

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.105-122>
УДК: 616.5-001.27:001.891.32



Радіаційно-індукований дерматит: огляд сучасних уявлень

Красносельський М.В., <https://orcid.org/0000-0001-5329-5533>, e-mail: medrad20@ukr.net
Артамонова Н.О., <https://orcid.org/0000-0003-4895-8472>, e-mail: artamonovan@ukr.net
Павліченко Ю.В., <https://orcid.org/0000-0002-3817-3404>, e-mail: pavyuliana@ukr.net

Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва
Національної академії медичних наук України», Харків, Україна

Radiation-induced dermatitis: a review of current understanding

Krasnoselskyi M.V., <https://orcid.org/0000-0001-5329-5533>, e-mail: medrad20@ukr.net
Artamonova N.O., <https://orcid.org/0000-0003-4895-8472>, e-mail: artamonovan@ukr.net
Pavlichenko Yu.V., <https://orcid.org/0000-0002-3817-3404>, e-mail: pavyuliana@ukr.net

State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology
of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

Ключові слова:

радіаційно-індуковані променеві дерматити, променева терапія, рак грудної залози, рак голови та шиї, бібліометричний аналіз, огляд літератури.

Для кореспонденції:

Артамонова Неоніла Олегівна
Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», група наукового аналізу і моніторингу інтелектуальної власності;
вул. Григорія Сковороди, буд. 82,
м. Харків, Україна, 61024;
e-mail: artamonovan@ukr.net

© Красносельський М.В.,
Артамонова Н.О.,
Павліченко Ю.В., 2024

РЕЗЮМЕ

Актуальність. Профілактика і лікування радіаційно-індукованого променевого дерматиту (РІПД), який значно погіршує якість життя хворих після променевої терапії (ПТ), є значною проблемою сьогодення. Важливість цієї проблеми підкреслюється також і тим, що незважаючи на існування низки клінічних рекомендацій, розроблених провідними міжнародними організаціями щодо лікування променевого дерматиту та хронічної шкірної токсичності, існує високий ступінь розбіжностей між ними, що потребує проведення подальших досліджень.

Мета роботи. Оцінити стан та сучасні уявлення розвитку технологій профілактики та лікування радіаційних променевих дерматитів.

Матеріали та методи. Проведено огляд літератури, який базується на масиві цифрових публікацій, знайдених у світових ресурсах Scopus та Web of Science Core Collection за 2019–2023 рр. Стратегія пошуку базувалася на використанні таких ключових термінів: «radiation dermatitis», «radiodermatitis», «radiation-induced dermatitis» з обмеженням за фільтрами «роки», «медицина» та «статті».

Результати та їх обговорення. Проведено систематизацію інформації щодо термінології «радіаційно-індукований променевий дерматит», фактори ризику виникнення РІПД, деякі погляди на механізми, пов'язані з їх виникненням, та сучасні уявлення про їх профілактику та лікування. Встановлені провідні країни – США та Китай, провідні наукові установи – Institut Curie, Франція; The University of Texas MD Anderson Cancer Center, США; German Cancer Research Center і Universitätsklinikum Bonn, Німеччина, та University of Toronto й Sunnybrook Health Sciences Centre, Канада, та їх наукова тематика. Оцінено цитування публікацій як показник значущості наукових досліджень. Відзначено найбільш інформативні наукові комунікаційні засоби (Radiation Oncology, Frontiers in Oncology, International Journal of Radiation Oncology Biology Physic).

Висновки. Оцінюючи сучасний стан проблеми РІПД, більшість дослідників висловлюють думку, що незважаючи на високу актуальність питань профілактики та лікування променевих дерматитів, досі немає стандартних підходів до вибору оптимальних схем їх лікування. Проведений огляд сучасних уявлень з використанням бібліометричного інструментарію дозволив встановити провідні країни, наукові установи та найбільш цитовані публікації щодо питань РІПД. Виділення трьох провідних комунікаційних засобів, тобто наукових джерел, які активно транслюють інформацію про інноваційні засоби профілактики та лікування РІПД, дозволять не тільки скоротити кількість інформації для ознайомлення, але й обрати для себе провідні джерела, в яких можна опублікувати результати своїх досліджень.

Для цитування:

Красносельський М.В., Артамонова Н.О., Павліченко Ю.В. Радіаційно-індукований дерматит: огляд сучасних уявлень. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2024. Т. 32. № 1. С. 105–122. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.105-122>

Key words:

radiation-induced dermatitis, radiation therapy, breast cancer, head and neck cancer, bibliometric analysis.

For correspondence:

Artamonova Neonila Olehivna
State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», group of scientific analysis and monitoring of intellectual property;
82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;
e-mail: artamonovan@ukr.net

© Krasnoselskyi M.V., Artamonova N.O., Pavlichenko Yu.V., 2024

ABSTRACT

Background. Prevention and treatment of radiation-induced dermatitis that occurs after radiation therapy (RT) significantly impairs the quality of life of patients, among which the most severe are pain and discomfort caused by radiation dermatitis (RD).

Purpose. Assess the condition and modern ideas of the development of technologies of prevention and treatment of radiation-induced dermatitis.

Materials and Methods. A literature review based on massive digital publications found in the world resources of Scopus and Web of Science Core Collection for 2019–2023. With restrictions on the filters «Years», «Medicine» and «Articles».

Results. Information on the terminology «radiation-induced dermatitis», risk factors for RD, some views on the mechanisms associated with their occurrence, and current ideas about their prevention and treatment were systematized. The leading countries – USA and China, leading scientific institutions – (Institut Curie, France; The University of Texas MD Anderson Cancer Center, USA; German Cancer Research Center and Universitätsklinikum Bonn, Germany, and University of Toronto and Sunnybrook Health Sciences Center, Canada, and their scientific topics were identified.

Conclusion: The bibliometric analysis of current ideas about the prevention and treatment of RD allowed us to assess the current state and contribution of leading countries and scientific organizations to the development of innovative technologies for the prevention and treatment of RID. The most cited publications were identified, which indicates their high importance and the availability of a wide range of modern tools aimed at reducing and alleviating the manifestations of RD. In the future, it is desirable to create high-quality systematic reviews that will substantiate standardized, best practices for the prevention and treatment of RD for clinical use.

For citation:

Krasnoselskyi MV, Artamonova NO, Pavlichenko YV. Radiation-induced dermatitis: a review of current understanding. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2024;32(1):105–122. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2024.105-122>

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Стаття є фрагментом планової науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» «Визначення факторів прогнозу та індивідуалізація комплексного лікування пізніх променевих ушкоджень», номер державної реєстрації 0118U001712, прикладна, термін виконання: 2019–2021 рр., керівник – директор Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», доктор медичних наук, професор М.В. Красносельський.

Relationship with academic programs, plans and themes

The article is a segment of the planned scientific research work of the State Institution «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» on «Determination of the factors of prognosis and individualization of complex treatment of late radiation damages», state registration number 0118U001712, applied research, scheduled for 2019–2021, is led by the director of the State Institution «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Doctor of Medical Sciences, Professor M.V. Krasnoselskyi.

ВСТУП

Променева терапія (ПТ) залишається важливим компонентом лікування раку: майже 70% хворих на рак отримують ПТ [1–3].

Однак вплив іонізуючого випромінювання неминує спричиняє супутнє пошкодження здорових тканин, що викликає високу частоту радіаційних реакцій шкіри у пацієнтів, які перенесли локальне опромінення шкіри, зокрема радіаційно-індуковані променеві дерматити (РІПД). Радіаційно-індукована шкірна реакція (РІШР) є одним з основних побічних ефектів. Гострі РІШР можуть мати тяжкі наслідки, що впливають на якість життя та прогрес лікування раку [4].

Шкіра є особливо радіочутливою, і у понад 95% пацієнтів, які отримують ПТ, розвиваються шкірні реакції від помірних до тяжких [5, 6]. Згідно з дослідженням J. Wei та свіавт. [7] у 90% пацієнтів

INTRODUCTION

Radiation therapy (RT) remains an important component of cancer treatment: nearly 70% of cancer patients receive RT [1–3].

However, exposure to ionizing radiation inevitably causes concomitant damage to healthy tissues, which causes a high incidence of skin radiation reactions in patients who have undergone localized skin irradiation, in particular radiation-induced dermatitis (RID). Radiation-induced skin reaction (RISR) is one of the main side effects. Acute RISRs can have severe consequences that affect the quality of life and progress of cancer treatment [4].

The skin is particularly radiosensitive, and more than 95% of patients receiving RT develop moderate to severe skin reactions [5, 6]. According to a study by J. Wei et al [7], 90% of patients after RT developed

після ПТ виникла постійна еритема, а у 30% пацієнтів – волога десквамація. Слід зазначити, що гострі та хронічні форми променевого дерматиту (ПД) можуть мати тяжкі наслідки, які впливають на якість життя та прогрес у лікуванні раку. Серед яких найбільш тяжкими є біль і дискомфорт, викликані променевим дерматитом.

Отже, профілактика і лікування ПД, який значно погіршує якість життя хворих після ПТ, є значною проблемою сьогоднішнього дня. Важливість цієї проблеми підкреслюється також і тим, що незважаючи на існування низки клінічних рекомендацій для лікування ПД та хронічної шкірної токсичності, розроблених такими організаціями, як: Multinational Association of Supportive Care in Cancer (MASCC) [8], British Columbia Cancer Agency (BCCA) [9], Cancer Care Manitoba (CCMB) [10, 11], Oncology Nursing Society (ONS) [12, 13], The Society and College of Radiographers (SCoR) [14] та International Society of Nurses in Cancer Care (ISNCC) [15, 16], існує високий ступінь розбіжностей між ними, що потребує проведення подальших досліджень [17]. Незважаючи на те, що зараз для лікування ПД використовується безліч різних стратегій, між ними немає консенсусу, а рекомендації щодо профілактики та лікування радіаційних уражень шкіри протягом останніх 10 років практично не змінилися [18].

Саме тому робота спрямована на дослідження стану питань профілактики та лікування променевого дерматиту.

Мета роботи. Оцінити стан та сучасні уявлення розвитку технологій профілактики та лікування радіаційних променевого дерматитів.

persistent erythema, and 30% of patients developed wet desquamation. It should be noted that acute and chronic forms of radiation dermatitis (RD) can have severe consequences that affect the quality of life and progress in cancer treatment. Among them, the most severe are the pain and discomfort caused by radiation dermatitis.

Thus, the prevention and treatment of RD, which significantly worsens the quality of life of patients after radiation therapy, is a significant problem today. The importance of this problem is also emphasized by the fact that despite the existence of a number of clinical guidelines for the treatment of RD and chronic skin toxicity developed by organizations such as: Multinational Association of Supportive Care in Cancer (MASCC) [8], British Columbia Cancer Agency (BCCA) [9], Cancer Care Manitoba (CCMB) [10, 11], Oncology Nursing Society (ONS) [12, 13], The Society and College of Radiographers (SCoR) [14] and International Society of Nurses in Cancer Care (ISNCC) [15, 16], there is a high degree of discrepancy between them, which requires further research [17]. Despite the fact that many different strategies are currently used to treat RD, there is no consensus among them, and recommendations for the prevention and treatment of radiation skin lesions have not changed much over the past 10 years [18].

That is why the work is aimed at studying the state of the art of prevention and treatment of radiation dermatitis.

Purpose. To assess the condition and modern ideas of the development of technologies of prevention and treatment of radiation-induced dermatitis.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

MATERIALS AND METHODS

Дослідження проведено з використанням наукових цифрових ресурсів

Scopus (<https://www.scopus.com/>),

Web of Science Core Collection

(<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>),

PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>).

Вони забезпечують вичерпний огляд результатів світових досліджень у різних галузях науки та пропонують інтелектуальні засоби відстеження, аналізу та візуалізації знайдених документів. Аналіз проведено за період 2019–2023 рр., станом на 01.01.2024 р.

Стратегія пошуку базувалася на використанні таких ключових термінів: «radiation dermatitis», «radio-dermatitis», «radiation-induced dermatitis» з обмеженням за фільтрами «роки», «медицина» та «статті». Результати проведення пошуку наведено у таблиці 1.

The research was conducted using scientific digital resources

Scopus (<https://www.scopus.com/>),

Web of Science Core Collection

(<https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>),

PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>).

These platforms provide a comprehensive overview of the results of global research in various fields of science and offer intelligent tools for tracking, analyzing, and visualizing found documents. The analysis was conducted for the period 2019–2023, as of 01.01.2024.

The search strategy was based on the use of the following key terms: «radiation dermatitis», «radio-dermatitis», «radiation-induced dermatitis» with filters limited to «years», «medicine» and «articles». The search results are presented in Table 1.

Таблиця 1. Результати пошуку у базах даних WoS та Scopus
Table 1. Search results in the WoS and Scopus databases

Пошукові терміни Key terms	Кількість документів / Number of documents 2019–2023	
	WoS	Scopus
Radiation dermatitis	661	1248
Radiodermatitis	131	334
Radiation-induced dermatitis	94	268

Як бачимо, за усіма термінами більше публікацій у цифровому ресурсі Scopus за 2019–2023 рр. ніж у WoS. Саме тому для подальшого аналізу було обрано 268 публікацій із Scopus. Бібліометричний аналіз проведено за кількісними наукометричними показниками Scopus, зокрема за динамікою публікацій, розподілу публікацій за країнами, авторами, організаціями, цитуванням публікації та іншими. Окремо аналізували відібрані тексти публікацій. За необхідністю пошук уточнювали за БД PubMed. Окремо із відібраного масиву публікацій було виключено дублі публікацій. Далі вивчалися реферати та повні тексти відібраних статей для оцінки сучасного стану проблеми профілактики та лікування ПД.

As we can see, by all terms, there are more publications in the Scopus digital resource for 2019–2023 than in WoS. That is why 268 publications from Scopus were selected for further analysis. The bibliometric analysis was carried out using quantitative scientometric indicators of Scopus, in particular, the dynamics of publications, distribution of publications by country, authors, organizations, citations, etc. Selected texts of publications were analyzed separately. If necessary, the search was refined using the PubMed database. Duplicate publications were excluded from the selected set of publications. Next, abstracts and full texts of the selected articles were studied to assess the current state of the problem of prevention and treatment of RD.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

RESULTS AND DISCUSSION

Визначення термінів

Загальновідомими є такі поняття як променевий дерматит, постпроменевий дерматит, радіаційно-індукований дерматит. Поняття «променевий дерматит» (також відомий як радіодерматит) трактують як шкірне захворювання, пов'язане з тривалим впливом іонізуючого випромінювання. Цей вид дерматиту не обов'язково пов'язаний з променевою терапією, оскільки він може утворюватися від будь-якого радіаційного впливу на людину [19].

Згідно з «Класифікатором хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я» (НК 025:2021, L58) [20] ураження шкіри та підшкірної клітковини, пов'язані з опромінюванням, поділяють на кілька форм, зокрема радіаційний променевий дерматит, який в свою чергу поділяють на гострий радіаційний дерматит, хронічний радіаційний дерматит та радіаційний дерматит, неуточнений. Радіаційний дерматит може бути різних стадій: ураження легкого, середнього, тяжкого та вкрай тяжкого ступеня. Вони також мають різні прояви ускладнень. Залежно від ступеня тяжкості ускладнення можуть бути такі: некрози, інфікування, пізня променева виразка, фіброз.

Радіаційно-індуковані променеві дерматити часто оцінюються як гострі та хронічні, які класифікуються за шкалою від 1 до 4 на основі загальних термінологічних критеріїв небажаних явищ [21]:

ступінь 1 – зміни включають суху десквамацію з генералізованою еритемою;

ступінь 2 – включають виражену еритему або плямисту вологу десквамацію;

ступінь 3 – зміни включають велику вологу десквамацію позашкірних складок;

ступінь 4 – зміни включають виразки, кровотечі та некроз шкіри.

Гострі РІПД зазвичай розвиваються протягом 90 днів після початку ПТ, і ступінь тяжкості клінічних проявів збільшується протягом кількох тижнів після закінчення лікування. Клінічно РІПД характеризуються широким спектром симптомів, таких як еритема, набряки, десквамація, пігментація, фіброз і виразка шкірних шарів.

Хронічні радіаційно-індуковані реакції шкіри включають хронічні виразки та рани, телеангіектазії, вторинний рак шкіри та радіаційно-індукований кератоз [21].

Definition of terms

Such terms as radiation dermatitis, post-radiation dermatitis, and radiation-induced dermatitis are well known. The term «radiation dermatitis» (also known as radiodermatitis) is interpreted as a skin disease associated with prolonged exposure to ionizing radiation. This type of dermatitis is not necessarily associated with radiation therapy, as it can occur from any radiation exposure to humans [19].

According to the Classification of Diseases and Related Health Problems (NK 025:2021, L58) [20], radiation-related skin and subcutaneous tissue lesions are divided into several forms, including radiation dermatitis, which is divided into acute radiation dermatitis, chronic radiation dermatitis, and unspecified radiation dermatitis. Radiation dermatitis can be of different stages: mild, moderate, severe, and extremely severe. They also have different manifestations of complications. Depending on the severity, complications may include necrosis, infection, late radiation ulcer, and fibrosis.

Radiation-induced dermatitis is often assessed as acute and chronic, which are classified on a scale from 1 to 4 based on common terminological criteria for adverse events [21]:

Grade 1 – changes include dry desquamation with generalized erythema;

Grade 2 – changes include severe erythema or patchy wet desquamation;

Grade 3 – changes include extensive moist desquamation of the extracutaneous folds;

Grade 4 – changes include ulceration, bleeding, and skin necrosis.

Acute RID usually develops within 90 days after the start of RT, and the severity of clinical manifestations increases within a few weeks after the end of treatment. Clinically, RIDs are characterized by a wide range of symptoms, such as erythema, edema, desquamation, pigmentation, fibrosis, and ulceration of the skin layers.

Chronic radiation-induced skin reactions include chronic ulcers and wounds, telangiectasias, secondary skin cancer, and radiation-induced keratosis [21].

Features of clinical manifestations of RID are determined based on the severity of the processes at each stage [22], and they range from minimal degenerative changes in epidermal germ cells to necrosis.

Особливості клінічних проявів РІПД визначаються, виходячи зі ступеня вираженості процесів на кожному етапі [22], а ті варіюють від мінімальних дегенеративних змін в епідермальних зародкових клітинах до некрозу.

З урахуванням неоднорідності клінічних проявів радіодерматиту для стандартизації визначення ступенів їх тяжкості використовують міжнародні критерії Toxicity criteria of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG), The European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) і Національного інституту раку США (Common Terminology Criteria for Adverse Events v5.0-CTCAE V5.0) [23, 24].

Відомо, що перші ранні зміни шкіри відбуваються протягом 1–4 тижнів з початку ПТ та зберігаються протягом періоду лікування [25]. А прояви радіодерматиту виникають у формі еритеми (оцінка I відповідно до шкали EORTC/RTOG), потім з'являється сухе відлущування (II ступеня відповідно до шкали EORTC/RTOG). Наступним етапом є мокре відлущування (III оцінка відповідно до шкали EORTC/RTOG). Іноді існують серйозні ураження шкіри у формі виразок (IV оцінка відповідно до шкали EORTC/RTOG). Фаза вологого відлущування та виразки (тяжкість реакції III і IV) часто супроводжується бактеріальною та грибовою інфекціями [26].

Фактори ризику виникнення променевого дерматиту

Оскільки при зовнішньому опромінуванні шкіра і підшкірна клітковина зазвичай отримують найзначнішу поглинуту дозу, саме вони найчастіше отримують радіаційні ураження. Дія радіації на шкіру залежить від рівня дози, її потужності й фракціонування, а також виду випромінювання.

На думку М.І. Пилипенка [27] в основі розвитку променевишкоджень шкіри лежать такі фактори як: дія радіації на клітини; пригнічення регенераторних процесів; порушення місцевого крово- і лімфообігу, мікроциркуляції, згортальної системи крові; дегенерація нервових закінчень та волокон; загибель та заміщення клітин гіалінізованою сполучною тканиною; імунні реакції та механізми алергії. Автор запропонував такий поділ факторів ризику: внутрішніми факторами підвищення ризику розвитку ПД можуть стати хронічні запальні процеси; алергія будь-якого походження; шкірні захворювання; ожиріння; виснаження; ендокринні захворювання (цукровий діабет, хвороби щитоподібної залози з порушенням її функції тощо); захворювання нирок; анемія; зневоднення та порушення периферійного кровообігу.

Деякі погляди на механізми, пов'язані з радіаційно-індукованими шкірними реакціями (РІШР)

Слід зупинитися на огляді деяких механізмів, які зумовлюють вибір стратегії лікування ПД, та обговорюються практично у кожній статті на цю тематику [7, 28–30].

Під час проведення ПТ вплив іонізуючого випромінювання на шкіру призводить до прямого клітинного пошкодження і розвитку запального процесу. Після підведення дози ПТ відбувається пошкодження базальних клітин епідермісу, ендотеліальних клітин судин та ін. Кожна наступна фракція ПТ запускає розвиток запальної реакції в епідермісі та дермісі.

Taking into account the heterogeneity of clinical manifestations of radiodermatitis, the international criteria Toxicity criteria of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG), The European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC) and the US National Cancer Institute (Common Terminology Criteria for Adverse Events v5.0-CTCAE V5.0) are used to standardize the determination of their severity [23, 24].

It is known that the first early skin changes occur within 1–4 weeks from the start of RT and persist during the treatment period [25]. And the manifestations of radiodermatitis occur in the form of erythema (grade I according to the EORTC/RTOG scale), followed by dry exfoliation (grade II according to the EORTC/RTOG scale). The next step is wet exfoliation (grade III according to the EORTC/RTOG scale). Sometimes there are serious skin lesions in the form of ulcers (grade IV according to the EORTC/RTOG scale). The phase of wet exfoliation and ulceration (reaction severity III and IV) is often accompanied by bacterial and fungal infections [26].

Risk factors for radiation dermatitis

Since the skin and subcutaneous tissue usually receive the most significant absorbed dose during external irradiation, they are the most commonly affected by radiation damage. The effect of radiation on the skin depends on the dose level, its power and fractionation, as well as the type of radiation.

According to M. I. Pylypenko [27], the development of radiation damage to the skin is based on the following factors: radiation effect on cells; inhibition of regenerative processes; disorders of local blood and lymph circulation, microcirculation, and blood coagulation; degeneration of nerve endings and fibers; cell death and replacement by hyalinated connective tissue; immune reactions and allergy mechanisms. The author proposed the following division of risk factors: internal factors that increase the risk of developing RD may include chronic inflammatory processes; allergies of any origin; skin diseases; obesity; exhaustion; endocrine diseases (diabetes mellitus, thyroid diseases with impaired thyroid function, etc.); kidney disease; anemia; dehydration and peripheral circulatory disorders.

Some views on the mechanisms associated with radiation-induced skin reactions (RISR)

It is worthwhile to review some of the mechanisms that determine the choice of RD treatment strategy and are discussed in almost every article on this topic [7, 28–30].

During radiotherapy, the effect of ionizing radiation on the skin leads to direct cellular damage and the development of an inflammatory process. After the radiation dose is delivered, basal epidermal cells, vascular endothelial cells, etc. are damaged. Each subsequent fraction of radiation therapy triggers the development of an inflammatory reaction in the epidermis and dermis.

На думку Wei J. [7] зі співавт., як правило, з виникненням РІПД пов'язують запалення та оксидативний стрес, оскільки вони взаємодіють і сприяють один одному під час виникнення ПД. Ранню запальну відповідь на опромінення переважно викликають цитокіни IL-1, IL-3, IL-5, IL-6, IL-8 і фактор некрозу пухлини α (TNF- α), рецепторна тирозинкіназа і молекули адгезії (молекули міжклітинної адгезії 1 (ICAM-1), E-селектин і білок адгезії судинних клітин. Окисно-відновні реакції відіграють ключову роль у патогенезі ранніх та пізніх шкірних небажаних реакцій ПТ. У результаті впливу іонізуючого випромінювання відбувається радіоліз води з утворенням активних форм кисню (Reactive Oxygen Species, ROS) та активних форм азоту (Reactive Nitrogen Species, RNS), відповідальних за пошкодження нормальних тканин (рис. 1) [7, 21].

According to Wei J. [7] et al. as a rule, inflammation and oxidative stress are associated with the occurrence of RIRD, as they interact and contribute to each other during the occurrence of RD. The early inflammatory response to radiation is mainly caused by the cytokines IL-1, IL-3, IL-5, IL-6, IL-8 and tumor necrosis factor α (TNF- α), receptor tyrosine kinase and adhesion molecules (intercellular adhesion molecules 1 (ICAM-1), E-selectin and vascular cell adhesion protein). Redox reactions play a key role in the pathogenesis of early and late skin adverse reactions of radiotherapy. As a result of exposure to ionizing radiation, water radiolysis occurs with the formation of reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species (RNS) responsible for damage to normal tissues (Fig. 1) [7].

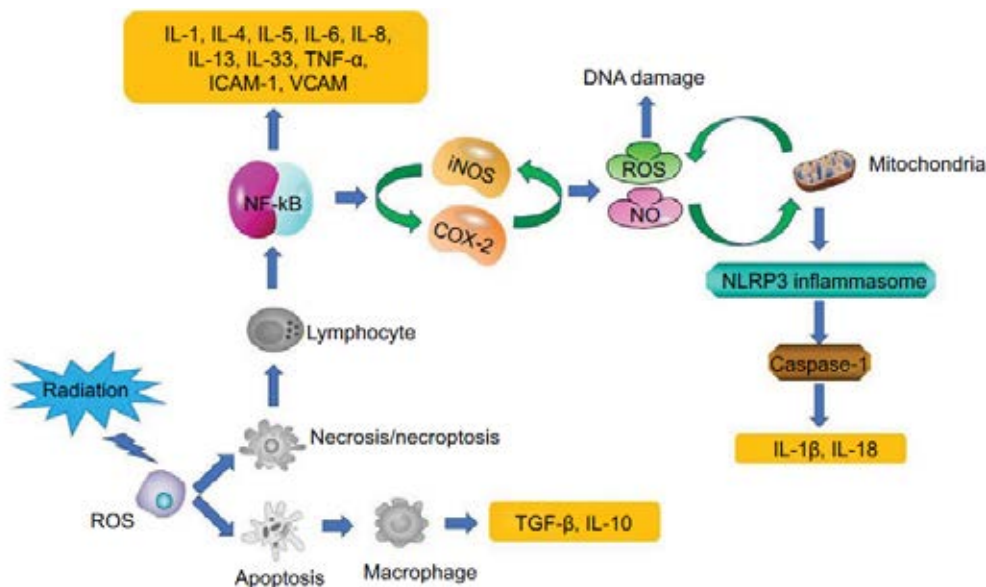


Рис. 1. Механізми, пов'язані з РІПД: запалення та оксидативний стрес [7]:

COX-2 – циклооксигеназа 2; ICAM-1 – молекула міжклітинної адгезії 1; iNOS – індукцибельна синтаза оксиду азоту; NF- κ B – ядерний фактор κ B; NLRP3 – нуклеотидзв'язуючий домен; leucine-rich repeat-containing family – пиринний домен, що містить 3 повтори – NO, оксид азоту; RISR – радіаційно-індукована шкірна реакція; TNF – фактор некрозу пухлин; VCAM – білок адгезії судинних клітин

Fig. 1. Mechanisms associated with RISRs: inflammation and oxidative stress [7]:

COX-2 – cyclooxygenase 2; ICAM-1 – intercellular adhesion molecule 1; iNOS – inducible nitric oxide synthase; NF- κ B – nuclear factor κ B; NLRP3 – nucleotidebinding domain; leucine-rich repeat-containing family – pyrin domain-containing 3, NO – nitric oxide; RISR – radiation-induced skin reaction; TNF – tumor necrosis factor; VCAM – vascular cell adhesion protein

Отже, слід зазначити, що у багатьох дослідженнях [21–26] показано, що в умовах первинного опромінення та гострого променевого ураження шкіри первинні патологічні зміни на тканинному рівні зумовлені прямим впливом іонізуючого випромінювання на клітини та структури шкіри. Спочатку радіація безпосередньо пошкоджує ДНК клітин шкіри, зокрема кератиноцитів і фібробластів, що призводить до їхньої загибелі або порушення функціонування клітин. Це безпосереднє пошкодження клітин є критичним тригером для подальших тканинних реакцій. Одночасно радіаційний вплив генерує активні форми кисню, які сприяють окиснювальному стресу.

Оцінка механізмів токсичності нормальних тканин також показала, що імунні реакції, особливо запальні реакції, відіграють ключову роль як у ранніх, так і в пізніх побічних ефектах впливу ПТ [21–24].

Thus, it should be noted that many studies [21–26] have shown that in conditions of primary exposure and acute radiation damage to the skin, the primary pathological changes at the tissue level are caused by the direct effect of ionizing radiation on skin cells and structures. Initially, radiation directly damages the DNA of skin cells, in particular keratinocytes and fibroblasts, which leads to their death or impaired cell function. This direct cell damage is a critical trigger for further tissue reactions. At the same time, radiation exposure generates reactive oxygen species that contribute to oxidative stress.

Evaluation of the mechanisms of toxicity in normal tissues has also shown that immune responses, especially inflammatory reactions, play a key role in both early and late side effects of radiation exposure [21–24]. DNA damage and cell death, as well as damage to

Пошкодження ДНК і загибель клітин, а також пошкодження деяких органел, таких як мітохондрії, запускають кілька сигнальних шляхів, що призводять до відповіді імунних клітин. Масивне пошкодження клітин, яке є поширеним явищем після впливу високої дози ПТ, спричиняє секрецію великої кількості медіаторів запалення, включно з цитокінами та хемокінами. Ці медіатори ініціюють різні зміни в нормальних тканинах, які можуть відбуватися тривалий час після опромінення [25].

Сучасні уявлення профілактики та лікування променевого дерматиту

Пацієнтам, які отримують ПТ, рекомендована щоденна гігієна опроміненої ділянки шкіри, що має проводитися теплою водою, м'якою неабразивною мочалкою з рН-нейтральним милом або фізіологічним розчином. Обов'язково треба навчати пацієнтів щоденному догляду за шкірою та ранами, а також застосуванню місцевих препаратів [28].

Ефективним профілактичним заходом ПД є застосування топічних глюкокортикостероїдів (тГКС) [29, 30], які можуть зменшити тяжкість променевої реакції шкіри завдяки їхній протизапальній дії – зниженню продукції IL-1, IL-2, IL-6 IFN- γ , TNF і гістаміну.

Променевий дерматит є найчастішим ускладненням променевої терапії під час опромінення грудної залози та виявляється у 90% пацієнток, серед яких у 30% випадків трапляються помірні та тяжкі прояви [31]. Приблизно у 80–90% хворих із пухлинами голови та шиї під час променевої терапії розвивається радіаційний дерматит [32].

Незважаючи на поширеність ПД, не існує «золотого стандарту» для його профілактики та лікування. Багато засобів і схем лікування, що використовуються нині, часто ґрунтуються на неофіційних даних і дослідженнях із недостатньою потужністю, а також на суб'єктивних уподобаннях лікарів [7, 33]. Багато методів лікування не враховують патофізіологічні зміни шкіри, що лежать в основі порушення клітинного балансу між дермою та епідермісом [34]. Лікування ПД слід починати з навчання пацієнтів догляду за шкірою до, після та під час променевої терапії.

Загалом методи лікування гострих ПД включають лікування стероїдами, кремами, мазями та гідроколоїдними пов'язками, залежно від ступеня ураження. При формуванні стратегії лікування радіаційно-індукованих ушкоджень шкіри та м'яких тканин дослідники мають у своєму арсеналі різні засоби [28, 35, 36]:

- кортикостероїди (Topical corticosteroids);
- креми та мазі (Creams and ointments);
- гідрогелі та гідроколоїдні пов'язки (Hydrogel and hydrocolloid dressings);
- мезенхімальні стовбурові клітини, МСК (Mesenchymal stem cells (MSCs));
- антиоксидантні ферменти, зокрема супероксиддисмутаза (Superoxide dismutase (SOD));
- лазер низької інтенсивності (Low-intensity laser);
- гіпербаричну оксигенотерапію (Hyperbaric oxygen therapy, HBOT) та інші.

В Україні науковцями в різні роки пропонувалися такі основні засоби запобігання та лікування радіаційних дерматитів [37]:

- на ранніх стадіях променевих дерматитів (еритеми, сухий епідерміт) ефективні аплікації 10% розчину димексиду;

certain organelles, such as mitochondria, trigger several signaling pathways that lead to immune cell responses. Massive cellular damage, which is common after high-dose radiation exposure, causes the secretion of a large number of inflammatory mediators, including cytokines and chemokines. These mediators initiate various changes in normal tissues that can last for a long time after irradiation [25].

Modern concepts of prevention and treatment of radiation dermatitis

Daily hygiene of the irradiated skin area is recommended for patients receiving RT, which should be performed with warm water, a soft, non-abrasive washcloth with pH-neutral soap or saline. It is imperative to educate patients on daily skin and wound care, as well as the use of topical medications [28].

An effective prophylactic measure for RD is the use of topical glucocorticosteroids (tGCS) [29, 30], which can reduce the severity of the radiation skin reaction due to their anti-inflammatory effect – reducing the production of IL-1, IL-2, IL-6 IFN- γ , TNF and histamine.

Radiation dermatitis is the most common complication of radiation therapy during breast irradiation and is detected in 90% of patients, among which moderate and severe manifestations occur in 30% of cases [31]. Approximately 80-90% of patients with head and neck tumors develop radiation dermatitis during radiation therapy [32].

Despite the prevalence of RD, there is no «gold standard» for its prevention and treatment. Many currently used remedies and treatment regimens are often based on unofficial data and studies with insufficient power, as well as on the subjective preferences of physicians [7, 33]. Many treatments do not take into account the pathophysiological changes in the skin that underlie the imbalance of the cellular balance between the dermis and epidermis [34]. Treatment of RD should begin with educating patients on skin care before, after, and during radiation therapy.

In general, the treatment of acute RD includes steroids, creams, ointments, and hydrocolloid dressings, depending on the extent of the lesion. When developing a strategy for the treatment of radiation-induced skin and soft tissue damage, researchers use different agents [28, 35, 36]:

- Topical corticosteroids
- Creams and ointments;
- Hydrogel and hydrocolloid dressings;
- Mesenchymal stem cells (MSCs);
- antioxidant enzymes, in particular superoxide dismutase (SOD);
- Low-intensity laser;
- Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) and others.

In Ukraine, scientists in different years have proposed the following main means of preventing and treating radiation dermatitis [37]:

- in the early stages of radiation dermatitis (erythema, dry epidermis), applications of 10% dimexide solution are effective;
- in case of wet drainage epithelium and dermatitis, dressings with vitaminized oils (sea buckthorn, rose hips, etc.), as well as dibunol, olazol, iruksol, levosin, methyluracil ointment, etc;

– при вологому зливному епітеліїті та дерматиті пов'язки з вітамінізованими оліями (обліпіха, шипшина та інші), а також дибунол, олазол, іруксол, левосин, метилурацилова мазь та інші;

– кортикостероїдні мазі (преднізолон, локакортен, синалар, деперзолон, дермазолон);

– при лікуванні променевого фіброзу шкіри показані апплікації з 10–30% розчином димексиду, а також з лідазою (ронідазою) та препаратами глюкокортикостероїдів;

– лікування променеви́х виразок шкіри загально-хірургічними методами;

– у фазі некробіозу та ексудації використовують антисептичні розчини (0,5% хлораміну, 1:1000 фурациліну, 1% перекису водню, 5–10% димексиду) в поєднанні з глюкокортикоїдами.

Більшість публікацій присвячена саме питанням профілактики та лікування радіаційних дерматитів, зокрема гострих, як найчастіших проявів радіаційних реакцій. Онкологічні журнали буквально переповнені статтями про лікування шкірних токсичних ефектів. І це турбує не лише фахівців з радіаційної онкології, але й інших дослідників, зокрема радіологів, пластичних хірургів, дерматологів та інших.

Для об'єктивізації даних щодо лікування ПД було проведено бібліометричний аналіз публікацій зі SCOPUS.

За останні п'ять років (2019–2023) опубліковано 268 статей, у середньому публікується 53,6 статті на рік. Найбільша публікаційна активність припадає на 2021 р. (рис. 2).

– corticosteroid ointments (prednisolone, lococorten, sinalar, deperzolone, dermazolone);

– in the treatment of radiation skin fibrosis, applications with a 10–30% dimexide solution, as well as with lidase (ronidase) and glucocorticosteroid preparations are indicated;

– treatment of radiation skin ulcers by general surgical methods;

– in the phase of necrobiosis and exudation, antiseptic solutions (0.5% chloramine, 1:1000 furatsilin, 1% hydrogen peroxide, 5–10% dimexide) in combination with glucocorticoids are used.

Most of the publications are devoted to the prevention and treatment of radiation dermatitis, in particular acute dermatitis, as the most common manifestation of radiation reactions. Oncology journals are literally full of articles on the treatment of skin toxic effects. And this is a concern not only for radiation oncologists but also for other researchers, including radiologists, plastic surgeons, dermatologists, and others.

To objectify the data on RD treatment, a bibliometric analysis of SCOPUS publications was conducted.

Over the past five years (2019–2023), 268 articles have been published, with an average of 53.6 articles published per year. The highest publication activity was in 2021 (Fig. 2).

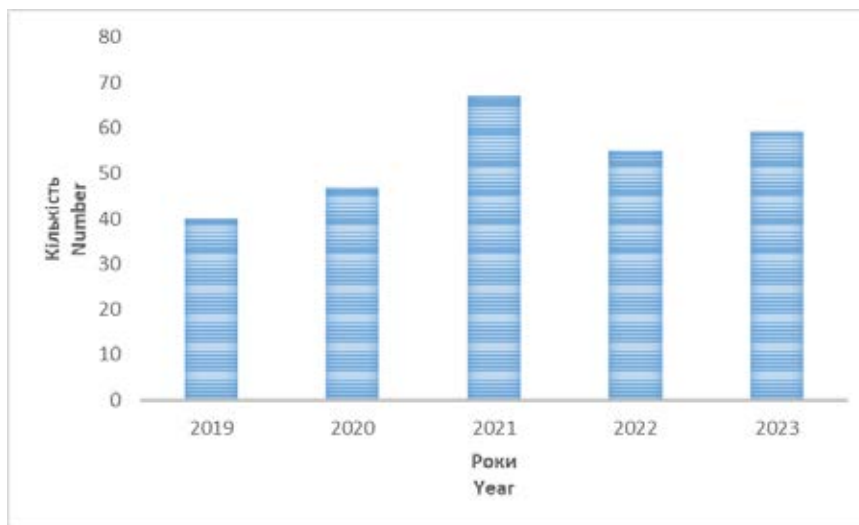


Рис. 2. Динаміка публікацій за 2019–2023 рр. стосовно променево-індукованих дерматитів
Fig. 2. Dynamics of publications for 2019–2023 radiation induced dermatitis

Загалом понад 40 країн взяли участь у публікації 268 документів. На п'ять провідних країн припадає 65,3% усіх публікацій (рис. 3). Серед лідерів слід відзначити США та Китай, які найактивніше досліджують питання радіаційно-індукованих дерматитів.

Як і в інших медичних сферах досліджень лідером за кількістю публікацій є США (68 док.) як провідна країна, що найпродуктивніше займалася розробкою проблем профілактики та лікування ПД. Китай також набирає темпів у наукових дослідженнях і посідає друге місце (рис. 3).

In total, more than 40 countries contributed 268 documents. The top five countries account for 65.3% of all publications (Fig. 3). Among the leaders are the United States and China, which are the most active in researching radiation-induced dermatitis.

As in other medical areas of research, the United States is the leader in the number of publications (68 papers) as the leading country that has been most productive in developing the problems of prevention and treatment of RD. China is also gaining momentum in research and ranks second (Fig. 3).

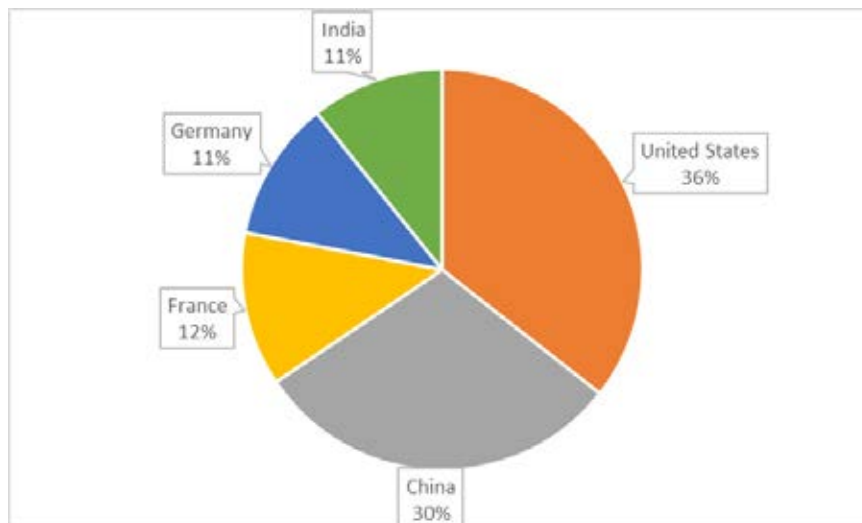


Рис. 3. Розподіл публікацій за країнами
Fig. 3. Distribution of publications by countries

Важливим показником інноваційного розвитку проблем профілактики та лікування ПД безумовно є активність наукових установ, які займаються дослідженнями цієї наукової сфери. Найактивніші установи наведено на рисунку 4.

An important indicator of the innovative development of the problems of prevention and treatment of RD is undoubtedly the activity of scientific institutions engaged in research in this scientific field. The most active institutions are shown in Figure 4.

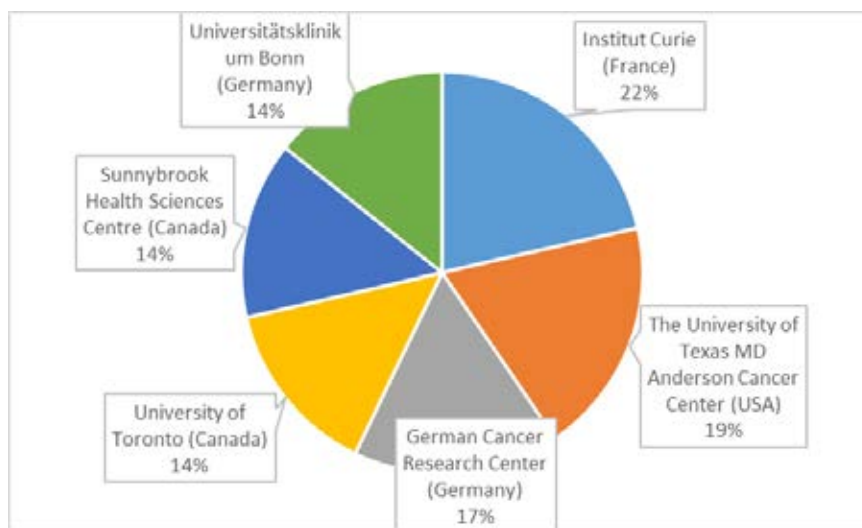


Рис. 4. Провідні установи, що займаються розробкою технологій профілактики та лікування променевих дерматитів
Fig. 4. Lead organizations involved in the development technologies of local radiation skin lesions

Але при цьому ми стикаємося з досить несподіваним фактом. Незважаючи на країни-лідери США та Китай, перше місце посідає Інститут Кюрі (Institut Curie, Франція), одна установа із США (The University of Texas MD Anderson Cancer Center), дві – з Німеччини (German Cancer Research Center і Universitätsklinikum Bonn) та дві з Канади (University of Toronto і Sunnybrook Health Sciences Centre).

Аналіз тематики досліджень Institut Curie свідчить про їх зосередження на різних напрямках. По-перше, це багатоцентрові рандомізовані дослідження III фази CICA-RT щодо препарату «цикадерма» для лікування ПД, пов'язаного з раком грудної залози (РГЗ) [38]. По-друге, це група досліджень стосовно режимів проведення ПТ: застосування двох режимів ультрагіпофракціонування по п'ять фракцій після органо-

However, we are faced with a rather unexpected fact. Despite the leading countries, the United States and China, the first place is taken by the Institut Curie (France), one institution from the United States (The University of Texas MD Anderson Cancer Center), two from Germany (German Cancer Research Center and Universitätsklinikum Bonn) and two from Canada (University of Toronto and Sunnybrook Health Sciences Center).

An analysis of the research topics of the Curie Institute shows that they are focused on different areas. First, there is the multicenter randomized phase III CICA-RT trial of the drug cicaderma for the treatment of RD associated with breast cancer (BC) [38]. Secondly, this is a group of studies on the modes of RT: the use of two regimens of ultrahypofractionation of 5 fractions each after organ-preserving breast surgery [39]; evaluation of early

зберігальних операцій грудної залози [39]; оцінка ранньої токсичності за протоколом «Fast Forward» (режим гіпофракціонованої ПТ у вигляді п'яти сеансів протягом тижня [40]; оцінка токсичності при одночасній ПТ та подвійній блокаді HER2 при РГЗ (подвійна блокада рецептора епідермального фактора росту за допомогою комбінації двох препаратів) [41], а також гострі та пізні токсичні ефекти у пацієнтів, інфікованих SARS-CoV-2, які отримували ПТ раку під час пандемії COVID-19 [42].

На відміну від тематики досліджень в Institut Curie американські дослідження The University of Texas MD Anderson Cancer Center більш спрямовані на обґрунтування доцільності та переносимості ад'ювантної хіміопроменевої терапії пацієнток з РГЗ та її наслідками [43]; запропоновано новий підхід до мінімізації ризику токсичних ефектів при підвищенні дози опромінення у пацієнтів з місцево-поширеним раком голови та шиї [44]; оцінка якості життя та токсичних ефектів ПТ за даними опитувальника EQ-5D-5L у хворих на рак голови та шиї, які отримують сучасну ПТ [45, 46]. Одне із досліджень присвячено розробці моделі нормальної ймовірності тканинних ускладнень (normal tissue complication probability, NTCP) для тяжкого ПД у хворих на рак грудної клітки, які отримали ПТ з модуляцією інтенсивності (IMRT) [47].

Для оцінки значущості наукових досліджень найчастіше останніми роками використовують показник цитування публікацій. Отже, за оцінкою наукових публікацій за показником інтенсивності їх цитування, який відображає їх цінність для науковців, було ідентифіковано 5 публікацій (табл. 2), які цитуються в цілому 365 разів, а середня кількість цитат становила 73 рази.

У таблиці 2 відображено назву статей, його авторів, джерело публікації, країну авторів, рік публікації та кількість посилань на цей документ.

toxicity according to the «Fast Forward» protocol (hypofractionated RT regimen in the form of five sessions during a week [40]; evaluation of toxicity in simultaneous RT and double HER2 blockade in breast cancer (double blockade of the epidermal growth factor receptor using a combination of two drugs) [41], as well as acute and late toxic effects in patients infected with SARS-CoV-2 who received cancer RT during the COVID-19 pandemic [42].

In contrast to the research topics at the Curie Institute, American studies at The University of Texas MD Anderson Cancer Center are more focused on substantiating the feasibility and tolerability of adjuvant chemoradiotherapy for patients with cervical cancer and its consequences [43]; a new approach to minimizing the risk of toxic effects with increased radiation dose in patients with locally advanced head and neck cancer was proposed [44]; assessment of quality of life and toxic effects of RT according to the EQ-5D-5L questionnaire in patients with head and neck cancer receiving modern RT [45, 46]. One of the studies was devoted to the development of a model of normal tissue complication probability (NTCP) for severe RD in patients with thoracic cancer who received intensity-modulated radiation therapy (IMRT) [47].

In recent years, the publication citation rate has been used most often to assess the significance of scientific research. Thus, according to the evaluation of scientific publications by the citation intensity index, which reflects their value for scientists, 5 publications were identified (Table 2), which were cited a total of 365 times, and the average number of citations was 73 times.

Table 2 shows the titles of the articles, their authors, the source of publication, the authors' country, the year of publication, and the number of references to this document.

Таблиця 2. Найбільш цитовані документи щодо питань радіаційно-індукованих променеви дерматитів
Table 2. Most cited documents on radiation induced dermatitis

№	Назва Title	Автори Authorse	Джерело Journals	Країни авторів Countries of authors	Рік Year	Цитування Citations
1	Radiation-induced skin reactions: Mechanism and treatment	Wei J., Meng L., Hou X., Xin Y., Jiang X.	Cancer Management and Research, Vol. 11, P. 167–177	China, USA	2019	97
2	Management of acute radiation dermatitis: A review of the literature and proposal for treatment algorithm	Rosenthal A., Israilevich R., Moy R.	Journal of the American Academy of Dermatology, Vol. 81, № 2, P. 558–567A	USA	2019	80
3	Radiation-Induced Skin Fibrosis: Pathogenesis, Current Treatment Options, and Emerging Therapeutics	Borrelli M.R., Shen A.H., Lee G.K., Longaker M.T., Wan D.C.	Annals of plastic surgery, Vol. 83, № 4S Suppl 1, P. S59–S64	USA, Mexico	2019	65
4	Nicotinamide for photoprotection and skin cancer chemoprevention: A review of efficacy and safety	Snaidr V.A., Damian D.L., Halliday G.M.	Experimental Dermatology, Vol. 28, P. 15–22	Australia	2019	63
5	The Healing Effects of Conditioned Medium Derived from Mesenchymal Stem Cells on Radiation-Induced Skin Wounds in Rats	Sun J., Zhang Y., Song X., Zhu J., Zhu Q.	Cell Transplantation Vol. 28, №. 1, P. 105–115	China	2019	60

Тематика цих статей висвітлювала низку ключових напрямків [48–52]. Радіаційний дерматит є найчастішим ускладненням ПТ РГЗ та органів голови та шиї (приблизно у 80–90% хворих з пухлинами розвивається ПД). Питанням профілактики та лікування ПД після ПТ РГЗ присвячено 48% документів, 20% – раку голови та шиї. Загальним питанням щодо виникнення ПД, факторам ризику виникнення ПД присвячено 26%, 70% стосується профілактики та лікуванню ПД (фотомодуляція, кортикостероїди, емульсії, мазі та ін.), решта – іншим питанням, зокрема експериментальним даним.

Так, найбільше цитувань (97 разів) отримала стаття «Radiation-induced skin reactions: Mechanism and treatment» Wei J. зі співавт. [7]. Оскільки «Золотого стандарту» для лікування ПД не сформульовано, то у роботі обговорюється механізм виникнення ПД та місцеві препарати, які найбільш ефективно застосовувати при лікуванні дерматитів. Rosenthal A., Israilevich R. та Moy R. [48] зробили огляд літератури, де обговорюються місцеві препарати, які вивчалися для лікування гострого ПД, розглядаються їхні механізми дії, а також подано алгоритм лікування для лікарів, які ведуть пацієнтів з променевим дерматитом.

Ще одна робота [49], де Borrelli M.R. зі співавт. підкреслюють, що наразі існує недостатня кількість ефективних методів лікування та стратегій профілактики радіодерматиту. Вони зазначають – нещодавні доклінічні та клінічні дослідження показали, що трансплантація жиру може мати терапевтичну користь, усуваючи шкідливі зміни в м'яких тканинах після ПТ. В огляді описано шкідливий вплив ПТ на шкіру та м'які тканини, а також обговорюються наявні варіанти лікування радіодерматиту. Також подано нові стратегії пом'якшення хронічних змін, спричинених опроміненням, включаючи аутологічну трансплантацію жиру і дефероксамін, які мають великі перспективи для поліпшення якості життя пацієнтів, що страждають від виснажливих наслідків променевої терапії.

Дослідження Sun J. зі співавт. [50] привернуло увагу 60 дослідників завдяки розкриттю теми можливості використання мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку (МСК-КМ), для лікування радіаційних ран шкіри у щурів на моделі радіаційного ураження шкіри. Було вивчено роль терапії МСК-КМ у відновленні радіаційно-індукованих ран шкіри *in vitro* та *in vivo*. По-перше, було підготовлено і протестовано вплив МСК-КМ на проліферацію ендотеліальних клітин пупкової вени людини *in vitro*. Після цього було використано пучок β -випромінювання для створення шкірних ран у щурів і перевірено вплив МСК-КМ на загоєння шкірних ран *in vivo*. Таким чином, автори дійшли висновку, що МСК-КМ значно прискорюють закриття ран і покращують якість загоєння ран. МСК-КМ мають сприятливий терапевтичний вплив на шкіру щурів, уражену радіацією, а отже, МСК-КМ можуть слугувати основою нового безклітинного терапевтичного підходу для лікування ПД [50].

Усього за 2023 рік було опубліковано 58 статей. З них відзначимо тільки дві. Одна, незважаючи на публікацію у 2023 р., вже має 17 посилань, а друга – 6 посилань, що свідчить про дуже високу популярність та актуальність. Колектив авторів першої статті Behroozian T., Milton L., Karam I.

The topics of these articles covered a number of key areas [48-52]. Radiation dermatitis is the most common complication of radiation therapy to the head and neck (approximately 80-90% of patients with tumors develop RD). Prevention and treatment of RD after RT of OTC tumors is the subject of 48% of documents, 20% – head and neck cancer. General questions about the occurrence of RD, risk factors for RD are covered in 26%, 70% are related to the prevention and treatment of RD (photomodulation, corticosteroids, emulsions, ointments, etc.), and the rest are devoted to other issues, including experimental data.

Thus, the article «Radiation-induced skin reactions: Mechanism and treatment» by Wei J. et al [7]. Since there is no «gold standard» for the treatment of RD, the paper discusses the mechanism of RD and topical drugs that are most effective in the treatment of dermatitis. Rosenthal A., Israilevich R. and Moy R. [48] presented a literature review that discusses topical drugs that have been studied for the treatment of acute RD, reviews their mechanisms of action, and presents a treatment algorithm for physicians managing patients with radiation dermatitis.

Another work [49], where Borrelli M.R. et al. once again emphasize that there is currently an insufficient number of effective treatments and prevention strategies for radiodermatitis. They note that recent preclinical and clinical studies have shown that fat transplantation may have therapeutic benefits by eliminating harmful changes in soft tissues after radiation therapy. This review describes the harmful effects of radiation therapy on the skin and soft tissues and discusses the available treatment options for radiodermatitis. It also presents new strategies to mitigate chronic changes caused by radiation, including autologous fat grafting and deferoxamine, which hold great promise for improving the quality of life of patients suffering from the debilitating effects of radiation therapy.

The study by Sun J. et al [50] attracted the attention of 60 researchers due to the disclosure of the possibility of using bone marrow mesenchymal stem cells (BM-MSCs) to treat radiation skin wounds in rats on a model of radiation skin damage. The role of MSC-CM therapy in the repair of radiation-induced skin wounds *in vitro* and *in vivo* was studied. First, we prepared and tested the effect of MSC-CMs on the proliferation of human umbilical vein endothelial cells *in vitro*. After that, a beam of β -radiation was used to create skin wounds in rats and the effect of MSC-CM on skin wound healing *in vivo* was tested. Thus, the authors concluded that MSC-CMs significantly accelerate wound closure and improve the quality of wound healing. MSC-CMs have a favorable therapeutic effect on the skin of rats affected by radiation, and thus MSC-CMs can serve as the basis for a new cell-free therapeutic approach for the treatment of RD [50].

A total of 58 articles were published in 2023. Of these, we note only two. One, despite its publication in 2023, already has 17 citations, and the other has 6 citations, which indicates a very high popularity and relevance. The team of authors of the first article, Behroozian T., Milton L., Karam I. and colleagues (from 6 institutions in Canada), provide the results of a randomized, multicenter, open-label phase III trial of Mepitel film for the prevention of acute radiation dermatitis in breast cancer [51]. The researchers

та співавт. (з 6 установ Канади) надають результати рандомізованого багатоцентрового відкритого дослідження III фази щодо плівки «Мепітел» для профілактики гострого променевого дерматиту при РГЗ [51]. Дослідники другої роботи Sekiguchi K., Sumi M., Saito A. та співавт. представили систематичний огляд та метааналіз, де доводять ефективність зволожувального крему при ГПД у хворих на РГЗ [52].

Крім цього, необхідно також відзначити найбільш інформативні наукові комунікаційні засоби. Серед яких провідним є Radiation Oncology (видавець Springer Nature), який має 12 публікацій. За 2023 рік має чотири статті, зокрема одна присвячена дослідженню препарату «Sanyrene» з натуральною діючою речовиною для профілактики ПД [53]; інші дві – оцінки ризиків виникнення радіаційних мукозитів при ПТ раку ротової порожнини та орофарингеального раку [54, 55] та останнє ретроспективне дослідження оцінює ризики виникнення ПД під впливом звичайної та гіпофракціонованої дози при ад'ювантній ПТ РГЗ [56].

Другим провідним науковим джерелом є Frontiers in Oncology (видавець Frontiers Media SA), який спеціалізується на оглядових публікаціях (9 публікацій за останні 5 років) та 2 публікації за 2023 р. Останні публікації присвячено прогнозуванню радіодерматиту за даними 4D-КТ пацієнтів, які пройшли ПТ РГЗ [57]. Друга розглядає питання виникнення гострої болі у ротовій порожнині після ПТ [58].

Відомим також є і наукове джерело «International Journal of Radiation Oncology Biology Physics», у якому за 2023 р. опубліковано 3 статті. Їх тематика присвячена ефективності гіпофракційної ПТ та щотижневої супутньої хіміотерапії при нерезектабельному недрібноклітинному раку легень III стадії [59]; оцінки ризику ПД у пацієнтів з кольоровою шкірою, які зазнали опромінення грудної клітки [60] та переносимості ад'ювантної хіміопроменевої терапії на основі капецитабіну у хворих на РГЗ [43].

Технології та методики ПТ раку за останні роки активно розвиваються, що актуалізує розв'язання проблеми профілактики та лікування РПД як найважливішої в онкологічній практиці, особливо для таких ділянок як грудна клітка та голова і шия.

Загальне лікування радіодерматиту починається з базових профілактичних заходів, включаючи самообслуговування та використання профілактичних місцевих кортикостероїдів. Самообслуговування включає щоденні гігієнічні процедури (наприклад, умивання та використання мила), одяг (наприклад, носіння одягу вільного крою на ділянці, де проводиться ПТ), та дієту (наприклад, відмова від тютюну та алкоголю, а також підтримання адекватної гідратації) [29].

Однак, слід зазначити такий перспективний засіб, як силіконові плівки (бар'єрні плівки), активне дослідження яких почалося у 2014 р. Rose P. [61] ретельно проаналізував ефективність їх застосування, і довів, що докази на користь використання продуктів на основі силікону постійно зростають завдяки серії клінічних випробувань, проведених різними науковцями [18, 62, 63]. Ці останні дослідження свідчать про значне зменшення вираженості шкірної реакції та частоти вологої десквамації при профілактичному застосуванні силіконових плівок або гелю під час

of the second study, Sekiguchi K., Sumi M., Saito A. et al. presented a systematic review and meta-analysis, which proved the effectiveness of moisturizer in the treatment of APD in patients with OBGYN [52].

In addition, the most informative scientific communication tools should also be noted. The leading one is Radiation Oncology (Springer Nature), which has 12 publications. In 2023, it has four articles, including one on the study of the drug «Sanyrene» with a natural active ingredient for the prevention of RD [53]; the other two are assessments of the risks of radiation mucositis in RT of oral and oropharyngeal cancer [54, 55] and the last retrospective study assesses the risks of RD under the influence of conventional and hypofractionated dose in adjuvant RT of OSCC [56].

The second leading scientific source is Frontiers in Oncology (published by Frontiers Media SA), which specializes in review publications (9 publications in the last 5 years) and 2 publications in 2023. The latest publication is devoted to the prediction of radiodermatitis according to 4D-CT data of patients who have undergone RT of GBM [57]. The second deals with the issue of acute pain in the oral cavity after RT [58].

Another well-known scientific source is the International Journal of Radiation Oncology Biology Physics, which published 3 articles in 2023. They are devoted to the effectiveness of hypofractionated RT and weekly concurrent chemotherapy in unresectable stage III non-small cell lung cancer [59]; assessment of the risk of RD in patients with colored skin exposed to chest irradiation [60] and tolerability of capecitabine-based adjuvant chemoradiotherapy in patients with OSCC [43].

In conclusion, it should be noted that technologies and techniques of cancer therapy have been actively developing in recent years, which makes the problem of prevention and treatment of RID the most important in oncology practice, especially for such areas as the chest and head and neck.

The general treatment of radiodermatitis begins with basic preventive measures, including self-care and the use of prophylactic topical corticosteroids. Patient self-care while receiving RT plays an important role in prevention and includes daily hygiene routines (e.g., washing with soap and water), clothing (e.g., wearing loose-fitting clothing on the area where RT is performed), and diet (e.g., avoiding tobacco and alcohol, and maintaining adequate hydration) [29].

Among the methods of prevention, it is worth noting such a promising tool as silicone films (barrier films), which began active research in 2014. Rose P. [61] thoroughly analyzed the effectiveness of their use and proved that the evidence in favor of using silicone-based products is constantly growing thanks to a series of clinical trials conducted by various researchers [18, 62, 63]. These recent studies show a significant reduction in the severity of skin reactions and the frequency of wet desquamation with the prophylactic use of silicone films or gel during RT. They also add new evidence that silicone products significantly reduce radiation-induced skin reactions in patients with GBM and head and neck cancer. Apart from general preventive measures, there is currently little evidence to support any specific clinical intervention.

Evaluation of the results of a number of reviews allowed us to identify only one, which provided specific

проведення ПТ. Вони також додають нові докази, які свідчать про те, що силіконові засоби значно зменшують радіаційно-індуковані шкірні реакції у хворих на РГЗ та рак голови та шиї. Окрім загальних профілактичних заходів, на сьогодні існує мало доказів на підтримку будь-якого конкретного клінічного втручання.

Оцінка результатів низки оглядів дозволила виділити тільки один, де наведено конкретні висновки щодо застосування профілактичних засобів [18]. Автори статті Burke G., Faithfull S. та Probst H. відокремили такі головні, на їх погляд, моменти:

- стероїдні креми слід використовувати профілактично в осіб з високим ризиком розвитку РІПД, тобто шкірної реакції 3-го ступеня;

- профілактичне застосування стероїдних кремів не слід застосовувати хворим на РГЗ, які отримують ад'ювантну гіпофракціоновану терапію (тобто 40 Гр за 15 фракцій або еквівалент);

- немає доказів щодо переваги використання гіпофракціонованих схем фракціонування дози (тобто 40 Гр за 15 фракцій або коротших еквівалентних режимів) для пацієнтів, яким проводять опромінення грудної залози;

- використання бар'єрних плівок не рекомендується пацієнтам, які отримують гіпофракціоновану ПТ при ад'ювантному опроміненні грудної залози та тим, хто проходить ПТ з приводу раку голови та шиї;

- недостатньо доказів, щоб рекомендувати будь-який конкретний місцевий пом'якшувальний засіб для застосування під час ПТ.

Дослідники також рекомендують, по-перше, постійно оцінювати токсичність для шкіри, щоб забезпечити точне передбачення розвитку РІПД, по-друге, проводити більше якісних досліджень для визначення співвідношення ризиків для РІПД (розробку алгоритму стратифікації ризику на основі доказових даних для підтримки належного використання стероїдних кремів у профілактичних цілях) [18].

На думку Singh M., Alavi A., Wong R., Akita S. [29] майбутні дослідження повинні проводитися більш систематично і прагнути до більш суворого дизайну досліджень. Ці дослідження повинні включати сучасні знання про основну патофізіологію захворювання і включати об'єктивні та універсальні показники результату.

Аналіз інструментів оцінки ПД, що використовуються при РГЗ відповідно до критеріїв COSMIN (COnsensus-based Standards for the selection of health Measurement INstruments) показав, що більшість оцінених інструментів мають або недостатню, або невизначену надійність, валідність та узгодженість з іншими показниками результатів, що підкреслює низьку якість та ефективність багатьох існуючих інструментів для вимірювання ПД [64]. Вони наполягають на тому, що майбутні дослідження мають бути проведені з метою розробки єдиного комплексного інструменту для оцінки ПД у хворих на РГЗ, який можна було б використовувати як стандарт у всіх клінічних дослідженнях РГЗ.

conclusions about the effectiveness of the use of prophylactic drugs [18]. The authors of the article, Burke G., Faithfull S. and Probst H., identified the following main points, in their opinion:

- steroid creams should be used prophylactically in individuals at high risk of developing a grade 3 skin reaction;

- prophylactic use of steroid creams should not be used in patients with breast cancer receiving adjuvant hypofractionated therapy (i.e. 40 Gy in 15 fractions or equivalent);

- there is no evidence of benefit of hypofractionated dose fractionation regimens (i.e. 40 Gy in 15 fractions or shorter equivalent regimens) for patients undergoing breast irradiation;

- the use of barrier films is not recommended for patients receiving hypofractionated RT for adjuvant breast irradiation and for those undergoing RT for head and neck cancer;

- there is insufficient evidence to recommend any specific topical emollient for use during radiotherapy.

The researchers also recommend, firstly, continuous evaluation of skin toxicity to ensure accurate prediction of the development of RID, and secondly, more qualitative studies to determine the risk ratio for RID (development of an evidence-based risk stratification algorithm to support the appropriate use of steroid creams for preventive purposes) [18].

According to Singh M., Alavi A., Wong R., Akita S. [29], future studies should be conducted more systematically and strive for a more rigorous research design. These studies should include current knowledge of the underlying pathophysiology of the disease and include objective and universal outcome measures.

An analysis of the RD assessment tools used in PCa treatment according to COSMIN (COnsensus-based Standards for the selection of health Measurement INstruments) criteria showed that most of them have either insufficient or uncertain reliability, validity, and consistency with other indicators, which emphasizes the low quality and effectiveness of many existing RD assessment tools [64]. They insist that future studies should be conducted to develop a single comprehensive tool for assessing RD in patients with BC that could be used as a standard in all clinical trials of BC.

Assessing the current state of the problem of radiation-induced dermatitis, most researchers believe that despite the high relevance of the issues of prevention and treatment of radiation dermatitis, there are still no standard approaches to choosing optimal treatment regimens.

ВИСНОВКИ

Оцінюючи сучасний стан проблеми РІПД, більшість дослідників вважають, що незважаючи

CONCLUSIONS

Assessing the current state of the problem of RID, most researchers believe that despite the high rele-

на високу актуальність питань профілактики та лікування променеви дерматитів досі немає стандартних підходів до вибору цих схем.

Проведений огляд сучасних уявлень з використанням бібліометричного інструментарію дозволив встановити сучасні уявлення щодо теми дослідження, провідні країни, наукові установи та найбільш цитовані публікації щодо питань РІПД. У подальшому бажано проведення високоякісних систематичних оглядів, в яких будуть обґрунтовані та стандартизовані, найкращі способи профілактики та лікування променеви уражень шкіри, зокрема ПД, для клінічного використання.

vance of the issues of prevention and treatment of radiation dermatitis, there are still no standard approaches to the choice of these regimens. A review of current ideas using bibliometric tools allowed us to identify current ideas about the research topic, to identify the leading countries, scientific institutions and the most cited publications on RID. In the future, it is desirable to conduct high-quality systematic reviews that will substantiate standardized, best practices for the prevention and treatment of radiation skin lesions, including RD for clinical use.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

REFERENCES

- Zasadzinski K., Spalek M.J., Rutkowski P. Modern Dressings in Prevention and Therapy of Acute and Chronic Radiation Dermatitis – A Literature Review. *Pharmaceutics*. 2022. Vol. 14, № 6. 1204 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14061204>
- Diehl C. Cutaneous side effects of oncology treatments Part I. Chemotherapy. *Український журнал дерматології, венерології, косметології*. 2018. № 3. С. 62–70. DOI: <https://doi.org/10.30978/UJDVK2018-3-62>
- Leventhal J., Lacouture M., Andriessen A. et al. United States Cutaneous Oncodermatology Management (USCOM) II: A Multidisciplinary-Guided Algorithm for the Prevention and Management of Acute Radiation Dermatitis in Cancer Patients. *Journal of Drugs in Dermatology*. 2022. Vol. 21, № 11. P. SF3585693–SF35856914. DOI: <https://doi.org/10.36849/jdd.6229>
- Borrelli M.R., Shen A.H., Lee G.K. et al. Radiation-Induced Skin Fibrosis Pathogenesis, Current Treatment Options, and Emerging Therapeutics. *Annals of Plastic Surgery*. 2019. Vol. 83, № 4S, Suppl. 1. P. S59–S64. DOI: <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000002098>
- Красносельський М.В., Кулінич Г.В., Гоні Сімеха А.Т., Кульчаєва Т.В. Клінічний випадок променевого ушкодження при проведенні ангіо-рафії. *Український радіологічний журнал*. 2016. Т. 24, вип. 2. С. 87–90. URL: http://medradiologia.org.ua/assets/files/arch/2016/2/urg_2_16-87-90.pdf
- Photiou C., Strouthos I., Cloconi C. In Vivo Early Detection of Acute Radiation Dermatitis Using Optical Coherence Tomography (OCT) Images. *Optical coherence tomography and coherence domain optical methods in biomedicine XXVI : Proceedings Paper, San Francisco, CA, January 24–26, 2022*. Vol. 11948. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2608095>
- Hymes S.R., Strom E.A., Fife C. Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology, and treatment 2006. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2006. Vol. 54, № 1. P. 28–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2005.08.054>
- Wong R.K.S., Bensadoun R.-J., Boers-Doets C.B. et al. Clinical practice guidelines for the prevention and treatment of acute and late radiation reactions from the MASCC Skin Toxicity Study Group. *Supportive Care in Cancer*. 2013. Vol. 21, № 10. P. 2933–2948. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-013-1896-2>
- Nystedt K.E., Hill J.E., Mitchell A.M. et al. The Standardization of Radiation Skin Care in British Columbia: A Collaborative Approach. *Oncology Nursing Forum*. 2005. Vol. 32, № 6. P. 1199–1205. DOI: <https://doi.org/10.1188/05.ONF.1199-1205>
- Johnston P. Evidence based recommendations for the assessment and management of radiation-induced skin toxicities in breast cancer. Part 5. Management of long-term effects. *CancerCare Manitoba*. 2018. 29 p. URL: https://www.cancercare.mb.ca/export/sites/default/For-Health-Professionals/galleries/files/treatment-guidelines-rro-files/practice-guidelines/supportive-care/Part_5_Management_of_Long-Term_Effects.pdf
- Johnston P. Evidence based recommendations for the assessment and management of radiation-induced skin toxicities in breast cancer. Part 4. Management of acute radiation-induced skin toxicities. *CancerCare Manitoba*. 2018. 45 p. URL: https://www.cancercare.mb.ca/export/sites/default/For-Health-Professionals/galleries/files/treatment-guidelines-rro-files/practice-guidelines/supportive-care/Part_4_Management_of_Acute_Radiation-Induced_Skin_Toxicities.pdf
- Gosselin T., Ginex P., Backler C. et al. ONS guidelines for cancer treatment-related radiodermatitis. *Oncology Nursing Forum*. 2020. Vol. 47, № 6. P. 654–670. DOI: <https://doi.org/10.1188/20.ONF.654-670>
- Backler C., Bruce S.D., Suarez L.V., Ginex P.K. Radiodermatitis: Clinical Summary of the ONS Guidelines™ for Cancer Treatment-Related Radiodermatitis. *Clinical Journal of Oncology Nursing*. 2020. Vol. 4, № 6. P. 681–684. DOI: <https://doi.org/10.1188/20.CJON.681-684>
- Zasadzinski K., Spalek M.J., Rutkowski P. Modern Dressings in Prevention and Therapy of Acute and Chronic Radiation Dermatitis – A Literature Review. *Pharmaceutics*. 2022;14(6):1204. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14061204>
- Diehl C. Cutaneous side effects of oncology treatments Part I. Chemotherapy. *Ukrainian Journal of Dermatology, Venereology, Cosmetology*. 2018;3(6):62–70. (In English). DOI: <https://doi.org/10.30978/UJDVK2018-3-62>
- Leventhal J., Lacouture M., Andriessen A. et al. United States Cutaneous Oncodermatology Management (USCOM) II: A Multidisciplinary-Guided Algorithm for the Prevention and Management of Acute Radiation Dermatitis in Cancer Patients. *Journal of Drugs in Dermatology*. 2022;21(11):SF3585693–14. (In English). DOI: <https://doi.org/10.36849/jdd.6229>
- Borrelli MR, Shen AH, Lee GK et al. Radiation-Induced Skin Fibrosis Pathogenesis, Current Treatment Options, and Emerging Therapeutics. *Annals of Plastic Surgery*. 2019;83(4S Suppl 1):S59–64. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000002098>
- Krasnoselskiy NV, Kulnich GV, Goni Simekha AT, Kulchaeva TV. Clinical case of radiation injury due to angiography. *Ukrainian Journal of Radiology*. 2016;24(2):87–90. (In Ukrainian). URL: http://medradiologia.org.ua/assets/files/arch/2016/2/urg_2_16-87-90.pdf
- Photiou C, Strouthos I, Cloconi C. In Vivo Early Detection of Acute Radiation Dermatitis Using Optical Coherence Tomography (OCT) Images. *Optical coherence tomography and coherence domain optical methods in biomedicine XXVI: Proceedings Paper, San Francisco, CA, January 24–26, 2022*;11948. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2608095>
- Hymes SR, Strom EA, Fife C. Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology, and treatment 2006. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2006;54(1):28–46. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2005.08.054>
- Wong RKS, Bensadoun R-J, Boers-Doets CB et al. Clinical practice guidelines for the prevention and treatment of acute and late radiation reactions from the MASCC Skin Toxicity Study Group. *Supportive Care in Cancer*. 2013;21(10):2933–48. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-013-1896-2>
- Nystedt KE, Hill JE, Mitchell AM et al. The Standardization of Radiation Skin Care in British Columbia: A Collaborative Approach. *Oncology Nursing Forum*. 2005;32(6):1199–205. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1188/05.ONF.1199-1205>
- Johnston P. Evidence based recommendations for the assessment and management of radiation-induced skin toxicities in breast cancer. Part 5. Management of long-term effects [Internet]. *CancerCare Manitoba*; 2018;29. (In English). URL: https://www.cancercare.mb.ca/export/sites/default/For-Health-Professionals/galleries/files/treatment-guidelines-rro-files/practice-guidelines/supportive-care/Part_5_Management_of_Long-Term_Effects.pdf
- Johnston P. Evidence based recommendations for the assessment and management of radiation-induced skin toxicities in breast cancer. Part 4. Management of acute radiation-induced skin toxicities. *CancerCare Manitoba*; 2018;45. (In English). URL: https://www.cancercare.mb.ca/export/sites/default/For-Health-Professionals/galleries/files/treatment-guidelines-rro-files/practice-guidelines/supportive-care/Part_4_Management_of_Acute_Radiation-Induced_Skin_Toxicities.pdf
- Gosselin T, Ginex P, Backler C et al. ONS guidelines for cancer treatment-related radiodermatitis. *Oncology Nursing Forum*. 2020;47(6):654–70. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1188/20.ONF.654-670>
- Backler C, Bruce SD, Suarez LV, Ginex PK. Radiodermatitis: Clinical Summary of the ONS Guidelines™ for Cancer Treatment-Related Radiodermatitis. *Clinical Journal of Oncology Nursing*. 2020;4(6):681–4. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1188/20.CJON.681-684>

14. Feight D., Baney T., Bruce S. D., McQuestion M. Putting Evidence Into Practice. *Clinical Journal of Oncology Nursing*. 2011. Vol. 15, № 5. P. 481–492. DOI: <https://doi.org/10.1188/11.CJON.481-492>
15. Guyatt G., Oxman A.D., Akl E.A. et al. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2011. Vol. 64, № 4. P. 383–394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.04.026>
16. Bolderston A., Lloyd N.S., Wong R.K.S. et al. The prevention and management of acute skin reactions related to radiation therapy: a systematic review and practice guideline. *Supportive Care in Cancer*. 2006. Vol. 14. P. 802–817. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-006-0063-4>
17. Finkelstein S., Kanee L., Behroozian T. et al. Comparison of clinical practice guidelines on radiation dermatitis: a narrative review. *Supportive Care in Cancer*. 2022. Vol. 30. P. 4663–4674. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-022-06829-6>
18. Burke G., Faithfull S., Probst H. Radiation induced skin reactions during and following radiotherapy: A systematic review of interventions. *Radiography*. 2022. Vol. 28, № 1. P. 232–239. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.09.006>
19. Johnson K., Fenton G., White R.J. Radiation dermatitis: the evaluation of a new topical therapy for the treatment and prevention of radiation-induced skin damage and moist desquamation: a multicentre UK case cohort study. *Journal of Radiotherapy in Practice*. 2021. Vol. 20, № 4. P. 461–465. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1460396920001077>
20. Класифікатор хвороб та споріднених проблем охорони здоров'я (НК 025:2021, L58). [Чинний від 2021-09-01]. Київ: Міністерство охорони здоров'я України, 2021. 1670 с. URL: <https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2021/11/nacjonalnyj-klasifikator-nk-025.pdf>
21. Wei J., Meng L., Hou X. et al. Radiation-induced skin reactions: mechanism and treatment. *Cancer Management and Research*. 2019. Vol. 11. P. 167–171. DOI: <https://doi.org/10.2147/CMAR.S188655>
22. Wang Y., Chen S., Bao S. et al. Deciphering the fibrotic process: mechanism of chronic radiation skin injury fibrosis. *Frontiers in Immunology*. 2024. Vol. 15. 1338922 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1338922>
23. Hoeller U., Tribius S., Kuhlmeier A. et al. Increasing the rate of late toxicity by changing the score? A comparison of RTOG/EORTC and LENT/SOMA scores. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2003. Vol. 55, № 4. P. 1013–1018. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(02\)04202-5](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(02)04202-5)
24. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 5.0. *National Institutes of Health*. 2017. 147 p. URL: https://ctep.cancer.gov/protocoldevelopment/electronic_applications/docs/CTCAE_v5_Quick_Reference_8.5x11.pdf
25. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 4.0. *National Institutes of Health*. 2010. 79 p. URL: https://evs.nci.nih.gov/ftp1/CTCAE/CTCAE_4.03/Archive/CTCAE_4.0_2009-05-29_QuickReference_8.5x11.pdf
26. Cox J.D., Stetz J., Pajak T.F. Toxicity criteria of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) and the European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC). *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 1995. Vol. 31, № 5. P. 1341–1346. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(95\)00060-C](https://doi.org/10.1016/0360-3016(95)00060-C)
27. Пилипенко М.І. Місцеві променеві ушкодження Український радіологічний журнал. 2014. Т. 22, вип. 1. С. 34–45. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/URLZh_2014_22_1_7
28. Yang X., Ren H., Guo X. et al. Radiation-induced skin injury: pathogenesis, treatment, and management. *Aging*. 2020. Vol. 12, № 22. P. 23379–23393. DOI: <https://doi.org/10.18632/aging.103932>
29. Singh M., Alavi A., Wong R., Akita S. Radiodermatitis: A Review of Our Current Understanding. *American Journal of Clinical Dermatology*. 2016. Vol. 17, № 3. P. 277–292. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40257-016-0186-4>
30. Boström A., Lindman H., Swartling C. et al. Potent corticosteroid cream (mometasone furoate) significantly reduces acute radiation dermatitis: results from a double-blind, randomized study. *Radiotherapy and Oncology*. 2001. Vol. 59, № 3. P. 257–265. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-8140\(01\)00327-9](https://doi.org/10.1016/s0167-8140(01)00327-9)
31. Ryan J.L., Heckler C.E., Ryan M.L. et al. Curcumin for Radiation Dermatitis: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial of Thirty Breast Cancer Patients. *Radiation Research*. 2013. Vol. 180, № 1. P. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.1667/RR3255.1>
32. Menon A., Prem S.S., Kumari R. et al. Topical Betamethasone Valerate As a Prophylactic Agent to Prevent Acute Radiation Dermatitis in Head and Neck Malignancies: A Randomized, Open-Label, Phase 3 Trial. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2021. Vol. 109, № 1. P. 151–160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.08.040>
33. Kiprian D., Szykut-Badaczewska A., Gradzińska A. et al. How to manage radiation-induced dermatitis? Nowotwory. *Journal of Oncology*. 2022. Vol. 72, № 2. P. 86–95. DOI: <https://doi.org/10.5603/NJO.2022.0017>
34. Hymes S.R., Strom E.A., Fife C. Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology, and treatment 2006. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2006. Vol. 54, № 1. P. 28–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2005.08.054>
14. Feight D., Baney T., Bruce SD, McQuestion M. Putting Evidence Into Practice. *Clinical Journal of Oncology Nursing*. 2011;15(5):481–92. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1188/11.CJON.481-492>
15. Guyatt G, Oxman AD, Akl EA et al. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*. 2011;64(4):383–94. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.04.026>
16. Bolderston A, Lloyd NS, Wong RKS et al. The prevention and management of acute skin reactions related to radiation therapy: a systematic review and practice guideline. *Supportive Care in Cancer*. 2006;14:802–17. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-006-0063-4>
17. Finkelstein S, Kanee L, Behroozian T et al. Comparison of clinical practice guidelines on radiation dermatitis: a narrative review. *Supportive Care in Cancer*. 2022;30:4663–74. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-022-06829-6>
18. Burke G, Faithfull S, Probst H. Radiation induced skin reactions during and following radiotherapy: A systematic review of interventions. *Radiography*. 2022;28(1):232–9. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.09.006>
19. Johnson K, Fenton G, White RJ. Radiation dermatitis: the evaluation of a new topical therapy for the treatment and prevention of radiation-induced skin damage and moist desquamation: a multicentre UK case cohort study. *Journal of Radiotherapy in Practice*. 2021;20(4):461–5. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1017/S1460396920001077>
20. Classification of Diseases and Related Health Problem (NC 025:2021, L58). Valid from 2021-09-01. Kyiv: Ministry of Health of Ukraine. 2021;1670. (In Ukrainian). URL: <https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2021/11/nacjonalnyj-klasifikator-nk-025.pdf>
21. Wei J, Meng L, Hou X et al. Radiation-induced skin reactions: mechanism and treatment. *Cancer Management and Research*. 2018;11:167–77. (In English). DOI: <https://doi.org/10.2147/CMAR.S188655>
22. Wang Y, Chen S, Bao S et al. Deciphering the fibrotic process: mechanism of chronic radiation skin injury fibrosis. *Frontiers in Immunology*. 2024;15:1338922. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2024.1338922>
23. Hoeller U, Tribius S, Kuhlmeier A et al. Increasing the rate of late toxicity by changing the score? A comparison of RTOG/EORTC and LENT/SOMA scores. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2003;55(4):1013–8. (In English). DOI: [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(02\)04202-5](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(02)04202-5)
24. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 5.0. *National Institutes of Health*. 2017;147. (In English). URL: https://ctep.cancer.gov/protocoldevelopment/electronic_applications/docs/CTCAE_v5_Quick_Reference_8.5x11.pdf
25. Common Terminology Criteria for Adverse Events (CTCAE) Version 4.0. *National Institutes of Health*. 2010;79. (In English). URL: https://evs.nci.nih.gov/ftp1/CTCAE/CTCAE_4.03/Archive/CTCAE_4.0_2009-05-29_QuickReference_8.5x11.pdf
26. Cox JD, Stetz J, Pajak TF. Toxicity criteria of the Radiation Therapy Oncology Group (RTOG) and the European Organization for Research and Treatment of Cancer (EORTC). *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 1995;31(5):1341–6. (In English). DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-3016\(95\)00060-C](https://doi.org/10.1016/0360-3016(95)00060-C)
27. Piliipenko M.I. Local radiation damages. *Ukrainian Journal of Radiology*. 2014;22(1):34–5. (In Ukrainian). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/URLZh_2014_22_1_7
28. Yang X, Ren H, Guo X et al. Radiation-induced skin injury: pathogenesis, treatment, and management. *Aging*. 2020;12(22):23379–93. (In English). DOI: <https://doi.org/10.18632/aging.103932>
29. Singh M, Alavi A, Wong R, Akita S. Radiodermatitis: A Review of Our Current Understanding. *American Journal of Clinical Dermatology*. 2016. Vol. 17(3):277–92. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s40257-016-0186-4>
30. Boström A, Lindman H, Swartling C et al. Potent corticosteroid cream (mometasone furoate) significantly reduces acute radiation dermatitis: results from a double-blind, randomized study. *Radiotherapy and Oncology*. 2001;59(3):257–65. (In English). DOI: [https://doi.org/10.1016/s0167-8140\(01\)00327-9](https://doi.org/10.1016/s0167-8140(01)00327-9)
31. Ryan JL, Heckler CE, Ryan ML et al. Curcumin for Radiation Dermatitis: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial of Thirty Breast Cancer Patients. *Radiation Research*. 2013;180(1):34–43. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1667/RR3255.1>
32. Menon A, Prem SS, Kumari R et al. Topical Betamethasone Valerate As a Prophylactic Agent to Prevent Acute Radiation Dermatitis in Head and Neck Malignancies: A Randomized, Open-Label, Phase 3 Trial. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2021;109(1):151–60. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2020.08.040>
33. Kiprian D, Szykut-Badaczewska A, Gradzińska A et al. How to manage radiation-induced dermatitis? Nowotwory. *Journal of Oncology*. 2022;72(2):86–95. (In English). DOI: <https://doi.org/10.5603/NJO.2022.0017>
34. Hymes SR, Strom EA, Fife C. Radiation dermatitis: clinical presentation, pathophysiology, and treatment 2006. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2006;54(1):28–46. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2005.08.054>

35. Schmutz M., Wimmer M.A., Hofer S. et al. Topical corticosteroid therapy for acute radiation dermatitis: a prospective, randomized, double-blind study. *The British Journal of Dermatology*. 2002. Vol. 146, № 6. P. 983–991. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2002.04751.x>
36. Wilson B.N., Shah R., Menzer C. et al. Consensus on the clinical management of chronic radiation dermatitis and radiation fibrosis: a Delphi survey. *The British Journal of Dermatology*. 2022. Vol. 187, № 6. P. 1054–1056. DOI: <https://doi.org/10.1111/bjd.21852>
37. Мечев Д.С., Лазар Д.А., Івчук В.П., Говоруха Т.М. Перший досвід використання кортикостероїдного крему «Мометазон фуроат» в лікуванні радіаційних дерматитів. *Український радіологічний журнал*. 2009. Т. 17, вип. 3. С. 316–317. URL: <http://medradiologia.org.ua/assets/files/arch/2009/3/p316.pdf>
38. Racadot S., Arnaud A., Schiffler C. et al. Cicaderma® in radiation-related dermatitis of breast cancer: Results from the multicentric randomised phase III CICA-RT. *Clinical and Translational Radiation Oncology*. 2023. Vol. 41. 00647 p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2023.100647>
39. Sauvage L.-M., Loap P., Vu-Bezin J. et al. Large scale experience of two ultrahyperfractionated 5 fractions regimes after breast conserving surgery from a single centre. *Acta Oncologica*. 2023. Vol. 62, № 12. P. 1791–1797. DOI: <https://doi.org/10.1080/0284186X.2023.2267170>
40. Chaffai I., Cao K., Kissel M. et al. Patient selection and early tolerance of whole breast irradiation according to the «Fast Forward» protocol: Preliminary results. *Cancer Radiotherapie*. 2022. Vol. 26, № 4. P. 542–546. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2021.07.036>
41. Ben Dhia S., Loap P., Loirat D. et al. Concurrent radiation therapy and dual HER2 blockade in breast cancer: Assessment of toxicity. *Cancer Radiotherapie*. 2021. Vol. 25, № 5. P. 424–431. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2020.06.037>
42. Beddok A., Chevrier M., Calugaru V. et al. Acute and late toxicities of patients infected with SARS-CoV-2 and treated for cancer with radiation therapy during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Radiation Biology*. 2021. Vol. 97, № 10. P. 1436–1440. DOI: <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1956008>
43. Balbach M.L., Sherry A.D., Rexer B.N. et al. Feasibility and Tolerability of Adjuvant Capecitabine-Based Chemoradiation in Patients With Breast Cancer and Residual Disease After Neoadjuvant Chemotherapy: A Prospective Clinical Trial. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2024. Vol. 118, № 5. P. 1262–1270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.06.076>
44. van Dijk L.V., Frank S.J., Yuan Y. et al. Proton Image-guided Radiation Assignment for Therapeutic Escalation via Selection of locally advanced head and neck cancer patients [PIRATES]: A Phase I safety and feasibility trial of MRI-guided adaptive particle radiotherapy. *Clinical and Translational Radiation Oncology*. 2021. Vol. 32. P. 35–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2021.11.003>
45. Sprave T., Zamboglou C., Verma V. et al. Characterization of health-related quality of life based on the EQ-5D-5L questionnaire in head-and-neck cancer patients undergoing modern radiotherapy. *Expert Review of Pharmacoeconomics and Outcomes Research*. 2020. Vol. 20, № 6. P. 673–682. DOI: <https://doi.org/10.1080/14737167.2020.1823220>
46. Pasalic D., Ludmir E.B., Allen P.K. et al. Patient-reported outcomes, physician-reported toxicities, and treatment outcomes in a modern cohort of patients with sinonasal cancer treated using proton beam therapy. *Radiotherapy and Oncology*. 2020. Vol. 148. P. 258–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.05.007>
47. Palma G., Monti S., Conson M. et al. NTCP Models for Severe Radiation Induced Dermatitis After IMRT or Proton Therapy for Thoracic Cancer Patients. *Frontiers in Oncology*. 2020. Vol. 10. 344 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00344>
48. Rosenthal A., Israilevich R., Moy R. Management of acute radiation dermatitis: A review of the literature and proposal for treatment algorithm. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2019. Vol. 81, № 2. P. 558–567. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.02.047>
49. Chan R.J., Blades R., Jones L. et al. A single-blind, randomised controlled trial of StrataXRT® – A silicone-based film-forming gel dressing for prophylaxis and management of radiation dermatitis in patients with head and neck cancer. *Radiotherapy and Oncology*. 2019. Vol. 139. P. 72–78. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2019.07.014>
50. Sun J., Zhang Y., Song X. et al. The Healing Effects of Conditioned Medium Derived from Mesenchymal Stem Cells on Radiation-Induced Skin Wounds in Rats. *Cell Transplantation*. 2019. Vol. 28, № 1. P. 105–115. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963689718807410>
51. Behroozian T., Milton L., Karam I. et al. Mepitel Film for the Prevention of Acute Radiation Dermatitis in Breast Cancer: A Randomized Multicenter Open-Label Phase III Trial. *Journal of Clinical Oncology*. 2023. Vol. 41, № 6. P. 1250–1264. DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.22.01873>
52. Sekiguchi K., Sumi M., Saito A. et al. The effectiveness of moisturizer on acute radiation-induced dermatitis in breast cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Breast Cancer*. 2023. Vol. 30, № 1. P. 2–12. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12282-022-01403-8>
35. Schmutz M, Wimmer MA, Hofer S et al. Topical corticosteroid therapy for acute radiation dermatitis: a prospective, randomized, double-blind study. *The British Journal of Dermatology*. 2002;146(6):983–91. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2133.2002.04751.x>
36. Wilson BN, Shah R, Menzer C et al. Consensus on the clinical management of chronic radiation dermatitis and radiation fibrosis: a Delphi survey. *The British Journal of Dermatology*. 2022;187(6):1054–6. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1111/bjd.21852>
37. Mechev DS, Lazar DA, Ivchuk VP, Govorukha TM. The first experience of using corticosteroid cream «Mometasone furoate» in the treatment of radiation dermatitis. *Ukrainian Journal of Radiology*. 2009;17(3):316–7. (In Ukrainian). URL: <http://medradiologia.org.ua/assets/files/arch/2009/3/p316.pdf>
38. Racadot S, Arnaud A, Schiffler C et al. Cicaderma® in radiation-related dermatitis of breast cancer: Results from the multicentric randomised phase III CICA-RT. *Clinical and Translational Radiation Oncology*. 2023;41:100647. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2023.100647>
39. Sauvage L-M, Loap P, Vu-Bezin J et al. Large scale experience of two ultrahyperfractionated 5 fractions regimes after breast conserving surgery from a single centre. *Acta Oncologica*. 2023;62(12):1791–7. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1080/0284186X.2023.2267170>
40. Chaffai I, Cao K, Kissel M et al. Patient selection and early tolerance of whole breast irradiation according to the «Fast Forward» protocol: Preliminary results. *Cancer Radiotherapie*. 2022;26(4):542–6. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2021.07.036>
41. Ben Dhia S, Loap P, Loirat D et al. Concurrent radiation therapy and dual HER2 blockade in breast cancer: Assessment of toxicity. *Cancer Radiotherapie*. 2021;25(5):424–31. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canrad.2020.06.037>
42. Beddok A, Chevrier M, Calugaru V et al. Acute and late toxicities of patients infected with SARS-CoV-2 and treated for cancer with radiation therapy during the COVID-19 pandemic. *International Journal of Radiation Biology*. 2021;97(10):1436–40. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1080/09553002.2021.1956008>
43. Balbach ML, Sherry AD, Rexer BN et al. Feasibility and Tolerability of Adjuvant Capecitabine-Based Chemoradiation in Patients With Breast Cancer and Residual Disease After Neoadjuvant Chemotherapy: A Prospective Clinical Trial. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2024;118(5):1262–70. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.06.076>
44. van Dijk LV, Frank SJ, Yuan Y et al. Proton Image-guided Radiation Assignment for Therapeutic Escalation via Selection of locally advanced head and neck cancer patients [PIRATES]: A Phase I safety and feasibility trial of MRI-guided adaptive particle radiotherapy. *Clinical and Translational Radiation Oncology*. 2021;32:35–40. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ctro.2021.11.003>
45. Sprave T, Zamboglou C, Verma V et al. Characterization of health-related quality of life based on the EQ-5D-5L questionnaire in head-and-neck cancer patients undergoing modern radiotherapy. *Expert Review of Pharmacoeconomics and Outcomes Research*. 2020;20(6):673–82. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1080/14737167.2020.1823220>
46. Pasalic D, Ludmir EB, Allen PK et al. Patient-reported outcomes, physician-reported toxicities, and treatment outcomes in a modern cohort of patients with sinonasal cancer treated using proton beam therapy. *Radiotherapy and Oncology*. 2020;148:258–66. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2020.05.007>
47. Palma G, Monti S, Conson M et al. NTCP Models for Severe Radiation Induced Dermatitis After IMRT or Proton Therapy for Thoracic Cancer Patients. *Frontiers in Oncology*. 2020;10:344. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00344>
48. Rosenthal A, Israilevich R, Moy R. Management of acute radiation dermatitis: A review of the literature and proposal for treatment algorithm. *Journal of the American Academy of Dermatology*. 2019;81(2):558–67. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2019.02.047>
49. Chan RJ, Blades R, Jones L et al. A single-blind, randomised controlled trial of StrataXRT® – A silicone-based film-forming gel dressing for prophylaxis and management of radiation dermatitis in patients with head and neck cancer. *Radiotherapy and Oncology*. 2019;139:72–8. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2019.07.014>
50. Sun J, Zhang Y, Song X et al. The Healing Effects of Conditioned Medium Derived from Mesenchymal Stem Cells on Radiation-Induced Skin Wounds in Rats. *Cell Transplantation*. 2019;28(1):105–15. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1177/0963689718807410>
51. Behroozian T, Milton L, Karam I et al. Mepitel Film for the Prevention of Acute Radiation Dermatitis in Breast Cancer: A Randomized Multicenter Open-Label Phase III Trial. *Journal of Clinical Oncology*. 2023;41(6):1250–64. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1200/JCO.22.01873>
52. Sekiguchi K, Sumi M, Saito A et al. The effectiveness of moisturizer on acute radiation-induced dermatitis in breast cancer patients: a systematic review and meta-analysis. *Breast Cancer*. 2023;30(1):2–12. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s12282-022-01403-8>

53. Long X., Guo J., Yin Y. et al. A blinded-endpoint, randomized controlled trial of Sanyrene with natural active ingredient for prophylaxis of radiation dermatitis in patients receiving radiotherapy. *Radiation Oncology*. 2023. Vol. 18, № 1. 174 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02363-9>
54. Nangia S., Gaikwad U., Noufal M.P. et al. Proton therapy and oral mucositis in oral & oropharyngeal cancers: outcomes, dosimetric and NTCP benefit. *Radiation Oncology*. 2023. Vol. 18, № 1. 121 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02317-1>
55. Wang Y., Liu R., Zhang Q. et al. Charged particle therapy for high-grade gliomas in adults: a systematic review. *Radiation Oncology*. 2023. Vol. 18, № 1. 29 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-022-02187-z>
56. Hong Z., Yang Z., Mei X. et al. A retrospective study of adjuvant proton radiotherapy for breast cancer after lumpectomy: a comparison of conventional-dose and hypofractionated dose. *Radiation Oncology*. 2023. Vol. 18, № 1. 56 p. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02213-8>
57. Wu K., Miu X., Wang H., Li X. A Bayesian optimization tuning integrated multi-stacking classifier framework for the prediction of radiodermatitis from 4D-CT of patients underwent breast cancer radiotherapy. *Frontiers in Oncology*. 2023. Vol. 13. 1152020 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1152020>
58. Meneses C.S., Gidcumb E.M., Marcus K.L. et al. Acute radiotherapy-associated oral pain may promote tumor growth at distant sites. *Frontiers in Oncology*. 2023. Vol. 13. 1029108 p. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1029108>
59. Zhou R., Qiu B., Xiong M. et al. Hypofractionated Radiotherapy followed by Hypofractionated Boost with weekly concurrent chemotherapy for Unresectable Stage III Non-Small Cell Lung Cancer: Results of A Prospective Phase II Study (GASTO-1049). *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physic*. 2023. Vol. 117, № 2. P. 387–399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.04.021>
60. Purswani J.M., Bigham Z., Adotama P. et al. Risk of Radiation Dermatitis in Patients With Skin of Color Who Undergo Radiation to the Breast or Chest Wall With and Without Regional Nodal Irradiation. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2023. Vol. 117, № 2. P. 468–478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.04.006>
61. Rose P. Radiation-induced skin toxicity: prophylaxis or management? *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2020. Vol. 67, № 3. P. 168–169. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmrs.418>
62. Yan J., Yuan L., Wang J. et al. Mepitel Film is superior to Biafine cream in managing acute radiation-induced skin reactions in head and neck cancer patients: a randomised intra-patient controlled clinical trial. *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2020. Vol. 67, № 3. P. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.1002/jmrs.397>
63. Dejonckheere C.S., Lindner K., Bachmann A. et al. Do Barrier Films Impact Long-Term Skin Toxicity following Whole-Breast Irradiation? Objective Follow-Up of Two Randomised Trials. *Journal of Clinical Medicine*. 2023. Vol. 12, № 22. 7195 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12227195>
64. Behroozian T., Milton L.T., Shear N.H. et al. Radiation dermatitis assessment tools used in breast cancer: A systematic review of measurement properties. *Supportive Care in Cancer*. 2021. Vol. 29, № 5. P. 2265–2278. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-020-05889-w>
53. Long X., Guo J., Yin Y. et al. A blinded-endpoint, randomized controlled trial of Sanyrene with natural active ingredient for prophylaxis of radiation dermatitis in patients receiving radiotherapy. *Radiation Oncology*. 2023;18(1):174. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02363-9>
54. Nangia S, Gaikwad U, Noufal MP et al. Proton therapy and oral mucositis in oral & oropharyngeal cancers: outcomes, dosimetric and NTCP benefit. *Radiation Oncology*. 2023;18(1):121. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02317-1>
55. Wang Y, Liu R, Zhang Q et al. Charged particle therapy for high-grade gliomas in adults: a systematic review. *Radiation Oncology*. 2023;18(1):29. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-022-02187-z>
56. Hong Z, Yang Z, Mei X et al. A retrospective study of adjuvant proton radiotherapy for breast cancer after lumpectomy: a comparison of conventional-dose and hypofractionated dose. *Radiation Oncology*. 2023;18(1):56. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1186/s13014-023-02213-8>
57. Wu K, Miu X, Wang H, Li X. A Bayesian optimization tuning integrated multi-stacking classifier framework for the prediction of radiodermatitis from 4D-CT of patients underwent breast cancer radiotherapy. *Frontiers in Oncology*. 2023;13:1152020. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1152020>
58. Meneses CS, Gidcumb EM, Marcus KL et al. Acute radiotherapy-associated oral pain may promote tumor growth at distant sites. *Frontiers in Oncology*. 2023;13:1029108. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1029108>
59. Zhou R, Qiu B, Xiong M et al. Hypofractionated Radiotherapy followed by Hypofractionated Boost with weekly concurrent chemotherapy for Unresectable Stage III Non-Small Cell Lung Cancer: Results of A Prospective Phase II Study (GASTO-1049). *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physic*. 2023;117(2):387–99. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.04.021>
60. Purswani JM, Bigham Z, Adotama P et al. Risk of Radiation Dermatitis in Patients With Skin of Color Who Undergo Radiation to the Breast or Chest Wall With and Without Regional Nodal Irradiation. *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2023;117(2):468–78. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2023.04.006>
61. Rose P. Radiation-induced skin toxicity: prophylaxis or management? *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2020;67(3):168–9. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1002/jmrs.418>
62. Yan J, Yuan L, Wang J et al. Mepitel Film is superior to Biafine cream in managing acute radiation-induced skin reactions in head and neck cancer patients: a randomised intra-patient controlled clinical trial. *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2020;67(3):208–16. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1002/jmrs.397>
63. Dejonckheere CS, Lindner K, Bachmann A et al. Do Barrier Films Impact Long-Term Skin Toxicity following Whole-Breast Irradiation? Objective Follow-Up of Two Randomised Trials. *Journal of Clinical Medicine*. 2023;12(22):7195. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3390/jcm12227195>
64. Behroozian T, Milton LT, Shear NH et al. Radiation dermatitis assessment tools used in breast cancer: A systematic review of measurement properties. *Supportive Care in Cancer*. 2021;29(5):2265–78. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1007/s00520-020-05889-w>

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

В подальшому необхідно стандартизувати оцінку променевих дерматитів та переглянути міжнародні рекомендації щодо критеріїв оцінки променевих дерматитів.

In the future, it is necessary to standardize the assessment of radiation dermatitis and revise international recommendations on the criteria for assessing radiation dermatitis.

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори рукопису свідомо засвідчують відсутність фактичного або потенційного конфлікту інтересів щодо результатів цієї роботи.

None of the authors have any conflicts of interest to disclose.

Інформація про фінансування

Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України.

Financed by the state budget of Ukraine.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Красносельський Микола Вілленович – доктор медичних наук, професор, директор 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;

e-mail: medrad20@ukr.net
моб.: +38 (050) 300-56-97

Внесок автора: обґрунтування мети та завдань дослідження, аналіз отриманих результатів, корегування виконаної роботи.

Артамонова Неоніла Олегівна – доктор наук із соціальних комунікацій, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, керівник групи наукового аналізу і моніторингу інтелектуальної власності 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: artamonovan@ukr.net
моб.: +38 (096) 380-43-71

Внесок автора: вибір стратегії дослідження, корегування виконаної роботи, аналіз отриманих результатів, складання огляду

Павліченко Юліана Валеріївна – науковий співробітник групи наукового аналізу і моніторингу інтелектуальної власності 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: pavyuliana@ukr.net
моб.: +38 (067) 720-86-68

Внесок автора: формування стратегії пошуку наукових документів у базі даних SCOPUS, статистична обробка отриманих даних.

Krasnoselskyi Mykola Villenovych – Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82 Hryhoriia Skovorody Str., Kharkiv, Ukraine;

e-mail: medrad20@ukr.net
tel.: +38 (050) 300-56-97

Author's contribution: interpretation of the purpose and goals of the study, analysis of obtained results, correction of the work.

Artamonova Neonila Olegivna – Doctor of Sciences in Social Communications, Senior Researcher, Leading Researcher, Head of the group for scientific analysis and monitoring of intellectual property 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: artamonovan@ukr.net
tel.: +38 (096) 380-43-71

Author's contribution: choice of research strategy, correction of the work performed, analysis of the results.

Pavlichenko Yuliana Valeriivna – researcher of the group of scientific analysis and monitoring of intellectual property 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: pavyuliana@ukr.net
tel.: +38 (067) 720-86-68

Author's contribution: formation of a search strategy for scientific documents in the Scopus database, processing of the received data.

Рукопис надійшов
Manuscript was received
07.01.2024

Отримано після рецензування
Received after review
01.02.2024

Прийнято до друку
Accepted for printing
20.02.2024

Опубліковано
Published
28.02.2024