

Также выявлено, что показательной величиной в отношении качества изображения является соотношение среднего и минимального значения SUV. Приближение данного значения к единице свидетельствует о минимизации контраста и ошибочном сегментировании патологического очага. Данное соотношение коррелирует с контрастом и может быть использовано для экспресс-оценки качества изображения при изменении параметров реконструкции.



Выполненные в настоящей работе исследования позволяют прогнозировать смещение контрастной шкалы, что в свою очередь влияет на интерпретацию полученных результатов. Варьирование коэффициентами фильтра cutoff критично при диагностировании патологических очагов в печени, учитывая физиологическую природу накопления данного органа, а соответственно и повышенное значение стандартизированного показателя накопления. Результаты данного исследования используются при формировании диагностических протоколов и дополнительных реконструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Optimization of PET/CT image quality using the GE “Sharp IR” point-spread function reconstruction algorithm / N.J. Vennart [et al.] // Nuclear Medicine Communications. – 2017. – Vol. 38, № 6. – P. 471–479.
2. Feasibility of Systematic Respiratory-Gated Acquisition in Unselected Patients Referred for 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography / P. Robin [et al.] // Front. Med. – 2018. – Vol. 5 – P. 36.
3. Ollinger, J. Positron-Emission Tomography / J. Ollinger, J.A. Fessler // Signal Processing Magazine, IEEE. – 1997. – Vol. 14 – P. 43-55.

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЗИТРОННО-ЭМИССИОННОГО ТОМОГРАФА DISCOVERY EVALUATION OF RESTORATION COEFFICIENT FOR POSITRON-EMISSION DISCOVERY TOMOGRAPH

Е. В. Емельяненко, И. Г. Тарутин
E. Emelyanenko, I. Tarutin

*РНПЦ ОМР им. Н. Н. Александрова, аг. Лесной, Минский район,
Минская область, Республика Беларусь
zheka – ava @ mail.ru,*

Alexandrov National Cancer Center of Belarus, Lesnoy district, Minsk region

Произведена оценка влияния коэффициента восстановления с учетом параметров реконструкции и режимом сбора данных на позитронно-эмиссионном томографе DISCOVERY 710. Получены функции зависимости коэффициента восстановления от размера патологического очага. Выполнена оценка влияния параметров реконструкции на коэффициент восстановления в условиях сокращенной длительности исследования.

The influence of the recovery coefficient was estimated taking into account the reconstruction parameters and the mode of data collection on the DISCOVERY 710 positron emission tomograph. The functions of the dependence of the recovery coefficient on the size of the pathological focus were obtained. Assessment of the impact of reconstruction parameters on the recovery coefficient in the context of reduced research activities is made.

Ключевые слова: коэффициент восстановления, длительность исследования, метод времени пролета, эффект частичного объема.

Keywords: recovery coefficient, study duration, time-of-flight method, partial volume effect.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-350-353>

Стандартизированное значение поглощения (далее—SUV) является наиболее широко используемым полуколичественным параметром, используемым в позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (далее—ПЭТ-КТ). SUV используется для классификации злокачественных и доброкачественных поражений, мониторинга ответа и прогнозирования широкого спектра опухолей.

Однако оценка может быть ошибочна при малых размерах патологического очага. Повреждения, меньше чем в два или три раза по всей ширине половинного максимума (FWHM) ПЭТ-сканера, не могут отображать его истинные структурные (истинный размер) и функциональные свойства (истинное количество) из-за «эффекта частичного объема» (PVE). Оценить влияние размера очага на коэффициент восстановления позволяет разработка моделей. Также необходимо учитывать параметры диагностического протокола, которые могут оказывать влияние на формирование коэффициента восстановления, а именно: времяпролетная технология (далее—TOF), PSF – функция, длительность исследования [1].

Длительность исследования является одним из определяющих факторов, которые могут влиять как на качество диагностического изображения, так и на пропускную способность оборудования. Сокращение времени сканирования одного участка тела на 1 минуту, позволяет сократить длительность исследования от 6 до 15 минут, и увеличить проходимость томографа.

Программное обеспечение позволяет пользователю варьировать широкий диапазон параметров реконструкционного алгоритма. Также существует ряд фильтров, использование которых позволяет изменять качество изображения. В современной позитронно-эмиссионной томографии активно используются итерационные алгоритмы, которые пришли на смену алгоритмам, построенным на обратных проекциях (FBP). На оборудовании, рассматриваемом в данной работе, используется итерационный алгоритм OSEM (или VPHD). Пользователь может менять количество используемых итераций и подмножеств с целью изменения качества изображения, а также использовать дополнительные алгоритмы реконструкции [2].

Программно-аппаратный комплекс DISCOVERY 710 позволяет собирать данные с учетом TOF, и выполнять последующие реконструкции на их основе. Времяпролетная технология (TOF) является современным методом получения изображения и повышения качества за счет уточнения локализации события. Наличие TOF позволяет получать изображения с повышенным пространственным разрешением и чувствительностью. Совместно с TOF возможно включение реконструкций с использованием итерационных алгоритмов [7].

Отдельный интерес представляет реконструкция PSF, использование которой (по заявлению производителей оборудования и зарубежных источников) позволяет получать изображения с улучшенным изотропным пространственным разрешением, уменьшенным «разливом», и, в конечном счете, повышенной концентрацией активности (Бк/мл) или SUV в небольших очагах, которые, таким образом, легче обнаружить и охарактеризовать.

Целью работы являлось выявление оптимальных параметров реконструкции для получения максимального коэффициента восстановления.

С учетом высоких требований, предъявляемых к качеству диагностического изображения в мировой практике ядерной медицины, а также учитывая, что ПЭТ/КТ является новым видом диагностики в Республике Беларусь, исследования в данном направлении остаются актуальными.

Исследование выполнено на позитронно-эмиссионном томографе DISCOVERY 710. Для симуляции патологических очагов использован фантом Jackzack с 5-ю горячими сферами диаметрами 34,1 мм, 26,5 мм, 21,5 мм, 14,8 мм, 9,8 мм. Соотношение концентраций РФП сфер и фона 1:16.

Процесс обработки оптимизирован с учетом особенностей характеристик фантома. Обработка изображений выполнена по следующей схеме:

- на КТ серии, (каждого из исследований), выполненной для формирования коррекции поглощения контурировалась область соответствующая границам каждой из 5-ти сфер. (использование КТ для формирования границ объясняется разницей размера пикселей двух модальностей);

- КТ в данной случае позволяет наиболее четко сформировать границу сферы. Использование функции дублирования региона ROI позволило одновременно формировать эквивалентную область на изображении ПЭТ, что позволило избежать дальнейших ошибок при контурировании;

- в сформированном контуре (сферы) фиксировались $SUVmean_{les}$;

- далее, области, эквивалентные площади каждой из сфер были выделены в центре фантома (окружности помещены одна в другую) и зафиксированы $SUVmean_{bg}$.

Расположение контуров для получения фоновых данных адаптировано с учетом формирования геометрических пропорций расположения сфер и фантома. Выбор центра фантома для измерения фоновых данных объясняется удаленностью от наибольшей сферы на расстояние, более одного радиуса.

На основе полученных данных выполнен расчет RC (коэффициент восстановления):

$$RC = \frac{SUVmean_{les} / SUVmean_{bg}^{-1}}{Ratio_{calc} - 1} \quad (1),$$

где $SUVmean_{les}$ – средняя концентрация РФП в сфере,

$SUVmean_{bg}$ – среднее значение фона, для каждой из контурируемых областей,

$Ratio_{calc}$ – рассчитанное значение концентрации на момент начала исследования.

RC отображает соответствие между вводимой концентрацией и рассчитанной, а соответственно и SUV.

Выполнены реконструкции с использованием следующих параметров: количество итераций – 4, количество подмножеств – 24, реконструкция sharp ir – включена, аксиальные фильтры – отсутствуют, матрица 192x192, cut-off фильтр 6мм.

Выполнен расчет коэффициентов восстановления для каждого из рассматриваемых случаев. Полученные результаты нанесены на график зависимости коэффициента восстановления от размеров сферы (рис.1).

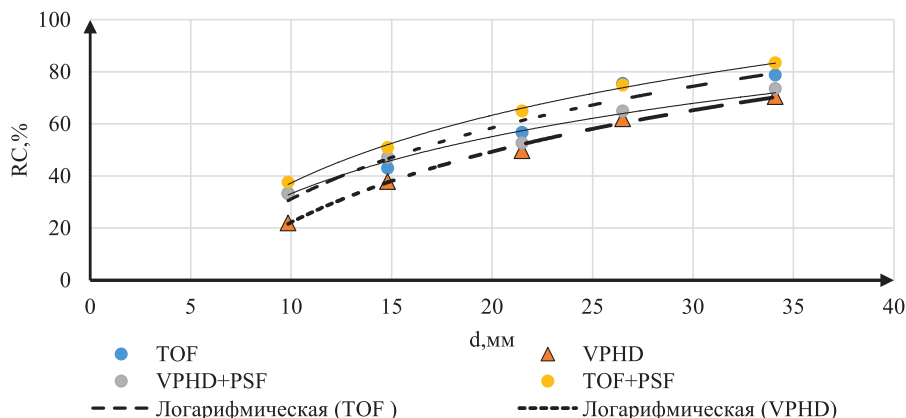


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента восстановления от размеров сферы

Получены следующие уравнения зависимости коэффициента восстановления от размеров сферы с соответствующими коэффициентами аппроксимации:

- $Y = 39,181 \times \ln(x) - 68,018$ ($R^2 = 0,98$) – VPHD;
- $Y = 39,415 \times \ln(x) - 59,607$ ($R^2 = 0,94$) – TOF;
- $Y = 37,925 \times \ln(x) - 51,091$ ($R^2 = 0,98$) – TOF+PSF;
- $Y = 31,549 \times \ln(x) - 39,403$ ($R^2 = 0,97$) – VPHD+PSF;

Полученные модели позволяют рассчитать коэффициент восстановления при заданном размере патологического очага. Измерение может быть произведено на КТ серии. Все полученные функции являются логарифмическими. На основе полученных функций в качестве примера выполнен расчет коэффициента восстановления для очага размером 5 мм:

- 2,2% (VPHD);
- 11% (TOF);
- 18% (TOF+PSF);
- 19% (VPHD+PSF).

Получена диаграмма распределения коэффициентов восстановления с учетом времени и метода реконструкции изображения (рис.2). Узлы диаграммы представляют усредненное значение коэффициента восстановления по 5-ти сферам.

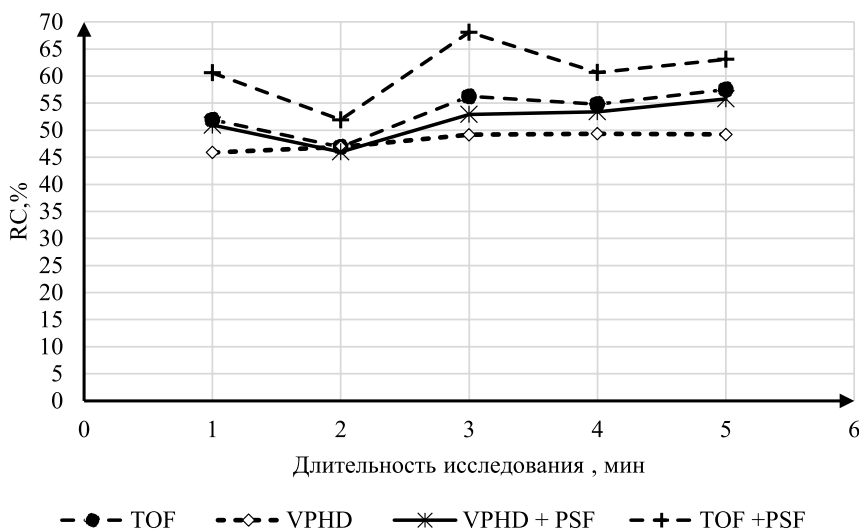


Рисунок 2 – Диаграмма зависимости усредненного коэффициента восстановления от времени с учетом метода реконструкции

Интерпретация результатов:

- 1) PSF функция оказывает значительное влияние на формирование коэффициентов восстановления;

2) Максимальный коэффициент восстановления формируется при использовании метода TOF совместно с PSF функцией.

3) По отношению к использованным методам реконструкции и сбора данных значительным преимуществом при формировании коэффициента восстановления при сокращении длительности исследований до 1 и 2 минут характеризуется метод TOF+PSF.

4) Минимальными значениями RC представлен метод VPHD.

5) На участках 4,5 минут не наблюдается значимой разницы в коэффициентах восстановления (в рамках клинической значимости)

В случае томографов, с детектирующей системой BGO, не поддерживающей времяпролетную технологию наиболее оптимальным методом для максимизации коэффициента восстановления будет использование итерационного алгоритма VPHD с PSF функцией.

Полученные результаты свидетельствуют о необходимости проверки влияния прочих факторов (пост-фильтры, аксиальные фильтры, алгоритм QClear) на коэффициент восстановления.

Использование PSF функции и времяпролетной технологии позволяет значительно улучшить коэффициент восстановления изображений ПЭТ/КТ. Полученные результаты показывают, что PSF и TOF могут улучшить пространственное разрешение ПЭТ/КТ. Отмечается значительное проявление эффекта частичного объема в случае отсутствия включенной PSF функции. Подобные исследования необходимо проводить на каждом из томографов в рамках одного отделения для гармонизации диагностических протоколов и качественной интерпретации результатов исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Srinivas, S. M., Dhurairaj, T., Basu, S., Bural, G., Surti, S., Alavi, A. A // Recovery coefficient method for partial volume correction of PET images.// Ann Nucl Med. 2009;23:341–8.*

2. *Miwa, K., Hayasaka, K., Umeda, T., Kojima, H.// Partial volume corrected SUV for monitoring the response of non-Hodgkin lymphoma on 18FDG-PET/CT.// J Nucl Med. 2010;51:S2072.*

3. *Quantification, improvement, and harmonization of small lesion detection with state-of-the-art PET.//Van der Vos CS, Koopman D, Rijnsdorp S, Arends AJ, Boellaard R, van Dalen JA, Lubberink M, Willemsen ATM, Visser EP //Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Aug;44 (Suppl 1):4-16. doi: 10.1007/s00259-017-3727-z.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ PH СРЕДЫ НА РАДИАЦИОННУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ПЕСТИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА ГЕКСАХЛОРАН ДУСТ STUDY OF MEDIA PH INFLUENCE ON RADIATION SUSTAINABILITY OF PESTICIDE PREPARATION HEXACHLORAN DUST ACTIVE SUBSTANCE

V. V. Ivakhno, A. Ю. Meleshko, Л. П. Полякова, Т. В. Мельникова, А. А. Удалова
V. Ivakhno, A. Meleshko, L. Polyakova, T. Melnikova, A. Oudalova

Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Обнинск, Россия
ivakhnyash@gmail.com,

*Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering of the National Research Nuclear University “MEPhI”,
Obninsk, Russia*

В работе рассматривается воздействие электронного излучения на образцы пестицидного препарата гексахлоран дуст в диапазоне доз от 10 до 700 кГр. Изучаются обводненные образцы с нейтральной, а также щелочной реакцией среды. Результаты хроматографического анализа образцов пестицидного препарата показывают, что максимальная степень разложения (P,%) действующего вещества наблюдается при дозах 100 и 200 кГр. Увеличение дозы до 700 кГр не оказывает существенного влияния на величину P. Тем самым доказано, что исследования следует продолжить при воздействии электронного излучения в дозах до 200 кГр, а также используя вариации параметров среды.

The work considers the impact of electronic radiation on the samples of pesticide preparation hexachloran dust in the dose range from 10 to 700 kGy. Moisturized samples with neutral and alkaline reaction are studied. The results of chromatographic analysis of pesticide preparation samples show that the maximum decomposition degree (P,%) of the active substance is observed at doses of 100 and 200 kGy. Increasing the dose to 700 kGy does not have a significant effect on the value of P. Thus, it is proved that studies should be continued under the impact of electronic radiation in doses up to 200 kGy, as well as using variations of the medium parameters.