

ОНКОЛОГІЯ

doi: 10.35339/ekm.2019.01.13

УДК 616.006.6:615.849

*Н.В. Красносельский¹, Л.И. Симонова¹, Т.С. Завадская²,
Е.С. Пушкарь¹, В.З. Гертман¹*

*¹ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева
Национальной академии медицинских наук Украины», г. Харьков*

²Медицинский центр «Життя-Київ», г. Киев

МЕСТНЫЕ И СИСТЕМНЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ ЭФФЕКТЫ ВНУТРИСОСУДИСТОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ У ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Исследовано изменение гормонального гомеостаза, гемопоэза и патоморфоза опухоли у 152 больных раком молочной железы ($T_2N_0M_0$ и $T_3N_1M_0$). Больным основной группы проводили от 5 до 10 сеансов внутривенного лазерного облучения крови (ВЛОК). После полного курса ВЛОК (10 сеансов) наблюдалась девитализация опухолевой паренхимы (уменьшение объемной доли жизнеспособных клеток на 30 %); восстановление гемопоэза и гормонального гомеостаза, что свидетельствует о местном и системном лечебном эффекте ВЛОК.

Ключевые слова: *внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК), реабилитация, рак молочной железы.*

Введение

В современной медицинской науке одной из актуальнейших задач является сохранение и восстановление физиологического гомеостаза, нарушенного тем или другим видом патологии. У онкологических больных, особенно на поздних стадиях развития онкологического процесса, а тем более у онкобольных, подвергающихся воздействию ионизирующей радиации в лечебных целях, выявляются изменения во всех звеньях регуляции гомеостаза с нарушением функционирования основных жизненно-важных систем организма.

Отдельные способы и методы лечения, как правило, оказывают симптоматические эффекты, с улучшением или восстановлением целевых показателей, поэтому важным условием терапевтического лечения патологии с системными нарушениями гомеостаза является комплексное лечебное воздействие на весь организм как целостную систему.

В настоящее время в систему здравоохранения Украины внедрено новое медицинское научно-практическое направление «Физи-

ческая реабилитационная медицина», определяющая использование высокоэффективных лечебных физических факторов, среди которых повышенный интерес представляет лазерная или фототерапия с использованием лазерного излучения низкой интенсивности в оптическом диапазоне.

В убедительных клинико-экспериментальных исследованиях отмечено одновременное позитивное воздействие фотолазерной терапии на разных уровнях физиологических систем и органов человека. Это связано с тем, что лазерное излучение инициирует ответ организма как единой целостной системы благодаря наличию механизмов генерализации и усиления [1–2].

Системные положительные эффекты фототерапии отмечались при использовании как наружных (экстракорпоральных), так и внутренних (интракорпоральных) методов лазерной терапии [3].

При воздействии лазерного излучения непосредственно на кровь происходит поглощение светового кванта фоточувствительной

биомолекулой (акцептором). В крови в роли первичных фотоакцепторов, поглощающих излучение красного цвета (630–640 нм), выступают в первую очередь порфирины, молекулы ферментов-антиоксидантов (супероксиддисмутаза (СОД), каталаза, церулоплазмин), а также ферменты дыхательной цепи митохондрий – флавопротеины и цитохромы [4].

После первичной резонансной абсорбции энергии кванта света наступают конформационные перестройки макромолекул со структурно-функциональными и биохимическими изменениями с последующими изменениями активности ключевых ферментов тканевого метаболизма и микроархитектоники клеточных мембран [5].

Все это определяет многогранное терапевтическое действие внутрисосудистого лазерного облучения крови с развитием большого комплекса лечебных эффектов – антиоксидантного [6]; трофико-регенераторного, противоотечного [7]; противовоспалительного, противоболевого и восстановления микроциркуляции [8]; антимикробного [9]; иммуномодулирующего [10]; дезинтоксикационного [11]; с восстановлением гемостаза [12]; с нормализацией эндокринной и ферментативной систем [12].

Указанные эффекты лечебного действия внутрисосудистого лазерного излучения, а также отсутствие стимулирующего влияния на опухолевый процесс и генетические изменения, в том числе онкогенного характера, определили возможность использования лазерных лечебных технологий в клинической онкологии на разных стадиях лечения и реабилитации больных онкологического профиля [13].

Цель данного исследования – изучение влияния внутрисосудистой фотолазерной терапии на местные и системные лечебные эффекты у онкологических больных.

Материал и методы

Под наблюдением находилось 152 больных раком молочной железы (РМЖ) II–III стадий ($T_2N_0M_0$ и $T_3N_1M_0$).

В динамике оценивали клинические данные, определяли патоморфоз опухоли, показатели гормонального гомеостаза и гемопоэза.

Внутрисосудистую фототерапию или внутривенное лазерное облучение крови (ВЛОК) осуществляли с помощью гелий-неонового лазера ($\lambda - 632,8$ нм) с выходной мощностью лазерного излучения на торце световода 5 мВт, дозой облучения 10 Дж/см². Больным, в послеоперационный период, назначали от 5

до 10 ежедневных сеансов ВЛОК, до начала и окончания которых проводили клинические и лабораторные исследования. Рассчитывали продолжительность ВЛОК по формуле объема циркулирующей крови (ОЦК) (в мл) = МК, где М – масса тела, а К – коэффициент (для женщин 60). Для достижения эффекта облучали не менее 20 % ОЦК. Учитывая, что средняя скорость кровотока в кубитальной вене составляет 30мл/мин, продолжительность сеансов ВЛОК составляла 30 минут.

Содержание кортизола аденкортикотропного гормона (АКТГ), фолликулостимулирующего гормона (ФСГ), эстриола, лютеинизирующего гомона (ЛГ), пролактин определяли иммуноферментным методом согласно инструкциям к наборам «Biomerica» (США).

Лечебный патоморфоз опухоли молочной железы, индуцированный внутрисосудистой фототерапией, определяли по объемной доле жизнеспособных опухолевых клеток (ОДЖОК) методом [15].

Подсчет клеточных элементов в периферической крови и содержание гемоглобина проводили в соответствии с унифицированными общепринятыми методиками [16].

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью пакета программ «STATISTICA 10.0». Для определения достоверности полученных данных использовали точный метод Фишера, t-критерий Стьюдента, метод максимально достоверной оценки для малых выборок, непараметрические критерии Манна-Уитни и Краскелла-Уоллиса при сравнении средних данных изучаемых групп. Достоверность отличий между средними значениями показателей принималась при уровне значения $p > 0,05$.

Результаты и их обсуждение

Результаты изменений показателей гормонального гомеостаза после проведения курса ВЛОК представлены в *табл. 1*.

После проведения лазерной терапии отмечалась активация деятельности гипофизарно-надпочечниковой системы за счет повышения уровня кортикотропина при отсутствии повышения содержания кортизола в плазме крови. Нормализация показателей ФСГ и ЛГ в виде снижения уровня ФСГ и увеличения ЛГ не только свидетельствует о признаках нормализации гормонального гомеостаза, но и определяет положительный прогноз.

Прогностическим показателем для прогрессирования опухолевого роста является факт снижения ФСГ (фоллитропина) в плаз-

Таблица 1. Результаты изменений показателей гормонального гомеостаза после проведения курса ВЛОК

Этап исслед.	Кол-во больных	АКТГ, пмоль/л	Кортизол, нмоль/л	ФСГ МЕ/л	Эстриол, нмоль/л	ЛГ МЕ/л	Прогестерон, нмоль/л	Пролактин мМЕ/л
до ВЛОК	84	97,3±9,7	444,3±38,7	54,2±4,8	0,50±0,02	26,2±0,1	4,2±0,6	314,8±39,2
после ВЛОК	84	134,4±9,4	418,6±21,0	24,9±2,4	1,6±0,1	34,5±4,2	14,5±2,2	347,6±55,0
*P		<0,05	>0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	>0,05

Примечание. *P – достоверность различий между показателями на этапах исследования до и после ВЛОК.

ме крови, что способствовало перераспределению между фракциями эстрогенов в пользу менее активного эстриола в отношении стимулирующей опухолевого роста.

Резкое увеличение концентрации прогестерона на фоне отсутствия роста уровня пролактина и увеличения эстриола также благоприятно сказывается на течении опухолевого процесса [14–15].

В процессе осуществления ВЛОК отмечены также изменения показателей гемопоэза (табл. 2).

Количественная микроскопическая оценка лечебного патоморфоза рака молочной железы (РМЖ) индуцированного ВЛОК представлена в табл. 3.

Приведенные в таблице данные убедительно свидетельствуют о развитии девитализации опухолевых клеточных комплексов паренхимы.

Выраженность антибластомного эффекта зависела от количества сеансов внутрисосудистого лазерного облучения крови. После 3–5 сеансов ВЛОК объемная доля жизнеспособ-

Таблица 2. Показатели гемопоэза на этапах ВЛОК

Этап исследования	Кол-во больных	Эритроциты	Гемоглобин	Лейкоциты	Лимфоциты
До лазерного облучения крови	84	$3,8 \cdot 10^{12}/л \pm 0,5$	128г/л±16	$4,2 \cdot 10^9/л \pm 0,6$	28,7%±3,5
После лазерного облучения крови	84	$4,9 \cdot 10^{12}/л \pm 0,4$	138г/л±11	$5,7 \cdot 10^9/л \pm 0,6$	29,2%±0,05
*P		>0,05	>0,05	>0,05	<0,05

Примечание. *P – достоверность различий между показателями на этапах исследования до и после лазерного облучения крови.

Таблица 3. Показатели содержания объемной доли жизнеспособного опухолевого эпителиального компонента после применения ВЛОК

Группа	Вид лечения	ОДЖОК, %	P
1	Контроль (операция*)	50,1±4,8	
2	ВЛОК (3–5 сеансов) + операция	41,4±2,8	P1-2>0,05
3	ВЛОК (10 сеансов) + операция	35,5±4,2	P1-3<0,05
			P2-3>0,05

Примечание. *хирургическое удаление молочной железы по Холстеду.

До внутрисосудистого облучения крови у наблюдаемых больных раком молочной железы содержание лейкоцитов и эритроцитов было пониженным и находилось на уровне нижней границы нормы. После проведения курса ВЛОК количество указанных форменных элементов достоверно ($p < 0,05$) увеличивалось с параллельным ростом уровня гемоглобина.

ных опухолевых клеток хотя и уменьшалась в среднем на 17 %, но была недостоверна по отношению к контрольной группе ($p > 0,05$). При 10-сеансном курсе ВЛОК наблюдалось развитие достоверного антибластомного эффекта с уменьшением объемной доли жизнеспособных опухолевых клеток на 30 % ($p > 0,05$) по отношению к контролю). Следовательно,

курс ВЛОК (10 сеансов) способствовал девитализации существенного объема опухолевой паренхимы.

Выводы

Таким образом, внутрисосудистая фототерапия оказывает выраженный как системный, так и местный эффект. Системный эффект ВЛОК проявляется в виде нормализации гормонального гомеостаза с восстановлением уровня его показателей, что определяет регрессивную тенденцию в развитии опу-

холи, а также способствует восстановлению гемопоэза по показателям форменных элементов периферической крови. Местный лечебный эффект в виде девитализации опухолевых клеточных комплексов свидетельствует о местном антибластомном действии ВЛОК.

ВЛОК является современным неинвазивным методом, позволяющим за короткий срок активировать и повысить общую резистентность больных, что дает основание рекомендовать его для предоперационной подготовки.

Литература

1. Бриль Г. Е. Некоторые методологические аспекты изучения биологических эффектов низкоинтенсивного лазерного излучения / Г. Е. Бриль // Фотобиология и фотомедицина. – 2007. – № 1–2. – С. 5–13.
2. *Silveira P. C.* Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in wound healing by low-level laser therapy / P. C. Silveira, E. L. Streck, R. A. Pinho // J. Photochem. Photobiol. B: Biology. – 2007. – Vol. 86. – P. 279–282.
3. Кузьмина И. Ю. Современные аспекты лазеротерапии. / И. Ю. Кузьмина, Т. М. Краузе // Международный медицинский журнал. – 2006. – № 2 (12). – С. 106–110.
4. Бриль Г. Е. Гуанилатциклаза и NO-синтаза – возможные первичные акцепторы энергии низкоинтенсивного лазерного излучения / Г. Е. Бриль, А. Г. Бриль // Лазерная медицина. – 1997. – № 2 (1). – С. 39–42.
5. Девятков Н. Д. Физико-химические механизмы биологического действия лазерного излучения / Н. Д. Девятков, С. М. Зубкова, И. Б. Лапрун // Успехи современной биологии. – 1987. – № 1 (103). – С. 31–43.
6. Волтовская А. В. Антиоксидантное действие и терапевтическая эффективность лазерного облучения крови у больных с ишемической болезнью сердца / А. В. Волтовская, В. С. Улащик, В. М. Филипович // Вопросы курортологии. – 2003. – № 3. – С. 22–25.
7. *Simunovic Z.* Wound healing of animal and human body sport and traffic accident injures using low-level laser therapy treatment / Z. Simunovic, A. D. Ivancov, A. Depolo // J. Clin. Laser. Med. Surg. – 2000. – № 2.(18). – P. 67–73.
8. Странадко Е. П. Фотодинамическая терапия гнойно-воспалительных заболеваний мягких тканей / Е. П. Странадко // Фотобиология и фотомедицина. – 2011. – № 2. – С. 14–19.
9. Мікробіологічне обґрунтування ефективності фотодинамічної терапії на експериментальній моделі інфікованої променевої виразки шкіри / Н. І. Скляр, Л. І. Сімонова-Пушкар, В. В. Саркіс-Іванова, В. З. Гертман // Актуальні проблеми сучасної медицини. – 2016. – Вип. 4(56). – частина 3. – С. 61–65.
10. Чердынцева Н. В. Влияние излучения лазера на парах меди на показатели системы иммунитета у больных с опухолями головы и шеи, получавших дистанционную электронную терапию / Н. В. Чердынцева, А. А. Кузнецова, М. Р. Мухаммедов // Российский онкологический журнал. – 2002. – № 1. – С. 21–26.
11. Устіянович О. С. Досвід використання екстракорпоральних методів детоксикації в амбулаторних умовах / О. С. Устіянович, О. М. Клігуленко, Д. М. Станін та ін. // Матеріали I Української науково-практичної конференції з застосування еферентних методів терапії: «Біль, знеболювання та інтенсивна терапія». – Київ, 2007. – С. 52–53.
12. Скляренко В. Г. Экстракорпоральная гемокоррекция и квантовая терапия. Часть 1 / В. Г. Скляренко, Ю. Г. Шевченко. – Киев, 2004. – 160с.
13. Овсянников В. А. Безопасность лазерной терапии с точки зрения энергетической теории возникновения раковых заболеваний / В. А. Овсянников // Лазерная медицина. – 2004. – Т. 8 (1–2). – С. 76–85.
14. Коваленко И. М. Сравнительные гормон-ассоциированные и клинко-морфологические особенности рака молочной железы и эндометрия у больных, страдающих и не страдающих диабетом / И. М. Коваленко, Л. М. Берштейн // Вопросы онкологии. – 2017. – № 5. – С. 752–757.

15. Галахин К. А. Лечебный патоморфоз злокачественных опухолей пищеварительного тракта / К. А. Галахин, Е. Г. Курик. – Киев: Книга-плюс, 2000. – 160с.

16. Меньшиков В. Г. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / под ред. В. В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – С. 106–125.

References

1. Bril H.Ye. (2007). Nekotoryie metodologicheskiie aspekty izucheniia biologicheskikh effektov nizkointensivnoho lazernoho izlucheniia [Some methodological aspects of studying the biological effects of low-intensity laser radiation.]. *Fotobiologhiia i fotomeditsina – Photobiology and photomedicine*, № 1–2, pp. 5–13 [in Russian].

2. Silveira P.C., Streck E.L., Pinho R.A. (2007). Evaluation of mitochondrial respiratory chain activity in wound healing by low-level laser therapy. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology*, vol. 86, pp. 279–282.

3. Kuzmina I.Yu., Krauze T.M. (2006). Sovremennyye aspekty lazeroterapii [Modern aspects of laser therapy]. *Mezhdunarodnyi meditsinskii zhurnal – International Medical Journal*, № 2 (12), pp. 106–110 [in Russian].

4. Bril H.Ye., Bril A.H. (1997). Huanilattsyklaza i NO-sintetaza – vozmozhnyie pervichnyie aktseptory enerhii nizkointensivnoho lazernoho izlucheniia [Guanylate cyclase and NO-synthetase – possible primary energy acceptors of low-intensity laser radiation]. *Lazernaia meditsina – Laser Medicine*, № 2 (1), pp. 39–42 [in Russian].

5. Deviatkov N.D., Zubkova S.M., Laprun I.B. (1987). Fiziko-khimicheskiie mekhanizmy biologicheskoho deistviia lazernoho izlucheniia [Physico-chemical mechanisms of the biological action of laser radiation]. *Uspekhi sovremennoi biologii – Successes of Modern Biology*, № 1 (103), pp. 31–43 [in Russian].

6. Voltovskaia A.V., Ulashchik V.S., Filipovich V.M. (2003). Antioksidantnoie deistviie i terapevticheskaia effektivnost lazernoho oblucheniia krovi u bolnykh s ishemicheskoi bolezniiu serdtsa [Antioxidant effect and therapeutic efficacy of laser irradiation of blood in patients with coronary heart disease]. *Voprosy kurortologii – Questions of Balneology*, № 3, pp. 22–25 [in Russian].

7. Simunovic Z., Ivancov A.D., Depolo A. (2000). Wound healing of animal and human body sport and traffic accident injures using low-level laser therapy treatment. *J. Clin. Laser. Med. Surg.*, № 2 (18), pp. 67–73.

8. Stranadko Ye.F. (2011). Fotodinamicheskaia terapiia hnoino-voispalitelnykh zabolevanii miahkikh tkanei [Photodynamic therapy of purulent-inflammatory diseases of soft tissues]. *Fotobiologhiia i fotomeditsina – Photobiology and Photomedicine*, № 2, pp. 14–19 [in Russian].

9. Skliar N.I., Simonova-Pushkar L.I., Sarkis-Ivanova V.V., Hertman V.Z. (2016). Mikrobiologichne obruntuvannia efektyvnosti fotodynamichnoi terapii na eksperymentalnii modeli infikovanoi promenevoi vyrazky shkiry [Microbiological substantiation of the effectiveness of photodynamic therapy on the experimental model of infected skin ulcer]. *Aktualni problemy suchasnoi medytsyny – Actual Problems of Modern Medicine*, vol. 4 (56), part 3, pp. 61–65 [in Ukrainian].

10. Cherdyntseva N.V., Kuznetsova A.A., Mukhammedov M.R. (2002). Vliianiie izucheniia lazera na parakh medi na pokazateli sistemy immuniteta u bolnykh s opukholiami holovy i shei, poluchavshikh distantsionnuu elektronnuu terapiiu [The effect of studying copper vapor laser on the immune system parameters in patients with head and neck tumors who received remote electronic therapy]. *Rossiiskii onkologicheskii zhurnal – Russian Oncology Journal*, № 1, pp. 21–26 [in Russian].

11. Ustiianovych O.S., Klihunenko O.M., Stanin D.M. et al. (2007). Dosvid vykorystannia ekstrokorporalnykh metodiv detoksykatsii v ambulatornykh umovakh [Experience of using extracorporeal methods of detoxification in outpatient settings]. *Proceedings from Bil, zneboliuvannia ta intensyvna terapiia: I Ukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii z zastosuvannia eferentnykh metodiv terapii – Pain, Anesthesia and Intensive Care: I Ukrainian scientific and practical conference on the use of efferent therapies*. Kiev, pp. 52–53 [in Ukrainian].

12. Skliarenko V.H., Shevchenko Yu.H. (2004). *Ekstrakorporalnaia hemokorreksiia i kvantovaia terapiia. Chast 1 [Extracorporeal hemocorrection and quantum therapy. Part 1]*. Kiev, 160 p. [in Russian].

13. Ovsiannikov V.A. (2004). Bezopasnost lazernoi terapii s tochki zreniia enerheticheskoi teorii vznikhoveniia rakovykh zabolevanii [The safety of laser therapy in terms of the energy theory of cancer]. *Lazernaia meditsina – Laser medicine*, vol. 8 (1–2), pp. 76–85 [in Russian].

14. Kovalenko I.M., Bershtein L.M. (2017). Sravnitelnyie hormon-assotsiirovannyye i kliniko-morfologicheskiiie osobennosti raka molochnoi zhelezy i endometriia u bolnykh, stradaiushchikh i ne

stradaiushchikh diabetom [Comparative hormone-associated and clinico-morphological features of breast and endometrial cancer in patients with and without diabetes]. *Voprosy onkologii – Oncology Issues*, № 5, pp. 752–757 [in Russian].

15. Halakhin K.A., Kurik Ye.H. (2000). *Lechebnyi patomorfoz zlokachestvennykh opukholei pishchevaritel'nogo trakta [Therapeutic pathomorphosis of malignant tumors of the digestive tract]*. Kiev: Kniha-plius, 160 p. [in Russian].

16. Menshikov V.H. (Eds.). (1987). *Laboratornyie metody issledovaniia v klinike: Spravochnik [Laboratory research methods in the clinic: a Handbook]*. Moscow: Meditsina, pp. 106–125 [in Russian].

M.V. Красносельський, Л.І. Сімонова, Т.С. Завадська, О.С. Пушкар, В.З. Гертман

МІСЦЕВІ Й СИСТЕМНІ ЛІКУВАЛЬНІ ЕФЕКТИ ВНУТРІШНЬОСУДИННОЇ ЛАЗЕРНОЇ ТЕРАПІЇ В ОНКОЛОГІЧНИХ ХВОРИХ

Досліджено зміну гормонального гомеостазу, гемопоєзу і патоморфозу пухлини у 152 хворих на рак молочної залози ($T_2N_0M_0$ і $T_3N_1M_0$). Хворим основної групи проводили від 5 до 10 сеансів внутрішньовенного лазерного опромінення крові (ВЛОК). Після повного курсу ВЛОК (10 сеансів) спостерігалася девіталізація пухлинної паренхіми (зменшення об'ємної частки життєздатних клітин на 30 %); відновлення гемопоєзу та гормонального гомеостазу, що свідчить про місцевий та системний лікувальний ефект ВЛОК.

Ключові слова: внутрішньовенне лазерне опромінення крові (ВЛОК), реабілітація, рак молочної залози.

N.V. Krasnoselsky, L.I. Simonova, T.S. Zavadskaya, E.S. Pushkar, V.Z. Gertman

NATURAL AND SYSTEMIC TREATMENT EFFECTS OF INTRA-VASCULAR LASER THERAPY IN CANCER PATIENTS

The changes in hormonal homeostasis, hematopoiesis and pathomorphosis of the tumor were studied in 152 patients with breast cancer ($T_2N_0M_0$ and $T_3N_1M_0$). Patients of the main group received from 5 to 10 sessions of intravenous laser irradiation of blood (VLOK). After a complete course of VLOK (10 sessions), the devitalization of the tumor parenchyma was observed (decrease in the volume fraction of viable cells by 30%); restoration of hematopoiesis and hormonal homeostasis, indicating a local and systemic therapeutic effect of ILBL.

Keywords: intravenous laser blood irradiation (VLOK), rehabilitation, breast cancer.

Надійшла до редакції 18.12.2018

Контактна інформація

Красносельський Микола Вілєнович – доктор медичних наук, професор, директор ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», м. Харків.

Адреса: Україна, 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 82.

Тел.: +380577255012.

E-mail: medrad20@ukr.net.

ORCID: 0000-0001-5329-5533.

Сімонова Лариса Іванівна – доктор медичних наук, професор, головний науковий співробітник лабораторії радіаційної онкології ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», м. Харків.

Адреса: Україна, 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 82.

Тел.: +380675738592.

E-mail: patphysiologia_imr@ukr.net.

ORCID: 0000-0001-6136-3030.

Завадська Тетяна Станіславівна – головний лікар медичного центру «Життя-Київ», м. Київ.

Адреса: Україна, 01033, м. Київ, вул. Жиланська, 74.

Тел.: +380992017435.

E-mail: zavadsky_solo@ukr.net.

ORCID: 0000-0002-9001-8890.

Пушкар Олена Сергіївна – лікар-інтерн відділення ядерної медицини і променевої патології ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», м. Харків.

Адреса: Україна, 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 82.

Тел.: +380675738592.

E-mail: Lena.s.pushkar@gmail.com.

ORCID: 0000-0001-9028-5422.

Гертман Віра Захарівна – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії радіаційної онкології ДУ «Інститут медичної радіології ім. С.П. Григор'єва НАМН України», м. Харків.

Адреса: Україна, 61024, м. Харків, вул. Пушкінська, 82.

ORCID: 0000-0003-1129-3518.