

## EFFECTS OF COMBINED NEUTRON AND PROTON BEAM RADIATION EXPOSURE ON THE POOL OF BREAST CANCER STEM CELLS *IN VITRO*

I. A. Zamulaeva<sup>a,b,1</sup>, O. N. Matchuk<sup>a,b</sup>, K. A. Churyukina<sup>a</sup>,  
V. O. Saburov<sup>a</sup>, S. N. Koryakin<sup>a</sup>, S. A. Ivanov<sup>a,c</sup>,  
A. D. Kaprin<sup>c,d,e</sup>, E. A. Krasavin<sup>b</sup>

<sup>a</sup> A. Tsyb Medical Radiological Research Center — Branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Obninsk, Russia

<sup>b</sup> Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

<sup>c</sup> RUDN University, Moscow

<sup>d</sup> P. Herzen Moscow Oncology Research Institute — Branch of the National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

<sup>e</sup> National Medical Research Radiological Center of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow

The effect is studied of single and combined proton and neutron radiation on the population of cancer stem cells (CSCs), which is the most resistant fraction of tumor cells to damaging factors, and, therefore, plays a key role in metastasis and cancer recurrence after treatment. The purpose of the study is to search for conditions for synergistic interaction of these radiations when irradiating breast cancer cells of two stable lines *in vitro*. It has been found that the number of CD44<sup>+</sup>CD24<sup>-/low</sup> CSCs decreases after combined irradiation at a total equieffective dose of 4.0 Gy compared with the control, in contrast to the effects of  $\gamma$  radiation, which leads to an increase in the number of CSCs. A synergistic decrease in the CSC pool has been shown for the combined action of neutrons and protons if the contribution of the radiations to the total dose was the same and the time between irradiation sessions did not exceed 4 h. These results are interesting for the further development of radiation therapy concerning the prospects for using new types of radiation to eliminate CSCs.

Исследованы эффекты одиночного и сочетанного действия протонного и нейтронного излучений на популяцию опухолевых стволовых клеток (ОСК), которая представляет наиболее резистентную к повреждающим воздействиям фракцию опухолевых клеток, вследствие чего играет ключевую роль в метастазировании и рецидивировании опухолевого процесса после лечения. Целью исследования являлся поиск условий синергического взаимодействия указанных излучений при облучении клеток рака молочной железы двух стабильных линий *in vitro*. Установлено снижение количества CD44<sup>+</sup>CD24<sup>-/low</sup> ОСК после сочетанного облучения в суммарной эквивалентной дозе 4,0 Гр по сравнению с контролем в отличие от эффектов  $\gamma$ -излучения, которое приводит к повышению количества ОСК. Показано синергическое

---

<sup>1</sup>E-mail: zamulaeva@mail.ru

снижение пула ОСК при сочетанном действии нейтронов и протонов, если вклад излучений в суммарную дозу был одинаков, а время между сеансами облучения не превышало 4 ч. Установленные закономерности представляют интерес для дальнейшего развития лучевой терапии с точки зрения перспектив использования новых типов излучений для элиминации ОСК.

PACS: 87.19.xj; 87.53.–j; 87.53.Qc

Received on July 12, 2024.