

# VÝZNAM ZOBRAZOVACÍCH MODALÍT V RADIČNEJ ONKOLÓGII

Bc. Janka Strapková, Onkologická klinika, FN Trenčín, SR

## Abstrakt:

Rádioterapia je efektívna liečebná metóda zameraná predovšetkým na liečbu solídnych nádorov. Samotnému ožarovaniu predchádza dôkladné plánovanie celého procesu. Pri plánovaní rádioterapie sa snažíme naplánovať najväčšiu dávku žiarenia čo najpresnejšie do cieľového objemu, a zároveň sa snažíme zaťažiť okolité tkanivá minimom dávky. Toho docielime presným zobrazením nádoru. K tomu využívame diagnostické zobrazovacie modalitty, najčastejšie počítačová tomografia (CT), magnetická rezonancia (MR) a pozitronová emisná tomografia (PET, PET/CT). Zobrazovacie metódy využívame pre potreby externej rádioterapie aj brachyterapie. Pre samotné plánovanie rádioterapie na CT lokalizujeme cieľové objemy, ich zakreslenie, zakreslenie kritických štruktúr a vytvorenie ožarovacieho plánu s následnou verifikáciou radiačným onkológom. Včasná diagnostika, využitie správnych metód a presné plánovanie má pre onkologického pacienta zásadný význam pri jeho liečbe.

**Kľúčové slová:** rádioterapia, zobrazovacie modalitty, cieľový objem, ožarovací plán, verifikácia

## Abstract

Radiotherapy is an effective treatment method aimed primarily at the treatment of solid tumors. The irradiation itself is preceded by thorough planning of the entire process. When planning radiotherapy, we try to plan the largest dose of radiation as precisely as possible into the target volume, and at the same time we try to burden the surrounding tissues with a minimum dose. We achieve this by accurately imaging the tumor. For this, we use diagnostic imaging modalities, most often computed tomography (CT), magnetic resonance (MR) and positron emission tomography (PET, PET/CT). We use imaging methods for the needs of external radiotherapy and brachytherapy. For radiotherapy planning itself, we locate target volumes on CT, draw them, draw critical structures and create a radiation plan with subsequent verification by a radiation oncologist. Timely diagnosis, the use of correct methods and precise planning are of fundamental importance for the oncology patient in his treatment.

**Key words:** radiotherapy, imaging modalities, target volume, radiation plan, verification

Rádioterapia je liečebná metóda, ktorá využíva k liečbe nádorových i nenádorových ochorení ionizujúce žiarenie. Ožarovaniu predchádza dôkladné plánovanie celého procesu, v ktorom cieľom je dodať najväčšiu dávku žiarenia čo najpresnejšie do cieľového objemu, a zároveň sa snažiť zaťažiť okolité tkanivá minimom dávky. Na presné zobrazenie nádoru (resp. lôžka nádoru) využívame diagnostické zobrazovacie modalitty, najčastejšie

počítačová tomografia (CT), magnetická rezonancia (MR) a pozitronová emisná tomografia (PET, PET/CT), nielen pre potreby externej rádioterapie, ale aj brachyterapie. Prístroj, ktorý umožňuje lokalizovať, simulovať a verifikovať ožarovacie parametre nazývame simulátor. RTG simulátor je izocentricky konštruovaný prístroj s rotujúcim ramenom s rentgenkou a detektorom. Umožňuje 2D zobrazenie v dvoch na seba kolmých rtg snímkach. Má identický

pohyblivý stôl, ako v ožarovni. CT simulátor je modifikovaný CT prístroj, ktorý je doplnený laserovým zameriavacím systémom a doskou stola, ktorá je rovnaká ako u ožarovacieho prístroja. Umožňuje získať CT rezy v rovnakej polohe ako pri ožarovaní. Moderné CT simulátory využívajú aj systémy pre zobrazovanie v 4D. Na plánovanie rádioterapie môžeme využiť aj MR prístroj pre lepšie zobrazenie mäkkých tkanív a PET/CT prístroj, ktorý má výhodu nielen



Obr. č. 1. Stabilizácia pacienta pomocou fixačnej masky a polohovacích pomôcok.

zobrazenia, ale aj funkčnosti postihnutého orgánu.

Podmienkou pre správnu liečbu žiarením je presná, stabilná a reprodukovateľná poloha pacienta s využitím fixačných a polohovacích pomôcok (obr. č. 1)

Pre lokalizáciu cieľových objemov využívame zakreslenie značiek podľa anatomických štruktúr na telo pacienta s využitím rtg kontrastných bodov (obr. č. 2), pričom značky definujú súradnicový systém, ktorý umožňuje preniesť ožarovací plán, ktorý bol vypočítaný plánovacím systémom, na telo pacienta. Obdobne môžeme využiť systém zakreslenia značiek po stanovení izocentra na základe CT skenovania pacienta.

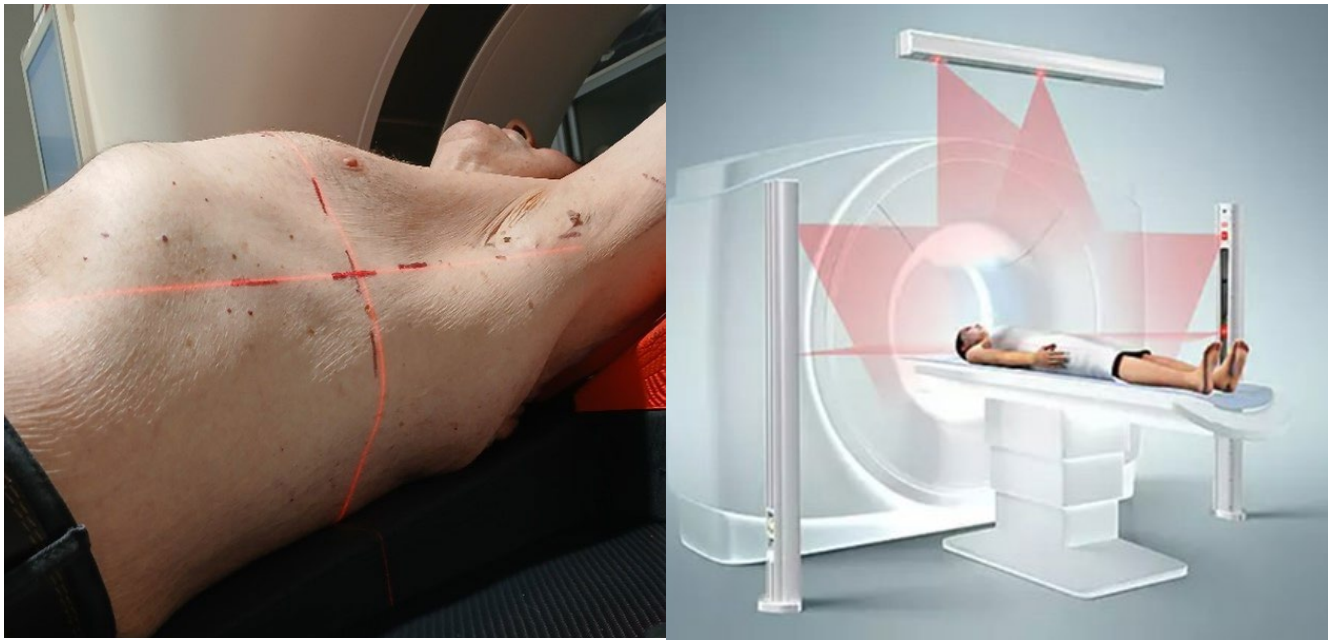
### Stanovenie cieľových objemov

Zakreslenie cieľových objemov vychádza z odporúčenia ICRU Reportu č. 50 (Medzinárodná komisia pre jednotky a merania). Táto definuje základné objemy. Nádorový objem (GTV – Gross Tumor Volume) je objem nádoru určený diagnostickými zobrazovacími metódami alebo klinickým vyšetrením. Klinický cieľový objem (CTV – Clinical Target Volume) zahŕňa objem GTV s lemom potencionálneho mikroskopického šírenia nádoru a prípadne aj odvodný lymfatický systém. Plánovací cieľový objem (PTV – Planning Target Volume) zahŕňa objem CTV s lemom kompenzujúcim nepresnosti vyvolané pohybom (napr. dýchaním), zmenou veľkosti orgánu (naplnenie močového mechúra), ale i nepresnosti v nastavení pacienta. Kritické orgány

(OAR – Organs at Risk) sú zdravé tkanivá. Pri plánovaní liečby a voľbe dávky sa musí brať do úvahy ich tolerancia, pre prípadné nežiadúce účinky liečby.

### Ožarovací plán

Plánovací systém je software, ktorý pri zvolenej ožarovacej technike naplánuje, vypočíta rozloženie dávky v tele pacienta na základe získaných CT obrazov a vytvára z nich 3D model pacientova tela a cieľového objemu. Radiačný onkológ určuje dávku a zodpovedajúci počet frakcií, a v spolupráci s klinickým fyzikom zvolí vhodnú ožarovaciu techniku. Následne je vypočítané rozloženie dávky v cieľovom objeme a kritických štruktúrach. Klinický fyzik zvyčajne spracuje viacero variant, ktoré slúžia k zhodnoteniu ožarovacieho plánu. Plánovací systém umožňuje optimálny výber



Obr. č. 2. Zakreslenie značiek na telo pacienta

varianty, porovná objemové histogramy, ktoré znázorňujú dodanú dávku v určitom objeme plánovacieho objemu alebo kritickej štruktúry a výsledkom je ožarovací plán s danými parametrami pre konkrétneho pacienta.

### Verifikácia

Verifikácia je porovnanie ožarovacieho plánu zo simulátora a plánovacieho systému s aktuálnym nastavením pri ožarovaní. Po nastavení pacienta s pomocou laserového systému robíme kontrolu nastavenia zhotovením dvoch na seba kolmých rtg snímok alebo ConbeamCT (CBCT). Získané obrazy sa porovnávajú s obrazom z plánovacieho CT a vyhodnotia sa odchýlky. Podľa závažnosti sa odchýlky korigujú úpravou polohy pacienta, posunom stola alebo prekreslením izocentra pri novom plánovaní. Kontroly presnosti nastavenia sa robia denne

alebo v určených časových intervaloch.

### Klinický príklad pacienta (Onkologická klinika FN Trenčín)

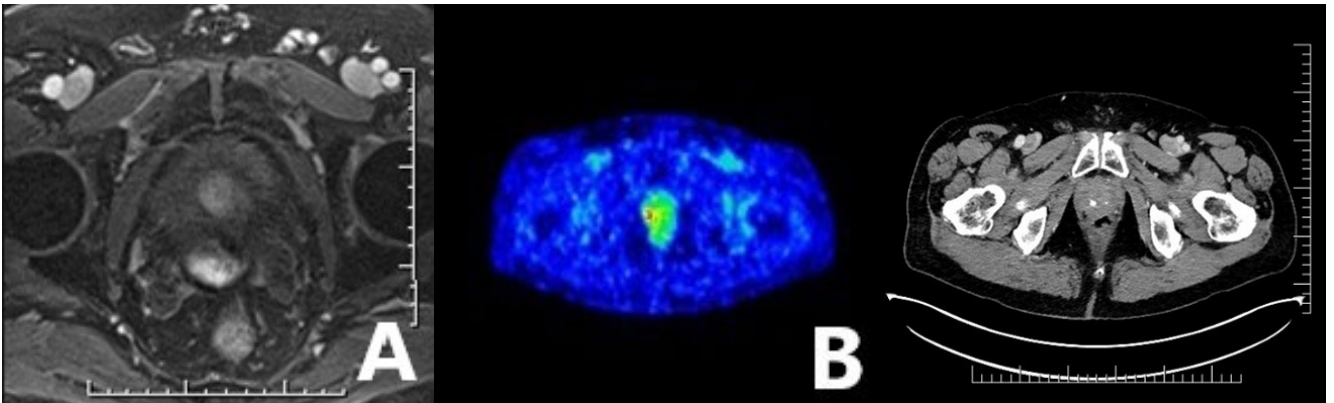
82 ročný pacient, diagnóza: Ca prostate T3N1 – podľa výsledkov MRI, IPSA = 3,22, Gleason 3+4, histológia: v pravom laloku bez malignity, v ľavom laloku vo všetkých punktátoch GS 3+4, MRI: malígna infiltrácia prostaty v periférnej zóne vpravo, infiltrácia púzdra, solitárna pravdepodobne infiltrovaná uzlina vpravo, bez LAP či MTS.

Pacient indikovaný k externej rádioterapii, aplikovaná RAT (VMAT–SIB) na oblasť prostaty a seminálnych váčkov v TD ekv. 76,4 Gy, na oblasť patologickej LAP vpravo v TD 66 Gy, na oblasť spádových LU bilaterálne v TD 53 Gy. Pacient bol naskenovaný na plánovacom CT v štandardnej polohe v ľahu

na chrbte s podloženými nohami a rukami založenými na hrudníku (obr. č. 4).

V rovnakej polohe bol pacient aj ožarovovaný. Pacient mal štandardnú prípravu tak, aby bolo rektum vyprázdnené a močový mechúr primerane naplnený. Tieto podmienky museli byť dodržané v priebehu celej liečby žiarením. Získaná obrazová dokumentácia s označením nulovej roviny tromi základnými bodmi (obr. č. 5) bola odoslaná do aplikácie na zakreslenie orgánov a exportovaná do archívneho a plánovacieho systému Eclipse. Na základe týchto dát bol klinickým fyzikom vypočítaný ožarovací plán (obr. č. 6).

Rádioterapia bola aplikovaná na prístroji TrueBeam fy. Varian v štandardnom frakcionačnom režime 1x 2,2 Gy denne do celkovej dávky 72,6 Gy s použitím techniky VMAT. Jedná sa



Obr. č. 3: MR vyšetrenie prostaty v T1 vážení s podaním kontrastnej látky v axiálnej rovine (A) a doplnené PET/CT (B) so záverom: zvýšená akumulácia rádiofarmaka v úrovni apexu, MTS infiltrovaná solitárna uzlina vpravo, bez MTS skeletu



Obr. č. 4: Poloha pacienta pri CT plánovaní

o techniku IMRT, ktorá je doplnená o modulovaný pohyb ramena (gantry) urýchľovača. S pomocou tejto techniky môžeme dosiahnuť vysoko konformného prežiarenia cieľového objemu a zároveň zaistiť potrebný strmý spád dávky do okolia, aby sme dosiahli maximálne šetrenie zdravých tkanív. Počas liečby bola

využitá aj technika IGRT, pre kontrolovanie presnosti nastavenia a prípadných zmien cieľového objemu (obr. č. 7). Po šiestej frakcii a kontrole na CT bol upravený cieľový objem a rádioterapia pokračovala do podania celkovej dávky 72,6 Gy.



Obr. č. 5: CT sken s označenou nulovou rovinou tromi referenčnými bodmi

Describe Treatment | Plan Parameters | Reference Points | Treatment Preparation | Plan Scheduling | Appointment Scheduling | RT Summary

Treatment Setup | Course: C2-NCT - Active | Planning & Treatment Approved Plans (1) | Edit

PS1  
Technique: VMAT  
Machine: TrueBeam5M4086  
Scale: Varian IEC

Field	Energy	Dose Rate (MU/min)	MU	Gantry / S... (°)	Coll Rtn (°)	Field X (cm)	Field Y (cm)	Couch (cm, °)	Rtn	Imager (cm)
CBCT	10K	500	0.0	0.0	0.0	22.8	21.0	14.79 +148.27 997.83 0.0	0.0	50.0
SETUP DX	10K	500	279.0	0.0	0.0	22.8	21.0	14.79 +148.27 997.83 0.0	0.0	50.0
SETUP PA	10K	500	180.0E	0.0	0.0	22.8	21.0	14.79 +148.27 997.83 0.0	0.0	50.0
1	10K	500	322	181.0..179.0..	30.0	11.0-18/	17.0-20	14.79 +148.27 997.83 0.0	0.0	50.0
2	10K	500	291	179.0..181.0..	300.0	11.4-19/	16.5-20	14.79 +148.27 997.83 0.0	0.0	50.0

Validation and Approval  
Validation Findings  
PS1  
Plan is "Treatment Approved"

Field Parameters  
Plan ID: PS1  
Machine: TrueBeam5M4086 | Tol. Table: CLINACA | Treatment Orientation: HFS  
Calculated SSD: \* cm | Treatment Time: min  
Planned SSD: \* cm | Use Gated:

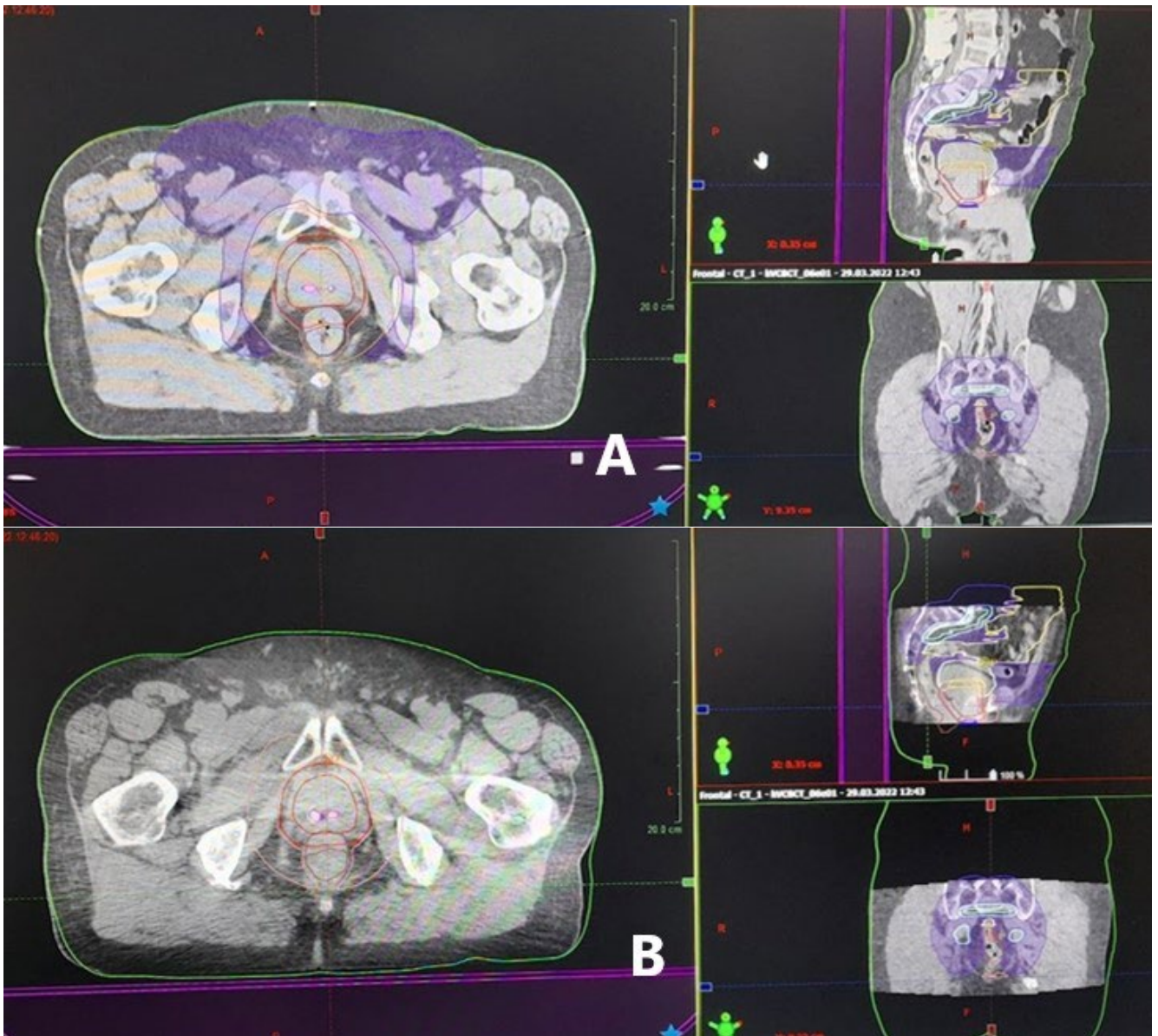
Couch  
Couch Vrt: 14.79 cm | Delta Vrt: 0.00 cm | Imager Vrt: 50.0 cm  
Couch Lng: +148.27 cm | Delta Lng: -6.50 cm | Imager Lng: \* cm  
Couch Lat: 997.83 cm | Delta Lat: -0.28 cm | Imager Lat: \* cm  
Couch Rtn: 0.0 °

Setup Notes / Photo  
Field: CBCT  
CBCT / CBCT-ORR - 21.83.2...

Beam's Eye View  
Field(s): 1, 2, CBCT, BEY...  
10 CM POD HLAVOU, 10NE  
PURY ZALAKTE NAHLIE

Treatment Approval  
Unapprove

Obr. č. 6: Ožarovací plán pre rádioterapiu prostaty



Obr. č. 7: IGRT technika – porovnanie nastavenia a cieľového objemu podľa obrazu získaného pri CT plánovaní (A) a obrazu získaného na urýchľovači pomocou CBCT pred ožarovaním (B)

## Záver

Záverom môžeme konštatovať, že zobrazovacie metódy zohrávajú v rádioterapii významnú úlohu pri lokalizácii nádoru, plánovaní rádioterapie a verifikácii liečby, čo prináša skvalitnenie liečebnej starostlivosti o pacienta. Vývoj techniky prináša zdokonaľovanie zobrazovacích metód aj ožarovacej techniky s

využitím umelej inteligencie, fúzie obrazov a aplikácie potrebnej liečebnej dávky priamo do nádoru a zároveň šetrenie okolitých tkanív. Včasná diagnostika, využitie správnych metód a presné plánovanie má pre onkologického pacienta zásadný význam pri jeho liečbe.