Український радіологічний та онкологічний журнал. 2026. Т. 34. № 1. С. 100–111
Ukrainian journal of radiology and oncology. 2026;34(1):100–111

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

DOI: https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2026.100-111
УДК: 615.

Променева терапія непухлинних захворювань: сучасний стан питання

Немальцова К.В.[1,2], https://orcid.org/0000-0002-6667-5137, e-mail: nemaltsova.ekaterina@gmail.com
Колпак К.О.[1], https://orcid.org/0009-0005-1959-1589, e-mail: ksemenenkoa@ukr.net
Шустов І.Б.[1], https://orcid.org/0009-0002-1348-3753, e-mail: shustovigor52@gmail.com
Шуміло А.О.[1], https://orcid.org/0009-0007-5355-505X, e-mail: andrejsumilo086@gmail.com

[1]Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», Харків, Україна
[2]Харківський національний медичний університет Міністерства охорони здоров'я України, Харків, Україна

Radiation therapy for non-tumor diseases: current state of the issuue

Nemaltsova K.V.[1,2], https://orcid.org/0000-0002-6667-5137, e-mail: nemaltsova.ekaterina@gmail.com
Kolpak K.O.[1], https://orcid.org/0009-0005-1959-1589, e-mail: ksemenenkoa@ukr.net
Shustov I.B.[1], https://orcid.org/0009-0002-1348-3753, e-mail: shustovigor52@gmail.com
Shumilo A.O.[1], https://orcid.org/0009-0007-5355-505X, e-mail: andrejsumilo086@gmail.com

[1]State of Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, Ukraine
[2]Kharkiv National Medical University of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

променева терапія, доброякісні захворювання, неонкологічні захворювання.

Для кореспонденції:

Немальцова Катерина Володимирівна
Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С. П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», Відділ радіології;
вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: nemaltsova.ekaterina@gmail.com

© Немальцова К.В., Колпак К.О., Шустов І.Б., Шуміло А.О., 2026

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Неонкологічна радіотерапія не дуже поширена серед центрів променевої терапії та часто невідома іншим спеціалістам. Перевагами даного методу є простота використання та можливість застосування в амбулаторних умовах, що забезпечує його високу економічність. Використання променевої терапії у пацієнтів з непухлинними захворюваннями часто дає можливість не тільки зменшити дозу протизапальних та анальгезуючих препаратів, а і покращити якість життя в цілому. Здебільшого недооціненість променевої терапії доброякісних станів пов'язана з недостатньою інформованістю лікарів про можливості та результати лікування і явним перебільшенням небезпеки розвитку можливих променевих ушкоджень, несприятливих віддалених генетичних і соматичних наслідків при її застосуванні, а також впровадженням у практику охорони здоров'я численних ефективних медикаментозних засобів, хай і не завжди безпечних для організму хворого в плані розвитку побічних ускладнень.
Мета роботи – аналіз та узагальнення сучасних даних щодо променевої терапії непухлинних захворювань з популяризацією інформації серед медичної спільноти.
Матеріали та методи. Поглиблений аналіз повнотекстових наукових публікацій, доступних у сучасному інформаційному просторі за останнє десятиріччя.
Результати. Авторами проведено ретельний аналіз сучасної літератури з питань променевої терапії неонкологічних станів та захворювань. Нічим не обґрунтована недовіра до променевої терапії непухлинних захворювань призвела до нерозуміння важливості цього методу, користь від застосування якого значно вище, ніж розрахована за допомогою гіпотез та екстраполяцій можливість шкідливих впливів. Ефективність променевої терапії непухлинних захворювань пояснюється протизапальною, анальгезуючою, десенсибілізуючою, антиспастичною й антисекреторною діями іонізувального випромінювання. Зазвичай, разова осередкова доза (РОД) становить 0,3–0,5–0,7 Гр, сумарна осередкова доза (СОД) – 4–6 Гр при ритмі опромінення 3 рази на тиждень (через день). На початковій стадії запального процесу опромінення може призвести до його припинення, що проявляється у зменшенні болю, зникненні набряку й інфільтрації тканин. У деяких хворих можливе початкове короткочасне загострення запальної реакції.
Висновки. Безапеляційно нині основним місцем застосування променевої терапії у найближчому майбутньому залишиться онкологія. Однак картина застосування іонізувальних випромінювань у медицині була б далеко не повною, якби променева терапія непухлинних захворювань залишилася без належної уваги. Тож неонкологічна променева терапія потребує подальшого дослідження та використання в клінічній практиці.

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

Для цитування:

Немальцова К.В., Колпак К.О., Шустов І.Б., Шуміло А.О. Променева терапія непухлинних захворювань: сучасний стан питання. *Український радіологічний та онкологічний журнал.* 2026. Т. 34. № 1. С. 100–111. DOI: https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2026.100-111

Key words:

radiation therapy, benign diseases, non-oncological diseases.

For correspondence:

Nemaltsova Kateryna Volodymyrivna
State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Department of Radiology;
82 Hrigoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail:nemaltsova.ekaterina@gmail.com

© *Nemaltsova K.V., Kolpak K.O., Shustov I.B., Shumilo A.O., 2026*

ABSTRACT

Background. Non-oncological radiotherapy is not very common among radiotherapy centers and is often unknown to other specialists. The advantages of this method are ease of use and the possibility of using it in outpatient settings, which ensures its high cost-effectiveness. The use of radiotherapy in patients with non-tumor diseases often makes it possible not only to reduce the dose of anti-inflammatory and analgesic drugs, but also to improve the quality of life in general. For the most part, the underestimation of radiotherapy for benign conditions is associated with insufficient awareness of doctors about the possibilities and results of treatment and a clear exaggeration of the danger of developing possible radiation damage, adverse long-term genetic and somatic consequences when using it, as well as the introduction into healthcare practice of numerous effective medications, although not always safe for the patient's body in terms of the development of side effects.
Purpose – analysis and synthesis of current data on radiotherapy for non-tumor diseases with the popularization of information among the medical community.
Materials and Methods. In-depth analysis of full-text scientific publications available in the modern information space over the last 10 years.
Results. The authors conducted a thorough analysis of the modern literature on radiation therapy for non-oncological conditions and diseases. Unfounded distrust of radiation therapy for non-neoplastic diseases led to a misunderstanding of the importance of this method, the benefits of which are much higher than the possibility of harmful effects calculated using hypotheses and extrapolations. The effectiveness of radiation therapy for non-neoplastic diseases is explained by the anti-inflammatory, analgesic, desensitizing, antispastic and antisecretory effects of ionizing radiation. Typically, a single focal dose (SFD) is 0.3–0.5–0.7 Gy, the total focal dose (TFD) is 4–6 Gy with an irradiation rhythm of 3 times a week (every other day). At the initial stage of the inflammatory process, irradiation can lead to its cessation, which is manifested in a decrease in pain, the disappearance of edema and tissue infiltration. Some patients may experience an initial short-term exacerbation of the inflammatory reaction.
Conclusions. It is undisputed that the main area of application of radiotherapy in the near future will remain oncology. However, the picture of the use of ionizing radiation in medicine would be far from complete if radiotherapy of non-tumor diseases were left without due attention. Therefore, non-oncological radiotherapy requires further research and use in clinical practice.

For citation:

Nemaltsova KV, Kolpak KO, Shustov IB, Shumilo AO. Radiation therapy for non-tumor diseases: current state of the issuue. *Ukrainian journal of radiology and oncology.* 2026;34(1):100–111. DOI: https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2026.100-111

ВСТУП

Сьогодні променева терапія відіграє ключову роль у лікуванні багатьох видів раку. Її широке та успішне застосування стало можливим завдяки вдосконаленню радіотерапевтичного обладнання і методик, а також завдяки новим відкриттям у радіобіології, які пояснюють процеси росту пухлин та механізми руйнування клітин під дією радіації [1].

Дані літератури свідчать про те, що не менше 75% всіх онкологічних хворих отримують променеву терапію в різних її видах [2].

Неонкологічна радіотерапія не дуже поширена серед центрів променевої терапії та часто невідома іншим спеціалістам. Даний вид терапії отримують лише 15% усіх пацієнтів. У багатьох інших країнах, зокрема в Італії, використання променевої терапії для лікування неонкологічних захворювань використовується вкрай рідко [3].

INTRODUCTION

Today, radiotherapy plays a key role in the treatment of many types of cancer. Its widespread and successful application has become possible thanks to the improvement of radiotherapy equipment and techniques, as well as new discoveries in radiobiology, which explain the processes of tumor growth and the mechanisms of cell destruction under the influence of radiation [1].

Literature data indicate that at least 75% of all cancer patients receive radiotherapy in its various forms [2].

Non-oncological radiotherapy is not very common among radiotherapy centers and is often unknown to other specialists. This type of therapy is received by only 15% of all patients. In many other countries, including Italy, the use of radiotherapy for the treatment of non-oncological diseases is extremely rare [3].

The main advantages of the method are its practicality and cost-effectiveness, since most patients can

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

Головними перевагами методу є його практичність та економічна вигідність, оскільки більшість пацієнтів можуть проходити процедури амбулаторно. Зазвичай до опромінення звертаються як до дієвого інструменту у випадках, коли інші підходи, зокрема агресивна медикаментозна терапія, не дали бажаного результату [2].

При цьому нерідко з'являється можливість різко знизити дозу знеболювальних і протизапальних фармакологічних препаратів (аж до їх повної відміни), що застосовуються з самого початку захворювання. Разом з тим до останнього часу у всьому світі застосування променевої терапії при непухлинних захворюваннях, частіше за все не загрозливих для життя хворого, але таких, що спричиняють йому страждання і нерідко призводять до тривалої інвалідності, носить обмежений характер, незважаючи на те, що це науково обґрунтований, експериментально і клінічно перевірений і вельми ефективний метод терапії [4, 5, 6, 7, 8].

Цю ситуацію можна пояснити недостатньою інформованістю частини лікарів про можливості та результати лікування і явним перебільшенням небезпеки розвитку можливих променевих ушкоджень, несприятливих віддалених генетичних і соматичних наслідків (вторинні пухлини) при її застосуванні, а також впровадженням у практику охорони здоров'я численних ефективних медикаментозних засобів, хай і не завжди безпечних для організму хворого в плані розвитку побічних ускладнень.

Мета роботи – аналіз та узагальнення сучасних даних щодо променевої терапії непухлинних захворювань з популяризацією інформації серед медичної спільноти.

undergo the procedures on an outpatient basis. Radiation is usually considered an effective tool in cases where other approaches, including aggressive drug therapy, have not yielded the desired results [2].

In this case, it is often possible to sharply reduce the dose of analgesic and anti-inflammatory pharmacological drugs (up to their complete withdrawal), which are used from the very beginning of the disease. However, until recently, the use of radiotherapy in non-tumor diseases, most often not life-threatening to the patient, but such that cause him suffering and often lead to long-term disability, has been limited worldwide, despite the fact that it is a scientifically substantiated, experimentally and clinically proven and very effective method of therapy [4, 5, 6, 7, 8].

This situation can be explained by the lack of awareness of some doctors about the possibilities and results of treatment and a clear exaggeration of the danger of developing possible radiation damage, adverse long-term genetic and somatic consequences (secondary tumors) when using it, as well as the introduction into healthcare practice of numerous effective medications, although not always safe for the patients body in terms of the development of side effects.

Objective – analysis and generalization of current data on radiation therapy for non-tumor diseases with the popularization of information among the medical community.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Джерельною базою огляду стали повнотекстові іноземні публікації за останні 10 років. Глибокий аналіз наукового доробку здійснювався із залученням авторитетних міжнародних ресурсів: англомовної бази PubMed (Національна медична бібліотека США), репозиторію Europe PubMed Central, а також порталу German Medical Science, що працює на базі систем класифікації Німецького інституту медичної документації та інформації (DIMDI).

MATERIALS AND METHODS

The source base for the review was full-text foreign publications over the past 10 years. An in-depth analysis of scientific work was carried out with the involvement of authoritative international resources: the English-language PubMed database (US National Library of Medicine), the Europe PubMed Central repository, as well as the German Medical Science portal, which operates on the basis of the classification systems of the German Institute for Medical Documentation and Information (DIMDI).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Незважаючи на більш ніж сторічний досвід променевої терапії непухлинних захворювань, механізми локальної терапевтичної дії так званих малих доз радіації й досі продовжують вивчатися. У свій час емпіричним шляхом були виявлені місцеві ефекти променевої терапії непухлинних захворювань, що виявляються у вираженій протизапальній, протинабряковій, антисекреторній, антиспастичній, знеболювальній та десенсибілізувальній дії. Ці ефекти приводили до місцевого поліпшення трофіки тканин та ліквідації різних видів патологічних змін. Було запропоновано кілька теорій, що обґрунтовують застосування променевої терапії непухлинних захво-

RESULTS AND DISCUSSION

Despite more than a century of experience in radiotherapy of non-tumor diseases, the mechanisms of local therapeutic action of the so-called low doses of radiation are still being studied. At one time, local effects of radiotherapy of non-tumor diseases were empirically revealed, manifested in a pronounced anti-inflammatory, anti-edematous, anti-secretory, anti-spastic, analgesic and desensitizing effect. These effects led to local improvement of tissue trophism and elimination of various types of pathological changes. Several theories have been proposed to justify the use of radiotherapy of non-tumor diseases, some of which have not lost their relevance at present [1, 4, 9, 10, 11].

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

рювань, деякі з них на даний час не втратили своєї актуальності [1, 4, 9, 10, 11].

Відповідно до нейрорегуляторної концепції, терапевтичний ефект променевого впливу при непухлинних патологіях реалізується через вплив на вегетативну нервову систему, гіпоталамо-гіпофізарну зону та надниркові залози. Нейроендокринна теорія обґрунтовує доцільність «непрямого» опромінення – впливу на симпатичні вузли та прикордонні стовбури паралельно з локальним вогнищем. Така методика дозволяє коригувати нервово-м'язову провідність (при сирингомієлії чи фантомних болях) та регулювати секреторну активність, зокрема для тимчасової супресії слинних залоз при невірусному паротиті [4].

У клітинно-ферментативній теорії головним чинником місцевої променевої дії виступає руйнація клітин, насамперед лейкоцитів, після чого клітинні продукти розпаду, включаючи протеолітичні ферменти, позитивно впливають на місцеві тканинні процеси [1].

Електрохімічна теорія виходить з того, що відразу після променевого впливу настає короткочасне посилення ацидозу, який через 6–24 год змінюється повільно наростаючим (8–16 днів) алкалозом, що тримається. При цьому тривалий місцевий алкалоз сприяє пригніченню запалення, усуває біль, регулює клітинну проникність [4].

Відповідно до теорії інгібування різних процесів під впливом опромінення, воно породжує розвиток вторинної стимуляції місцевих процесів і призводить до протизапального, антиспастичного, антисекреторного, десенсибілізувального та інших місцевих ефектів іонізувального випромінювання. На сьогодні вважається, що лікувальні дози радіації при непухлинних захворюваннях викликають зміну проникності капілярів, посилення дренування вогнища запалення шляхом поліпшення венозного та лімфовідтоку, зменшення набряку. Все це приводить до подальшого стихання болю та місцевих дистрофічних процесів. Крім того, доведено безпосередній вплив опромінення на нервові закінчення зі зміною функціонального стану нервових центрів і вузлів у бік зняття патологічного збудження, що призводить до знеболювального ефекту, поліпшення провідності нервів [4, 9].

Радіобіологічні дослідження з вивчення дії невеликих доз випромінювання (2–5 Гр) на стан імунологічної реактивності хворих показали відсутність їх негативного впливу на захисні та адаптаційні функції організму. Істотною перевагою променевої терапії непухлинних захворювань є досить швидке досягнення стійкого клінічного ефекту за умов скорочення строків недієздатності (у 2–3 рази порівняно з іншими методами) і повного відновлення функцій ураженого органа [1, 4].

Загалом у процесі свого розвитку рентгенотерапія проходила періоди захоплення й підвищеного інтересу до неї та періоди застою. В останні роки клініцисти знову звернулися до променевого лікування, враховуючи досягнення клінічної дозиметрії та радіобіології, удосконалення технічного оснащення і накопичення позитивного досвіду у застосуванні методів променевої терапії непухлинних захворювань.

Нічим не обґрунтована недовіра до променевої терапії непухлинних захворювань призвела до нерозуміння важливості цього методу, користь від застосування якого значно вище, ніж розрахована

According to the neuroregulatory concept, the therapeutic effect of radiation exposure in non-tumor pathologies is realized through the effect on the autonomic nervous system, hypothalamic-pituitary zone and adrenal glands. The neuroendocrine theory justifies the feasibility of «indirect» irradiation – exposure to sympathetic nodes and border trunks in parallel with the local focus. This technique allows you to correct neuromuscular conduction (in syringomyelia or phantom pain) and regulate secretory activity, in particular for temporary suppression of salivary glands in non-viral mumps [4].

In the cell-enzymatic theory, the main factor in local radiation action is the destruction of cells, primarily leukocytes, after which cellular decay products, including proteolytic enzymes, have a positive effect on local tissue processes [1].

The electrochemical theory assumes that immediately after radiation exposure, a short-term increase in acidosis occurs, which after 6–24 h is replaced by a slowly increasing (8–16 days) persistent alkalosis. At the same time, prolonged local alkalosis contributes to the suppression of inflammation, eliminates pain, and regulates cellular permeability [4].

According to the theory of inhibition of various processes under the influence of radiation, it gives rise to the development of secondary stimulation of local processes and leads to anti-inflammatory, antispastic, antisecretory, desensitizing and other local effects of ionizing radiation. Currently, it is believed that therapeutic doses of radiation in non-tumor diseases cause a change in capillary permeability, increased drainage of the focus of inflammation by improving venous and lymphatic outflow, and a decrease in edema. All this leads to a further decrease in pain and local dystrophic processes. In addition, a direct effect of radiation on nerve endings with a change in the functional state of nerve centers and nodes towards the removal of pathological excitation, which leads to an analgesic effect and improved nerve conduction [4, 9].

Radiobiological studies of the effects of small doses of radiation (2–5 Gy) on the state of immunological reactivity of patients have shown the absence of their negative impact on the protective and adaptive functions of the body. A significant advantage of radiotherapy for non-tumor diseases is the rather rapid achievement of a stable clinical effect under the conditions of reducing the period of incapacity (by 2–3 times compared to other methods) and full restoration of the functions of the affected organ [1, 4].

In general, in the process of its development, radiotherapy has undergone periods of enthusiasm and increased interest in it and periods of stagnation. In recent years, clinicians have again turned to radiation treatment, taking into account the achievements of clinical dosimetry and radiobiology, the improvement of technical equipment and the accumulation of positive experience in the application of radiotherapy methods for non-tumor diseases.

Unfounded distrust of radiotherapy for non-tumor diseases has led to a misunderstanding of the importance of this method, the benefits of which are much higher than the possibility of harmful effects calculated using hypotheses and extrapolations.

Moreover, radiophobia after the tragic 1986 accident at the Chernobyl nuclear power plant was one of the

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

за допомогою гіпотез та екстраполяцій можливість шкідливих впливів.

Більше того, радіофобія після трагічного 1986 р., викликана аварією на Чорнобильській АЕС, була одним із психогенних факторів як для пацієнтів, так і для лікарів, що призвело до різкого обмеження застосування рентгенотерапії для лікування непухлинних захворювань аж до повної відмови від її використання в клінічній практиці. На сьогодні відзначається деяка лібералізація застосування променевої терапії в неонкологічній практиці. Переоцінка ролі радіаційної онкології у США та деяких Європейських країнах стимулює значно більш широке застосування радіації для лікування пацієнтів з широким спектром доброякісних захворювань [1].

Наприклад, лікування запальних і дегенеративно-дистрофічних непухлинних захворювань має велике соціально-економічне значення через їх значне поширення, часту інвалідизацію хворих, особливо у старших вікових групах, а також через тісний зв'язок із істотним зниженням якості життя пацієнтів, що в підсумку призводить до значного негативного впливу на їх економічний та психологічний стан [4].

Показаннями до променевої терапії є запальні, зокрема й гнійні патологічні процеси хірургічного профілю (фурункул обличчя, шиї, ділянки шкірних складок та суглобів, деякі види ранових та післяопераційних ускладнень), дегенеративно-дистрофічні захворювання опорно-рухового апарату, запальні та деякі гіперпластичні захворювання нервової системи, хронічні дерматози та деякі інші захворювання шкіри, деякі ендокринні (тиреотоксикоз, клімактеричний невроз та ін.) та алергічні захворювання (бронхіальна астма та ін.), діенцефальний синдром та ін. [2, 4, 12, 13].

Протипоказання до променевої терапії непухлинних захворювань розділяють на абсолютні та відносні.

До абсолютних протипоказань належать: тяжкий загальний стан хворого з різким ослабленням захисних властивостей організму; тяжкі супутні захворювання серцево-судинної та дихальної систем, печінки та нирок у стадії декомпенсації; лейкопенія (< $3{,}2\times10^9$/л), тромбоцитопенія (< 150×10^9/л), виражена анемія; променева хвороба та променеві пошкодження, навіть перенесені у минулому.

До відносних протипоказань належать: гострі септичні та інфекційні захворювання; виражені та розповсюджені шкірні запальні та інші зміни, викликані нещодавно перенесеними захворюваннями або різними фізичними та хімічними агентами (зокрема фізіопроцедурами); вагітність та дитячий вік [2, 4].

При лікуванні непухлинних захворювань використовують переважно *рентгенотерапію*, мегавольтну фотонну та електронну терапію, а також радіонуклідне лікування залежно від глибини та обсягу терапевтичної зони.

Дистанційну гамма-терапію використовують при глибоко розташованих осередках. Залежно від локалізації патологічного вогнища довгодистанційну рентгенотерапію ділять на такі види.

Поверхнева рентгенотерапія використовується при локалізації вогнища ураження на глибині до 1 см від поверхні шкіри. Технічні умови: напруга 100–120 кВ, сила струму 5–10 мА, алюмінієвий фільтр 3 мм, ВДП (відстань джерело-поверхня) 30 см.

psychogenic factors for both patients and doctors, which led to a sharp restriction of the use of radiotherapy for the treatment of non-tumor diseases, up to the complete refusal of its use in clinical practice. Currently, there is some liberalization of the use of radiotherapy in non-oncological practice. The reassessment of the role of radiation oncology in the USA and some European countries stimulates a much wider use of radiation for the treatment of patients with a wide range of benign diseases [1].

For example, the treatment of inflammatory and degenerative-dystrophic non-tumor diseases is of great socio-economic importance due to their significant spread, frequent disability of patients, especially in older age groups, as well as due to the close connection with a significant decrease in the quality of life of patients, which ultimately leads to a significant negative impact on their economic and psychological state [4].

Indications for radiotherapy are inflammatory, including purulent pathological processes of a surgical profile (furuncle of the face, neck, areas of skin folds and joints, some types of wound and postoperative complications), degenerative-dystrophic diseases of the musculoskeletal system, inflammatory and some hyperplastic diseases of the nervous system, chronic dermatoses and some other skin diseases, some endocrine (thyrotoxicosis, climacteric neurosis, etc.) and allergic diseases (bronchial asthma, etc.), diencephalic syndrome, etc. [2, 4, 12, 13].

Contraindications to radiotherapy of non-tumor diseases are divided into absolute and relative.

Absolute contraindications include: severe general condition of the patient with a sharp weakening of the bodys protective properties; severe concomitant diseases of the cardiovascular and respiratory systems, liver and kidneys in the stage of decompensation; leukopenia (< 3.2×10^9/l), thrombocytopenia (< 150×10^9/l), severe anemia; radiation sickness and radiation injuries, even those suffered in the past.

Relative contraindications include: acute septic and infectious diseases; severe and widespread skin inflammatory and other changes caused by recently suffered diseases or various physical and chemical agents (in particular, physiotherapy); pregnancy and childhood [2, 4].

In the treatment of non-tumor diseases, mainly *X-ray therapy*, megavolt photon and electron therapy, as well as radionuclide treatment are used, depending on the depth and volume of the therapeutic zone.

Remote gamma therapy is used for deeply located foci. Depending on the localization of the pathological focus, long-distance X-ray therapy is divided into the following types.

Superficial X-ray therapy is used when localizing the lesion at a depth of up to 1 cm from the skin surface. Technical conditions: voltage 100–120 kV, current strength 5–10 mA, aluminum filter 3 mm, source-surface distance 30 cm.

Напівглибока рентгенотерапія використовується при локалізації вогнища ураження на глибині до 3 см від поверхні шкіри. Технічні умови: напруга 140–160 кВ, сила струму 10 мА, фільтр 0,5 мм міді +3 мм алюмінію, ВДП 30–40 см.

Глибока рентгенотерапія використовується при локалізації вогнища ураження на глибині до 5 см від поверхні шкіри. Технічні умови: напруга 200–250 кВ, сила струму 10 мА, фільтр 1 мм міді +5 мм алюмінію, ВДП 40–60 см.

Близькофокусна (короткодистанційна) рентгенотерапія ефективна в лікуванні поверхневих уражень шкіри та слизових оболонок. При близькодистанційній рентгенотерапії використовують випромінювання (анодна напруга) до 100 кВ, силу струму – 5–10 мА, ВДП не більше 7,5 см. У близькофокусній променевої терапії застосовують переважно алюмінієві фільтри 0,1–3 мм і тубуси різної форми і величини. До короткодистанційної рентгенотерапії відносять також *ультрам'яку рентгенотерапію променями Буккі*, які генеруються при напрузі близько 10 кВ. Енергія їх фотонів низька, через що 50% енергії випромінювання поглинається шаром шкіри 0,4 мм. Це випромінювання застосовують для впливу на поверхневі шари шкіри.

Терапію швидкими електронами використовують при відносно неглибоко розташованих вогнищах [4].

На початковій стадії запального процесу опромінення може привести до його припинення, що проявляється у зменшенні болю, зникненні набряку й інфільтрації тканин. У деяких хворих можливе початкове короткочасне загострення запальної реакції.

Як правило, разова осередкова доза (РОД) становить 0,3–0,5–0,7 Гр, сумарна осередкова доза (СОД) – 4–6 Гр при ритмі опромінення 3 рази на тиждень (через день). При цьому керуються правилом, сформульованим на основі клінічного досвіду: чим гостріше та дифузніше перебігає патологічний процес і чим раніше розпочато лікування, тим меншими мають бути дози.

Нині встановлено, що при гострих запальних процесах РОД не має бути вище 0,15–0,25 Гр, при хронічних – 0,3-0,6 Гр, при гіперпластичних – 1 Гр. Відповідно СОД, що складається з 4–10 фракцій варіює від 0,5 до 1 Гр при гострих процесах; від 1,5 до 2 Гр, рідше до 4–6 Гр, – при хронічних. При гіперпластичних процесах СОД доводять до 9–10 Гр [4, 14].

Із урахуванням механізмів впливу іонізувального випромінювання на запальні та дегенеративно-дистрофічні процеси інтервали між сеансами опромінення варіюють залежно від гостроти перебігу хвороби – від 1 до 8 днів. За гострого запалення, якщо після першого сеансу не спостерігається загострення, процедури проводять кожні 1–2 дні. За наявності гнійного процесу паузи збільшують до 3–5 днів. При хронічному запаленні та дегенеративно-дистрофічних ураженнях кістково-суглобової системи, за умови відсутності загострення після першого сеансу, опромінення виконують 2–3 рази на тиждень. У разі рецидивів хронічних процесів курс променевої терапії можна повторювати, але не частіше ніж 2–3 рази на тиждень і не раніше, ніж через 6 місяців після попереднього ефективного лікування [15].

При променевій терапії непухлинних захворювань запальної природи з підведенням до осередку

Semi-deep X-ray therapy is used when localizing the lesion at a depth of up to 3 cm from the skin surface. T echnical conditions: voltage 140–160 kV, current strength 10 mA, filter 0.5 mm copper + 3 mm aluminum, source-surface distance 30–40 cm.

Deep X-ray therapy is used when localizing the lesion at a depth of up to 5 cm from the skin surface. Technical conditions: voltage 200–250 kV, current strength 10 mA, filter 1 mm copper + 5 mm aluminum, source-surface distance 40–60 cm.

Near-focus (short-distance) X-ray therapy is effective in the treatment of superficial lesions of the skin and mucous membranes. In near-distance X-ray therapy, radiation (anode voltage) up to 100 kV is used, the current strength is 5–10 mA, and the source-surface distance is no more than 7.5 cm. In near-focus radiation therapy, aluminum filters of 0.1–3 mm and tubes of various shapes and sizes are mainly used. Short-distance X-ray therapy also includes *ultra-soft X-ray therapy with Bucky beams*, which are generated at a voltage of about 10 kV. The energy of their photons is low, and therefore 50% of the radiation energy is absorbed by a 0.4 mm layer of skin. This radiation is used to affect the superficial layers of the skin.

Fast electron therapy is used for relatively shallow lesions [4].

At the initial stage of the inflammatory process, irradiation can lead to its cessation, which is manifested in the reduction of pain, the disappearance of edema and tissue infiltration. In some patients, an initial short-term exacerbation of the inflammatory reaction is possible.

As a rule, a single focal dose (SFD) is 0.3–0.5–0.7 Gy, a total focal dose (TFD) is 4–6 Gy with an irradiation rhythm of 3 times a week (every other day). In this case, one is guided by the rule formulated on the basis of clinical experience: the more acute and diffuse the pathological process is and the earlier the treatment is started, the lower the doses should be.

It is now established that in acute inflammatory processes, the SFD should not be higher than 0.15–0.25 Gy, in chronic ones – 0.3–0.6 Gy, in hyperplastic ones – 1 Gy. Accordingly, the TFD, consisting of 4–10 fractions, varies from 0.5 to 1 Gy in acute processes; from 1.5 to 2 Gy, less often up to 4–6 Gy, in chronic ones. In hyperplastic processes, the TFD is brought to 9–10 Gy [4, 14].

Taking into account the mechanisms of ionizing radiation influence on inflammatory and degenerative-dystrophic processes, the intervals between radiation sessions vary depending on the severity of the disease – from 1 to 8 days. In acute inflammation, if there is no exacerbation after the first session, the procedures are performed every 1–2 days. In the presence of a purulent process, the pauses are increased to 3–5 days. In chronic inflammation and degenerative-dystrophic lesions of the bone and joint system, provided there is no exacerbation after the first session, radiation is performed 2–3 times a week. In case of relapses of chronic processes, the course of radiation therapy can be repeated, but not more often than 2–3 times a week and not earlier than 6 months after the previous effective treatment [15].

In radiation therapy of non-tumor inflammatory diseases with focus, the most common method used is single-field irradiation of the lesion with relatively

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

найчастіше застосовують методику однопольного опромінення ураження відносно низькими осередковими дозами, тобто дозами, які не викликають ураження шкіри (до 5–6 Гр).

У той же час при дегенеративно-дистрофічних захворюваннях кістково-суглобового апарату зазвичай застосовують методику двопольного опромінення. При цьому під час опромінення великих суглобів, розташованих поблизу критичних органів або гонад (плечового, кульшових), центральний промінь як із переднього, так і із заднього поля спрямовують на 15–20° краніально і назовні. Розмір полів має відповідати розмірам опромінюваного суглоба або ураженого відділу хребта.

Супутні опроміненню лікувальні заходи при променевій терапії непухлинних захворювань мають бути спрямовані на посилення терапевтичного ефекту, зміцнення захисних сил організму та запобігання можливим, насамперед місцевим, променевим реакціям і ускладненням.

Щоб уникнути загострення основного процесу чи появи променевих реакцій на шкірі, необхідно виключити додаткові променеві, хімічні, термічні, механічні та інші впливи на опромінювану ділянку, які можуть підсилити біологічний ефект іонізувального випромінювання. Перед початком рентгенотерапії відміняють подразнювальні мазі та всі види теплових і фізіотерапевтичних процедур. З цієї ж причини виключають із застосування до і під час променевої терапії препарати йоду, ртуті, миш'яку, брому та деякі інші медикаменти, незалежно від способу їх введення.

Ефект від променевого лікування непухлинних захворювань часто настає після кількох сеансів. Однак ефективність проведеного лікування, як правило, слід оцінювати через кілька місяців після курсу терапії, оскільки ефект променевого впливу продовжується і після завершення лікування. Це пов'язано з тим, що насамперед ефективність променевої терапії, зокрема й при непухлинних захворюваннях, залежить від нозологічної форми патологічного процесу, його локалізації та поширеності. Крім того, неабияке значення мають вік пацієнта і його загальний стан. Результати були підтверджені багаторічним досвідом практичного застосування низькодозової променевої терапії, а також численними медичними дослідженнями, що засвідчили отримання позитивного клінічного ефекту при застосуванні рентгенотерапевтичного лікування різних непухлинних захворювань у 78–98% випадків [14, 16, 17].

Терапевтичний ефект, наприклад, при дегенеративних захворюваннях кістково-суглобового апарату проявляється зазвичай тільки в кінці курсу опромінення або навіть через 4–6 тижнів і більше після проведеного курсу рентгенотерапії [18].

У групі хворих із запальними захворюваннями хірургічного профілю (фурункули, карбункули, флегмони, панариції, остеомієліти, гідраденіти, ускладнена діабетична остеоартропатія, післяопераційні ускладнення) позитивний результат досягається у 90–97% випадків. При цьому при гнійно-запальних процесах термін лікування в 1,5–2 рази коротше на відміну від одного тільки хірургічного лікування [19].

Оцінено та опубліковано клінічні результати 10046 пацієнтів, які отримували лікування низькими дозами променевої терапії з приводу хворобливого

low focal doses, i.e. doses that do not cause skin damage (up to 5–6 Gy).

At the same time, in degenerative-dystrophic diseases of the musculoskeletal system, the two-field irradiation technique is usually used. In this case, during irradiation of large joints located near critical organs or gonads (shoulder, hip), the central beam from both the front and rear fields is directed 15–20° cranially and outwards. The size of the fields should correspond to the size of the irradiated joint or the affected spine.

Concomitant therapeutic measures in radiation therapy of non-tumor diseases should be aimed at enhancing the therapeutic effect, strengthening the bodys defenses and preventing possible, primarily local, radiation reactions and complications.

To avoid exacerbation of the underlying process or the appearance of radiation reactions on the skin, it is necessary to exclude additional radiation, chemical, thermal, mechanical and other effects on the irradiated area, which can enhance the biological effect of ionizing radiation. Before starting X-ray therapy, irritating ointments and all types of thermal and physiotherapeutic procedures are canceled. For the same reason, iodine, mercury, arsenic, bromine and some other medications are excluded from use before and during radiation therapy, regardless of the method of their administration.

The effect of radiation treatment of non-tumor diseases often occurs after several sessions. However, the effectiveness of the treatment, as a rule, should be assessed several months after the course of therapy, since the effect of radiation continues after the end of treatment. This is due to the fact that, first of all, the effectiveness of radiation therapy, including in non-tumor diseases, depends on the nosological form of the pathological process, its localization and prevalence. In addition, the patients age and general condition are of great importance. The results have been confirmed by many years of practical experience in the use of low-dose radiation therapy, as well as numerous medical studies, which have shown a positive clinical effect when using X-ray therapy for various non-tumor diseases in 78–98% of cases [14, 16, 17].

The therapeutic effect, for example in degenerative diseases of the musculoskeletal system, usually manifests only at the end of the course of irradiation or even 4–6 weeks or more after completion of the course of radiotherapy [18].

In the group of patients with inflammatory diseases of surgical profile (furuncles, carbuncles, phlegmons, panaritiums, osteomyelitis, hydradenitis, complicated diabetic osteoarthropathy, postoperative complications), a positive result is achieved in 90–97% of cases. At the same time, in purulent-inflammatory processes, the treatment period is 1.5–2 times shorter than in the case of surgical treatment alone [19].

The clinical results of 10,046 patients who received treatment with low-dose radiotherapy for painful knee osteoarthritis have been evaluated and published. In general, a noticeable and complete reduction in pain was shown in 58–91% of all irradiated patients [20].

In a study of 895 patients treated with low-dose radiotherapy for painful hip osteoarthritis, significant and complete pain relief was demonstrated in 24–89% of the treated patients. [21].

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

артрозу колінного суглоба. Загалом помітне та повне зменшення болю було показано у 58–91% усіх опромінених пацієнтів [20].

За результатами лікування 895 пацієнтів, які отримували променеву терапію низькими дозами з приводу хворобливого артрозу тазостегнового суглоба помітне та повне зменшення болю було показано у 24–89% опромінених пацієнтів [21].

Променева терапія призвела до запобігання поновленню надмірного утворення рубців та гарному косметичному ефекту у 4317 пацієнтів з келоїдами з документально підтвердженим задоволенням пацієнтів. Що стосується запобігання та зниження частоти рецидивів після висічення та опромінення келоїдів, повідомлені результати варіювалися від 60% до 80% [22, 23].

Ретроспективні дані лікування симптоматичних хребетних гемангіом підсумовують результат 464 випадків: повне полегшення болю було досягнуто у 57,6%, часткове полегшення болю – у 27,7% всіх пролікованих випадків, а 14,7% залишилося без поліпшення симптомів. Таким чином, загальний рівень відповідей після RT може бути досягнутий 85,3% [24].

Доброякісні мезенхімальні захворювання, при яких іонізувальне випромінювання нерідко дозволяє досить ефективно зупинити прогресування процесу аж до досягнення повного й остаточного вилікування, включають низку непухлинних процесів (хондрома, фіброма, десмоїд, дерматофіброма, гемангіома, гігантоклітинна пухлина кісток, келоїдні рубці тощо). Опубліковане проспективне дослідження EORTC за участю 2238 осіб з агресивним фіброматозом показало, що променева терапія у сумарній дозі 56 Гр ефективна для пацієнтів з неоперабельним прогресуючим захворюванням первинних, рецидивуючих або не повністю резецованих уражень. Хоча характер клінічної відповіді після опромінення був повільним, у довгостроковому аналізі протягом трьох років і більше частота регресії постійно збільшувалася [25].

Оцінка ефективності дистанційної та внутрішньотканинної променевої терапії препаратами радіоактивного золота (^{198}Au) при ревматоїдному артриті може відбуватися через 4–6 міс. після проведеного лікування, а при аденомі гіпофіза, коли одужують 80–85% пацієнтів, ефект променевої терапії розвивається повільно зазвичай протягом двох років, але нерідко досягає максимуму лише через 5–10 років [26].

При обговоренні розвитку можливих променевих ушкоджень особливої уваги заслуговують наукові дослідження застосування ортовольтної променевої терапії у симптоматичному лікуванні остеоартрозу кінцівок. На прикладі лікування значного контингенту хворих із первинним моноартрозом суглобів різних локалізацій було показано, що метод рентгенотерапії малими дозами не призводить до розвитку радіаційно-індукованих пухлин у місцях опромінення, зокрема й до морфологічних змін у шкірі, яка отримувала більшу, ніж безпосередньо патологічний осередок, дозу іонізувального випромінювання. Ці результати були отримані на основі якісного і кількісного морфологічного аналізу біопсій опромінених 12–15 років тому ділянок шкіри у порівнянні з симетричними неопроміненими ділянками, що виключало можливість мікроскопічних пізніх променевих пошкоджень [27]

Radiation therapy resulted in prevention of excessive scarring and good cosmetic results in 4317 patients with keloids, with documented patient satisfaction. Regarding prevention and reduction of recurrence after excision and irradiation of keloids, reported results ranged from 60% to 80% [22, 23].

Retrospective data on the treatment of symptomatic vertebral hemangiomas summarize the outcome of 464 cases: complete pain relief was achieved in 57.6%, partial pain relief in 27.7% of all treated cases, and 14.7% remained without improvement in symptoms. Thus, the overall response rate after RT can be achieved to be 85.3% [24].

Benign mesenchymal diseases, in which ionizing radiation often allows quite effectively to stop the progression of the process until a complete and final cure is achieved, include a number of non-neoplastic processes (chondroma, fibroma, desmoid, dermatofibroma, hemangioma, giant cell tumor of bone, keloid scars, etc.). A published prospective EORTC study involving 2238 people with aggressive fibromatosis showed that radiotherapy at a total dose of 56 Gy is effective for patients with inoperable progressive disease of primary, recurrent or incompletely resected lesions. Although the nature of the clinical response after irradiation was slow, in a long-term analysis for three years and more, the frequency of regression steadily increased [25].

The evaluation of the effectiveness of remote and intratissue radiotherapy with radioactive gold (^{198}Au) preparations in rheumatoid arthritis can occur 4–6 months after the treatment, and in pituitary adenoma, when 80–85% of patients recover, the effect of radiotherapy develops slowly, usually within two years, but often reaches a maximum only after 5–10 years [26].

When discussing the development of possible radiation damage, special attention is deserved by scientific studies of the use of orthovoltage radiotherapy in the symptomatic treatment of osteoarthritis of the extremities. Using the example of the treatment of a significant contingent of patients with primary monoarthrosis of the joints of various localizations, it was shown that the method of low-dose radiotherapy does not lead to the development of radiation-induced tumors in the areas of irradiation, including morphological changes in the skin, which received a dose of ionizing radiation greater than that of the pathological focus itself. These results were obtained on the basis of qualitative and quantitative morphological analysis of biopsies of skin areas irradiated 12–15 years ago in comparison with symmetrical non-irradiated areas, which excluded the possibility of microscopic late radiation damage [27].

ВИСНОВКИ

В цілому ж багаторічний колективний досвід показав високу ефективність променевої терапії при різних захворюваннях неонкологічного профілю, що дозволяє ширше застосовувати її в повсякденній клінічній практиці, навіть не чекаючи ситуації, при якій будуть вичерпані всі сучасні, причому не завжди безпечні для хворого, методи терапевтичного впливу.

Рентгенотерапевтичний метод лікування, спочатку застосовуваний зазвичай після традиційних методів лікування, які не надали очікуваного результату, не обтяжливий і не несе великого ризику для пацієнтів, оскільки на сьогодні достовірно не було зафіксовано гострих або хронічних реакцій на дане лікування, як і взаємозв'язку між проведеною променевою терапією та пізніше виявленими онкологічними захворюваннями.

Загалом нині основним місцем застосування променевої терапії у найближчому майбутньому залишиться онкологія, тобто лікування саме злоякісних новоутворень. Однак картина застосування іонізувальних випромінювань у медицині була б далеко не повною, якби променева терапія непухлинних захворювань залишилася без належної уваги. Тож неонкологічна променева терапія потребує подальшого дослідження та використання в клінічній практиці.

CONCLUSIONS

In general, many years of collective experience have shown the high effectiveness of radiotherapy in various non-oncological diseases, which allows its wider application in everyday clinical practice, without even waiting for a situation in which all modern, and not always safe for the patient, methods of therapeutic influence will be exhausted.

The X-ray therapeutic method of treatment, initially usually used after traditional methods of treatment that did not provide the expected result, is not burdensome and does not carry a high risk for patients, since to date no acute or chronic reactions to this treatment have been reliably recorded, as well as no relationship between the radiation therapy performed and later detected oncological diseases.

In general, the main area of application of radiotherapy in the near future will remain oncology, that is, the treatment of malignant neoplasms. However, the picture of the use of ionizing radiation in medicine would be far from complete if radiotherapy of non-tumor diseases were left without due attention. Therefore, non-oncological radiotherapy requires further research and use in clinical practice.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Garibaldi C., Essers M., Heijmen B., Bertholet J., Koutsouveli E., Schwarz M., et al. The 3rd ESTRO-EFOMP core curriculum for medical physics experts in radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology.* 2022. Vol. 170. P. 89–94. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2022.02.012
2. Sung H., Ferlay J., Siegel R.L., Laversanne M., Soerjomataram I., Jemal A., et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2021. Vol. 71, № 3. P. 209–249. DOI: https://doi.org/10.3322/caac.21660
3. Rühle A., DeLaney T.F. Functional radiotherapy for non-malignant diseases: the potential of ionizing radiation beyond cancer treatment. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026. Vol. 36. P. 1–2. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.11.002
4. Martin J.M., Bajaj G.K., Guckenberger M., Ha T., Jereczek-Fossa B.A., Kriz J., et al. Radiation therapy for nonmalignant diseases: an ASTRO-ESTRO-DEGRO-RANZCR framework. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics.* 2026. Vol. 124, № 3. P. 595–602. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2025.09.036
5. Seegenschmiedt M.H., Micke O., Muecke R., German Cooperative Group on Radiotherapy for Non-malignant Diseases (GCG-BD). Radiotherapy for non-malignant disorders: state of the art and update of the evidence-based practice guidelines. *The British Journal of Radiology.* 2015. Vol. 88, № 1051. P. 20150080. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20150080
6. Ghaznavi H. Effectiveness of low-dose radiation therapy to improve mortality of COVID-19. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology.* 2021. Vol. 147, № 9. P. 2621–2624. DOI: https://doi.org/10.1007/s00432-021-03707-2
7. Jiang Y., Chen P., Liang J., Cai J., Zhang Y., Fan H., et al. Surveillance, epidemiology, and end results database and propensity score matching analysis of postoperative radiotherapy for non-malignant meningioma: a retrospective cohort study. *Cancer Medicine*. 2023. Vol. 12, № 14. P. 15054–15064. DOI: https://doi.org/10.1002/cam4.6177
8. Chew M.T., Daar E., Khandaker M.U., Jones B., Nisbet A., Bradley D.A. Low radiation dose to treat pneumonia and other inflammations. *The British Journal of Radiology*. 2021. Vol. 94, № 1124. P. 20201265. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20201265
9. Nardone V., D'Ippolito E., Grassi R., Sangiovanni A., Gagliardi F., De Marco G., et al. Non-oncological radiotherapy: a review of modern approaches. *Journal of Personalized Medicine*. 2022. Vol. 12, № 10. P. 1677. DOI: https://doi.org/10.3390/jpm12101677
10. Micke O., Oertel M., Muecke R., Eich H.T., Kriz J. 130 years of radiotherapy for nonmalignant diseases: a historical overview. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026. Vol. 36. P. 3–17. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.11.004

REFERENCES

1. Garibaldi C, Essers M, Heijmen B, Bertholet J, Koutsouveli E, Schwarz M, et al. The 3rd ESTRO-EFOMP core curriculum for medical physics experts in radiotherapy. *Radiotherapy and Oncology.* 2022;170:89–94. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2022.02.012
2. Sung H, Ferlay J, Siegel RL, Laversanne M, Soerjomataram I, Jemal A, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2021;71(3):209–49. DOI: https://doi.org/10.3322/caac.21660
3. Rühle A, DeLaney TF. Functional radiotherapy for non-malignant diseases: the potential of ionizing radiation beyond cancer treatment. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026;36:1–2. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.11.002
4. Martin JM, Bajaj GK, Guckenberger M, Ha T, Jereczek-Fossa BA, Kriz J, et al. Radiation therapy for nonmalignant diseases: an ASTRO-ESTRO-DEGRO-RANZCR framework. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2026;124(3):595–602. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2025.09.036
5. Seegenschmiedt MH, Micke O, Muecke R, German Cooperative Group on Radiotherapy for Non-malignant Diseases (GCG-BD). Radiotherapy for non-malignant disorders: state of the art and update of the evidence-based practice guidelines. *The British Journal of Radiology.* 2015;88(1051):20150080. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20150080
6. Ghaznavi H. Effectiveness of low-dose radiation therapy to improve mortality of COVID-19. *Journal of Cancer Research and Clinical Oncology.* 2021;147(9):2621–4. DOI: https://doi.org/10.1007/s00432-021-03707-2
7. Jiang Y, Chen P, Liang J, Cai J, Zhang Y, Fan H, et al. Surveillance, epidemiology, and end results database and propensity score matching analysis of postoperative radiotherapy for non-malignant meningioma: a retrospective cohort study. *Cancer Medicine.* 2023;12(14):15054–64. DOI: https://doi.org/10.1002/cam4.6177
8. Chew MT, Daar E, Khandaker MU, Jones B, Nisbet A, Bradley DA. Low radiation dose to treat pneumonia and other inflammations. *The British Journal of Radiology*. 2021;94(1124):20201265. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20201265
9. Nardone V, D'Ippolito E, Grassi R, Sangiovanni A, Gagliardi F, De Marco G, et al. Non-oncological radiotherapy: a review of modern approaches. *Journal of Personalized Medicine.* 2022;12(10):1677. DOI: https://doi.org/10.3390/jpm12101677
10. Micke O, Oertel M, Muecke R, Eich HT, Kriz J. 130 years of radiotherapy for nonmalignant diseases: a historical overview. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026;36:3–17. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.11.004

11. Cosset J.M., Deutsch E. Irradiation à faible dose des affections non cancéreuses: avons-nous jeté le bébé avec l'eau du bain? *Cancer Radiotherapie*. 2021. Vol. 25, № 3. P. 279–282. DOI: https://doi.org/10.1016/j.canrad.2020.09.002
12. Alépée B., Kaux J.F., Colin G., Piret P. Place de la radiothérapie dans le traitement de la fasciite plantaire. *Revue Médicale de Liège.* 2021. Vol. 76, № 12. P. 855–861
13. Ehret F., Rogers C.L., Fontanesi J., Wilson G.D., Chitti B.S., Starner J., et al. Radiation therapy for non-malignant central nervous system tumors, disorders, and illnesses – current applications and future directions. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026. Vol. 36. P. 77–94. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.08.005
14. de Haan A., Groen H., van Nes J.G.H., Kolff M.W., van der Toorn P.P., Westenberg A.H., et al. An economic evaluation of radiotherapy for patients with symptomatic Ledderhose disease. *Radiotherapy and Oncology*. 2023. Vol. 188. P. 109890. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.109890
15. Alvarez B., Montero A., Hernando O., Ciervide R., Garcia J., Lopez M., et al. Radiotherapy CT-based contouring atlas for non-malignant skeletal and soft tissue disorders: a practical proposal from Spanish experience. *The British Journal of Radiology.* 2021. Vol. 94, № 1124. P. 20200809. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20200809
16. Giraud N., Ortholan C., Quivrin M., Andraud M., Cordoba A., Shaffer R., et al. Radiotherapy: beyond cancer. *Cancer Radiotherapie*. 2025. Vol. 29, № 5–6. P. 104682. DOI: https://doi.org/10.1016/j.canrad.2025.104682
17. Donaubauer A.J., Mogge L., Schubert P., Fietkau R., Ott O.J., Frey B. et al. Biological Effects of Low-Dose Radiation Therapy: From Mechanistic Aspects to Translational Approaches and Challenges. *Seminars in Radiation Oncology*. 2026. Vol. 36. P. 23–38. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.10.001
18. Montero A., Alvarez B. The 5Rs dilemma of radiotherapy for non-malignant diseases: 5Rs to darken OR 5Rs to shine. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy.* 2023. Vol. 28, № 1. P. 74–78. DOI: https://doi.org/10.5603/RPOR.a2023.0001
19. Brand D.H., Kirby A.M., Yarnold J.R., Somaiah N. How low can you go? The radiobiology of hypofractionation. *Clinical Oncology*. 2022. Vol. 34, № 5. P. 280–287. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clon.2022.02.009
20. Mücke R., Seegenschmiedt M.H., Heyd R., Schäfer U., Prott F.J., Glatzel M., et al. Strahlentherapie bei schmerzhafter Kniegelenkarthrose (Gonarthrose): Ergebnisse einer deutschen patterns-of-care-Studie. *Strahlentherapie und Onkologie.* 2010. Vol. 186, № 1. P. 7–17. DOI: https://doi.org/10.1007/s00066-009-1995-7
21. Ott O.J., Niewald M., Weitmann H.D., Jacob I., Adamietz I.A., Schaefer U., et al. DEGRO guidelines for the radiotherapy of non-malignant disorders. Part II: painful degenerative skeletal disorders. *Strahlentherapie und Onkologie.* 2015. Vol. 191, № 1. P. 1–6. DOI: https://doi.org/10.1007/s00066-014-0757-3
22. Lee J.W., Seol K.H. Adjuvant radiotherapy after surgical excision in keloids. *Medicina*. 2021. Vol. 57, № 7. P. 730. DOI: https://doi.org/10.3390/medicina57070730
23. Liu E.K., Cohen R.F., Chiu E.S. Radiation therapy modalities for keloid management: a critical review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery.* 2022. Vol. 75, № 8. P. 2455–2465. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bjps.2022.04.099
24. Pietsch G., Anzeneder T., Bruckbauer H., Zirbs M., Gutermuth J., Hofmann H., et al. Superficial radiation therapy in Peyronie's disease: an effective and well-tolerated therapy. *Advances in Radiation Oncology.* 2018. Vol. 3, № 4. P. 548–551. DOI: https://doi.org/10.1016/j.adro.2018.07.009
25. Keus R.B., Nout R.A., Blay J.Y., de Jong J.M., Hennig I., Saran F., et al. Results of a phase II pilot study of moderate dose radiotherapy for inoperable desmoid-type fibromatosis–an EORTC STBSG and ROG study (EORTC 62991-22998). *Annals of Oncology.* 2013. Vol. 24, № 10. P. 2672–2676. DOI: https://doi.org/10.1093/annonc/mdt254
26. Ahmad I., Nisar H. Dosimetry perspectives in radiation synovectomy. *Physica Medica*. 2018. Vol. 47. P. 64–72. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.02.015
27. Thariat J., Little M.P., Zablotska L.B., Samson P., O'Banion M.K., Leuraud K., et al. Radiotherapy for non-cancer diseases: benefits and long-term risks. *International Journal of Radiation Biology.* 2024. Vol. 100, № 4. P. 505–526. DOI: https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2295966

11. Cosset JM, Deutsch E. Irradiation à faible dose des affections non cancéreuses: avons-nous jeté le bébé avec l'eau du bain? *Cancer Radiotherapie.* 2021;25(3):279–82. DOI: https://doi.org/10.1016/j.canrad.2020.09.002
12. Alépée B, Kaux JF, Colin G, Piret P. Place de la radiothérapie dans le traitement de la fasciite plantaire. *Revue Médicale de Liège*. 2021;76(12):855–61.
13. Ehret F, Rogers CL, Fontanesi J, Wilson GD, Chitti BS, Starner J, et al. Radiation therapy for non-malignant central nervous system tumors, disorders, and illnesses – current applications and future directions. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026;36:77–94. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.08.005
14. de Haan A, Groen H, van Nes JGH, Kolff MW, van der Toorn PP, Westenberg AH, et al. An economic evaluation of radiotherapy for patients with symptomatic Ledderhose disease. *Radiotherapy and Oncology.* 2023;188:109890. DOI: https://doi.org/10.1016/j.radonc.2023.109890
15. Alvarez B, Montero A, Hernando O, Ciervide R, Garcia J, Lopez M, et al. Radiotherapy CT-based contouring atlas for non-malignant skeletal and soft tissue disorders: a practical proposal from Spanish experience. *The British Journal of Radiology.* 2021;94(1124):20200809. DOI: https://doi.org/10.1259/bjr.20200809
16. Giraud N, Ortholan C, Quivrin M, Andraud M, Cordoba A, Shaffer R, et al. Radiotherapy: beyond cancer. *Cancer Radiotherapie*. 2025;29(5–6):104682. DOI: https://doi.org/10.1016/j.canrad.2025.104682
17. Donaubauer AJ, Mogge L, Schubert P, Fietkau R, Ott OJ, Frey B, et al. Biological effects of low-dose radiation therapy: from mechanistic aspects to translational approaches and challenges. *Seminars in Radiation Oncology.* 2026;36:23–38. DOI: https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2025.10.001
18. Montero A, Alvarez B. The 5Rs dilemma of radiotherapy for non-malignant diseases: 5Rs to darken OR 5Rs to shine. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy.* 2023;28(1):74–8. DOI: https://doi.org/10.5603/RPOR.a2023.0001
19. Brand DH, Kirby AM, Yarnold JR, Somaiah N. How low can you go? The radiobiology of hypofractionation. *Clinical Oncology.* 2022;34(5):280–7. DOI: https://doi.org/10.1016/j.clon.2022.02.009
20. Mücke R, Seegenschmiedt MH, Heyd R, Schäfer U, Prott FJ, Glatzel M, et al. Strahlentherapie bei schmerzhafter Kniegelenkarthrose (Gonarthrose): Ergebnisse einer deutschen patterns-of-care-Studie. *Strahlentherapie und Onkologie*. 2010;186(1):7–17. DOI: https://doi.org/10.1007/s00066-009-1995-7
21. Ott OJ, Niewald M, Weitmann HD, Jacob I, Adamietz IA, Schaefer U, et al. DEGRO guidelines for the radiotherapy of non-malignant disorders. Part II: painful degenerative skeletal disorders. *Strahlentherapie und Onkologie.* 2015;191(1):1–6. DOI: https://doi.org/10.1007/s00066-014-0757-3
22. Lee JW, Seol KH. Adjuvant radiotherapy after surgical excision in keloids. *Medicina*. 2021;57(7):730. DOI: https://doi.org/10.3390/medicina57070730
23. Liu EK, Cohen RF, Chiu ES. Radiation therapy modalities for keloid management: a critical review. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery.* 2022;75(8):2455–2465. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bjps.2022.04.099
24. Pietsch G, Anzeneder T, Bruckbauer H, Zirbs M, Gutermuth J, Hofmann H, et al. Superficial radiation therapy in Peyronie's disease: an effective and well-tolerated therapy. *Advances in Radiation Oncology.* 2018;3(4):548–551. DOI: https://doi.org/10.1016/j.adro.2018.07.009
25. Keus RB, Nout RA, Blay JY, de Jong JM, Hennig I, Saran F, et al. Results of a phase II pilot study of moderate dose radiotherapy for inoperable desmoid-type fibromatosis–an EORTC STBSG and ROG study (EORTC 62991-22998). *Annals of Oncology.* 2013;24(10):2672–2676. DOI: https://doi.org/10.1093/annonc/mdt254
26. Ahmad I, Nisar H. Dosimetry perspectives in radiation synovectomy. *Physica Medica*. 2018;47:64–72. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.02.015
27. Thariat J, Little MP, Zablotska LB, Samson P, O'Banion MK, Leuraud K, et al. Radiotherapy for non-cancer diseases: benefits and long-term risks. *International Journal of Radiation Biology.* 2024;100(4):505–526. DOI: https://doi.org/10.1080/09553002.2023.2295966

Обмеження дослідження

Limitations of the study

Автори рукопису свідомо засвідчують, що обмеження цього огляду зумовлені як попередньо окресленими рамками тематики, часових періодів і типів досліджень, так і доступністю джерел. Пошукова стратегія охоплювала англомовну базу PubMed (Національна медична бібліотека США), репозиторію Europe PubMed Central, а також портал German Medical Science із визначеними датами індексації. Включені роботи відрізнялися за дизайном і методологічною якістю; у частини досліджень ризик упередженості був підвищеним, а міждослідницька варіабельність показників залишалася істотною, що знижує внутрішню валідність сукупних оцінок

The authors of the manuscript consciously acknowledge that the limitations of this review are due to both the previously outlined framework of topics, time periods and types of studies, and the availability of sources. The search strategy covered the English-language PubMed database (US National Library of Medicine), the Europe PubMed Central repository, and the German Medical Science portal with specified indexing dates. The included works varied in design and methodological quality; in some studies, the risk of bias was increased, and inter-study variability of indicators remained significant, which reduces the internal validity of the aggregated estimates and limits the

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

і обмежує узагальнюваність висновків на інші популяції та клінічні контексти. Для зменшення зазначених впливів застосовано незалежний подвійний відбір та вилучення даних, розширені комбінації ключових слів і логічних операторів.

generalizability of the conclusions to other populations and clinical contexts. To reduce these influences, independent double selection and data extraction, expanded combinations of keywords and logical operators were used.

Перспективи подальших досліджень / Prospects for further research

Перспективи досліджень зосереджені на вивченні імуномодулювальних ефектів низькодозової терапії для зупинки хронічних запалень суглобів та дегенеративних процесів. Головна мета майбутніх робіт – стандартизація безпечних протоколів, які мінімізують ризики для пацієнтів при значному покращенні їхньої якості життя.

Research prospects focus on studying the immunomodulatory effects of low-dose therapy to stop chronic joint inflammation and degenerative processes. The main goal of future work is to standardize safe protocols that minimize risks for patients while significantly improving their quality of life.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Всі автори подали до редакції заповнену Єдину форму розкриття конфлікту інтересів Міжнародного комітету редакторів медичних журналів «ICMJE» (International Committee of Medical Journal Editors), яка доступна за посиланням:
http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/
Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи з фармацевтичними компаніями, виробниками біомедичних пристроїв, іншими організаціями, чиї продукти, послуги, фінансова підтримка можуть бути пов'язані з предметом наданих матеріалів або які спонсорували проведені дослідження.

All authors submitted to the editorial office a completed Unified Conflict of Interest Disclosure Form of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), which is available at the link:
http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/
The authors of the manuscript consciously declare that there is no actual or potential conflict of interest regarding the results of this work with pharmaceutical companies, biomedical device manufacturers, other organizations whose products, services, financial support may be related to the subject of the materials provided, or who sponsored the research conducted.

Дотримання етичних норм / Ethics statement

Автори рукопису свідомо засвідчують, що підготовка рукопису здійснювалась виключно на основі відкрито опублікованих наукових джерел. У роботі не використовувались персоніфіковані дані пацієнтів, результати первинних клінічних або доклінічних досліджень. У зв'язку з цим отримання схвалення комісії з питань біоетики не вимагалось. Дослідження виконане з дотриманням принципів належної наукової практики та відповідно до міжнародних етичних стандартів, зокрема рекомендацій Комітету з публікаційної етики «COPE» (Committee on Publication Ethics).

The authors of the manuscript consciously certify that the preparation of the manuscript was carried out exclusively on the basis of openly published scientific sources. The work did not use personalized patient data, the results of primary clinical or preclinical studies. In this regard, obtaining approval from the bioethics committee was not required. The study was performed in compliance with the principles of good scientific practice and in accordance with international ethical standards, in particular the recommendations of the Committee on Publication Ethics «COPE» (Committee on Publication Ethics).

Використання штучного інтелекту / Use of artificial intelligence

Автори рукопису свідомо засвідчують, що у процесі проведення дослідження та підготовки цього рукопису не використовували жодних інструментів або сервісів генеративного штучного інтелекту для виконання будь-яких завдань, перелічених у Таксономії делегування завдань генеративному штучному інтелекту «GAIDeT» (Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy, 2025 р.). Усі етапи роботи – від концептуалізації до фінального редагування – виконані без залучення генеративного штучного інтелекту, виключно авторами.

The authors of the manuscript consciously certify that in the process of conducting the research and preparing this manuscript, they did not use any generative artificial intelligence tools or services to perform any tasks listed in the Generative Artificial Intelligence Delegation Taxonomy (GAIDeT, 2025). All stages of the work – from conceptualization to final editing – were performed without the involvement of generative artificial intelligence, exclusively by the authors.

Первинні дані та матеріали / Data availability statement

Автори рукопису свідомо засвідчують, що первинна медична документація (історії хвороби, амбулаторні картки, протоколи обстежень, результати лабораторних та інструментальних досліджень конкретних пацієнтів) та статистичні бази даних у роботі не використовувалися. Усі твердження та узагальнення підкріплені посиланнями на першоджерела, доступні у відкритому доступі або через наукові бібліотечні ресурси. Додаткові матеріали, що стосуються процесу відбору джерел чи деталізації методології аналізу, можуть бути надані автором-кореспондентом за обґрунтованим запитом.

The authors of the manuscript consciously certify that primary medical documentation (case histories, outpatient cards, examination protocols, results of laboratory and instrumental studies of specific patients) and statistical databases were not used in the work. All statements and generalizations are supported by references to primary sources, available in the open access or through scientific library resources. Additional materials related to the process of source selection or detailing the analysis methodology can be provided by the corresponding author upon reasonable request.

ISSN 2708-7166 (Print)
ISSN 2708-7174 (Online)

Інформація про фінансування

Фінансування видатками Державного бюджету України.
Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» «Визначити роль інгібіторів NF-kB у підвищенні ефективності хіміопроменевої терапії при аденокарциномі прямої кишки та плоскоклітинному раку голови та шиї», номер державної реєстрації: 0125U003184, шифр теми: НАМН.01.26, прикладна, термін виконання 2026–2028 рр., керівники – доктор медичних наук, професор В.П. Старенький, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Н.А. Мітряєва.

Funding information

Funded by the State Budget of Ukraine. This article is a part of the planned research work of the State of Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» titled: «To determine the role of NF-kB inhibitors in increasing the effectiveness of chemoradiotherapy for rectal adenocarcinoma and head and neck squamous cell carcinoma», State Registration Number: 0125U003184, NAMS Code 01.26, applied research, completion date: 2026–2028, project leads – Doctor of Medical Sciences, Professor V.P. Starenkyi; Doctor of Biological Sciences, Senior Researcher N.A. Mitriaieva.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Немальцова Катерина Володимирівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, лікар-онколог, променевий терапевт Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: nemaltsova.ekaterina@gmail.com
моб.: +38 (098) 972-79-85
Внесок автора: *аналіз літературних джерел, написання тексту статті.*

Колпак Ксенія Олександрівна – лікар-радіолог відділення радіаційної онкології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: ksemenenkoa@ukr.net
моб.: +38 (095) 847-82-11
Внесок автора: *пошук та опрацювання наукових публікацій за темою статті, коригування рукопису статті.*

Шустов Ігор Борисович – лікар-радіолог відділення радіаційної онкології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: igorshustov52@gmail.com
моб.: +38 (099) 278-66-52
Внесок автора: *формулювання актуальності, мети та висновків статті, коригування рукопису статті.*

Шуміло Андрій Олегович – лікар з променевої терапії відділення радіаційної онкології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Григорія Сковороди, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: andrejsumilo086@gmail.com
моб.: +38 (050) 972-04-88
Внесок автора: *аналіз інформації, коригування рукопису статті.*

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nemaltsova Kateryna Volodymyrivna – Candidate of Medical Sciences, senior researcher, oncologist, radiation therapist of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail: nemaltsova.ekaterina@gmail.com
tel.: +38 (098) 972-79-85
Authors contribution: *search and analysis of literary sources, writing a manuscript.*

Kolpak Kseniya Oleksandrivna – radiologist of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail: ksemenenkoa@ukr.net
tel.: +38 (095) 847-82-11
Authors contribution: *search and processing of scientific publications on the topic of the article, correction of the article manuscript.*

Shustov Igor Borysovych – radiologist of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail: igorshustov52@gmail.com
tel.: +38 (099) 278-66-52
Authors contribution: *formulating the relevance, purpose and conclusions of the article, correcting the manuscript of the article.*

Shumilo Andriy Olegovych – radiation therapist of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail: andrejsumilo086@gmail.com
tel.: +38 (050) 972-04-88
Authors contribution: *information analysis, editing of the article manuscript.*

Рукопис надійшов *Manuscript was received* 03.02.2026	Отримано після рецензування *Received after review* 27.02.2026	Прийнято до друку *Accepted for printing* 17.03.2026	Опубліковано *Published* 31.03.2026