеспечения.

Необходимо отметить, что контроль качества должен рассматриваться не только как разовая процедура проверки соответствия параметров. Необходим постоянный анализ изменений и стабильности этих параметров. Поэтому разрабатывается единая база контроля качества на основе Microsoft Access. Подобная база позволит структурировать отчеты, изображения в единую систему и проводить постоянный анализ. В разработанной программе представлен пример контроля основных характеристик ПЭТ: однородность изображения, проверка стабильности работы системы, кросс-калибровочный коэффициент.

Заключение

Разработанная программа позволяет в достаточной мере обеспечить гарантию качества для комбинированного ПЭТ/КТ-сканера Discovery IQ в условиях Республиканского ПЭТ центра. Остаются открытыми вопросы гармонизации существующих стандартов гарантии качества для КТ- и ПЭТ-сканеров. Требуется создание отечественного стандарта гарантии качества работы комбинированных ПЭТ/КТ-сканеров, адаптированного к условиям конкретных отделений ПЭТ/КТ-диагностики.

QUALITY CONTROL PROGRAM FOR POSITRON EMISSION TOMOGRAPH COMBINED WITH COMPUTER TOMOGRAPH

E.E. EMELYANENKO, I.G. TARUTIN, A.V. SAVKOV

Abstract

The quality control program for positron emission tomograph Discovery IQ is presented. The program is adapted to the specific conditions of the clinical operation of indicated equipment at the N.N. Alexandrov National Cancer Centre of Belarus, taking into account the existing features and equipment capabilities.

Keywords: quality control, PET / CT scanner, a phantom, standards, PET Center.

Список литературы

1. Наркевич Б.Я., Костылев В.А. Медицинская физика. М., 2008.
2. Рудас М.С., Насникова И.Ю., Матякин Г.Г. Позитронно-эмиссионная томография в клинической практике. М., 2007.
3. ГОСТ Р МЭК 61223-2-6-2001. Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновской аппаратуры в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики.
4. International Electrotechnical Commission. Evaluation and Routine Testing in Medical Imaging Departments Geneva, 2006.
5. Тарутин И.Г., Шитиков Б.Д., Апанович В.Н. Протокол контроля качества работы аппаратов и приборов ядерной медицины.

УДК 535.65.088.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТТЕНКА ЦВЕТА ЗУБНЫХ КОРОНОК НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ СЕРИИ STM32F4xx

П.А. БУРДОВИЦЫН, В.В. ШАТАЛОВА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 22 ноября 2016

Приведен вариант реализации алгоритма определения оттенка цвета зубных коронок с функцией адаптации к внешним условиям на базе микроконтроллеров серии STM32F4xx и модуля датчика распознавания цвета TCS3200.

Ключевые слова: распознавание цвета, цвет зуба, датчик цвета, алгоритм измерения, STM32.

Введение

Точность и достоверность измерений – ключевое требование для любого измерительного прибора. В связи с этим актуальной является необходимость моделирования алгоритма каких-либо измерений, в том числе, алгоритма определения оттенка цвета зубных коронок. Для этого необходимо тщательное изучение всех составляющих алгоритма измерений, которые определяются применяемыми компонентами, в частности, микроконтроллера и датчика распознавания цвета, а также конструкцией измерительной системы [1–4].