

УДК 616.006

БУНЬ Т. А., студент (4 курс, ФВМ)

Научный руководитель **ШАГАКО Н. М.**, магистр, ассистент

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

БОР-НЕЙТРОНОЗАХВАТНАЯ ТЕРАПИЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ПОДХОД В ЛЕЧЕНИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Введение. Бор-нейтронозахватная терапия (БНЗТ) – бинарный радиотерапевтический метод, основанный на взаимодействии стабильного изотопа ^{10}B и нейтрона, в результате которого происходит ядерная реакция с получением ^7Li и альфа-частицы с высокой линейной передачей энергии и коротким радиусом поражения, соответствующим размеру клетки млекопитающего, что может быть избирательно направлено на уничтожение только опухолевых клеток, без повреждения окружающих нормальных тканей [3].

Материалы и методы исследования. Обзор, обработка и теоретический анализ источников литературы отечественных и зарубежных авторов по теме исследования.

Результаты исследований. Основная идея БНЗТ была сформулирована американским рентгенологом Г. Лочером в 1936 году, вскоре после открытия сэром Д. Чедвиком нейтрона и исследования Г. Тэйлором и М. Голдхабером ядерной реакции поглощения нейтрона ^{10}B [4]. Испытания не продемонстрировали терапевтическую эффективность метода из-за слабой селективности и низкой концентрации бора.

Второй период развития БНЗТ определили работы (1968-1980 гг.) японского доктора Х. Хатанаки, который проводил открытое облучение опухоли после трепанации черепа и добился впечатляющих результатов выживаемости для группы пациентов со злокачественными глиомами мозга [3].

Эти результаты дали толчок третьему периоду развития нейтронозахватной терапии – клиническим испытаниям глубоких внутримозговых опухолей с применением пучков эпитепловых нейтронов от ядерных реакторов [8]. Бор-нейтронная терапия была распространена и на другие заболевания, такие как меланомы, опухоли шеи, менингиомы, мезотелиомы плевры и гепатоцеллюлярной карциномы [3].

К преимуществам БНЗТ можно отнести:

1. Длительность лечения гораздо меньше (1-2 часа), чем при стандартной химиотерапии (6-8 недель).
2. При применении БНЗТ здоровые клетки получают минимальную дозу облучения (можно сравнить с дозой рентген-облучения или при облучении, получаемого при авиаперелете) [5].
3. Эффективность показана при неизлечимых формах рака [2].
4. Возможность паллиативной помощи.

Окончание третьего этапа развития БНЗТ позволило научной общественности осознать несколько основных проблем [6]. Первая проблема состоит в том, что достоверных положительных результатов лечения без хи-

рургической операции с использованием потока эпитепловых нейтронов нет. Такое лечение по-прежнему является искусством, а не рандомизированной методикой [1].

Вторая проблема связана с источником эпитепловых нейтронов (кинетическая энергия от 0,5 эВ до 0,5 МэВ) [7]. На ядерных реакторах достаточно легко получать потоки либо быстрых нейтронов, либо тепловых, но не эпитепловых, необходимых для нейтронозахватной терапии [1].

Создание доступных источников эпитепловых нейтронов на основе ускорителей заряженных частиц, как оказалось, – весьма нетривиальная, сложная и многоплановая техническая задача [6]. Разработка специализированных источников на основе ядерного реактора затруднена вследствие дороговизны и фобии после аварий на атомных электростанциях в Чернобыле и Фукусиме. Именно решение этих задач, знаменует начало четвертого современного этапа.

Нейтронозахватная терапия предполагает целенаправленное уничтожение только раковых клеток без хирургического вмешательства, соответственно для проведения данного метода необходимы препараты адресной доставки бора, обеспечивающие его селективное накопление в клетках опухоли [2].

Наиболее перспективным направлением в разработке систем направленной доставки бора в опухолевые клетки является использование липосом [5]. Возможность варьирования состава липидной мембраны, различных способов модификации поверхности, присоединения лигандов и антител, возможность включения большого количества гидрофильных и липофильных соединений бора выводит их на лидирующие позиции в создании эффективных фармакологических препаратов для доставки терапевтических доз бора. В качестве таких лигандов широко используются трансферрин и фолиевая кислота, рецепторы к которым характеризуются избыточной экспрессией в опухолевых клетках [3].

Для эффективного лечения различных онкологических больных с применением БНЗТ необходимо применение борсодержащих препаратов в индивидуально подобранных концентрациях [5]. Благодаря проведенным исследованиям ученые выяснили, что достаточная терапевтическая концентрация изотопа ^{10}B в клетках опухоли составляет 20-35 мкг/г, что приблизительно соответствует 10^9 атомов ^{10}B на клетку. В связи с этим стоит задача разработать технологию, позволяющую изучить динамику накопления бора непосредственно в организме, для того чтобы выбрать время начала лучевого воздействия и рассчитать поглощенную дозу в опухоли и окружающих тканях для конкретных онкологических больных [3].

Заключение. Перспективным подходом в лечении ряда злокачественных опухолей, в первую очередь трудноизлечимых, представляется борнейтронозахватная терапия, что обусловлено ее избирательным воздействием непосредственно на клетки злокачественных опухолей. Возможности БНЗТ активно изучаются уже более полувека. Сегодня получают развитие такие направления, как повышение качества нейтронных пучков, селективная до-

тавка ^{10}B к опухоли, создание оптимальной концентрации ^{10}B в клетках опухоли.

Литература: 1. Альбертинский, Б. И. Источник высокого напряжения для ускорителей ионов и электронов на 2 МэВ / Б. И. Альбертинский, И. В. Курицына, О. Ф. Николаев, О. Б. Овчинников // Приборы и техника экспериментов. – 1971. – № 3. – С. 43-46. 2. Давыдов, М. Г. Биологическое действие ионизирующих излучений: учеб. пособие. – Ростов н/Д. – 2007. – С. 20-23. 3. Каныгин, В. В. Возможности бор-нейтронозахватной терапии в лечении злокачественных опухолей головного мозга / В. В. Каныгин, А. И. Кичигин, Н.В. Губанова, С. Ю. Таскаев // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2015. – № 6. – С. 36-42. 4. Кононов, О. Е. Источник нейтронов для борнейтронозахватной терапии на основе реакции $^7\text{Li}(p,n)^7\text{Be}$ вблизи порога / О. Е. Кононов, В. Н. Кононов, Н. А. Соловьев // Атом. энергия. – 2003. – Т. 94. – № 6. – С. 469-472. 5. Таскаев, С. Ю. Бор-нейтронозахватная терапия / С. Ю. Таскаев, В. В. Каныгин. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. – 216 с. 6. Zahl, P. Physical and biological considerations in the use of slow for cancer therapy / P. Zahl, F. Cooper // Radiology. – 1941. – V. 37. – P. 673-682. 7. Hopewell, J. W. Boron neutron capture therapy for newly diagnosed glioblastoma multiforme: an assessment of clinical potential / J. W. Hopewell, T. Gorlia et al. // Appl. Radiat. Isot. – 2011. – P. 40-69. 8. Nakagawa, Y. Clinical review of the Japanese experience with boron neutron capture therapy and proposed strategy using epithermal neutron beams / Y. Nakagawa, K. Pooh, T. Kobayashi, T. Kageji // J. Neuro-Oncol. – 2003. – V. 62. – P. 87-99.

УДК 311/316.423.2

ВОЕВодОВА О.Ф., МОРОЗОВА А.О., студенты (3 курса, ФВМ)

Научные руководители **БАЗЫЛЕВ М.В., ЛИНЬКОВ В.В.,** канд. с.-х. наук, доценты

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», г. Витебск, Республика Беларусь

АНАЛИЗ МОЩНОСТИ ДОЗЫ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. 26 апреля 2023 года исполнится ровно 37 лет со времени тех трагических событий Чернобыльской аварии 1986 года, которые совершенно перевернули внешний и внутренний мир до- и после – на обширных пространствах многих государств мира, в первую очередь в нашей родной Беларуси, нашей старшей сестре России и, конечно, на территории соседней Украины, где случилась крупномасштабная техногенная катастрофа с большими негативными последствиями в экологическом плане [1–5, 7, 8]. В настоящее время Министерством здравоохранения Республики Беларусь осуществляются серьёзные научные исследования эконометрических измерений уровня здоровья населения с применением методов дискретного пространственного моделирования ситуации на территории по социально-гигиеническим, социально-