

Таблица –Выход нейтронов и список процессов, протекающих в большой урановой мишени

Материал вставки		Be	Al	Fe	Pb	Bi	Th	U
Атомный номер, Z		4	13	26	82	83	90	92
Плотность, г/см ³		1.848	2.699	7.874	11.35	9.747	11.72	18.95
Выход нейтронов, п/р	INCLABLA	29.659	29.577	37.961	76.764	75.859	91.975	136.187
	BIC	35.491	33.458	41.263	76.353	75.680	92.596	144.824
Число реакций захвата нейтронов	INCLABLA	32.770	33.579	49.653	95.368	91.533	118.473	159.851
	BIC	36.925	35.743	51.768	94.322	90.501	117.983	167.149
Число реакций деления	INCLABLA	7.416	6.779	8.652	16.135	16.065	18.592	32.414
	BIC	9.001	7.955	10.040	17.106	17.043	19.760	35.822
Число неупругих взаимодействий нейтронов	INCLABLA	160.039	192.837	291.042	550.174	532.979	662.933	903.639
	BIC	183.370	208.952	308.362	555.600	536.053	670.645	954.061
Число неупругих взаимодействий протонов	INCLABLA	1.568	1.601	2.176	1.774	1.727	1.728	1.798
	BIC	1.567	1.629	2.225	1.758	1.713	1.716	1.774
Время моделирования, min	INCLABLA	11.15	8.70	13.43	23.977	22.61	25.07	37.99

ЛИТЕРАТУРА

1. Балдин, А.А. Моделирование генерации нейтронов в мишенях из тяжелых металлов при помощи программного пакета Geant4 / Балдин А.А. Берлеев А.И., Кудашкин И.В., Могилдеа Г., Могилдеа М., Параипан М., Тютюнников С.И. //Письма в ЭЧАЯ. – 2016.– Т.13, № 2 (200) . – С. 391 - 402.
2. Dubrouskia, A. I. Simulation of Neutronics of an Accelerator Driven System / Dubrouski A. I., Kiyavitskaya A. I. // Physics of Particles and Nuclei Letters, 2020, Vol. 17, No. 1. – P. 19 – 26.
3. Geant4 Collaboration Physics Reference Manual. Release 10.6 [El. resource] – Mode of access: https://geant4.web.cern.ch/support/user_documentation – Date of access: 01.03.2020.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРА ФИЛЬТРА CUT-OFF НА ПОЛУКОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ И КАЧЕСТВО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПЭТ ИЗОБРАЖЕНИЯ EFFECT OF THE CUT-OFF FILTER PARAMETER ON SEMI-QUANTITATIVE VALUES AND QUALITY OF THE DIAGNOSTIC PET IMAGE

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, 223040, Lesnoy district, Minsk region*

Произведена оценка влияния коэффициента фильтра CUT-OFF на полуколичественные характеристики диагностического ПЭТ изображения, а именно стандартизированный показатель накопления и объем патологического очага. Также получены модели, использование которых позволяет получить предварительную оценку смещения шума и контраста изображения.

The effect of the filter coefficient CUT-OFF on the semi-quantitative characteristics of the diagnostic PET image was evaluated, namely, the standardized accumulation rate and the volume of the pathological focus. Also, obtained models, which use allows you to get preliminary estimate of the noise offset and image contrast.

Ключевые слова: шум, контраст, томограф, патология, очаг.

Keywords: noise, contrast, tomograph, pathology, focus.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2020-1-347-350>

Позитронно-эмиссионная томография (далее–ПЭТ), совмещенная с компьютерной томографией (далее–КТ), является важным инструментом функциональной визуализации, широко используемым для диагностики и, соответственно, последующей постановки диагноза и/или оценки эффективности лечения.

ПЭТ / КТ позволяет получить комбинированную анатомическую и функциональную информацию в рамках одного исследования. В клинической практике визуального осмотра изображений ПЭТ / КТ может быть достаточно для постановки диагноза, однако ПЭТ является и количественным методом, что позволяет с повышенной точностью произвести оценку результатов терапии или динамику развития патологического процесса [1].

Широкий функционал программного комплекса позитронно-эмиссионного томографа позволяет пользователю активно влиять на качество изображения варьированием количества итераций, подмножеств, аксиальными фильтрами. В данной работе рассматривается cut-off фильтр.

Цель исследования: оценить влияние коэффициента фильтра CUT-off на полуколичественные показатели и качество изображения.

Актуальность и новизна: полученные результаты используются в отделении ПЭТ/КТ Республиканского ПЭТ-центра при формировании диагностических протоколов сканирования и серий дополнительных реконструкций.

В данной работе использованы результаты исследования пациентов (после подписания предварительного соглашения), прошедших процедуру позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией. Исследования выполнены на томографе Discovery 710 производства General Electric. Рассмотрены очаги патологического накопления радиофармацевтического препарата (далее–РФП). Выполнены реконструкции диагностических изображений пациента с использованием следующих параметров: количество итераций – 6, количество подмножеств – 4, реконструкция sharp ir – включена, аксиальные фильтры – отсутствуют, матрица 192x192, параметр cutoff менялся в диапазоне от 1 до 10. В контексте данной работы приводятся данные расчетов величин шума и контраста, выполненные по следующим формулам:

$$\text{Contrast} = \frac{\text{signal} - \text{bacg}}{\text{bacg}}, \quad (1)$$

$$\text{Noise} = \frac{\delta \text{bcg}}{\text{bacg}}, \quad (2)$$

где signal – среднее значение объемной активности в интересующей области внутри очага поражения;

bacg – среднее значение объемной активности в контурированном объеме печени;

δbcg – стандартное отклонение значений фона.

На рис.1,2,3,4 представлены результаты анализа 1-го патологического очага. В исследовательской работе рассмотрены результаты исследования 5 пациентов и 20 патологических очагов.

Проведена оценка влияния фильтра CUT-off на полуколичественные показатели, а именно метаболический объем патологического очага и стандартизированный показатель накопления РФП. Измерение стандартизованного показателя накопления (далее–SUV) проводилось на выбранном патологическом очаге пациента на изображениях, реконструированных с различным значениям фильтра CUT-OFF. Значения SUV и метаболического объема, принадлежащие соответствующему значению фильтра показаны на рис. 1,2.

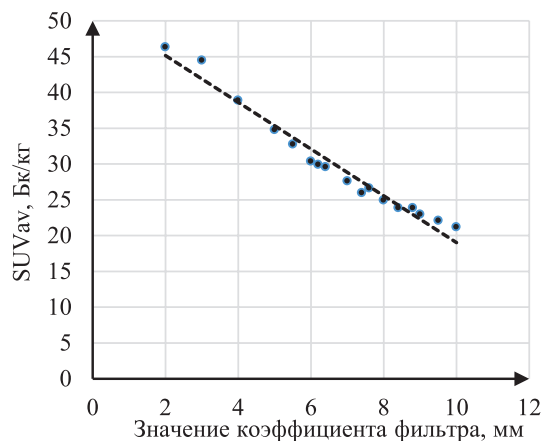


Рисунок 1 – Зависимость SUVav от параметра cutoff

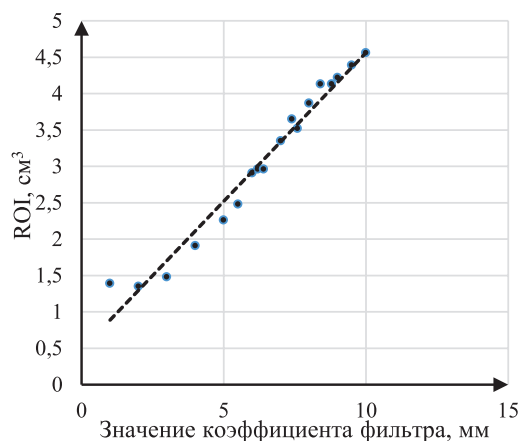


Рисунок 2 – Зависимость ROI от параметра cutoff

Получены следующие функции зависимости:

$y = -3,2645 \times X + 51,66$ ($R^2 = 0,97$) – функция зависимости SUV от коэффициента фильтра;

$y = 0,4085 \times X + 0,479$ ($R^2 = 0,97$) – функция зависимости метаболического объема очага от коэффициента фильтра.

Точечная диаграмма распределения SUVav от параметра cutoff с достаточно высоким коэффициентом аппроксимации ($R^2 = 0,97$) соответствует обратно пропорциональной линейной зависимости. Аналогичная диаграмма распределения ROI соответствует прямо пропорциональной линейной зависимости ($R^2 = 0,9695$). Таким

образом, с увеличением параметра cutoff уменьшается стандартизированный показатель накопления РФП и увеличивается метаболический объем патологического очага.

Регулировка данного параметра должна выполняться достаточно плавно исходя из имеющихся результатов исследования.

Проведена оценка влияния фильтра CUT-off на качество изображения.

Выбраны срезы печени без патологий. Оконтурирование области выполнено на аксиальной проекции КТ (серия с толщиной среза 2,5мм).

Контур перенесен на каждую из проекций ПЭТ в автоматическом режиме для исключения ошибок. Измерены: среднее значение стандартизованного показателя накопления (далее – SUVav), значение стандартного отклонения (далее – SD) для участка контурирования на каждой из реконструкций.

Расчет значений шума и контраста выполнен в соответствии с формулами 1,2. Зависимость значения шума от параметра фильтра cut-off представлена на рис.3. Зависимость шума от параметра фильтра линейная $y = -0,0052 \times X + 0,1546$, $R^2 = 0,96$).

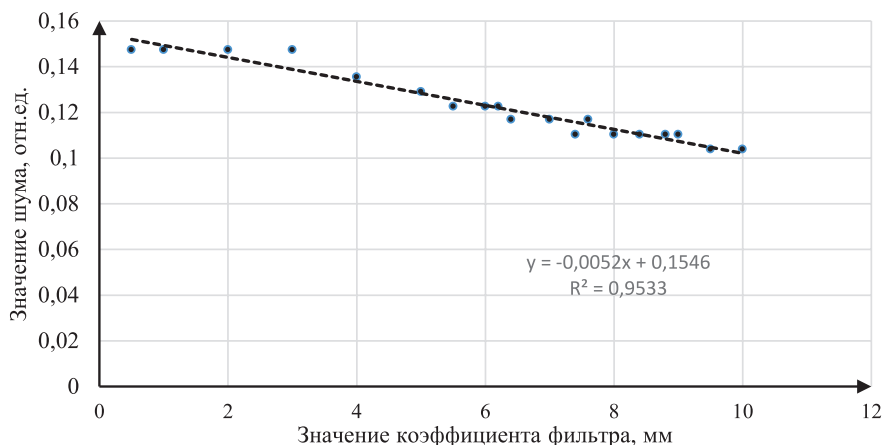


Рисунок 3 – Зависимость CV от параметра CUToff

Для оценки влияния коэффициента фильтра на контраст выбраны патологические очаги с различным уровнем накопления РФП. Несмотря на визуальную «чистоту» изображение теряет мелкие детали и информативность, контраст уменьшается (рис.4). Так же изменены границы и линейные размеры очагов накопления. Зависимость контраста от параметра фильтра линейная ($y = -1,0237 \times X + 14,237$, $R^2 = 0,97$).

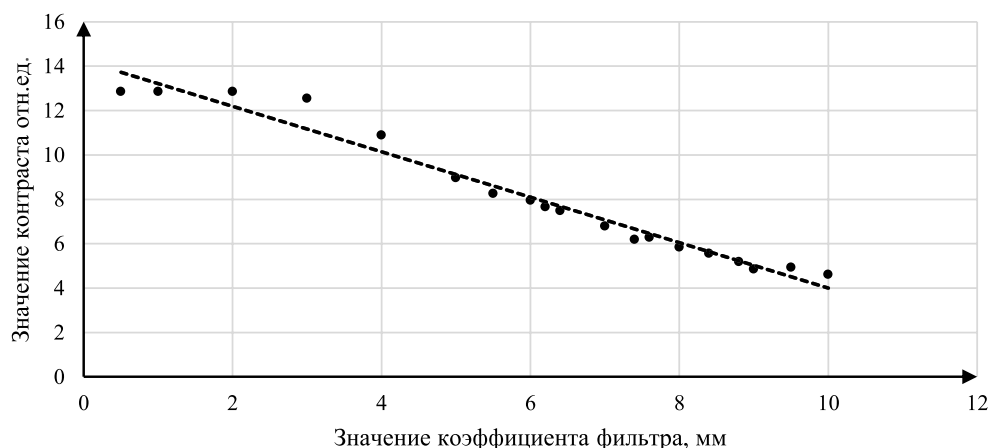


Рисунок 4 – Зависимость контраста изображения от переменной CUToff

Параметр cutoff оказывает влияние как на визуальные эффекты, так и на полуколичественные параметры.

Фоновое значение рассчитано как среднее арифметическое значение SUVav в объеме трех прилежащих областей. На изображениях (рис. 5-6) приведены трехмерные визуализации очагов накопления РФП, реконструированные с коэффициентами 5 и 10, соответственно. Несмотря на приемлемое визуальное восприятие изображение, реконструированное с коэффициентом 10, частично лишено диагностической информации следующего характера (рис. 6):

- 1) «утрачены» потенциальные патологические очаги;
- 2) значительно изменены линейные размеры;
- 3) различны значения полуколичественных показателей (SUVmax, SUVav, метаболический объем). Проверка патологических очагов проходила по КТ и совмещенной серии изображений.

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>