

Brachytherapy for prostate cancer in 2025: Present landscape, key challenges, and perspectives for the future

Introduction: Brachytherapy is one of the key curative modalities in the treatment of localized prostate cancer, enabling the delivery of high-dose ionizing radiation directly into the prostate tissue while relatively sparing surrounding organs. Over the past three decades, significant technological and clinical advances have reshaped its indications, technical implementation, and outcomes. Nevertheless, the utilization of brachytherapy remains uneven across countries and institutions, and the method still faces multiple challenges, both technical and organizational.

Objective: The aim of this review article is to provide a comprehensive and up-to-date overview of the role of prostate brachytherapy in 2025. It summarizes the key technological and clinical aspects of the method, identifies current limitations, and discusses future directions in the context of modern oncology.

Methods: This narrative review is based on an analysis of relevant scientific literature published between 2013 and 2025, retrieved from PubMed, Scopus, and Web of Science. Included sources comprise randomized clinical trials, systematic reviews, observational cohorts, and international clinical guidelines (EAU, ESTRO, ASTRO, NCCN, ASCO). Emphasis was placed on data related to indications, dose regimens, planning technologies, clinical outcomes, and treatment-related toxicity.

Results: Brachytherapy is currently categorized into two main approaches: LDR-BT (permanent seed implantation) and HDR-BT (temporary, fractionated application), each with specific clinical indications, logistical requirements, and dose strategies. Modern image-guided and real-time planning techniques – including TRUS, CT, multiparametric MRI, and intraoperative adaptation – have significantly improved the precision of source placement and reduced both acute and late toxicities. Clinical studies show that, in selected patient groups, brachytherapy achieves oncologic outcomes comparable to, or even exceeding, those of radical prostatectomy or external beam radiotherapy (EBRT). However, key limitations remain, including methodological inconsistencies between studies, a lack of randomized controlled trials, limited long-term data on toxicity and quality of life, and substantial regional disparities in access to care.

Conclusion: As of 2025, prostate brachytherapy remains a well-established, highly effective, and technically sophisticated treatment modality for localized prostate cancer. It plays a central role as monotherapy for low-risk patients and in combination with EBRT for those with intermediate and high-risk disease. The future of brachytherapy lies in deeper integration of personalized medicine through the use of genomic and radiomic biomarkers, AI-supported planning, and robust multicenter data registries. Ensuring equal access to this effective treatment will depend on further technological standardization, interdisciplinary cooperation, and systemic support for its broader implementation in clinical practice.

Key words: prostate cancer, brachytherapy, LDR, HDR, radiotherapy, treatment planning.

Úvod

Karcinom prostaty (CaP) je aktuálně nejčastějším solidním nádorem mužské populace ve většině rozvinutých zemí. Podle Globální databáze onkologických dat GLOBOCAN 2022 je ročně celosvětově diagnostikováno přibližně 1,4 milionu nových případů karcinomu prostaty, přičemž v Evropě připadá na toto onemocnění přibližně 440 000 nových diagnóz ročně. Mortalita se pohybuje okolo 375 000 úmrtí ročně celosvětově, v Evropě kolem 107 000. I přes poměrně příznivou prognózu u lokalizovaných forem zůstává karcinom prostaty druhou nejčastější příčinou úmrtí na zhoubné nádory u mužů (1).

Tato vysoká incidence souvisí nejen se stárnutím populace a genetickými predispozicemi, ale i se zavedením plošného testování pomocí prostatického specifického antigenu (PSA), který je ve většině evropských zemí využíván od konce 90. let. Nejedná se o klasický screening, ale o biochemický test, který umožnil detekci

onemocnění ve časně fázi. Naprostá většina takto detekovaných nádorů je však diagnostikována v indolentní formě u převážně starších pacientů a vede tedy k „overtreatmentu“ než k smysluplné detekci rizikovějších forem onemocnění vhodných k aktivní terapii (2).

Výsledkem je snaha o stratifikaci pacientů podle rizika pomocí kombinace několika parametrů: klinického stadia, Gleasonova skóre, PSA hladin. Tato klasifikace umožnila zacílit agresivní léčebné modalit (např. radikální prostatektomie, intenzifikovaná radioterapie, hormonální léčba nebo kombinace) na vysoce rizikové pacienty. Zatímco u nízké rizikových pacientů začaly být preferovány konzervativní přístupy jako aktivní sledování nebo lokální terapie (3).

Radioterapie se stala jedním z pilířů léčby lokalizovaného i lokálně pokročilého karcinomu prostaty. Vedle konvenční zevní radioterapie (EBRT) se etablovala intersticiální brachyterapie, která umožňuje aplikaci vysoké dávky ionizujícího záření přímo do prostatické tkáně

při relativní ochraně okolních struktur. Tato metoda využívá buď permanentní implantaci radioaktivních „zrn“ (low-dose-rate brachyterapie, LDR-BT), nebo dočasnou aplikaci pomocí katetru s frakcionovanou léčbou (high-dose-rate brachyterapie, HDR-BT). Brachyterapie nabízí ve srovnání s jinými modalitami vysokou přesnost, kratší dobu léčby a potenciálně lepší toxicitní profil, což z ní činí atraktivní alternativu léčby pro specifikovanou skupinu pacientů (4).

Z hlediska klinického přínosu je brachyterapie v současnosti doporučována předními mezinárodními odbornými společnostmi (5–7) jako jedna z možností kurativní léčby u pacientů s nízké (LDR-BT) a středně rizikovým lokalizovaným karcinomem prostaty (LDR-BT, HDR-BT), a v kombinaci s EBRT u vysoce rizikových forem (HDR-BT). Díky technickému pokroku v plánování, zobrazování a aplikaci zdrojů došlo k významnému poklesu akutní i pozdní toxicity, což umožnilo další rozšíření indikací (6).