

S ohledem na výše uvedené skutečnosti je cílem tohoto přehledového článku podat komplexní pohled na vývoj, současné postavení a budoucí směřování brachyterapie karcinomu prostaty v roce 2025, a to v kontextu dostupných vědeckých důkazů, klinických doporučení a výzev, jimž čelí současná onkologická praxe.

Historický kontext a současný stav poznání

Brachyterapie jako léčebná metoda byla zavedena do klinické praxe již v první polovině 20. století (první brachyterapie prostaty v roce 1911 v Paříži), kdy se využívaly otevřené radioaktivní zdroje např. radium-226. V kontextu léčby karcinomu prostaty se však její systematické využívání začalo rozvíjet až v 70. a 80. letech 20. století, zejména s nástupem technologií umožňujících přesnější navigaci a aplikaci zdrojů do prostatické žlázy. Počáteční pokusy zahrnovaly zavádění izotopů jako zlato-198 nebo jód-125 pomocí otevřených chirurgických přístupů, což bylo spojeno s vysokou morbiditou a nepřesným dávkováním a z dnešního pohledu i vysokou radiační zátěží pro personál (8).

Zásadní průlom nastal na přelomu 80. a 90. let, kdy byl do rutinní klinické praxe zaveden transrektální ultrazvuk (TRUS), který umožnil perkutánní implantaci se zobrazováním v reálném čase. Tím se položily základy moderní permanentní intersticiální LDR-BT, která využívá trvalé implantace radioaktivních „zrn“ obsahujících jód-125 nebo palladium-103. V roce 1995 byla publikována jedna z prvních randomizovaných studií srovnávající LDR-BT s radikální prostatektomií a EBRT, přičemž výsledky naznačovaly srovnatelnou účinnost při nižší míře hospitalizace a kratší rekonvalescenci (9).

Na přelomu milénia došlo k postupnému rozšíření HDR-BT, původně využívané v jiných onkologických indikacích (zejména v léčbě gynekologických nádorů). HDR-BT umožňuje přesné frakcionované ozařování pomocí dočasně zaváděných katetrů, využívá krokovací zdroj záření, je řízena počítačem a dávkově optimalizována na základě trojrozměrného plánování. Při kombinaci s externí radioterapií umožňuje HDR-BT významnou eskalaci dávky bez dramatického zvýšení toxicity (10).

Z hlediska vývoje indikací byla LDR-BT původně vyhrazena jako samostatná meto-

Obr. 1. Transrektální ultrazvukový přístroj používaný při zavádění jehel pro brachyterapii prostaty. Na snímku je zobrazen specializovaný ultrazvukový systém s transrektální sondou, který slouží k přesné vizualizaci prostaty během implantace radioaktivních zrn (seedů) nebo dočasného zavádění jehel pro HDR (high-dose-rate) brachyterapii. Sonda je uchycena ve steperu (krokovacím zařízení). Ultrazvukové zobrazení v reálném čase hraje klíčovou roli při navigaci a plánování v rámci moderních technik intersticiální brachyterapie prostaty



da léčby pouze pacientům s nízké rizikovým onemocněním (Tab. 1), později se spektrum rozšířilo i na některé pacienty s intermediate-risk nemocí a přidala se i možnost kombinace s EBRT (6). Proti tomu HDR-BT se primárně etablovala hlavně jako doplňková metoda k EBRT u pacientů s vyšším rizikem relapsu (11).

V posledním desetiletí došlo k dramatickému rozvoji plánovacích technologií. Zatímco dříve byla dávková distribuce plánována na základě jednoduchých 2D rekonstrukcí, dnes se běžně používá 3D obrazové plánování s TRUS, počítačové tomografie (CT), magnetické rezonance (MRI) nebo kombinací jednotlivých vyšetření. Zavádění tzv. real-time planning systémů umožnilo intraoperační úpravu distribuce zdrojů podle aktuálního tvaru prostaty a okolních rizikových struktur. Moderní doporučení vycházejí z komplexního hodnocení nejen klinického stadia, ale také biologických vlastností nádoru, prediktivních biomarkerů a přání pacienta (6, 12).

Tab. 1. Klasifikace rizikových skupin u lokalizovaného karcinomu prostaty. Rozdělení pacientů do čtyř rizikových kategorií na základě kombinace tří klíčových parametrů choroby: klinického stadia dle TNM klasifikace, koncentrace prostatického specifického antigenu (PSA) v krevním séru v době diagnózy a Gleasonova skóre určeného z iniciální biopsie. Toto rozdělení slouží jako základ pro výběr vhodné léčebné strategie (NCCN Guidelines – Prostate Cancer. Version 2.2025; EAU-EANM-ESTRO-ESUR-ISUP-SIOG Guidelines on Prostate Cancer 2024)

Riziková skupina	TNM Staging	PSA	Gleason skóre
Nízké riziko	T1–T2a	< 10	≤ 6
Příznivé střední riziko	T2b–T2c	10–20	7a (3 + 4)
Nepříznivé střední riziko	T2c	10–20	7b (4 + 3)
Vysoké riziko	≥ T3a	> 20	≥ 8

Obr. 2. Zavedení aplikačních jehel skrze perineální šablonu při HDR brachyterapii prostaty. Na obrázku je zachycen detail perineální šablony (template) s rastrací (mřížkou) označenou alfanumericky, skrze kterou jsou transperineálně zavedeny aplikační jehly do prostaty. Jehly jsou propojeny s plastovými aplikačními tubusy, které slouží k zavedení vedení radioaktivního zářiče během vysokodávkové (HDR – high-dose-rate) brachyterapie. Tato metoda umožňuje přesné prostorové rozmístění zdroje záření podle předem naplánovaného ozařovacího schématu



Brachyterapie se tak k roku 2025 nachází ve fázi plné integrace do multimodálních přístupů k léčbě karcinomu prostaty. Zatímco v minulosti byla vnímána jako alternativa k radikální prostatektomii nebo EBRT, dnes je chápána jako samostatně plnohodnotná a technicky vysoce přesná léčba, jejíž efektivita je podložena robustními klinickými daty. V kombinaci s dalšími modalitami nabízí možnost personalizované eskalace léčby u rizikových pacientů, zatímco její bezpečnostní profil ji činí atraktivní volbou pro nízké rizikové nemocné.

Klíčové aspekty a současné trendy

Technologické aspekty brachyterapie: LDR vs. HDR

Jedním ze základních rozdělení brachyterapie prostaty je klasifikace podle dávkového příkonu na LDR-BT a HDR-BT.