

## ВЛИЯНИЕ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ АРТЕФАКТОВ НА ТОЧНОСТЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ И НА НЕОБХОДИМОСТЬ ПЕРЕКАЛИБРОВКИ КРИВОЙ CT-to-ED

Е.И. Алексеева, В.А. Николаенко

Крымский республиканский онкологический клинический диспансер  
им. В.М. Ефетова, Республика Крым, Симферополь

Рассмотрено влияние наличия или отсутствия фильтра для устранения артефактов ImAR на калибровочную кривую преобразования данных рентгеновской компьютерной томографии (КТ) в значения относительной электронной плотности (CT-to-ED) для абдоминальной области и головы. На КТ-изображениях это выражается в искажении значений единиц Хаунсфилда. Последнее, в свою очередь, может привести к неточностям в калибровочной кривой CT-to-ED.

Выводы: Если фильтры настроены правильно и применяются в соответствии с рекомендациями производителя системы планирования, то изменения в кривой CT-to-ED должны быть незначительными. Кривые CT-to-ED являются важным инструментом для улучшения точности и качества лучевой терапии онкологических заболеваний.

Ключевые слова: лучевая терапия, устранение артефактов, фильтры, характеристика CT-to-ED, единицы Хаунсфилда, относительная электронная плотность, Catphan 503

DOI: 10.52775/1810-200X-2023-100-4-17-20

### Введение

Кривая CT-to-ED, также известная как кривая CT-ED, является важным элементом в системе планирования лучевой терапии Monaco. Для создания плана лучевой терапии необходимо определить дозу облучения, которую нужно доставить к мишени, к областям, не подлежащим облучению. Для получения такой информации необходимо использовать калибровочную кривую CT-to-ED для преобразования данных КТ в относительную электронную плотность тканей ED. Кривая CT-to-ED представляет собой график зависимости между значениями единиц Хаунсфилда (HU), полученными на КТ-изображениях, и величинами от-

носительной электронной плотности (Relative Electron Density (RED)), которые были измерены с использованием калибровочного фантома [1, 2].

### Материал и методы

Все расчёты и определение зависимости кривой CT-to-ED от наличия или отсутствия фильтра ImAR, который используется для устранения артефактов, проводились на оборудовании фирмы Elekta и Siemens, установленном в КРОКД имени В.М. Ефетова. Оборудование включает СП Monaco v 5.11, линейный ускоритель электронов Elekta Sinergy, с номинальной энергией излучения 6 МэВ, а также

фантом Catphan 503. В системе планирования Monaso были построены кривые CT-to-ED с фильтрами и без.

Объектом исследования была зависимость кривой CT-to-ED от наличия или отсутствия фильтра ImAR, которое может привести к искажениям в значениях HU, а значит, к неточностям при построении калибровочной кривой. Исследование зависимости было проведено при помощи фантома Catphan503. Это многофункциональный инструмент, используемый для контроля качества КТ-изображений при планировании облучения больных. Фантом Catphan имеет форму цилиндра и содержит различные модули, один из которых включает имитаторы различных тканей человеческого тела, а именно: костной ткани, мягких тканей, легких и других. Полости модуля заполнены различными тканеэквивалентными материалами разной плотности, такими как вода, костная ткань, мышцы и т.д. Кроме этого, в фантоме Catphan присутствует модуль, во внутренней структуре которого визуализируются на поперечных изображениях круги и линии, которые позволяют оценить разрешающую способность сканера и способность различать близкие объекты. Также фантом Catphan включает модуль со вставками из материалов с более высокой плотностью, например, алюминия, меди и свинца для идентификации твердых материалов (имплантов) в теле человека. Каждый модуль в фантоме Catphan имеет свои уникальные характеристики и используется для тестирования конкретных параметров устройства сканирования, в частности рентгеновских КТ. Он является важным инструмен-

том для обеспечения высокого качества изображений в лучевой терапии [3], а, следовательно, более высокого качества планирования облучения [4].

## Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены результаты измерений зависимости HU рентгеновской КТ и Relative Electron Density (RED) от плотностей различных материалов для брюшной полости (abdomine) без фильтра ImAR и с его применением. При всех трех измерениях толщина среза составляла 2 мм, напряжение 120 кВ. Аналогичная зависимость (табл. 2) получена для головы (head) без фильтра ImAR и с его применением. При всех измерениях толщина среза также составляла 2 мм, напряжение 120 кВ.

Фильтры ImAR используются для устранения артефактов и восстановления более точных КТ-изображений. Однако использование таких фильтров может привести к изменениям в значениях HU, при этом калибровочная кривая CT-to-ED искажается. Изменения в кривой CT-to-ED могут быть существенными, если фильтр ImAR используется для устранения значительного количества артефактов на КТ-изображениях. В таком случае требуется перекалибровка кривой CT-to-ED. Вместе с тем, если на КТ-изображениях отсутствуют значительные артефакты, то использование фильтра ImAR не должно влиять на кривую CT-to-ED.

Так, использование фильтров для улучшения качества КТ изображений головы и брюшной полости может привести к некоторым изменениям в кривой CT-to-ED. Изменения будут

Таблица 1

**Зависимость единиц Хаунсфилда (HU) и относительной электронной плотности (RED) различных материалов, измеренных для брюшной полости без и с применением фильтра ImAR**

CT BODY Abdomen/B30/2.0 (без применения фильтра)			CT BODY Abdomen ImAR dental/B30/2.0 (с применением фильтра ImAR dental)			CT BODY Abdomen ImAR adult/B30/2.0 (с применением фильтра ImAR hip)		
Материал вставки	HU	RED	Материал вставки	HU	RED	Материал вставки	HU	RED
AIR	-953	0.039	AIR	-932	0.057	AIR	-965	0.029
PMP	-171	0.847	PMP	-175	0.843	PMP	-182	0.836
LDPE	-80	0.942	LDPE	-91	0.93	LDPE	-89	0.932
POLYESTER	-29	0.983	POLYESTER	-33	0.981	POLYESTER	-33	0.981
WATER	0	1	WATER	0	1	WATER	0	1
ACRILE	112	1.073	ACRILE	118	1.076	ACRILE	116	1.075
DELRIN	328	1.169	DELRIN	347	1.18	DELRIN	347	1.18

Таблица 2

**Зависимость единиц Хаунсфилда (HU) и относительной электронной плотности (RED) различных материалов, измеренная для головы без и с применением фильтра ImAR**

CT BODY Head /B30/2.0 (без применения фильтра)			CT BODY Head ImAR dental/B30/2.0 (с применением фильтра ImAR dental)		
Материал вставки	HU	RED	Материал вставки	HU	RED
AIR	-1012	0	AIR	-1014	0
PMP	-215	0,802	PMP	-205	0,812
LDPE	-112	0,909	LDPE	-111	0,91
POLYESTER	-48	0,969	POLYESTER	-47	0,97
WATER	0	1	WATER	0	1
ACRILE	126	1,079	ACRILE	124	1,078
DELRIN	383	1,199	DELRIN	386	1,201

зависит от многих факторов, таких как тип и параметры настройки используемого фильтра, а также свойства тканей, которые сканируются. Причем, если фильтры настроены правильно и применяются в соответствии с рекомендациями производителя системы планирования, то изменения в кривой CT-to-ED должны быть незначительными. Это наглядно и продемонстрировали наши измерения.

### Заключение и выводы

Кривые CT-to-ED являются важным инструментом для повышения точности планирования и качества лучевой терапии онкологических больных.

- ✓ Использование фантома Catphan позволяет получить характеристику CT-to-ED для различных физиологических эквивалентов.
- ✓ Важно помнить, что кривые CT-to-ED, построенные при помощи фантома Catphan, необходимо верифицировать на реальных пациентах, чтобы убедиться в их правильности и в клинических условиях.
- ✓ Небольшая разница в показаниях кривых CT-to-ED, полученная при использовании

фильтров для абдоминальной области и головы, может быть связана с различным уровнем шума и артефактов на КТ-изображениях в разных частях тела, а также с различными физическими свойствами тканей.

- ✓ Использование кривых CT-to-ED, построенных при помощи фантома Catphan, может помочь медицинским физикам повысить качество и точность планирования облучения онкологических больных.

### Список литературы

1. Boone JM, Seibert JA. An accurate method for computer-generating tungsten anode x-ray spectra from 30 to 140 kV. *Medical Physics*. 1997; 24 (11): 1661-70.
2. Berger MJ, Hubbell JH, Seltzer SM, Chang J, Coursey JS, Sukumar R, Zucker DS. *Photon Cross Sections Database, NIST Standard Reference Database 8 (XGAM)*. 2009.
3. *Catphan 503 manual*. 2017.
4. *Lessons Learned from Accidental Exposures in Radiotherapy, Safety Reports Series IAEA №17*. Vienna. 2000.

---

**IMPLICATION OF FILTERS ON THE ACCURACY OF RADIOTHERAPY PLANNING  
AND THE NEED FOR RECALIBRATION OF THE CT-to-ED CURVE**

*E.I. Alekseeva, V.A. Nikolaenko*

*Crimean Republican Oncologic Clinical Dispensary named after V.M. Efetov, Crimea, Simferopol, Russia*

This article examines the effect of the presence or absence of an ImAR filter on the calibration curve for converting X-ray tomography (CT) data to relative electron density (CT-to-ED) values for the abdominal region and head. On CT images this results in distortion of Hounsfield Units (HU) values. The latter, in turn, can lead to inaccuracies in the CT-to-ED calibration curve.

Conclusions: If the filters are set up correctly and applied according to the planning system manufacturer's recommendations, changes in the CT-to-Ed curve should be negligible. CT-to-ED curves are an important tool for improving the accuracy and quality of radiation therapy for cancer.

Key words: *radiation therapy, filters, CT-to-ED characterization, Hounsfield units, relative electron density, Catphan 503*

E-mail: [eaalexru@gmail.com](mailto:eaalexru@gmail.com)