**Использование гистограммы распределения чисел Хаунсфилда для анализа характера изменения объема тела пациента   
в отделении лучевой терапии**

**Попова А.В.1,2, *Лисовская А.О.* 2, Беляев В.Н.1, *Нечеснюк А.В.2*, Логинова А.А.2**

1Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», *Москва, Россия*  
*2*ФГБУ «НМИЦ детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева» Министерства здравоохранения Российской Федерации, *Москва, Россия*  
E–mail: [*ppvann@yandex.ru*](mailto:ppvann@yandex.ru)

В ходе длительного курса лучевой терапии анатомия пациента может претерпеть различного рода изменения от фракции к фракции. Это могут быть уменьшение и увеличение объема тела пациента, отличный от изображений компьютерной томографии (КТ) изгиб шеи и позвоночника, различное положение эндотрахеальной трубки и другое. Такие изменения могут оказать отрицательное влияние на точность доставки дозы к мишени и, соответственно, на успех лечения онкологического заболевания в целом [2]. В связи с этим появляется необходимость в отслеживании и изучении характера изменения анатомии пациента в области облучения путем анализа изображений конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ), периодически проводимой перед фракциями облучения пациентов.

Для количественного анализа анатомии изменившегося участка тела могут быть использованы единицы плотности шкалы Хаунсфилда (КТ-числа) на изображениях КЛКТ. Они учитывают различия в электронной плотности тканей тела человека из-за неодинакового характера поглощения излучения тканями. КТ-числа рассчитываются относительно ослабления в воде и измеряются в единицах Хаунсфилда (HU). Единица плотности для произвольной ткани Т рассчитывается по следующей формуле [1]:

, (1)

где , — линейные коэффициенты ослабления для ткани Т и воды соответственно.

В рамках данной работы было исследовано использование гистограммы распределения чисел Хаунсфилда для изображений КЛКТ пациента Н., проходившего лечение в отделении лучевой терапии НМИЦ ДГОИ им. Дмитрия Рогачева, с целью анализа характера изменения объема тела. Построение гистограмм проводилось с использованием программного обеспечения MIM Maestro (MIM Software Inc., Clevland, OH, USA) для исследования информации о числах HU вокселей внутри трехмерного замкнутого контура.

На более чем 5 последовательно полученных изображениях КЛКТ пациента Н. были обнаружены уменьшения объема тела в сравнении с изображениями КТ путем визуальной оценки. Среди всех изображений КЛКТ были выбраны те, анатомия на которых наилучшим (КЛКТА) и наихудшим (КЛКТБ) образом совпадала с анатомией на изображении КТ.

Гистограммы распределения чисел Хаунсфилда были построены для внешнего контура пациента, за исключением структур костей скелета и легких, для изображений КЛКТА и КЛКТБ. Наибольший интерес представляли собой области под гистограммами, расположенные на диапазонах [-750;-430] HU и [-430;500] HU, соответствующих плотностям газов в организме и мягких тканей для пациента Н. Исследование данных о числах Хаунсфилда в указанных областях гистограммы позволит выяснить, какой фактор в большей степени влияет на изменение объема тела для конкретного пациента: изменение веса (количества жировой ткани) или различная наполняемость газами органов. Для этого необходимо количественно отследить, как менялся объем газов и мягких тканей при переходе от КЛКТА к КЛКТБ.

В ходе расчетов была получена разница между объемами газов на двух изображениях КЛКТ путем умножения объема внешнего контура пациента *VКЛКТ* на площадь под гистограммой распределения чисел Хаунсфилда для диапазона [-750;-430] HU, отнесенного к площади всего рассмотренного диапазона [-750;500] HU, для изображений КЛКТА и КЛКТБ (2). Аналогичные вычисления были проведены для диапазона [-430;500] HU, отвечающего плотности мягких тканей (3).

; (2)

, (3)

где , , — функции, задаваемые гистограммами распределения чисел Хаунсфилда для вокселей внешнего контура пациента на изображениях КЛКТА и КЛКТБ соответственно.

Согласно результатам вычислений: *∆газ*= -5,12 мл, *∆м.ткани* = -168,02 мл, что позволяет определить уменьшение мягких тканей как основной фактор изменения объема пациента Н. На данный момент затруднительно сказать, чем именно были вызваны такие изменения мягких тканей (уменьшение веса, спад отека и др.), однако основанный на гистограммах способ может помочь количественно отследить изменения объемов различных структур непосредственно в ходе курса лучевой терапии.

Таким образом, в работе представлен способ, позволяющий количественно оценить изменения, которые произошли в организме пациента между фракциями.

**Литература**

1. Календер В. Компьютерная томография. Основы, техника, качество изображений и области клинического использования. // В. Календер; М: Техносфера, 2006. – 344 с.
2. Van der Horst A, Houweling AC, van Tienhoven G, Visser J, Bel A. Dosimetric effects of anatomical changes during fractionated photon radiation therapy in pancreatic cancer patients. J Appl Clin Med Phys. 2017 Nov;18(6):142-151. doi: 10.1002/acm2.12199. Epub 2017 Oct 4. PMID: 28980445; PMCID: PMC5689920