

DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2022.31-41>  
УДК: 615.849+616.65:616-006.66



## Найближчі результати HDR-брахітерапії в лікуванні локалізованих форм раку передміхурової залози

**Білозор Н.В.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-1201-3410, e-mail: belgrinata@rambler.ru  
**Свинаренко А.А.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0003-3122-1044, e-mail: aa\_svnarenko@ukr.net  
**Свинаренко А.В.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0001-8854-8561, e-mail: asvnarenko@ukr.net  
**Бублик А.В.**<sup>2</sup>, ORCID: 0000-0003-1316-6299, e-mail: avitab@ukr.net  
**Середенко В.Г.**<sup>2</sup>, ORCID: 0000-0002-7705-4360, e-mail: seredenko1311@gmail.com

<sup>1</sup>Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», м. Харків, Україна

<sup>2</sup>Медичний центр «БРИГІД-ОНКО», м. Харків, Україна

## Recent results of HDR brachytherapy in the treatment of localized forms of prostate cancer

**Bilozor N.V.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0002-1201-3410, e-mail: belgrinata@rambler.ru  
**Svnarenko A.A.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0003-3122-1044, e-mail: aa\_svnarenko@ukr.net  
**Svnarenko A.V.**<sup>1,2</sup>, ORCID: 0000-0001-8854-8561, e-mail: asvnarenko@ukr.net  
**Bublyk A.V.**<sup>2</sup>, ORCID: 0000-0003-1316-6299, e-mail: avitab@ukr.net  
**Seredenko V.H.**<sup>2</sup>, ORCID: 0000-0002-7705-4360, e-mail: seredenko1311@gmail.com

<sup>1</sup>State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kharkiv, Ukraine

<sup>2</sup>Medical Center «BRIGID-ONCO», Kharkiv, Ukraine

### Ключові слова:

локалізований рак передміхурової залози, брахітерапія високої потужності, групи ризику.

### Для кореспонденції:

*Білозор Наталія Володимирівна*  
Державна установа «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України», відділення радіаційної онкології; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;  
email: belgrinata@rambler.ru

© Білозор Н.В., Свинаренко А.А., Свинаренко А.В., Бублик А.В., Середенко В.Г., 2022

### РЕЗЮМЕ

**Актуальність.** Високі рівні захворюваності на рак простати вимагають пошуку більш ефективних методів терапії. У лікуванні локалізованого раку простати широко застосовують інтерстиціальну брахітерапію.

**Мета роботи** – дослідження сучасних можливостей брахітерапії високої потужності з використанням джерела <sup>60</sup>Co протягом променевої терапії (ПТ) локалізованих форм раку простати.

**Матеріали та методи.** Обстежено 47 хворих на рак передміхурової залози (РПЗ) II–III стадій, які отримали брахітерапію високої потужності в поєднанні з дистанційною променевою терапією (ДПТ) (43 хворих) або в монорежимі (4 хворих). До групи низького ризику ввійшли 2 пацієнти (4,3%), групу проміжного ризику склали 25 хворих (53,2%), до групи високого ризику потрапили 20 хворих (42,5%). Ініціальний середній рівень PSA становив 12,9 нг/мл. Об'єм простати варіював від 17,8 до 57 см<sup>3</sup>, середнє значення 38,4 см<sup>3</sup>. У більшості пацієнтів розмір пухлини відповідав Т2 (55,3%). Гістологічно пухлини в усіх випадках відповідали аденокарциномі.

**Результати та їх обговорення.** Оцінка хірургічних ускладнень показала: макрогоматурію – в 23,4% випадків, гострий уретрит – в 6,4% випадків, симптом обструкції – в 4,3%. Рівень PSA оцінювали за 2 міс. після променевого лікування. Показник онкомаркера варіював від 0,07 до 7,81 нг/мл, середнє значення PSA – 1,79 нг/мл. МРТ-обстеження через 3 міс. показало, що регресію пухлинних осередків та зменшення розмірів передміхурової залози відзначено у (88,8 ± 6,1)% хворих у групі низького та проміжного ризику та в (65,0 ± 10,6)% випадках у групі високого ризику. Після поєданого променевого лікування дизуричні явища 1–2-го ступеня (RTOG) діагностовані у 16 хворих (37,2%), променеві ректити 1-го ступеня виявлені у 4 пацієнтів (9,3%). Тимчасове зниження сексуальної функції відзначено у 2 пацієнтів (4,2%). Дворічний безрецидивний період подолали 83% хворих: (95,7 ± 3,9)% пацієнтів груп низького та проміжного ризику та у (70,0 ± 10,2)% випадках у групі високого ризику.

**Висновки.** Проведення HDR-брахітерапії у плані поєданого променевого лікування у хворих на локалізований рак передміхурової залози дає можливість підводити до пухлинного об'єму високі дози опромінення без посилення променевої токсичності.

#### Для цитування:

Білозор Н.В., Свиначенко А.А., Свиначенко А.В., Бублик А.В., Середенко В.Г. Найближчі результати HDR-брахітерапії в лікуванні локалізованих форм раку передміхурової залози. *Український радіологічний та онкологічний журнал*. 2022. Т. 30. № 1. С. 31–41. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2022.31-41>

#### Key words:

localized prostate cancer, HDR brachytherapy, risk groups.

#### For correspondence:

*Bilozor Nataliia Volodymyrivna*  
State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Department of Radiation Oncology;  
82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;  
e-mail: belgrinata@rambler.ru

© *Bilozor NV, Svynarenko AA, Svynarenko AV, Bublik AV, Seredenko VH, 2022*

#### ABSTRACT

**Background.** High levels of prostate cancer incidence require the search for more effective therapy methods. Interstitial brachytherapy is widely used in the treatment of localized prostate cancer.

**Purpose** – to evaluate the current possibilities of HDR brachytherapy using a  $^{60}\text{Co}$  source during radiation therapy in treatment of localized prostate cancer.

**Materials and Methods.** 47 patients with stage II–III prostate cancer who received HDR brachytherapy in combination with EBRT (43 patients) or in mono-mode (4 patients) were examined. The low-risk group included 2 patients (4,3%), the moderate-risk group consisted of 25 patients (53,2%), and the high-risk group included 20 patients (42,5%). The initial mean PSA level was 12,9 ng/ml. The volume of the prostate varied from 17,8 to 57 cm<sup>3</sup>, the average value was 38,4 cm<sup>3</sup>. In most patients, the tumor size corresponded to T2 (55,3%). Histologically tumors in all cases corresponded to adenocarcinoma.

**Results.** Evaluation of surgical complications showed: macrohematuria – in 23,4% of cases, acute urethritis – in 6,4% of cases, obstruction symptom – in 4,3%. PSA levels were assessed at 2 months after radiation treatment. The tumor marker ranged from 0,07 to 7,81 ng/ml, the average PSA value was 1,79 ng/ml. MRI examination after 3 months showed that regression of tumor foci and reduction of prostate size was observed in (88,8 ± 6,1)% of patients in the low and intermediate risk groups and in (65,0 ± 10,6)% of cases in the high risk group. After combined radiation treatment: dysuric phenomena of the 1<sup>st</sup>–2<sup>nd</sup> grade (RTOG) was diagnosed in 16 patients (37,2%), radiation proctitis of the 1<sup>st</sup> grade was observed in 4 patients (9,3%). A temporary decrease in sexual function was reported in 2 patients (4,2%). 83% of patients overcame the two-year recurrence-free period: (95,7 ± 3,9)% of patients in the low and intermediate risk groups and in (70,0 ± 10,2)% cases in the high risk group.

**Conclusions.** Conducting HDR brachytherapy in terms of combined radiation therapy in patients with localized prostate cancer makes it possible to deliver higher doses of radiation to the tumor volume without the increase in radiation toxicity.

#### For citation:

Bilozor NV, Svynarenko AA, Svynarenko AV, Bublik AV, Seredenko VH. Recent results of HDR brachytherapy in the treatment of localized forms of prostate cancer. *Ukrainian journal of radiology and oncology*. 2022;30(1):31–41. DOI: <https://doi.org/10.46879/ukroj.1.2022.31-41>

#### Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Робота є фрагментом планової науково-дослідної роботи Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» «Оптимізувати топометричну підготовку до променевої терапії хворих на рак голови та шиї», НАМН 02.20, номер державної реєстрації: 0119U103013, термін виконання: 02.2020–02.2022, керівники – доктор медичних наук, професор Старенький В.П., доктор медичних наук, професор О.М. Сухіна.

#### Relationship with academic programs, plans and themes

The work is a fragment of the planned research work of the State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» «Optimization of topometric preparation for radiation therapy of patients with head and neck cancer», NAMS 02.20, state registration number: 0119U103013, period for performance: 02.2020–02.2022, led by Doctor of Medical Sciences, Professor Starenyk V.P., Doctor of Medical Sciences, Professor O.M. Sukhina.

#### ВСТУП

У більшості країн світу рак передміхурової залози (РПЗ) відносять до найбільш розповсюджених злоякісних пухлин серед чоловічого населення. За міжнародними епідеміологічними даними, у 2020 році виявлено майже 1,4 млн нових випадків РПЗ. Протягом останнього десятиліття означилася тенденція до різкої поширеності цієї форми раку: приріст захворюваності склав майже 90%, і сьогодні ця патологія займає перше місце за темпом збільшення кількості щорічно зареєстрованих випадків. Отже в різних країнах

#### INTRODUCTION

In most countries of the world, prostate cancer is one of the most common malignancies among the male population. According to international epidemiological data, in 2020, almost 1.4 million new cases of prostate cancer were detected. Over the last decade, there has been a trend towards a sharp prevalence of this form of cancer: the incidence has increased by almost 90%, and today this pathology ranks first in the rate of increase in the number of reported cases annually. Thus, in different countries of the world, prostate cancer came in 2<sup>nd</sup>

світу РПЗ вийшов на 2-ге або 3-тє місце у структурі онкозахворюваності серед чоловічого населення, поступаючись лише раку легенів та кишечника, а у США ця патологія займає перше місце [1].

Багато в чому така статистика зумовлена збільшенням тривалості життя і можливістю ранньої діагностики патології передміхурової залози. Слід зазначити, що рівень захворюваності широко варіює в різних частинах світу: від 79,1 і 73,7 на 100000 в Океанії та Північній Америці, 62,1 – в Європі, до 26,6 і 11,5 в Африці та Азії. Рівень захворюваності на РПЗ залежить також від етнічних особливостей. Відзначають, що найбільш поширене це захворювання серед афроамериканців, які проживають у США, а найменш – у китайців, що мешкають саме на території Китаю. В минулому році загалом зареєстровано 375000 смертей від РПЗ. Сьогодні ця патологія є п'ятою за значимістю причиною смерті від раку серед чоловіків у світі [1, 2].

Згідно з даними Національного канцер-реєстру, в нашій країні РПЗ займає друге місце у структурі онкологічної захворюваності, поступаючись лише раку легенів, і третє – у структурі смертності від онкопатології в чоловіків. Максимальних значень показник захворюваності досягає у віковій групі 75–79 років, а смертності – у 80–84 років. Варто додати, що локалізовані форми РПЗ діагностують щороку в 60–65% випадків [3].

Високі рівні захворюваності на рак простати вимагають пошуку більш ефективних методів терапії. Особливо актуальною проблемою клінічної онкології залишається лікувальна тактика локалізованих форм РПЗ. Нині поряд із радикальною простатектомією та сучасними методиками дистанційної променевої терапії (IMRT) у лікуванні локалізованого раку простати широко застосовують інтерстиціальну брахітерапію. Це малоінвазивна технологія, яка націлена на виконання радикального обсягу лікування при мінімальному впливі на навколишні органи та тканини. Застосовують два види брахітерапії (БТ): низької потужності (LDR-брахітерапія), коли проводиться постійна імплантація радіоактивних джерел із коротким періодом напіврозпаду (йод-125, паладій-103), і брахітерапія високої потужності (HDR-брахітерапія) з тимчасовим уведенням джерел (кобальт-60, іридій-192). В даний час все більша увага приділяється HDR-брахітерапії з тимчасовою імплантацією джерел, перевагою якої вважають відсутність міграції джерела щодо PTV, оптимізацію розподілу дози, меншу токсичність на органи ризику: уретру, пряму кишку, сечовий міхур. Для такого виду БТ характерне усунення радіаційної дії на персонал, зменшення дискомфорту і зниження ризиків тромбоемболії у пацієнта [4, 5].

Показання для проведення високопотужної брахітерапії досить широкі – локалізовані форми раку передміхурової залози (без проростання в суміжні органи (T4) та наявності метастазів). Однак не всім пацієнтам можливо провести цей метод променевої терапії (ПТ). До відносних протипоказань можна віднести об'єми простати більше 60 см<sup>3</sup>; виступ середньої частки простати у сечовий міхур більше 1 см; виражені порушення сечовипускання – рівень швидкості потоку сечі менше 10 мл/с, залишковий об'єм сечі понад 100 см<sup>3</sup>; період після трансуретральної резекції простати менше 6 міс.; активне запальне захворювання прямої кишки або інфекційно-запальні захворювання сечостатевої системи [6, 7].

or 3<sup>rd</sup> place in the structure of cancer in the male population, second only to lung and intestinal cancer, and in the United States this pathology ranks first [1].

In many respects such statistics are caused by increase in life expectancy and possibility of early diagnosis of pathology of a prostate gland. It should be noted that the incidence rate varies widely in different parts of the world: from 79,1 and 73,7 per 100000 in Oceania and North America, 62,1 – in Europe, to 26,6 and 11,5 in Africa and Asia. The incidence of prostate cancer also depends on ethnic characteristics. It is also noted that the most common disease is among African Americans living in the United States, and the least – among Chinese living in China. A total of 375000 deaths from prostate cancer were reported last year. Today, this pathology is the fifth leading cause of death from cancer among men in the world [1, 2].

According to the National Cancer Registry, in our country, prostate cancer ranks second in the structure of cancer, second only to lung cancer, and third – in the structure of mortality from cancer in men. The incidence rate reaches its maximum in the age group of 75–79 years, and mortality – in 80–84 years. It should be added that localized forms of prostate cancer are diagnosed annually in 60–65% of cases [3].

High levels of prostate cancer require more effective therapies. The treatment of localized forms of prostate cancer remains a particularly important problem in clinical oncology. Today, along with radical prostatectomy and modern methods of remote radiation therapy (IMRT), interstitial brachytherapy is widely used in the treatment of localized prostate cancer. This is a minimally invasive technology that aims to perform a radical amount of treatment with minimal impact on surrounding organs and tissues. Two types of brachytherapy (BT) are used: low-power (LDR-brachytherapy), when continuous implantation of radioactive sources with a short half-life (iodine-125, palladium-103) is performed, and high-dose-rate brachytherapy (HDR-brachytherapy) with temporary administration of cobalt-60, iridium-192. Currently, more and more attention is paid to HDR-brachytherapy with temporary implantation of sources, the advantage of which is the lack of migration of the source for PTV, optimization of the dose distribution, less toxicity to risk organs: urethra, rectum, bladder. This type of BT is characterized by the elimination of radiation exposure to staff, reducing discomfort and reducing the risk of thromboembolism in the patient [4, 5].

Indications for high-dose-rate brachytherapy are quite wide – localized forms of prostate cancer (without germination in adjacent organs (T4) and the presence of metastases). However, not all patients can receive this method of radiation therapy (RT). Relative contraindications include prostate volumes greater than 60 cm<sup>3</sup>; protrusion of the middle lobe of the prostate into the bladder more than 1 cm; severe urination disorders – urine flow rate less than 10 ml/s, residual urine volume over 100 cm<sup>3</sup>; the period after transurethral resection of the prostate is less than 6 months; active inflammatory disease of the rectum or infectious-inflammatory diseases of the genitourinary system [6, 7].

HDR-brachytherapy is used in mono mode for low-risk prostate cancer, in terms of combined radiation therapy with remote radiation, if the prostate cancer is of intermediate and particularly high risk. In case of recurrence of the disease after previously performed remote radiation

Застосовується HDR-брахітерапія в монорежимі при раку простати низького ризику, в плані поєднаного променевого лікування з дистанційним опроміненням, якщо РПЗ проміжного ризику. В разі рецидивів захворювання після раніше проведеної дистанційної променевої терапії (ДПТ) можливе застосування брахітерапії як рятівної ПТ [8].

**Мета роботи** – дослідження сучасних можливостей брахітерапії високої потужності з використанням джерела  $^{60}\text{Co}$  протягом ПТ локалізованих форм раку простати різного рівня онкологічного ризику.

therapy (RRT), it is possible to use brachytherapy as a saving RT [8].

**Objective** – of the work was to assess the results of HDR brachytherapy using a  $^{60}\text{Co}$  source during radiation therapy of localized forms of prostate cancer.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## MATERIALS AND METHODS

У Державній установі «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України» було проведено поєднано-променево лікування 47 хворих на рак простати II–III стадій (T2a-3bN0M0), розподіл яких за категорією T представлено на рис. 1.

In State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine» combined radiation therapy was performed on 47 patients with stage II-III prostate cancer (T2a-3bN0M0), the distribution of which by category T is shown in Fig. 1.

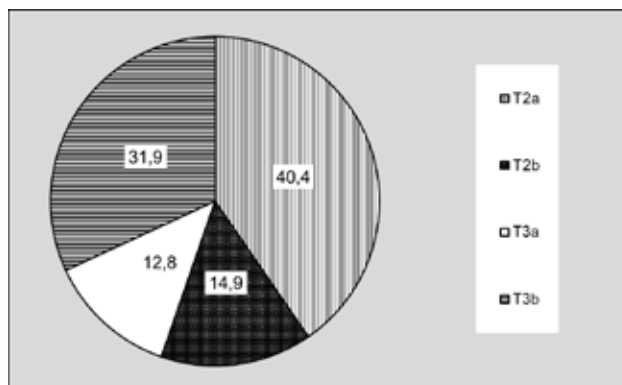


Рис. 1. Розподіл хворих на рак простати за станом первинного осередку  
Fig. 1. Distribution of prostate cancer patients by primary cell status

Основними критеріями відбору пацієнтів була відсутність віддалених і регіонарних метастазів, T1-T3, об'єм передміхурової залози менше 60 см<sup>3</sup>, сумарна оцінка симптомів РПЗ більше 20 балів за даними міжнародної системи (IPSS – International Prostate Symptom Score). Всім пацієнтам проведено комп'ютерну томографію (КТ) органів грудної клітки та черевної порожнини, МРТ-дослідження органів малого таза, трепан-біопсію передміхурової залози, остеосцинтиграфію.

Згідно з класифікацією D'Amico 1998 р., до групи низького ризику увійшли тільки 2 пацієнти (4,3%), які мали всі фактори: T1-T2a, сума балів за Глісоном 2–6, PSA менше 10 нг/мл. Групу проміжного рівня онкологічного ризику склали 25 хворих (53,2%), у яких був виявлений один з таких факторів: T2b-T2c, сума балів за Глісоном 7, PSA 10–20 нг/мл. Решта пацієнтів – 20 (42,5%), які мали один з факторів – T3a-T3b, сума балів за Глісоном 8–10, PSA понад 20 нг/мл, потрапили до групи високого ризику.

Вік хворих коливався в межах від 46 до 79 років, і в середньому складав 65,5 років.

Найменший показник PSA до лікування був 1,9 нг/мл, найвище значення рівня PSA – 51,7 нг/мл. Ініціальний середній рівень онкомаркера становив 12,9 нг/мл.

Об'єм передміхурової залози перед початком променевого лікування варіював від 17,8 до 57 см<sup>3</sup>, середнє значення 38,4 см<sup>3</sup>. У більшості пацієнтів розмір пухлини відповідав T2 (55,3%).

The main criteria for selecting patients were the absence of distant and regional metastases, T1-T3, prostate volume less than 60 cm<sup>3</sup>, total assessment of prostate cancer symptoms more than 20 points according to the International Prostate Symptom Score (IPSS). All patients underwent computed tomography (CT) of the chest and abdomen, MRI of the pelvis, trepan biopsy of the prostate, osteoscintigraphy.

According to the D'Amico 1998 classification, only 2 patients (4,3%) were included in the low-risk group with all factors: T1-T2a, Gleason score 2–6, PSA less than 10 ng/ml. The group of moderate level of cancer risk consisted of 25 patients (53,2%), in whom one of the following factors was detected: T2b-T2c, Gleason score 7, PSA 10–20 ng/ml. The remaining patients – 20 (42,5%), who had one of the factors – T3a-T3b, Gleason score 8–10, PSA over 20 ng/ml, were in the high risk group.

The age of patients ranged from 46 to 79 years, and averaged 65,5 years.

The lowest PSA level before treatment was 1,9 ng/ml, the highest was 51,7 ng/ml. The initial mean level of the tumor marker was 12,9 ng/ml.

The volume of the prostate before radiotherapy ranged from 17,8 to 57 cm<sup>3</sup>, with a mean of 38,4 cm<sup>3</sup>. In most patients, the tumor size corresponded to T2 (55,3%).

Histologically, according to biopsy data, tumors in all cases corresponded to adenocarcinoma: acinar – in 31 (66%), without specification – in 16 (34%) people.

Гістологічно за даними біопсій пухлини в усіх випадках відповідали аденокарциномі: ацинарній – у 31 (66%), без уточнення – у 16 (34%) осіб.

Згідно зі шкалою Глісона пухлини дорівнювали показникам від 5 до 10. У більшості хворих сума балів за шкалою Глісона відповідала 7 (рис. 2).

According to the Gleason scale, tumors were equal to the values from 5 to 10. In most patients, the sum of scores on the Gleason scale equaled 7 (Fig. 2).

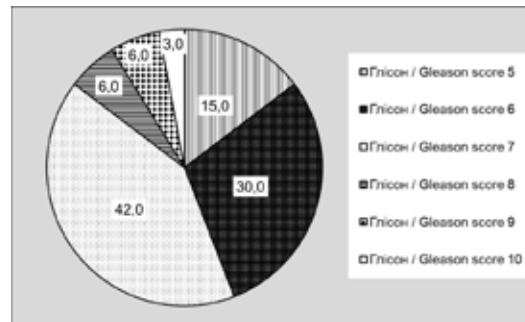


Рис. 2. Розподіл хворих на рак простати за показником Глісона  
Fig. 2. Distribution of patients with prostate cancer according to Gleason score

Усі хворі отримували поєднано-променеве лікування, на першому етапі якого проводили внутрішньотканинну HDR-брахітерапію на апараті MULTISOURCE із джерелом  $^{60}\text{Co}$  однією фракцією 15 Гр (еквівалент зовнішнього опромінення 70 Гр при РОД 2 Гр 5 разів на тиждень і при коефіцієнті  $\alpha/\beta - 1,5$ ).

Тривалість перебування пацієнта у стаціонарі при проведенні брахітерапії не перевищувала 2–3 діб. Процедура відбувалася зі спінальною анестезією, під час якої в передміхурову залозу тимчасово імплантували інтрастати.

Уведення металевих аплікаторів і контроль їх положення здійснювали за допомогою ультразвукової навігаційної системи BK Pro Focus Ultrasound з можливістю on-line планування брахітерапії BK Medical, сумісної з позиціонуючим пристроєм «Civco EX3» для лікування і автоматичної біопсії передміхурової залози.

Після введення голок-ендостатів виконували покривне УЗ-сканування передміхурової залози і критичних органів (пряма кишка, уретра, сечовий міхур), а інформація надходила у планувальну систему SagiPlan BEBIG, де проводилося оконтурювання передміхурової залози (PTV) та критичних органів (пряма кишка, уретра).

У планувальній системі послідовно відтворювалося зображення встановлених аплікаторів. Дозиметричний план сеансу внутрішньотканинної терапії розраховували згідно із введеними параметрами – розрахункова доза в PTV, максимальні й мінімальні показники для критичних органів (рис. 3).

All patients received combined radiation therapy, at the first stage of which intra-tissue HDR brachytherapy was performed on a MULTISOURCE device with a  $^{60}\text{Co}$  source with one fraction of 15 Gy (equivalent to external irradiation 70 Gy at SFD 2 Gy 5 times a week and at  $\alpha/\beta - 1,5$ ).

The patients who underwent brachytherapy didn't stay in inpatient facility for more than 2–3 days. The procedure was being performed with spinal anaesthesia, during which endostats were temporarily implanted into the prostate.

The introduction of metal applicators and control of their position was carried out using ultrasonic navigation system BK Pro Focus Ultrasound with the possibility of on-line scheduling of brachytherapy BK Medical, compatible with the positioning device «Civco EX3» for treatment and automatic prostate biopsy.

After the introduction of endostate needles, a step-by-step ultrasound scan of the prostate and critical organs (rectum, urethra, bladder) was performed, and information was received by the means of SagiPlan BEBIG planning system, where contouring of the prostate (PTV) and critical organs (rectum, urethra) was performed.

The image of the installed applicators was consistently reproduced in the planning system. The dosimetric plan of the intra-tissue therapy session was calculated according to the entered parameters – the estimated dose in PTV, maximum and minimum values for critical organs (Fig. 3).

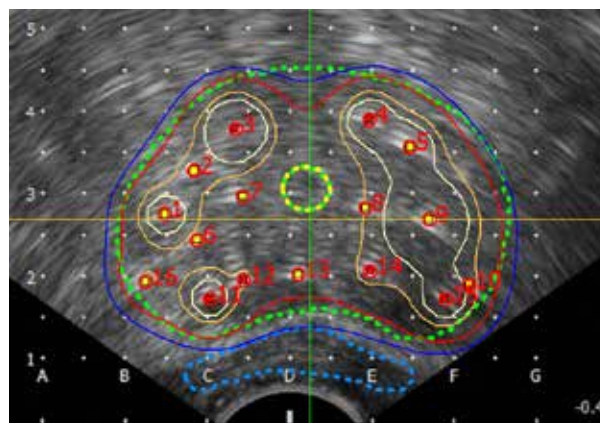


Рис. 3. Зображення встановлених аплікаторів у передміхуровій залозі  
Fig. 3. Image of installed applicators in the prostate

Плануючи сеанс брахітерапії, дотримувалися таких вимог: для передміхурової залози –  $V100 \geq 95\%$ ,  $V150 < 40\%$ ,  $D90 > 90\%$ ; для прямої кишки –  $V75 < 1 \text{ cm}^3$ ; для уретри –  $V120 < 1 \text{ cm}^3$ .

На другому етапі після 3-тижневої перерви проводили мегавольтну ПТ на передміхурову залозу і сім'яні пухирці на лінійному прискорювачі CLINAC-600C (6 MeV) у сумарній осередковій дозі 40–46 Гр фракціями по 2 Гр 5 разів на тиждень.

Контроль відповіді первинного осередку на променеве лікування здійснювали за системою ECOG, а ступінь вираженості ранніх променевих реакцій оцінювали за шкалою RTOG/EORTC.

Отримані результати статистично обробляли на IBM PC/AT за допомогою пакета програм Statistica з використанням непараметричних точних методів для малих вибірок: для визначення достовірності отриманих результатів застосовували критерій Фішера.

When planning a brachytherapy session, the following requirements were met: for the prostate –  $V100 \geq 95\%$ ,  $V150 < 40\%$ ,  $D90 > 90\%$ ; for the rectum –  $V75 < 1 \text{ cm}^3$ ; for the urethra –  $V120 < 1 \text{ cm}^3$ .

In the second stage, after a 3-week break, megavolt RT was performed on the prostate and seminal vesicles on a CLINAC-600C linear accelerator (6 MeV) at a total focal dose of 40–46 Gy in 2 Gy fractions 5 times per week.

The response of the primary focus to radiation therapy was monitored by the ECOG system, and the severity of early radiation reactions was assessed by the RTOG/EORTC scale.

The obtained results were statistically processed on IBM PC/AT by the means of the Statistica software package using non-parametric exact methods for small samples: Fisher's test was used to determine the reliability of the obtained results.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

## RESULTS AND DISCUSSION

Брахітерапію високої потужності дози вдалося провести усім пацієнтам в запланованому об'ємі. Кількість металевих інтрад'юсерів залежала від об'єму простати, і варіювала від 9 до 19. В середньому встановлювали 15 інтрастатів, через які у тканини залози послідовно вводилося радіоактивне джерело. Усі хворі на рак передміхурової залози отримали один сеанс брахітерапії РД 15 Гр.

Ускладнення, які виникали безпосередньо після проведення процедури представляли собою: гематурію, симптоми гострого уретриту та сечової обструкції. Ускладнення, пов'язані з процедурою імплантації, представлені в таблиці 1.

HDR was successfully performed on all the patients to the planned extent. The number of metal endostates depended on the volume of the prostate, and ranged from 9 to 19. On average, 15 endostates were installed, through which a radioactive source was successively injected into the glandular tissue. All the patients with prostate cancer underwent one radiation therapy session of 15 Gy.

The complications which were detected immediately after the session included: hematuria, symptoms of acute urethritis and urinary obstruction. The complications, which are associated with the procedure of implantation, are given in Table 1.

Таблиця 1. Ускладнення HDR-брахітерапії  
Table 1. Complications of HDR-brachytherapy

Тип ускладнення Type of complication	Кількість хворих / Number of patients (n = 47)	
	n	%
Гематурія / Hematuria	11	23,4
Симптом обструкції / Symptom of obstruction	2	4,3
Гострий уретрит / Acute urethritis	3	6,4

Оцінка хірургічних ускладнень у післяопераційному періоді показала: макрогематурію – в 23,4% випадків, гострий уретрит – в 6,4% випадків, симптом обструкції – в 4,3%. Як видно з даних, представлених в табл. 1, після брахітерапії найчастіше розвивалася макрогематурія, але тривалість її не перевищувала 2 днів і купірувалася введенням гемостатичних препаратів. Симптом обструкції потребував установки катетера Фолея в одному випадку, короткочасно, на добу. У іншого хворого, в анамнезі якого була присутня трансуретральна резекція простати, катетеризація сечового міхура зберігалася протягом 2 місяців. Гострий уретрит не перевищував 7 днів, за цей період усі пацієнти отримали курс протизапальної терапії (антибіотиків).

Рівень PSA, досліджений через 2 місяці після променевого лікування, варіював від 0,07 до 7,81 нг/мл, середнє значення PSA – 1,79 нг/мл. У табл. 2 представлені дані динаміки рівня PSA у групах різного онкологічного ризику.

Evaluation of surgical complications in the post-operative period showed: macrohematuria – in 23,4% of cases, acute urethritis – in 6,4% of cases, obstruction symptom – in 4,3%. As can be seen from the data presented in Table 1, after brachytherapy macrohematuria was the most often developed complication, but its duration did not exceed 2 days and was stopped by introduction of hemostatic drugs. The symptom of obstruction required the installation of a Foley catheter in one case, for a short time – one day. In another patient with a history of transurethral resection of the prostate, catheterization of the bladder was maintained for 2 months. Acute urethritis did not exceed 7 days. During this period of time all patients received a course of anti-inflammatory therapy (antibiotics).

PSA levels after brachytherapy were assessed for 2 months after radiation therapy. The tumor marker ranged from 0,07 to 7,81 ng/ml, the average PSA value was 1,79 ng/ml. In the Table 2 the data on the dynamics of PSA levels in groups of different cancer risk are presented.

**Таблиця 2.** Динаміка рівня PSA після HDR-брахітерапії  
**Table 2.** Dynamics of PSA level after HDR-brachytherapy

Група ризику (n – кількість хворих) Risk group (n – number of patients)	PSA до лікування (нг/мл) PSA before treatment (ng/ml)			PSA після лікування (нг/мл) PSA after treatment (ng/ml)			К
	min	max	серед./average	min	max	серед./average	
Низького та проміжного ризику (n = 27) Low and intermediate risk (n = 27)	1,91	19,71	7,32	0,07	4,01	1,60*	4,6
Високого ризику (n = 20) High risk (n = 20)	5,50	51,73	18,46	0,50	7,81	1,98*	9,3
Всього (n = 47) Total (n = 47)	1,91	51,73	12,89	0,07	7,81	1,79*	7,2

**Примітка:**

К – коефіцієнт співвідношення рівня PSA до та після лікування;  
 \* – значущість відмінностей між показниками до та після лікування,  $p < 0,05$ .

**Note:**

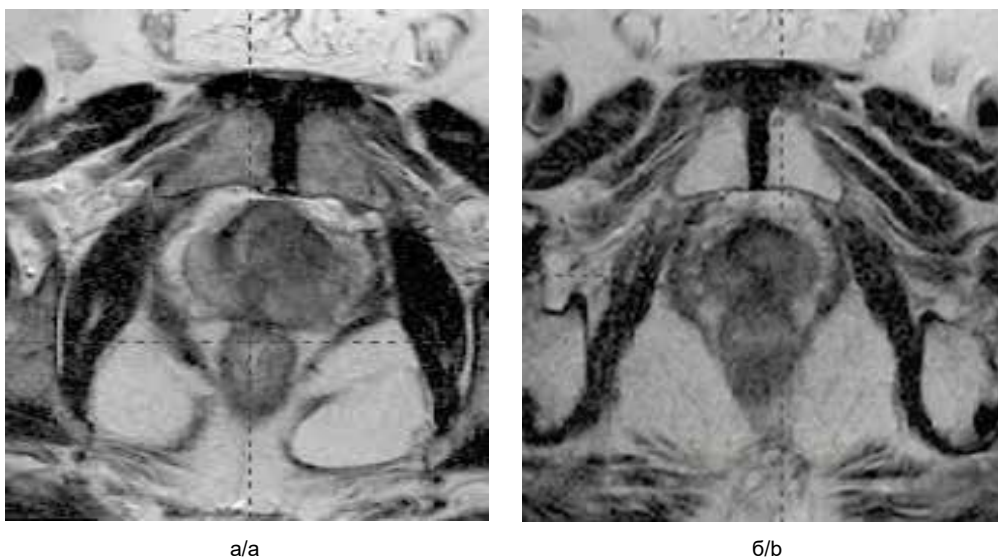
K – the ratio of PSA levels before and after treatment;  
 \* – the significance of differences between indicators before and after treatment,  $p < 0,05$ .

Відповідно до даних, представлених в табл. 2, рівень PSA достовірно зменшився (в 4,6–9,3 рази) в усіх хворих після HDR-брахітерапії. Більший коефіцієнт співвідношення експресії онкомаркера до та після лікування пацієнтів у групі високого онкологічного ризику, ймовірно, пов'язаний з гормонотерапією, яка призначалася пацієнтам за 3 місяці до початку променевого лікування.

Оцінка об'єктивної відповіді пухлини на променеве лікування на основі даних магнітно-резонансної томографії малого таза через три місяці після завершення лікування показала, що регресію пухлинних осередків та зменшення розмірів передміхурової залози відзначено у (88,8 ± 6,1)% хворих у групі низького та проміжного ризику та в (65,0 ± 10,6)% випадках у групі високого ризику. В усіх інших пацієнтів динаміка МРТ-зображень передміхурової залози відповідала стабілізації пухлинного процесу. Ефективність високопотужної брахітерапії підтверджує регресія пухлини у хворого на РПЗ, яка представлена на рис. 4.

According to the data presented in Table 2, the PSA level was significantly reduced (by 4,6–9,3 times) in all patients after HDR brachytherapy. The higher rate of tumor marker expression before and after treatment of patients in the high-risk group is probably caused by hormone therapy given to patients 3 months before radiation therapy.

The objective response of the tumor to radiation therapy was assessed on the basis of magnetic resonance imaging of the pelvis three months after treatment. Analysis of MRI results showed that regression of tumor foci and reduction in prostate size was observed in (88,8 ± 6,1)% of patients in the low and intermediate risk group and in (65,0 ± 10,6)% of cases in the high risk group. In all other patients, the dynamics of MRI images of the prostate corresponded to the stabilization of the tumor process. The effectiveness of high-dose-rate brachytherapy is confirmed by tumor regression in a patient with prostate cancer, which is presented in Fig. 4.



**Рис. 4.** Магнітно-резонансна томографія органів малого таза до (а) і після (б) променевого лікування пацієнта з діагнозом рак передміхурової залози III стадії, T3aN0M0  
**Fig. 4.** Magnetic resonance imaging of the pelvic organs before (a) and after (b) radiotherapy of a patient diagnosed with stage III prostate cancer, T3aN0M0

Аналіз толерантності до високопотужної брахітерапії у хворих на РПЗ, яку оцінювали за вираженістю променивих реакцій і ступенем ускладнень, показав,

The analysis of tolerance to HDR brachytherapy in patients with prostate cancer which in its turn was assessed by the severity of radiation reactions and the degree

що серед місцевих реакцій найчастіше діагностували променеві цистити та уретрити. Як свідчать клінічні дані, протягом реалізації програми поєднаного променевого лікування не спостерігалися променеві реакції з тяжким перебігом (III–IV ступеня). Аналіз ранньої променевої токсичності представлений в табл. 3.

of complications, showed that among the local reactions radiation cystitis and urethritis were the most often diagnosed. According to clinical data, during the implementation of the program of combined radiation therapy no radiation reactions with severe course (III–IV degree) were observed. Analysis of early radiation toxicity is presented in Table 3.

**Таблиця 3.** Місцеві променеві реакції при поєднаній терапії хворих на РПЗ  
**Table 3.** Local radiation reactions in combined therapy of patients with prostate cancer

Променева реакція Radiation reaction	ДПТ (за даними різних досліджень) RRT (according to various studies)	ДПТ + HDR-брахітерапія (n = 43) RRT + HDR-brachytherapy (n = 43)
Дизурія, часті позиви, ніктурія Dysuria, frequent urges, nycturia	У більшості хворих In most patients	I ст. – 32,6% (14 пац.) / II ст. – 4,65% (2 пац.) I deg. – 32,6% (14 pat.) / II deg. – 4,65% (2 pat.)
Затримка сечовипускання Delayed urination	Зрідка / Occasionally	4,3% (2 пац.) 4,3% (2 pat.)
Діарея / Diarrhea	25 – 75%	Немає / No
Подразнення прямої кишки, біль, кровотеча Rectal irritation, pain, bleeding	10 – 20%	I ст. – 9,3% (4 пац.) I deg. – 9,3% (4 pat.)

Згідно з отриманими клінічними даними, після поєднаного променевого лікування ранні променеві реакції зустрічалися рідше. Так дизуричні явища 1–2-го ст. (RTOG) діагностовані у 16 хворих (37,2%), променеві ректити 1-го ст. виявлені у 4 пацієнтів (9,3%). Тимчасове зниження сексуальної функції відзначено у 2 пацієнтів (4,2%).

According to the obtained clinical data, after combined radiation treatment, early radiation reactions were less common. Thus, dysuric phenomena of the I–II degree (RTOG) were diagnosed in 16 patients (37,2%), radial rectitis of the 1<sup>st</sup> degree was detected in 4 patients (9,3%). A temporary decrease in sexual function was noted in 2 patients (4,2%).

В одному випадку діагностовано пізній катаральний ректит 2-го ст. (2,1%) за 2 роки після лікування. Низький рівень і ступінь вираженості променевих реакцій констатовано завдяки поліпшеному захисту зон ризику і оптимізації гістограми доза-обсяг мішені, зумовленої технологією руху джерела.

In one case, late catarrhal rectitis of the 2<sup>nd</sup> degree (2,1%) was diagnosed 2 years after treatment. The low level and severity of radiation reactions was noted due to improved protection of risk areas and optimization of the target dose-volume histogram because of the technology of source movement.

Найближчі результати ефективності проведеного лікування оцінювали за безрецидивною виживаністю хворих. Згідно з отриманими даними встановлено, що дворічний безрецидивний період подолали 83% хворих: (95,7 ± 3,9)% пацієнтів груп низького та проміжного ризику та у (70,0 ± 10,2)% випадках у групі високого онкологічного ризику. Проведення HDR-брахітерапії у плані поєднаного променевого лікування у хворих на локалізований РПЗ дає можливість підводити до опромінюваних об'ємів високі дози опромінення без посилення променевої токсичності.

The immediate results of the effectiveness of the treatment were assessed by the recurrence-free survival rate of patients. According to the obtained data, it was established that 83% of patients overcame the two-year recurrence-free period: (95,7 ± 3,9)% of patients in low and intermediate risk groups and in (70,0 ± 10,2)% of cases in high cancer risk group. Conducting HDR brachytherapy in terms of combined radiation therapy in patients with localized prostate cancer makes it possible to bring high doses of radiation to the irradiated volumes without increasing radiation toxicity.

У даний час не існує загальноприйнятих стандартів лікування локалізованих форм РПЗ, підкріплених досягненнями доказової медицини. Незважаючи на очевидні успіхи сучасної онкоурології у збільшенні очікуваної тривалості життя при раку простати, оцінка якості життя пацієнтів, підданих різним терапевтичним опціям, а також порівняльна оцінка різних побічних ефектів, свідчать на користь променевих методик. Так, за результатами проспективного дослідження NC ProCESS, який об'єднав 1141 пацієнта, встановлено, що радикальна простатектомія викликає найбільшу кількість випадків сексуальної дисфункції і нетримання сечі в порівнянні з групою ДПТ і БТ або активного спостереження. При цьому будь-який з методів променевої терапії асоційований тільки з короточасними побічними реакціями з боку сечовидільних шляхів і шлунково-кишкового тракту [9]. Згідно з останніми рекомендаціями ESMO, NCCN і American Brachytherapy Society, брахітерапію слід застосовувати у разі локалізованих форм раку простати, за відсутності метастазів у регіонарних лімфовузлах і віддалених органах [10, 11].

Currently, there are no generally accepted standards for the treatment of localized forms of prostate cancer, supported by improvements in evidence-based medicine. Despite the obvious advances of modern oncology in increasing life expectancy in prostate cancer, the assessment of the quality of life of patients undergoing various therapeutic options, as well as a comparative assessment of various side effects, are in favor of radiation techniques. Thus, a prospective study by NC ProCESS, which included 1141 patients, found that radical prostatectomy caused the highest number of cases of sexual dysfunction and urinary incontinence compared with RRT and BT or active follow-up. In addition, any of the methods of radiation therapy is associated only with short-term side effects from the urinary tract and gastrointestinal tract [9]. According to the latest recommendations of ESMO, NCCN and the American Brachytherapy Society, brachytherapy should be used in the case of localized forms of prostate cancer, in the absence of metastases in regional lymph nodes and distant organs [10, 11].



Низькі показники ранньої та пізньої променевої токсичності в поєднанні з високим рівнем виживаності без біохімічного прогресування визначили показання до застосування високодозової брахітерапії для лікування пацієнтів груп низького і проміжного прогнозу [12, 13].

Тепер розглядається можливість більш широкого застосування високодозової БТ як самостійного методу лікування раку простати низького або проміжного онкологічного ризику, оскільки дана методика відзначається меншими токсичними реакціями з ідентичними показниками виживаності [14, 15].

Проведене дослідження є, на наш погляд, новим кроком до обґрунтування раціональності застосування високодозової брахітерапії у групах хворих на рак передміхурової залози не тільки проміжного, а й високого ризику (Глісон  $\geq 7$ , cT3). На користь такої точки зору свідчать отримані нами низькі показники токсичності, а також рівень дворічної безрецидивної виживаності.

Обґрунтуванням вибору нашої методики поєднано-променевого лікування у хворих на РПЗ проміжного та несприятливого прогнозу була можливість підвищення на першому етапі високої дози опромінення до передміхурової залози (15 Гр одноразово, що ізоєфективно 70 Гр дистанційного опромінення за лінійно-квадратичної моделі при співвідношенні  $\alpha/\beta = 1,5$ ), з подальшим проведенням етапу ДПТ в режимі класичного фракціонування до СОД, ізоєфективної 110–116 Гр. Від виконання зовнішнього опромінення на першому етапі відмовилися, позаяк у разі подальшого виконання брахітерапії виникали технічні труднощі з імплантацією голк унаслідок променевого фіброзу.

З огляду на викладене, дані нашого дослідження узгоджуються зі сформованим останніми роками консенсусом, яким рекомендовано при локалізованому раку передміхурової залози проводити високодозову БТ як самостійну опцію у випадку сприятливого прогнозу, а також як буст до дистанційного опромінення у пацієнтів із проміжним і несприятливим прогнозом.

Проведений нами аналіз першого в Україні досвіту брахітерапії високої потужності дози показав можливість її застосування в усіх групах онкологічного ризику раку передміхурової залози з об'єктивно підтвердженим безпосереднім ефектом. При цьому, на відміну від багатьох інших дослідників, нами використано брахітерапію на першому етапі поєднаного променевого лікування, що створювало умови для уникнення технічних труднощів імплантації інтрад'юсерів та тяжких променевих ускладнень.

## ВИСНОВКИ

1. Використана нами практика комбінованого застосування спочатку внутрішньотканинного, а потім дистанційного опромінення у хворих на рак передміхурової залози проміжного та високого ризику продемонструвала високу ефективність брахітерапії як першого етапу поєднаного променевого лікування, що збігається із загальною тенденцією сучасної променевої терапії, спрямованої на збільшення дози, підведеної до пухлини, з одночасною мінімізацією променевого навантаження на навколишні тканини.

2. Проведення HDR-брахітерапії у плані поєднаного променевого лікування у хворих на локалізований рак передміхурової залози дає можливість підводити до пухлинного об'єму високі дози опромінення без посилення променевої токсичності.

Low rates of early and late radiation toxicity combined with high survival rate without biochemical progression have determined indications for the use of high-dose brachytherapy for the treatment of patients with low and intermediate prognosis [12, 13].

The possibility of wider use of high-dose BT as an independent method of treatment of prostate cancer of low or intermediate risk is now being considered, as this technique is characterized by less toxic reactions with identical survival rate [14, 15].

In our opinion, this study is a new step towards substantiating the rationality of high-dose brachytherapy in groups of patients with intermediate and high-risk prostate cancer (Gleason  $\geq 7$ , cT3). This point of view is supported by low levels of early and late toxicity which we have observed, as well as the level of two-year recurrence-free survival.

The rationale for choosing our method of combined radiation therapy in patients with prostate cancer with an intermediate and unfavorable prognosis was the possibility of applying at the first stage of a high dose of radiation to the prostate (15 Gy once, which is iso-effective to 70 Gy of remote radiation in the linear-square model,  $\alpha/\beta$  ratio = 1,5), followed by the RRT stage in the mode of classical fractionation to TFD, iso-effective 110–116 Gy. External irradiation wasn't performed in the first stage, because in the case of further brachytherapy there were technical difficulties with the implantation of needles due to radiation fibrosis.

In view of the above, the data of our study are consistent with the consensus formed in recent years, according to which it is recommended to conduct high-dose BT in localized prostate cancer as a stand-alone option in case of favorable prognosis, as well as the boost to remote exposure in patients with intermediate and unfavorable prognosis.

The analysis of the first ever HDR-brachytherapy session in Ukraine showed the opportunity of its usage in all groups of prostate cancer risk with objectively confirmed immediate effect. Moreover, in contrast with lots of other researchers, we conducted brachytherapy in the first stage of combined radiation therapy, which was creating conditions for avoiding technical difficulties of the implantation of endostates and severe radiation complications.

## CONCLUSIONS

1. We used the method of combined usage of, at first, intratissue and then external beam radiation in patients with prostate cancer of intermediate and high risk which showed high effectiveness of brachytherapy as the first stage of combined radiation therapy. It also fits the general trend of modern radiation therapy aimed at increasing the dose applied to the tumor, while minimizing the radiation load on the surrounding tissues.

2. Conducting HDR brachytherapy in terms of combined radiation therapy in patients with localized prostate cancer makes it possible to bring high doses of radiation to the tumor volume without increasing radiation toxicity.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

REFERENCES

1. Sund H et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*. 2021. Vol. 71(3). P. 209–249. DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Rawla P. Epidemiology of prostate cancer. *World Journal of Oncology*. 2019. Vol. 10(2). P. 63–89. DOI: <https://doi.org/10.14740/wjon1191>
3. Рак в Україні, 2019–2020. Захворюваність, смертність, показники діяльності онкологічної служби. *Бюлетень національного канцер-реєстру України*. 2018. № 22. 120 с. URL: [http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL\\_22/index.htm](http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_22/index.htm)
4. Implementation of High Dose Rate Brachytherapy in Limited Resource Settings. *IAEA*. 2015. 116 p.
5. Kamran S C., D'Amico A. V. Radiation Therapy for Prostate Cancer. *Hematology/Oncology Clinics of North America*. 2020. Vol. 34. P. 45–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hoc.2019.08.017>
6. Yamada Y., Rogers L., Demanes D. J. et al. American Brachytherapy Society consensus guidelines for high-dose-rate prostate brachytherapy. *Brachytherapy*. 2012. Vol. 11. P. 20–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2011.09.008>
7. Галкин В. Н., Говердовский А. А., Гулидов И. А., Каприн А. Д. и др. Брахи́терапия. *Обнинск*. 2017. 245 с.
8. Crook J., Marban M., Batchelar D. HDR Prostate Brachytherapy. *Seminars in Radiation Oncology*. 2020. Vol. 30(1). P. 49–60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2019.08.003>
9. Chen R. C., Basak R., Meyer A. M. et al. Association between choice of radical prostatectomy, external beam radiotherapy, brachytherapy or active surveillance and patient-reported quality of life among men with localized prostate cancer. *JAMA*. 2017. Vol. 317(11). P. 1141–1150. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1652>
10. Parker C., Gillissen S., Heidenreich A. et al. Cancer of the prostate: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology*. 2015. Vol. 26(5). P. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.1093/annonc/mdv222>
11. Clinical Practice Guidelines in Oncology. *National Comprehensive Cancer Network (NCCN)* 2018. URL: [https://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/pdf/prostate.pdf](https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/prostate.pdf)
12. Davis B. J., Taira A. V., Nguen P. L. et al. ACR appropriates criteria permanent source brachytherapy for prostate cancer. *Brachytherapy*. 2017. Vol. 16(2). P. 266–276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.10.002>
13. Голдыцкий С. О., Красный С. А., Демешко П. Д., Луд Н. Г. Сравнительный анализ результатов лечения пациентов, страдающих раком предстательной железы промежуточной группы риска. *Вестник витебского государственного медицинского университета*. 2020. Том 19(3). С. 79–86. DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.3.79>
14. Demanes D. J., Ghilezan M. I. High-dose-rate brachytherapy as monotherapy for prostate cancer. *Brachytherapy*. 2014. Vol. 13(6). P. 529–541. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2014.03.002>
15. Krauss D. et al. Low and Intermediate Risk Prostate Cancer Treated with Single Fraction 19 Gy High Dose Rate Brachytherapy as Monotherapy: Outcomes Comparison to Multi-Fraction Regimens. *Brachytherapy*. 2016. Vol. 15. P. S75–S76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.04.116>
1. Sund H et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN Estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: a cancer journal for clinicians*. 2021;71(3):209–49. (In English). DOI: <https://doi.org/10.3322/caac.21660>
2. Rawla P. Epidemiology of prostate cancer. *World Journal of Oncology*. 2019;10(2):63–89. (In English). DOI: <https://doi.org/10.14740/wjon1191>
3. Cancer in Ukraine, 2019–2020. Morbidity, mortality, performance indicators of the oncology service. *Bulletin of the National Cancer Registry of Ukraine*. 2018;22:120. (In Ukrainian). URL: [http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL\\_22/index.htm](http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_22/index.htm)
4. Implementation of High Dose Rate Brachytherapy in Limited Resource Settings. *IAEA*, 2015;116. (In English).
5. Kamran SC, D'Amico AV. Radiation Therapy for Prostate Cancer. *Hematology/Oncology Clinics of North America*, 2020;34:45–69. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hoc.2019.08.017>
6. Yamada Y, Rogers L, Demanes DJ et al. American Brachytherapy Society consensus guidelines for high-dose-rate prostate brachytherapy. *Brachytherapy*. 2012;11:20–32. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2011.09.008>
7. Galkin VN, Goverdovskii AA, Gulidov IA, Kaprin AD et al. Brachytherapy. *Obninsk*. 2017:245. (In Russian).
8. Crook J, Marban M, Batchelar D. HDR Prostate Brachytherapy. *Seminars in Radiation Oncology*. 2020;30(1):49–60. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.semradonc.2019.08.003>
9. Chen RC, Basak R, Meyer AM et al. Association between choice of radical prostatectomy, external beam radiotherapy, brachytherapy or active surveillance and patient-reported quality of life among men with localized prostate cancer. *JAMA*. 2017;317(11):1141–50. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2017.1652>
10. Parker C, Gillissen S, Heidenreich A et al. Cancer of the prostate: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology*. 2015;26(5):69–77. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1093/annonc/mdv222>
11. Clinical Practice Guidelines in Oncology. *National Comprehensive Cancer Network (NCCN)* 2018. (In English). URL: [https://www.nccn.org/professionals/physician\\_gls/pdf/prostate.pdf](https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/prostate.pdf)
12. Davis BJ, Taira ALV, Nguen PL et al. ACR appropriates criteria permanent source brachytherapy for prostate cancer. *Brachytherapy*. 2017;16(2):266–76. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.10.002>
13. Goldytski SO, Krasny SA, Demeshko PD, Lud NG. Comparative analysis of treatment outcomes in patients with intermediate-risk prostate cancer. *Vestnik of Vitebsk State Medical University*. 2020;19(3):79–86. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.3.79>
14. Demanes DJ, Ghilezan MI. High-dose-rate brachytherapy as monotherapy for prostate cancer. *Brachytherapy*. 2014;13(6):529–41. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2014.03.002>
15. Krauss D et al. Low and Intermediate Risk Prostate Cancer Treated with Single Fraction 19 Gy High Dose Rate Brachytherapy as Monotherapy: Outcomes Comparison to Multi-Fraction Regimens. *Brachytherapy*. 2016;15:S75–6. (In English). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2016.04.116>

Перспективи подальших досліджень

Prospects for further research

Підвищення ефективності променевого лікування хворих на РПЗ за рахунок високопотужної брахітерапії різними режимами. Аналіз віддалених результатів протипухлинного лікування (загальної виживаності) та пізніх променевих ушкоджень після поєднаної променевої терапії. Вивчення можливості використання брахітерапії у хворих на РПЗ при біохімічному рецидиві.

Improving the effectiveness of radiation therapy for patients with prostate cancer due to high dose rate brachytherapy with different modes. Analysis of long-term results of antitumor treatment (overall survival) and late radiation injuries after combined radiation therapy. Study of the possibility of using brachytherapy in patients with prostate cancer in biochemical recurrence

Конфлікт інтересів

Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

The authors state no conflict of interest.

Інформація про фінансування

Funding information

Фінансування видатками Державного бюджету України.

Financed by the state budget of Ukraine.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Білозор Наталія Володимирівна** – кандидат медичних наук, лікар-променеви́й терапевт відділення радіаційної онкології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: belgrinata@rambler.ru  
моб.: +38 (097) 811-23-46

**Внесок автора:** клінічний аналіз результатів брахітерапії високої потужності, написання тексту статті.

**Свинаренко Анастасія Андріївна** – лікар рентгенолог групи клінічної топометрії Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: aa\_svnarenko@ukr.net  
моб.: +38 (095) 104-69-27

**Внесок автора:** аналіз динаміки даних МРТ.

**Свинаренко Андрій Вікторович** – доктор медичних наук, лікар радіолог відділення радіаційної онкології Державної установи «Інститут медичної радіології та онкології ім. С.П. Григор'єва Національної академії медичних наук України»; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: asvnarenko@ukr.net  
моб.: +38 (066) 990-68-70

**Внесок автора:** збір та обробка літератури, написання реферату.

**Бублик Андрій Віталійович** – лікар уролог медичного центру «БРИГІД-ОНКО»; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: avitab@ukr.net  
моб.: +38 (050) 177-61-63

**Внесок автора:** аналіз динаміки PSA після променевої терапії.

**Середенко Віталій Григорович** – лікар анестезіолог медичного центру «БРИГІД-ОНКО»; вул. Пушкінська, буд. 82, м. Харків, Україна, 61024;

e-mail: seredenko1311@gmail.com  
моб.: +38 (097) 315-89-95

**Внесок автора:** статистична обробка даних з оцінкою отриманих результатів.

**Bilozor Nataliia Volodymyrivna** – Candidate of Medical Sciences, Radiation Therapist of the Department of Radiation Oncology of State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: belgrinata@rambler.ru  
tel.: +38 (097) 811-23-46

**Author's contribution:** clinical analysis of the results of high dose rate brachytherapy, writing the text of the article.

**Svnarenko Anastasiia Andriivna** – Radiologist of Clinical Topometry Group of State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: aa\_svnarenko@ukr.net  
tel.: +38 (095) 104-69-27

**Author's contribution:** analysis of the dynamics of MRI data.

**Svnarenko Andrii Viktorovych** – Doctor of Medical Sciences, Radiologist of the Department of Radiation Oncology of State Organization «Grigoriev Institute for Medical Radiology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine»; 82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: asvnarenko@ukr.net  
tel.: +38 (066) 990-68-70

**Author's contribution:** collection and processing of literature, writing essays.

**Bublyk Andrii Vitaliiiovych** – Urologist of the Medical Center «BRIGID-ONCO»; 82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: avitab@ukr.net  
tel.: +38 (050) 177-61-63

**Author's contribution:** analysis of PSA dynamics after radiation therapy.

**Seredenko Vitalii Hryhorovych** – Anesthesiologist of the Medical Center «BRIGID-ONCO»; 82, Pushkinska Str., Kharkiv, Ukraine, 61024;

e-mail: seredenko1311@gmail.com  
tel.: +38 (097) 315-89-95

**Author's contribution:** statistical data processing with evaluation of the obtained results.

Рукопис надійшов  
Manuscript was received  
21.01.2022

Отримано після рецензування  
Received after review  
07.02.2022

Прийнято до друку  
Accepted for printing  
29.03.2022

Опубліковано  
Published  
31.03.2022