

экспертами МАГАТЭ в ходе проведенных в республике экспертных миссий: INIR (2020), IRRS (2016, 2021), EPREV (2018).

ЛИТЕРАТУРА

1. Критерии оценки радиационного воздействия : гигиен. нормативы : утв. постановлением М-ва здравоохранения Респ. Беларусь 28 дек. 2012 г. № 213 // Радиационная гигиена. – Вып. 2. – Минск, 2013. – С. 34–167.
2. Гигиенические требования к проектированию и эксплуатации атомных электростанций: Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы: утв. постановлением Мин-ва здравоохранения Респ. Беларусь, 31.03.2010 г., № 39. – Минск: ГУ «РЦГЭ и ОЗ», 2010. – 116 с.
3. О радиационной безопасности: Закон Респ. Беларусь, 18 июня 2019 г. № 198-З. Доступно: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900198_1561496400.pdf (дата обращения: 20.11.2020).
4. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в пищевых продуктах и питьевой воде: гигиен. норматив 10-117-99, утв. постановлением Главного гос. сан. врача Респ. Беларусь от 26.04.1999 № 16.
5. PC-CREAM 08 User Guide. RPD-EA-9-2009 / J. Smith [et al.]; Health Protection Agency. – Didcot, HPA, 2009. – 89 p.
6. INTERRAS 1.2 : учеб. пособие / Междунар. агентство по атомной энергии / Вена : МАГАТЭ, 2000. – 105 с.
7. JRodos User Guide [Electronic resource] / I. Ievdin [et al.]. – Режим доступа: https://resy5.iket.kit.edu/JRODOS/documents/JRodos_UserGuide.pdf. – Дата доступа: 03.06.2020.
8. План защитных мероприятий при радиационной аварии на белорусской атомной электростанции (внешний аварийный план) [Электронный ресурс] : утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь 22 марта 2018 г. № 211. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=3245>. – Дата доступа: 01.06.2020.

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПРОТОКОЛА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПЭТ ИЗОБРАЖЕНИЯ FREQUENTLY USED PARAMETERS OF THE DIAGNOSTIC PROTOCOL ON THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE DIAGNOSTIC PET IMAGE

Е. В. Емельяненко^{1,2}, К. В. Поддубный³
E. V. Emialyanenko, K. V. Paddubny

¹Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

³РНПЦ им. Н.Н. Александрова, аг. Лесной, Республика Беларусь
zheka-ava@mail.ru

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

³N. N. Alexandrov national cancer centre of Belarus, Lesnoy, Republic of Belarus

Выполнен анализ влияния длительности сканирования и реконструкционных алгоритмов на качество диагностического ПЭТ изображения, определены тенденции зависимости шума и соотношения сигнал/шум от длительности сканирования.

The analysis of the influence of the scan duration and reconstruction algorithms on the quality of the diagnostic PET image was performed, the trends in the dependence of noise and signal-to-noise ratio on the scan duration were determined.

Ключевые слова: диагностический протокол, длительность сканирования, реконструкционные параметры, шум, качество изображения.

Keywords: diagnostic protocol, strength, recovery parameters, noise, image quality.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-268-271>

Введение. Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной рентгеновской томографией (ПЭТ/КТ) используются для первичной диагностики злокачественных новообразований, стадирования,

диагностики рецидивов и оценки ответа на лечение, также растет роль использования данного метода в области планирования лучевой терапии. Основная причины широкого использования этого метода в первую очередь заключается в его способности точно определять количество радиофармацевтического препарата в тканях, а также возможность сочетать функциональную информацию с анатомической. Однако существует множество факторов, влияющих на точность количественной оценки ПЭТ-сканов [1,2]. Эти факторы можно разделить на три основные категории:

- 1) эффекты, зависящие от программно-аппаратного комплекса
- 2) эффекты, зависящие от соблюдения пациентом алгоритма подготовки к исследованию;
- 3) эффекты, зависящие от соблюдения правил технологического процесса (проведение повторного исследования с идентичными параметрами, точность дозирования РФП и т.д.)

Все эти факторы следует учитывать при проведении диагностических исследований, и особенно важно при оценке динамики развития патологических процессов. Особое место занимают факторы, зависящие от программно-аппаратного комплекса, а именно возможности детектирующей системы, параметры диагностического протокола (реконструкционные алгоритмы с входными параметрами, фильтры, размерность матрицы, длительность сканирования) [3].

Цель этой работы – оценка влияния длительности сканирования на качественные и количественные характеристики диагностического изображения.

Материалы и методы. Рассмотрено влияние длительности сканирования (с учетом некоторых реконструкционных параметров) на качественные и количественные характеристики диагностических ПЭТ изображений. Информированное согласие было получено от всех пациентов, включенных в исследование. Критериями включения были: множественное нодальное поражение при лимфоме. Всем пациентам было выполнено введение [¹⁸F]-ФДГ. Использовались протоколы всего тела (от макушки до пальцев ног) или стандартный (от орбит до верхней трети бедра). Сканирование выполнялось на ПЭТ/КТ томографе Discovery IQ. Активность радиофармпрепарата составляла в среднем 3,5 МБк на 1 кг массы тела.

Параметры КТ-сканирования: напряжение на трубке 120 кВ; сила тока 230 мА; коллимация 2,5 мм × 8, матрица 256×256.

При оценке изображений формирование области интереса корректировалось до полного контурирования очага и отсутствия соприкосновения внешних и внутренних рамок объемов контуров.

Длительность сканирования изменяли путем восстановления изображений на основе серии «List mode» (позволяющей выполнять реконструкции на основе серии сырых данных, путем моделирования различных промежутков длительности сканирования), таким образом получены серии изображений восстановленных на основе данных собранных в течении 3,5, 3, 2,5, 2, 1,5 и 1 минуты. Каждая серия (с указанной длительностью) была реконструирована со следующими характеристиками диагностического ПЭТ протокола:

- неизменяемые: гауссов фильтр 6,4 мм, матрица 256×256.
- изменяемые: VPHD+PSF 12/3 (количество подмножеств и итераций соответственно), VPHD+PSF 12/5, QCLEAR (β= 400).

Выполнен расчет шума, SNR и контраста.

$$Noise = \frac{\delta bcg}{bacg}, \quad (1)$$

$$SNR = \frac{signal - bacg}{\delta bcg}, \quad (2)$$

где *signal* – среднее значение объемной активности в интересующей области внутри очага поражения; *bacg* – среднее значение объемной активности в области, за пределами очага поражения (в данном случае фон рассчитан по отношению к печени); *δbcg* – стандартное отклонение значений фона.

В качестве опорного органа для оценки шума использовалась печень. На аксиальной проекции был выделен контур печени и перенесен на ПЭТ изображение. Контур был перенесен на ПЭТ изображения с применением программного обеспечения с целью минимизации ошибок, связанных с нанесением контура «вручную».

Результаты и обсуждения. Исследовано влияние длительности сканирования пациента с учетом входных параметров реконструкционного алгоритма на качественные и количественные характеристики диагностического ПЭТ изображения.

На рисунках 1, 2 изображены боксовые диаграммы отображающие среднее значение шума, SNR, и статистические выбросы. Данные диаграммы получены на основе общей выборки, без учета реконструкционных алгоритмов.

Уменьшение длительности сканирования приводит к увеличению уменьшению значение SNR.

Для определения значимости влияния длительности сканирования на качество изображения выполнен тест Краскера-Уоллиса (непараметрическая статистика). На основании уровня значимости ($p < 0,05$) и ранговых значений, установлено, что влияние длительности сканирования на шум и SNR значимо, а на стандартизированный показатель накопления (SUV_{max} и SUV_{av}) – незначительное.

С сокращением длительности исследования наблюдается увеличение вклада шумовой компоненты (соответствующее логарифмической функциональной зависимости с высоким коэффициентом достоверности аппроксимации) а также уменьшение SNR (соответствующее логарифмической функциональной зависимости). Для детального анализа влияния реконструкционных алгоритмов на шум, SNR, каждый рассматриваемый случай был проанализирован отдельно. На рисунках 3, 4. Зависимость SNR от длительности сканирования определяется логарифмической функциональной зависимостью.

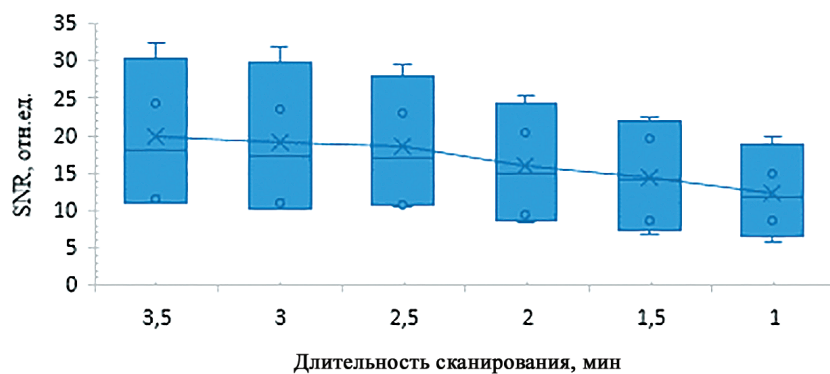


Рисунок 1 – Боксовая диаграмма зависимости SNR от длительности сканирования

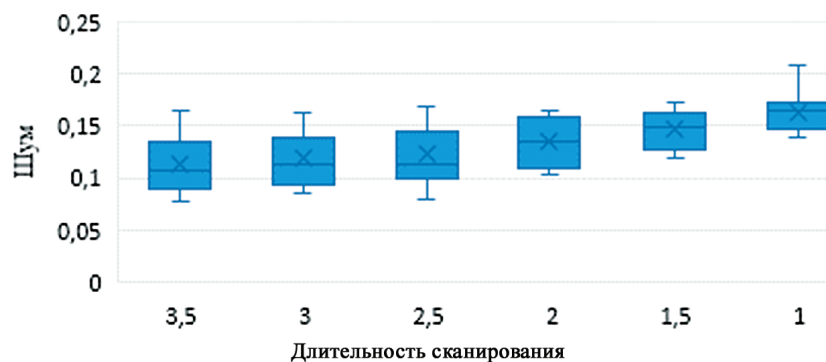


Рисунок 2 – Боксовая диаграмма зависимости шума от длительности сканирования

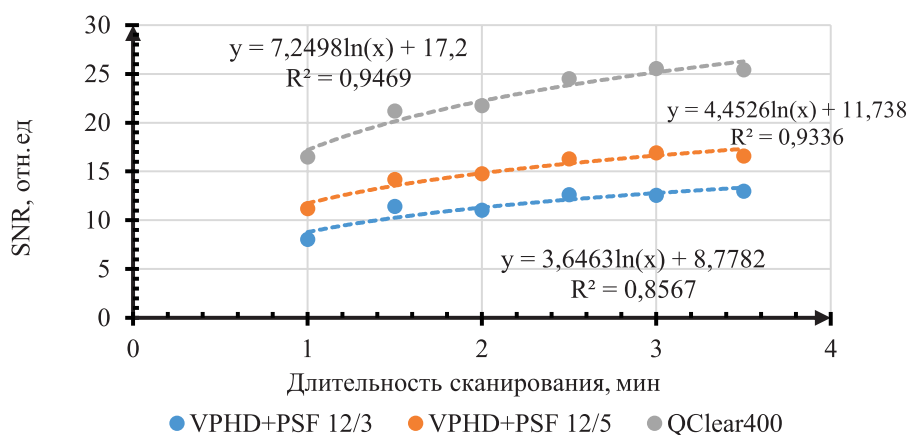


Рисунок 3 – Зависимость SNR от длительности сканирования с учетом реконструкционных алгоритмов

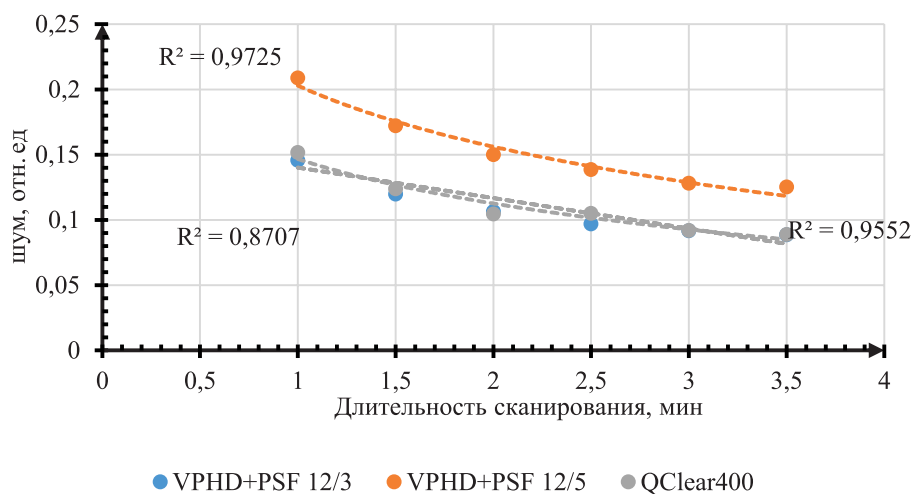


Рисунок 4 – Зависимость шума от длительности сканирования с учетом реконструкционных алгоритмов

Выводы. Оптимальные значения SNR при всех рассматриваемых промежутках длительности исследования были получены при использовании реконструкционного алгоритма QClear.

В каждом из рассматриваемых случаев использование реконструкционного алгоритма QClear позволило увеличить значение SNR на каждом из временных промежутков сканирования. Нецелесообразно увеличивать число итераций (с целью улучшения визуализации) при сокращении длительности исследования.

Сокращение длительности исследования в интервале 3,5-2,5 повлияло на шум и SNR незначительно (исходя из рангового теста Краскера-Уоллиса). Полученные результаты используются при формировании диагностических ПЭТ/КТ протоколов исследований пациентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Karp, J.S.* Factors Affecting Accuracy and Precision in PET Volume Imaging / J.S. Karp, M.E. Daube-Witherspoon, G. Muehllehner // *J Cereb Blood Flow Metab.* – 1991. – Vol. 11, № 1_suppl. – P. A38–A44.
2. Image quality evaluation in a modern PET system: impact of new reconstructions methods and a radiomics approach / G. Reynés-Llompart [et al.] // *Sci Rep.* – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 10640.
3. Influences on PET Quantification and Interpretation / J.M.M. Rogasch [et al.] // *Diagnostics.* – 2022. – Vol. 12, № 2. – P. 451.