

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623316>

# Исследование влияния ионизирующего излучения на рассеивающие свойства белого вещества головного мозга

К.А. Ачкасова<sup>1\*</sup>, Л.С. Кухнина<sup>1</sup>, А.А. Моисеев<sup>2</sup>, А.Ю. Богомолова<sup>1</sup>, Н.Д. Гладкова<sup>1</sup><sup>1</sup> Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Российская Федерация;<sup>2</sup> Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской Академии наук, Нижний Новгород, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

Лучевая терапия является одним из компонентов комбинированного лечения злокачественных новообразований головного мозга. С целью повышения эффективности лечения в ходе облучения воздействию ионизирующего излучения подвергается не только опухоль, но и подлежащие ткани, что приводит к возникновению патоморфологических изменений в окружающих тканях головного мозга, в частности белом веществе [1]. Это в последующем обуславливает возникновение трудностей при разграничении опухолевых и нормальных тканей мозга в ходе резекции опухоли и может привести к возникновению послеоперационных осложнений. Таким образом, существует необходимость в разработке новых методов диагностики изменений белого вещества, возникающих при лучевой терапии, которые могут быть применены в ходе оперативного вмешательства.

**Цель исследования.** Изучение влияния ионизирующего излучения на рассеивающие свойства белого вещества головного мозга и оценка возможности применения оптической когерентной томографии (ОКТ) для обнаружения возникающих изменений.

Исследование проведено на *ex vivo* образцах головного мозга крыс. Лабораторные животные включали в себя контрольную группу и группу, подвергшуюся воздействию ионизирующего излучения (однократно в дозе 15 Гр на область правого полушария головного мозга). На семи временных точках после начала эксперимента (2–14 нед) проводилось выведение животных из эксперимента, с последующим ОКТ-исследованием и иммуногистохимическим исследованием фронтальных срезов головного мозга. Количественная обработка ОКТ-данных выполнена путём вычисления коэффициента затухания и построения *en face* цветокодированных оптических карт. В качестве области интереса было выбрано мозолистое тело.

В результате исследования нами обнаружены острые (2 нед после облучения) и ранние отсроченные (6 и 12 нед после облучения) повреждения белого вещества, характеризующиеся возникновением обратимого отёка мозолистого тела. При этом на этапе 2 нед после облучения умеренно выраженный отёк возникал только в области облучённого полушария, тогда как на этапе 6 и 12 нед он обнаруживался также и в контралатеральном полушарии и характеризовался значительной выраженностью, что свидетельствует о распространении процесса по ходу миелиновых нервных волокон. При анализе ОКТ-данных выявлены соответствующие изменения в значениях коэффициента затухания. При этом на всех временных точках, характеризовавшихся отёком мозолистого тела в различных полушариях головного мозга, нами были зарегистрированы статистически значимые снижения значений коэффициента затухания по сравнению с контрольной группой ( $p < 0,05$ ).

Таким образом, в ходе настоящего исследования были зарегистрированы структурные изменения мозолистого тела, возникшие в результате воздействия ионизирующего излучения, которые характеризовались снижением его рассеивающих свойств, что может быть обнаружено с помощью ОКТ.

**Ключевые слова:** белое вещество; миелин; лучевая терапия; оптическая когерентная томография; обратное рассеяние; оптические коэффициенты.

## Как цитировать:

Ачкасова К.А., Кухнина Л.С., Моисеев А.А., Богомолова А.Ю., Гладкова Н.Д. Исследование влияния ионизирующего излучения на рассеивающие свойства белого вещества головного мозга // Гены и клетки. 2023. Т. 18, № 4. С. 753–755. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623316>

Рукопись получена: 17.04.2023

Рукопись одобрена: 26.11.2023

Опубликована online: 20.01.2024

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

**Источник финансирования.** Исследование проводилось при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-25-00118.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Antoni D., Feuvret L., Biau J., et al. Radiation guidelines for gliomas // Cancer Radiother. 2022. Vol. 26, N 1-2. P. 116–128. doi: 10.1016/j.canrad.2021.08.006

## КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

\* К.А. Ачкасова; адрес: Российская Федерация, 603005, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, д. 10/1;  
e-mail: achkasova.k@bk.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623316>

# Study of the influence of ionizing radiation on the scattering properties of the brain white matter

K.A. Achkasova<sup>1</sup>\*, L.S. Kuhnina<sup>1</sup>, A.A. Moiseev<sup>2</sup>, A.Yu. Bogomolova<sup>1</sup>, N.D. Gladkova<sup>1</sup><sup>1</sup> Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation;<sup>2</sup> The Federal Research Center Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russian Federation

## ABSTRACT

Radiation therapy is a vital part of combined treatment for brain neoplasms. In order to enhance treatment effectiveness during irradiation, ionizing radiation is used to expose both the tumor and nearby tissues. This leads to pathological changes within the surrounding brain tissues, particularly affecting the white matter [1]. This can create challenges when attempting to differentiate between tumor and normal brain tissues during surgical resection, ultimately resulting in potential postoperative complications. Therefore, the development of novel techniques for identifying white matter alterations caused by radiation therapy during surgical procedures is required.

**The aim of this study** was to examine the impact of ionizing radiation on the scattering characteristics of the brain's white matter and assess the feasibility of using optical coherence tomography (OCT) to identify potential changes.

The study analyzed *ex vivo* rat brain samples, examining a control group and a group exposed to ionizing radiation at a 15 Gy dose to the right hemisphere. Subsequently, the animals were euthanized at seven different times throughout the study (2–14 weeks). An OCT study and an immunohistochemical study of the frontal sections of the brain followed. The attenuation coefficient was calculated and en-face color-coded optical maps were constructed to quantitatively process OCT data. The corpus callosum was selected as the region of interest.

As a result of the study, acute changes in the white matter were observed 2 weeks after irradiation, along with early delayed changes occurring at 6 and 12 weeks post-irradiation. These changes were characterized by reversible edema of the corpus callosum. Two weeks after irradiation, a moderate edema only occurred in the irradiated hemisphere. However, at 6 and 12 weeks, edema was also present in the contralateral hemisphere, with significant severity, indicating the spread of the process along myelinated nerve fibers. The analysis of OCT data showed changes in the attenuation coefficient values. We observed statistically significant reductions in the attenuation coefficient values at all time points with edema of the corpus callosum in different brain hemispheres compared to the control group ( $p < 0.05$ ).

During this study, the corpus callosum demonstrated structural changes from ionizing radiation exposure. These changes were identified by a reduction in its scattering properties, which can be observed using OCT.

**Keywords:** white matter; myelin; radiotherapy; optical coherence tomography; backscattering; optical coefficients.

## To cite this article:

Achkasova KA, Kuhnina LS, Moiseev AA, Bogomolova AY, Gladkova ND. Study of the influence of ionizing radiation on the scattering properties of the brain white matter. *Genes & cells*. 2023;18(4):753–755. DOI: <https://doi.org/10.17816/gc623316>

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

**Funding sources.** The study was financially supported by the Russian Science Foundation, grant No. 23-25-00118.

**Competing interests.** The authors declare that they have no competing interests.

## REFERENCES

1. Antoni D, Feuvret L, Biau J, et al. Radiation guidelines for gliomas. *Cancer Radiother*. 2022;26(1-2):116–128. doi: 10.1016/j.canrad.2021.08.006

## AUTHORS' CONTACT INFO

\* K.A. Achkasova; address: 10/1 Minina i Pozharskogo square, 603005 Nizhny Novgorod, Russian Federation; e-mail: [achkasova.k@bk.ru](mailto:achkasova.k@bk.ru)

Received: 17.04.2023

Accepted: 26.11.2023

Published online: 20.01.2024