

# КТ-ФИЛЬТРЫ И ТОЧНОСТЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ: НУЖНА ЛИ ПЕРЕКАЛИБРОВКА КРИВОЙ CT-to-ED?

Е.И. Алексеева, В.А. Николаенко

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

## CT-FILTERS AND RADIOTHERAPY PLANNING ACCURACY: IS RECALIBRATION OF CT-to-ED CURVE BENEFICIAL?

E.I. Alekseeva, V.A. Nikolaenko

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

### Реферат

**Актуальность:** Рассмотрено влияние наличия или отсутствия фильтра устранения артефактов ImAR на калибровочную кривую преобразования данных рентгеновской 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, единицы Хаунсфилда, характеристика CT-to-ED

### Abstract

**Relevance:** 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, Hounsfield units, CT-to-ED characterization

E-mail: eaalexru@gmail.com

<https://doi.org/10.52775/1810-200X-2024-101-1-93-95>

### Введение

Кривая CT-to-ED, также известная как кривая CT-ED, является важным элементом в системе планирования лучевой терапии

Монасо. Для создания плана лучевой терапии необходимо определить дозу облучения, которую нужно доставить к мишени или для областей, не подлежащих облучению. С целью полу-

Доклад содержит уточненные данные, представленные ранее в статье тех же авторов

чения такой информации необходимо использовать калибровочную кривую CT-to-ED для преобразования данных КТ в относительную электронную плотность тканей. Кривая CT-to-ED представляет собой график зависимости между значениями единиц Хаунсфилда (HU), полученными на КТ-изображениях, и величинами относительной 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 6 МВ, а также фантом Catphan 503. В системе планирования Monaco были построены кривые CT-to-ED с фильтрами и без.

Объектом исследования была зависимость кривой CT-to-ED от наличия или отсутствия фильтра ImAR, что 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 (имплантатов) 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 инструментом для обеспечения высокого качества изображений в лучевой терапии [3], и, следовательно, более высокого качества планирования облучения [4].

## Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены результаты измерений зависимости HU рентгеновского КТ-сканера 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

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

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 зависеть 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 анатомических 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.