



**Univerzitet u Kragujevcu
Fakultet medicinskih nauka
Univerzitetski klinički centar Kragujevac
Centar za radijacionu onkologiju**



Osnovi brahiterapije

**Doc. dr Marija Živković Radojević
Doc. dr Neda Milosavljević**

Kragujevac, 2023. godine

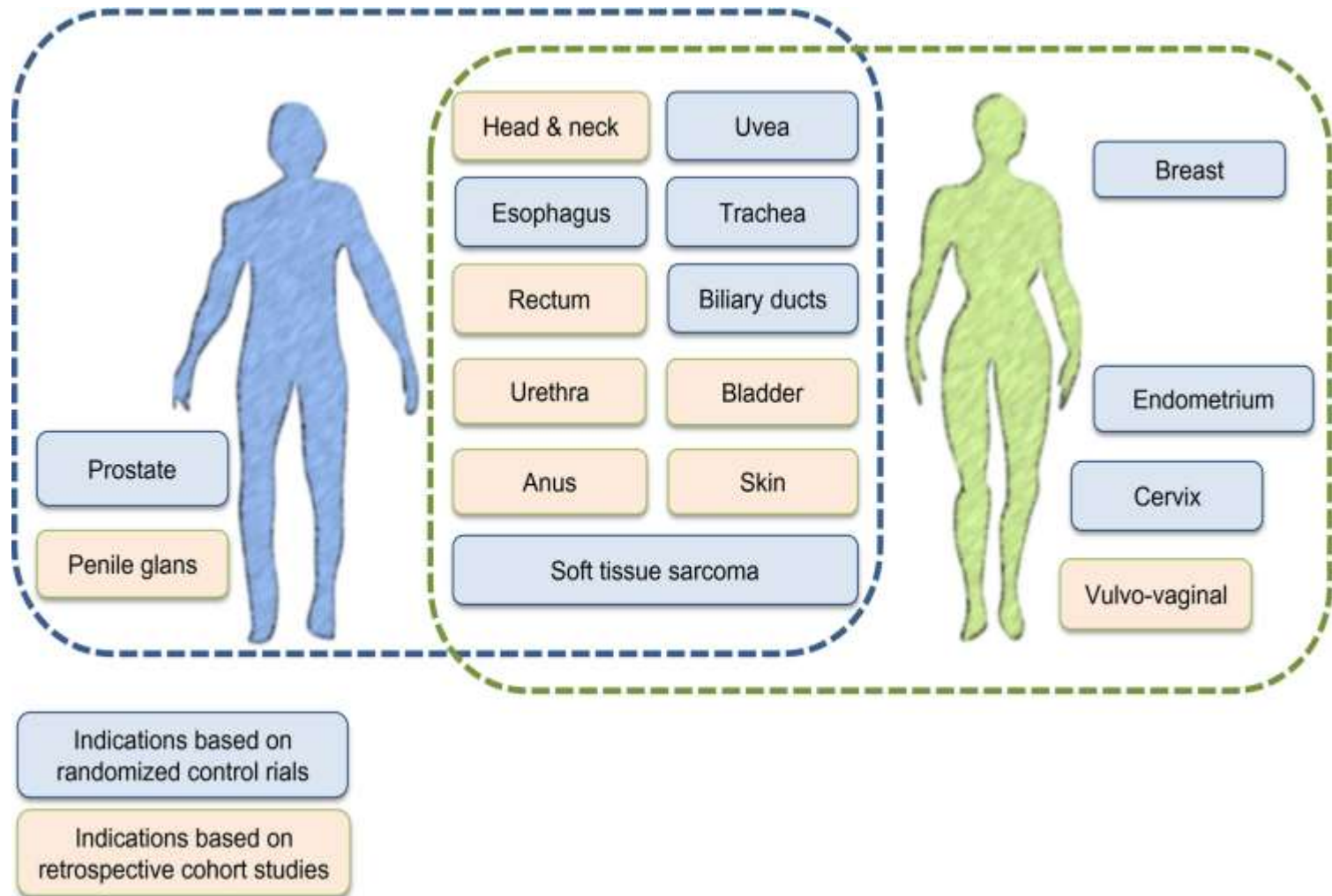
Osnovi brahiterapijskog lečenja

- Najcelishodniji vid zračenja - makismalna isporuka tumorske doze na metu (tumor) uz minimalno ozračivanje okolnog tkiva.
- Linerano kvadratni zakon (LQ): strmi pad doze raste sa kvadratom rastojanja. Doza najviša 0,5cm od izvora.
- Karakteristike „idealnog” izvora:
 - pogodna vrsta i energija zračenja (gama, beta, $E > 1\text{MeV}$)
 - vreme poluraspada (nekoliko nedelja - godina)
 - visoka specifična aktivnost (jačina terapijske doze)
 - pogodan geomterijski oblik (legure platine,plastike -beta)

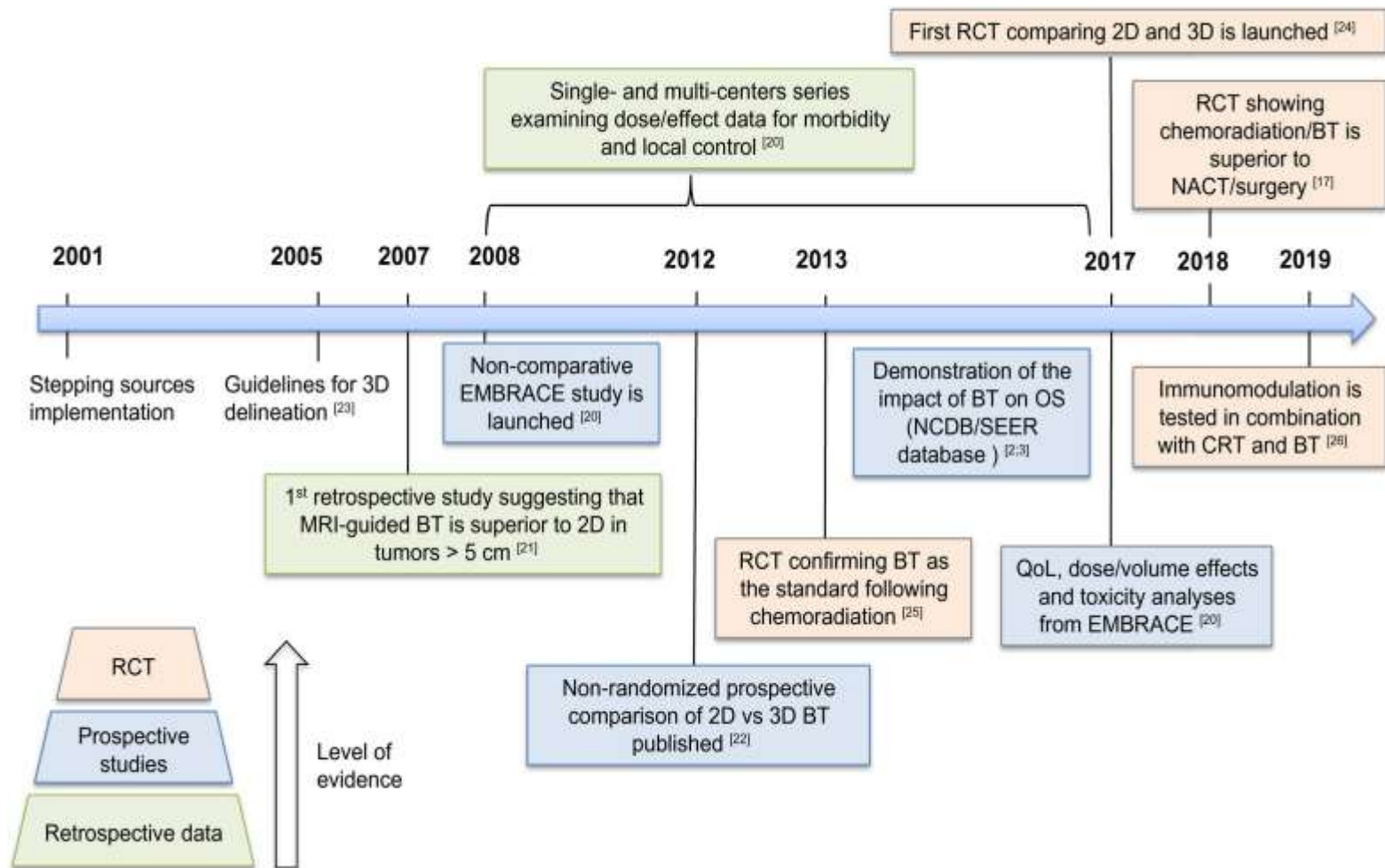
Radioaktivni izvori:

- ^{226}Ra , vreme poluraspada 1600 godina, gama, E 0,8 MV
- ^{60}Co , vreme poluraspada 5,26 godina, gama, E 1,25 MV
- ^{137}Cs , vreme poluraspada 30,17 godina, gama, E 0,6 MV
- ^{192}Ir , vreme poluraspada 74 dana, gama, E 0,38 MV
- ^{125}I vreme poluraspada 58,5 dana, gama, E 35,5 KeV

Brachytherapy: An overview for clinicians



Brachytherapy: An overview for clinicians



Opšti aspekti primene brahiterapijskog lečenja

RADIKALNA, POSTOPERATIVNA, PREOPERATIVNA, PALIJATIVNA

EBRT

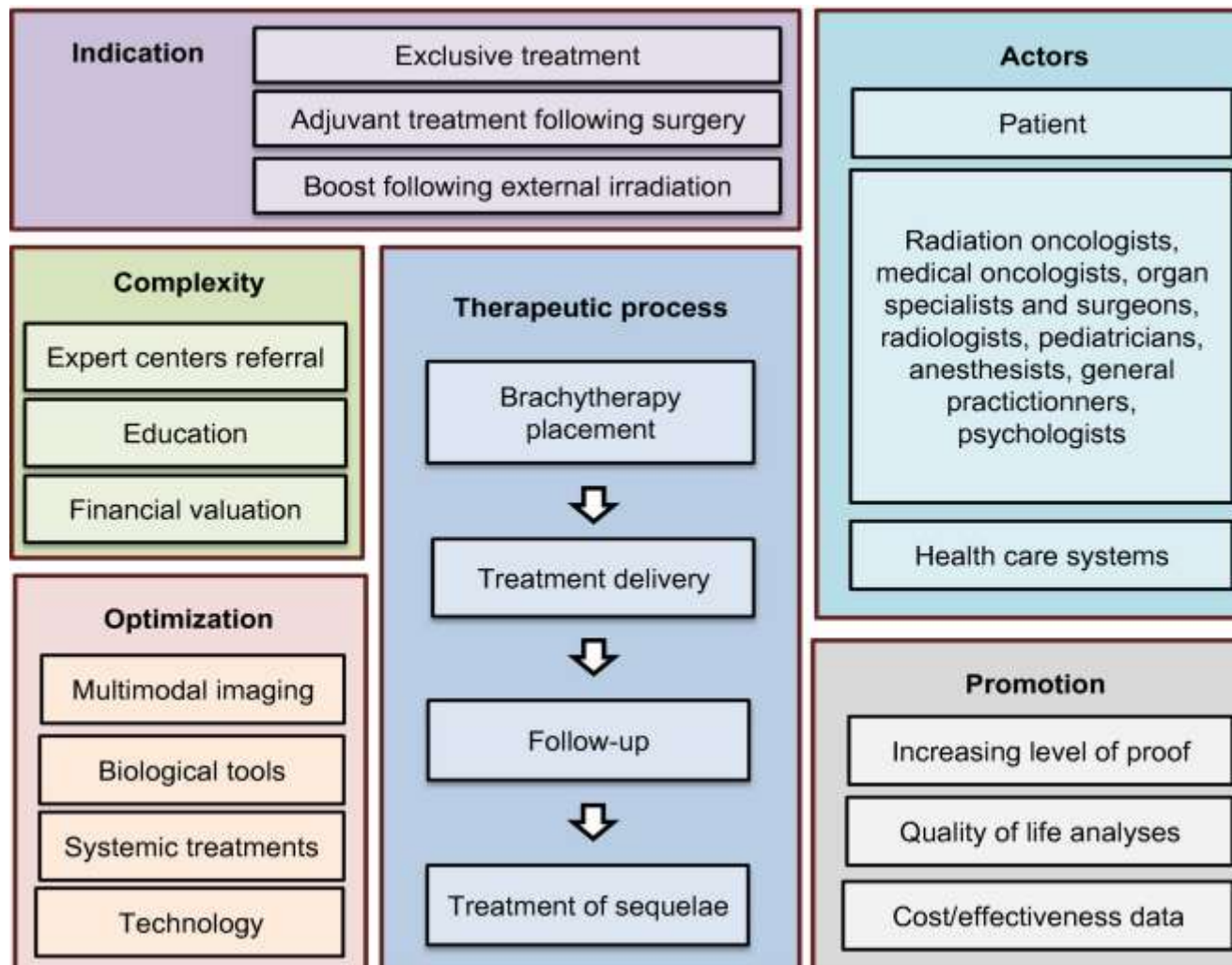
- Veliki volumen – (uključuje Ln, tumor)
- *Extended field* – uključuje i paraortalne Ln
- LINAC
- 3D-CRT, IMRT, VMAT
- SBRT (recidiv)

Brahiterapija

(intrakavitarna, intersticijalna, intersticijalna+intrakavitarna)

- Visoke doze u malom volumenu
- Inverzni kvadratni zakon
- Veliki pad doze
- Plasiranje radioaktivnih izvora

Kombinacija EBRT+BT+HT



Izazovi u primeni brahiterapije

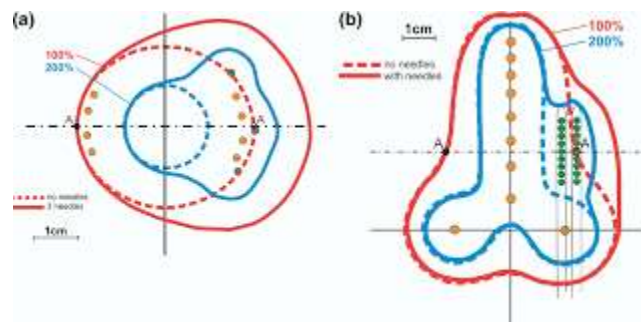
- Invazivnost
- Skupa oprema
- Skup izvor
- Sala za brahiterapiju
- Anestezija
- Neadekvano plasiranje izvora
- Posebna edukacija
- Cena



Slika dostupna na: <https://www.searchenginejournal.com/seo-challenges/212614/>

Tehnike implantacije

- **Intersticijalna** - plasiranje igla direktno u tumor (karcinom prostate, dojke, tumori kože i mekih tkiva..)
- **Kontaktna** - blizu tumora
 - intrakavitarna - (ginekološki tumori, karcinom anusa...)
 - intraluminalna - (karcinom bronha, jednjaka, tumori glave i vrata)
 - endovaskularna - (interventna radiologija - stentovi, dilatacije)
 - površinska – mulaže (melanom oka, tumori kože, karcinomi vulve...)



Brzina isporuke doze u brahiterapiji

- **Odabir implanata**
 - Permanentni implantati - (^{125}J , ^{198}Au , ^{103}Pd)
 - Privremeni implantati - (^{192}Ir , ^{137}Cs , ^{60}Co)
- **Brzina isporuke doze:**
 - LDR (*low dose rate*) $< 3,3\text{cGy/min}$
 - MDR (*medium dose rate*) $>3,3 < 20\text{cGy/min}$
 - HDR (*high dose rate*) $>20\text{cGy/min}$
 - PDR (*pulse dose rate*) 15-30 pulseva u 10-30min po pulsu na svaki čas
- **Način aplikacije izvora:**
 - manualni ili *remote afterloading*



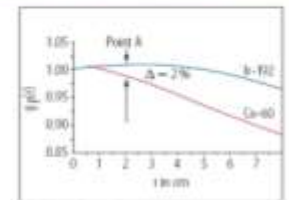
Dozimterijski sistemi u brahiterapiji

- Doza se propisuje unutar definisanog ciljnog volumena
- Kompjuterski proračun doze
- Homogenost doze obezbeđuje adekvatno plasiranje izvora

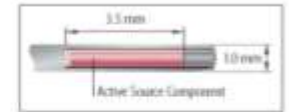


□ Dosimetric characteristics of brachytherapy sources:

- Photon energy
- Half-life
- Half-value layer in shielding materials
- Specific activity
- Source strength
- Inverse-square dose fall-off



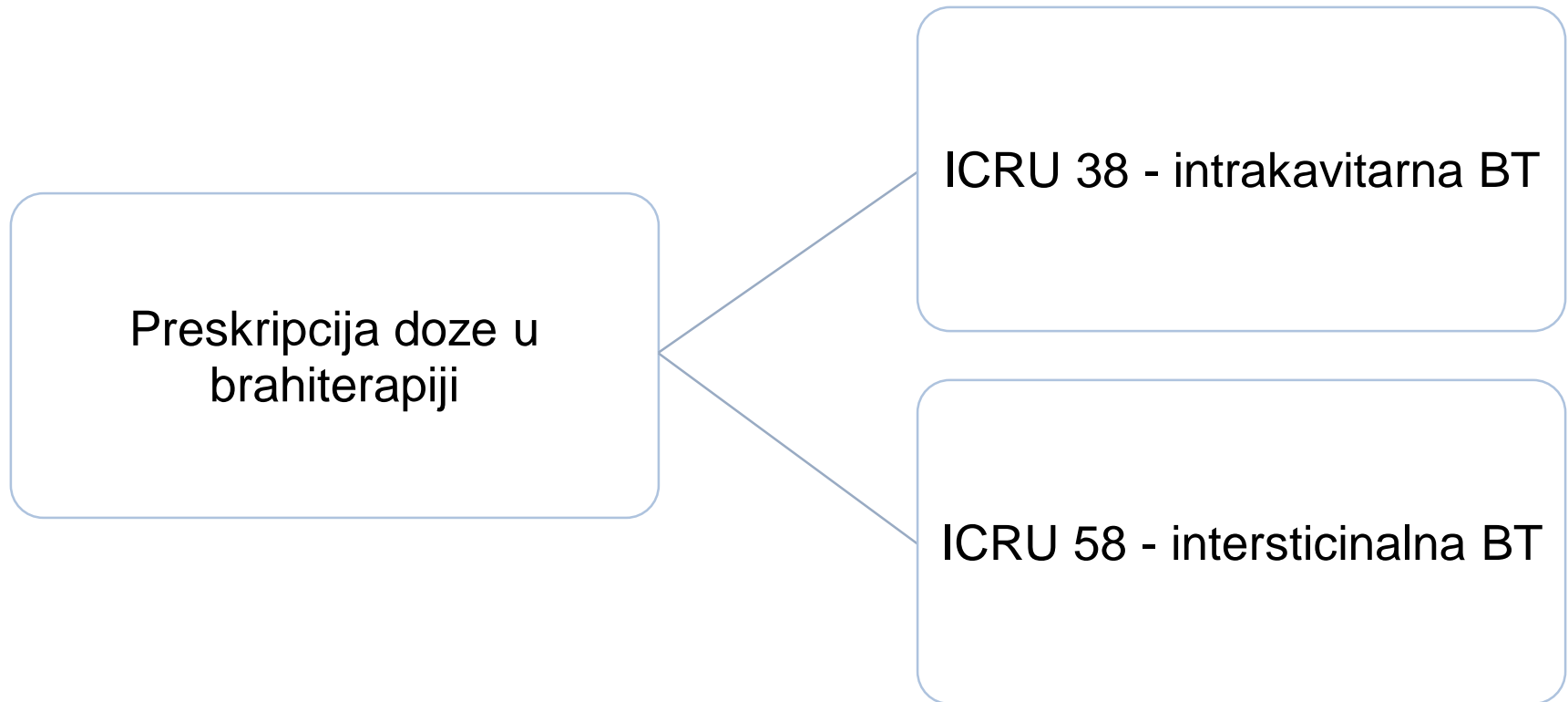
Radial Dose Rate Function



Minuteman Co-60 Source



International guidelines for reporting dose and volume for intracavitary irradiation - ICRU



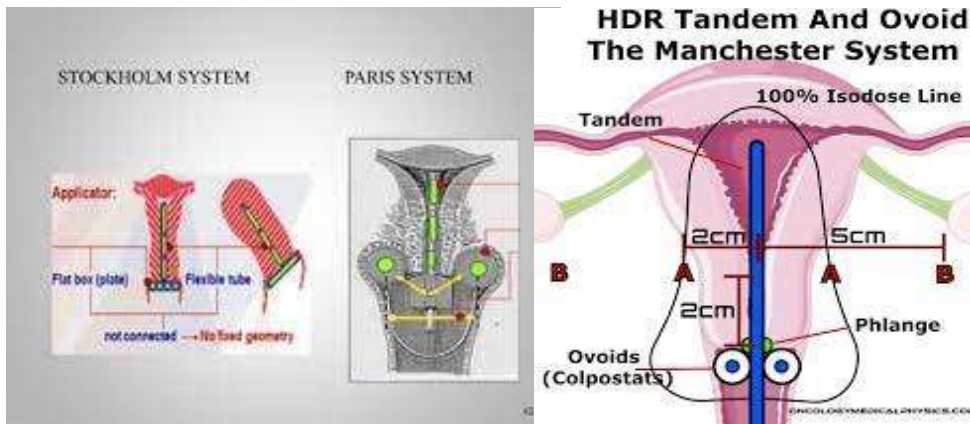
Sistem planiranja u brahiterapiji

- 2D planiranje brahiterapije (ortogonalna ili semiortogonalna radiografija)
- 3D planiranje brahiterapije (MSCT, MRI, PET-CT)

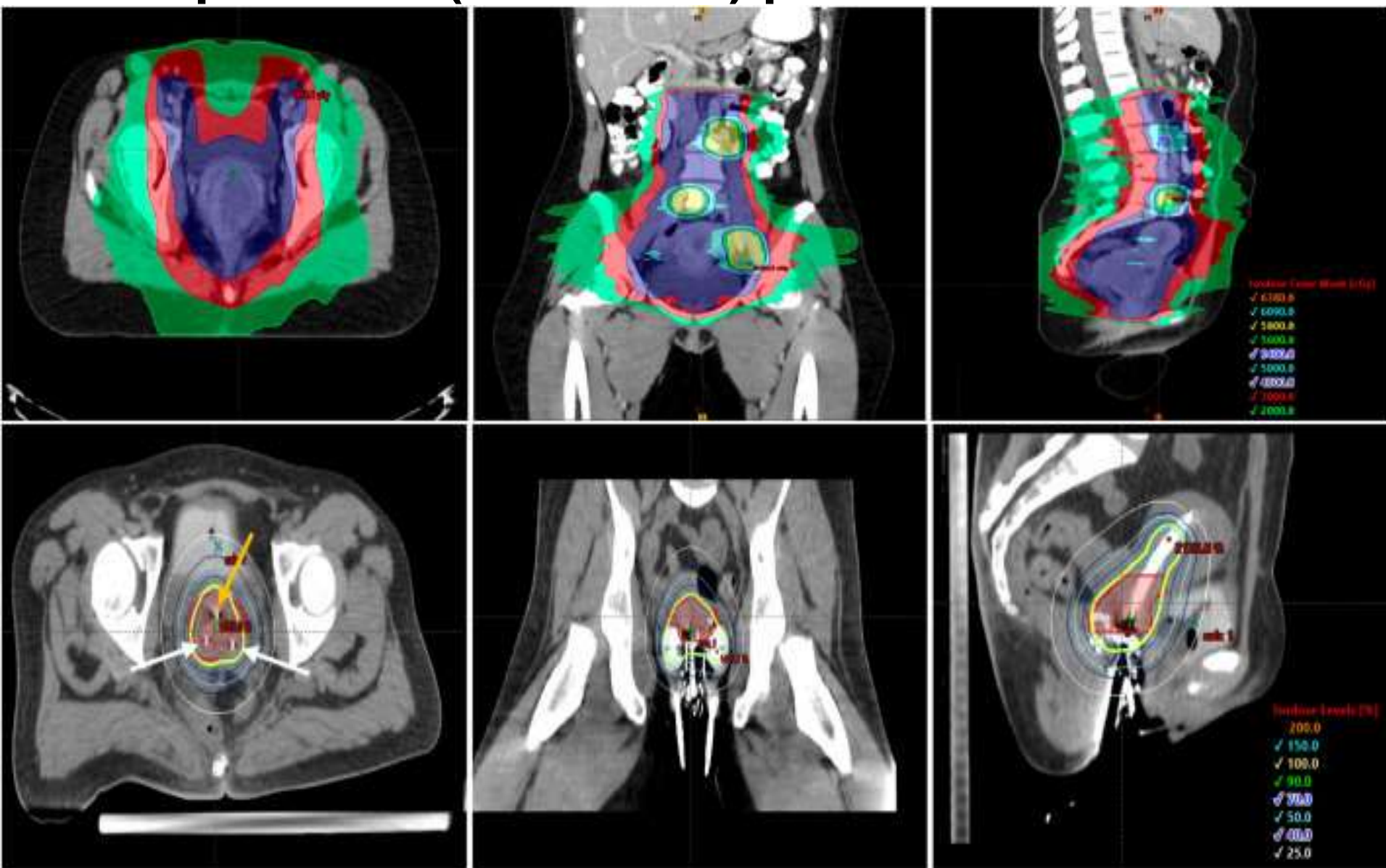


Izrada radioterapijskog plana - intrakavitarna brahiterapija

- **Cilj planiranja:**
 - odrediti najoptimalniji aplikator za postizanje optimalne raspodele doze unutar ciljnog volumena
- **Sistemi dozimetrijskih planiranja za intrakavitarnu BT:**
 - **Stokholmski sistem** (Hayman, 1914.) Ra-226, tokom dve aplikacije, sa razmakom od 3 nedelje, aplikatori se plasiraju u vaginu i kavum uterusa, trajanje procedure 54h-60h.
 - **Pariski** (Reggaud i Lacassagne) - LDR izvori, procedura traje kontinuirano tokom 5 dana
 - **Mančesterski** (Tod, Meredith, Peterson, 1938) proračun doze doze u referentnim tačkama u maloj karlici (tačke A i B)



Ukupna doza (EBRT +BT) prema EQD2 modelu



Williamson CW, et al. Advances in External Beam Radiation Therapy and Brachytherapy for Cervical Cancer. Clin Oncol (R Coll Radiol) 2021;33(9):567-78.

Postoperativna brahiterapija karcinoma grlića materice

EBRT + Brahiterapija: 2-3 aplikacije sa dozom od 6 Gy po aplikaciji, jednom nedeljno

Brahiterapija 4x6 Gy

- EQD2 doza na regiju vaginalnog ožiljka ranga 65-70Gy
- doza se propisuje na 0,5cm od površine vaginalnih ovoida, odnosno vaginalnog cilindra
- dozna opterećenja za organe od rizika se određuju u ICRU referentnim tačkama Bmax za bešiku i Rmax za rektum prema ICRU-38 preporukama

Postoperativna radioterapija karcinoma grlića materice

- 4-6 nedelja nakon operacije

Grupa srednjeg rizika: nakon adekvatne operacije, parametrija negativna, resekcione margine negativne, negativni limfni nodusi:

Grupa visokog rizika +/-HT potencijacija: pozitivne resekcione ivice, pozitivna parametrija, pozitivni limfni nodusi, neadekvatan tip operacije

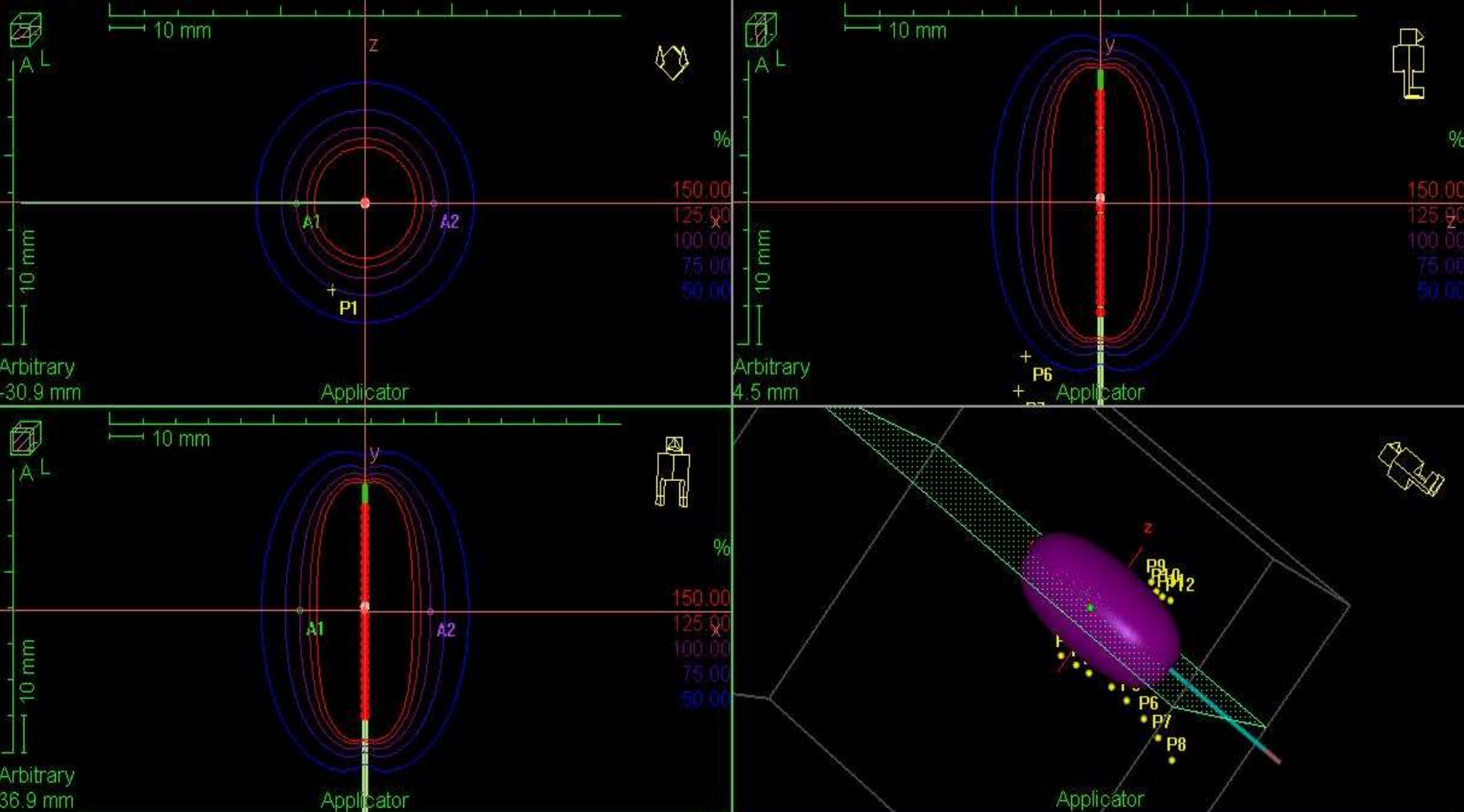
Postoperativna radioterapija karcinoma grlića materice

Pelvis:

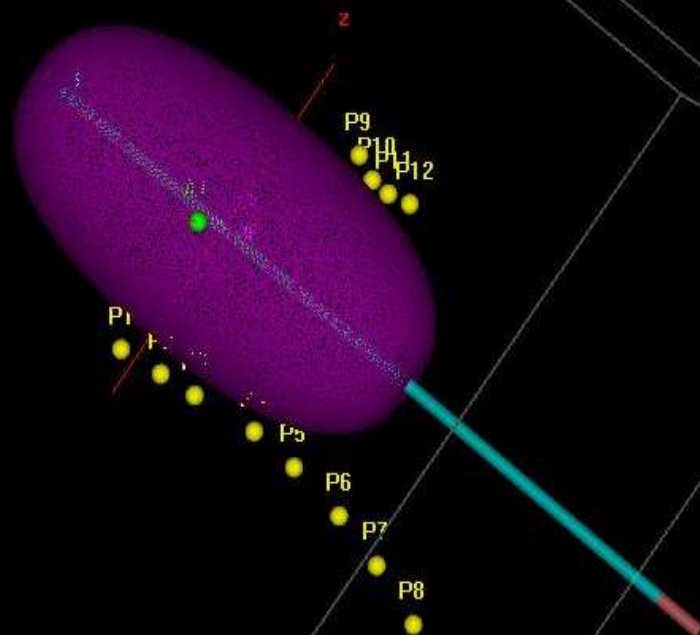
- grupa srednjeg rizika 40-45Gy, 1,8-2 Gy po frakciji
- grupa visokog rizika 45-50Gy, 1,8-2 Gy po frakciji
- Paraortalna regija: 45Gy, 5 dana /nedeljno, 1,8 Gy po frakciji
- Palijativne doze: 30Gy u 10 frakcija, 20 Gy u 5 frakcija
- Nodalni boost:
- 55Gy pelvični limfatici SIB – u okviru 25 frakcija / sekvencijalno do ukupne doze sa dnevnom dozom od 1,8Gy
- 57,5Gy – 60Gy paraaortalni limfatici SIB - u okviru 25 frakcija / sekvencijalno do ukupne doze sa dnevnom dozom od 1,8Gy

Postoperativna zračna terapija karcinoma tela uterusa

- **Grupa niskog rizika:** endometroidna histologija, G1/2, dubina infiltracije < 50%, LVI - praćenje
- **Grupa srednjeg rizika:** endometroidna histologija, G1/2, dubina infiltracije \geq 50%, LVI- adjuvantna brahiterapija (opciono) praćenje za pacijentkinje < 60 godina???
- **Grupa srednje-visokog rizika:** endometroidna histologija, G3, dubina infiltracije < 50%, bez obzira na LVI status, endometroidna histologija, G1/2, LVI+, bez obzira na dubinu infiltracije
- adjuvantna RT (TRT + BRT) kod nepoznatog nodalnog statusa
- adjuvantna BRT kod G1/2 tumori, LVI+, node negativnih pacijentkinja (G3??) – ESMO-ESTRO-ESGO preporuka za celu grupu je **adjuvantna BT ako su node negativni** (bar 10 lgl, paraaortalne??)
- **Grupa visokog rizika:** endometroidna histologija, G3, dubina infiltracije \geq 50%, bez obzira na LVI status - **adjuvantna zračna terapija**
- FIGO stadijum II, endometroidna histologija - adjuvantna radioterapija, adjuvantna brahiterapija za G1/2, LVI- tumore, node negativni
- FIGO stadijum III endometroidna histologija, tumori ne-endometroidne histologije (serozni, clear-cell, nediferentovani, karcinosarkom) - razmotriti početak lečenja sa adjuvantnom HT IV-VI ciklusa (obavezno za FIGO IIIC1/2, FIGO III serozne i clear-cell histologije, kao i za nediferentovani karcinom i karcinosarkom nezavisno od stadijuma) + sekvencijalno adjuvantna radioterapija



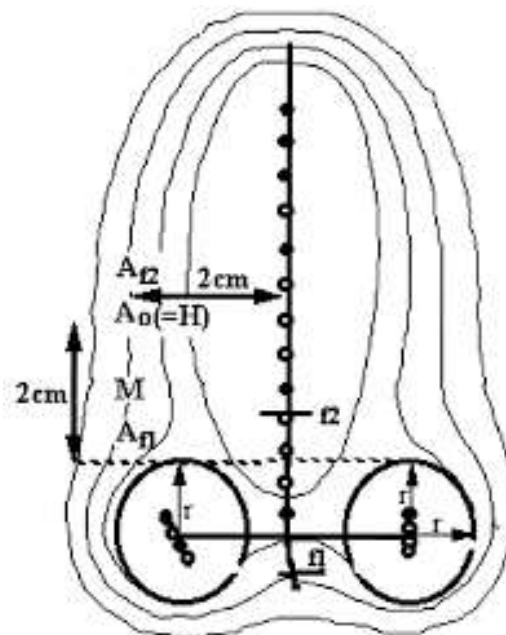
ROI Set												
Plans												
M2_Plan1_F1												
Ap Applicator												
Points												
rektum												
besika												
Applicator												
Name	X [mm]	Y [mm]	Z [mm]	Coord...	Act. Dos...	Act. Dose [%]	Normalization	Norm. Dose [%]	Optimization	Opt. Rel. Dose [%]	Opt. Weight	Shift [mm]
P1	-3.5	-30.3	13.7	Patient	504.70	72.10	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P2	-1.9	-37.4	14.6	Patient	540.70	77.24	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P3	-0.4	-43.4	15.4	Patient	559.71	79.96	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P4	2.2	-53.9	16.9	Patient	552.11	78.87	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P5	4.5	-61.8	16.5	Patient	439.04	62.72	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P6	7.1	-71.5	15.1	Patient	278.61	39.80	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P7	9.5	-80.3	12.9	Patient	177.88	25.41	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0
P8	11.9	-89.9	9.5	Patient	114.93	16.42	no	100.00	no	100.00	100.00	0.0



Applicator

2D brahiterapija u radikalnom pristupu

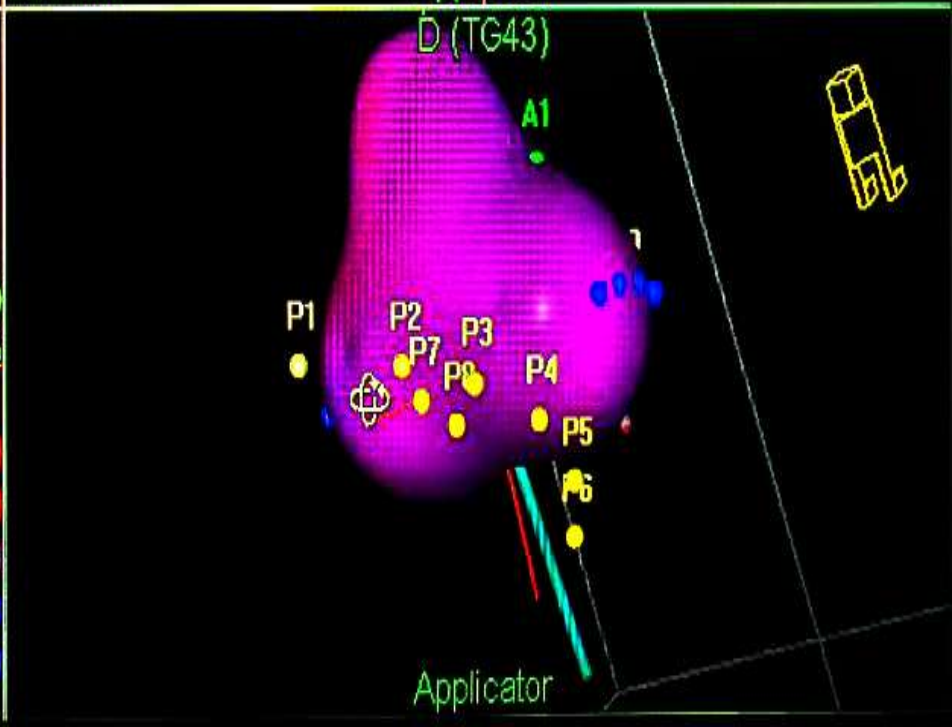
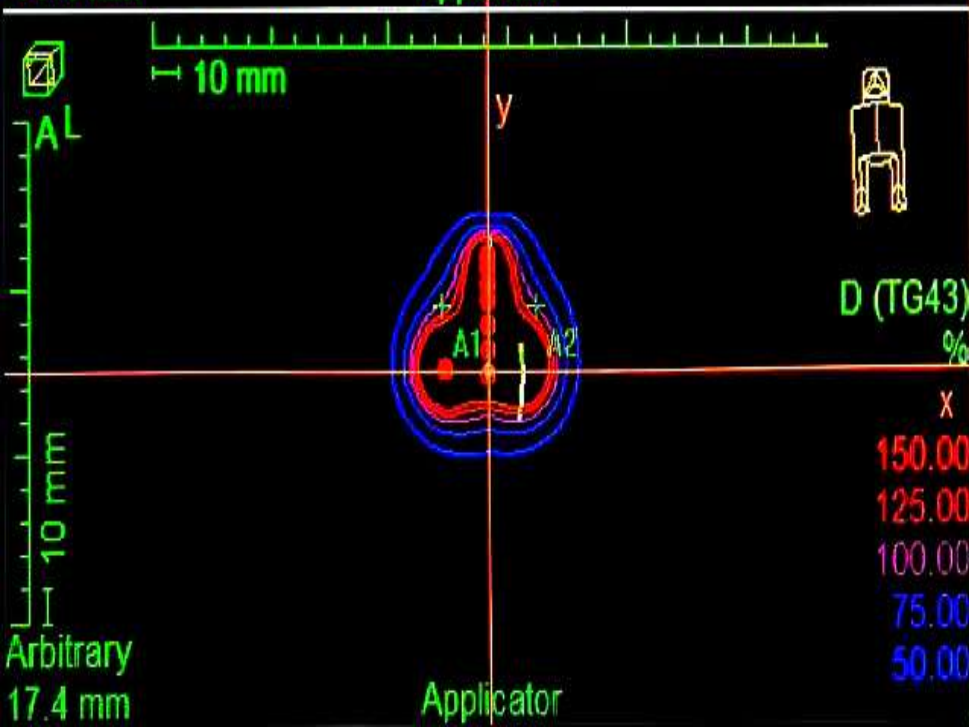
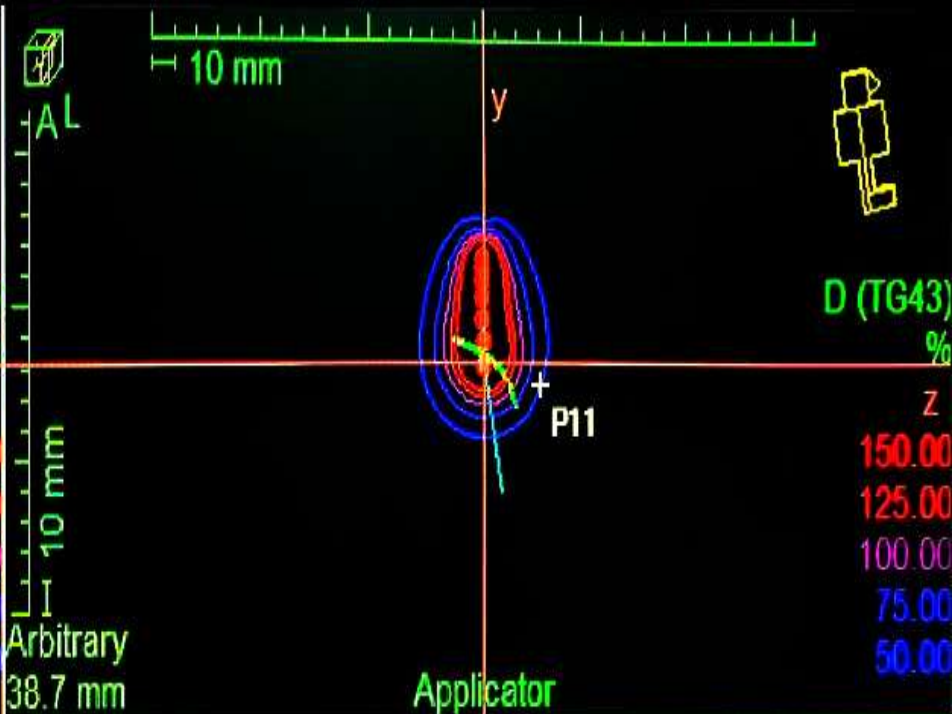
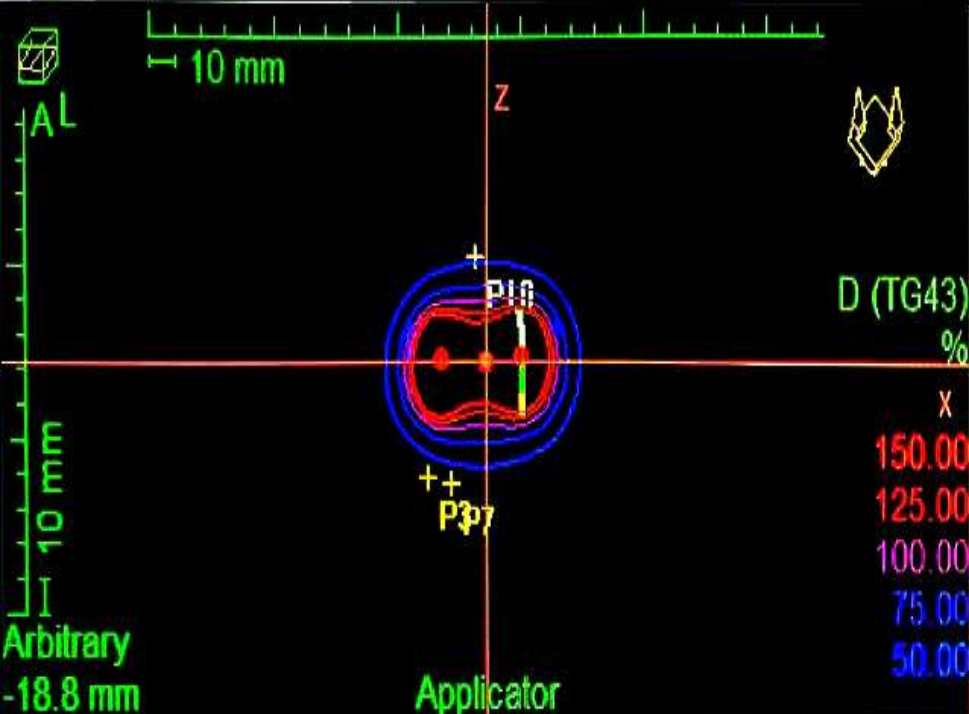
- Verifikaciona ortogonalna ili semiortogonalna radiografija
- Tačka A (referentna tačka)- kroz nju prolazi referentna izodozna površina za referentni volumen
- Tačka B - 2 cm gore i lateralno od tačke A
- Mokraćna bešika - središte balona
- Rektum - 0,5cm od vaginalnog zida



Radioterapija lokalno odmaklog karcinoma grlića materice

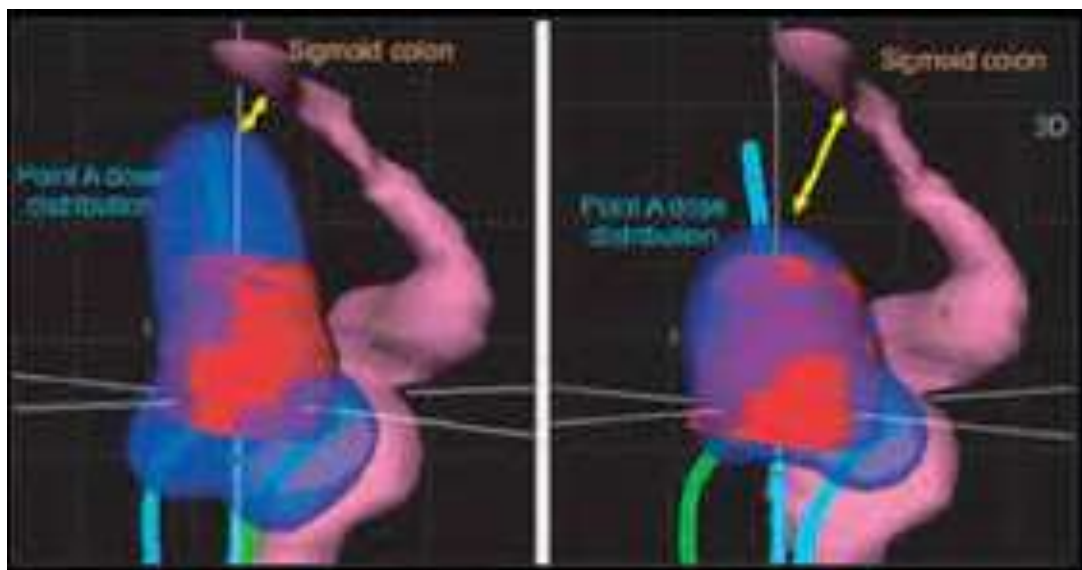
FIGO St. IB bulky, IIA, IIB – IVA

- RT+HT potencijacija (standard) + brahiterapija
- pacijent ne pristaje na operativno lečenje
- kod CT verifikovanih uvećanih zajedničkih ilijačnih limfatika profilaktička RT paraortalno
- Standardno: 46Gy, 1,8- 2Gy po frakciji, 5 dana /nedeljno
- Boost na parametrija (rest Tu) 5Gy
- Boost na uvecane ingvinalne limfatike: do max 55Gy
- Profilaktička RT paraortalne regije do L3: TD 45 Gy, 1,8Gy po frakciji

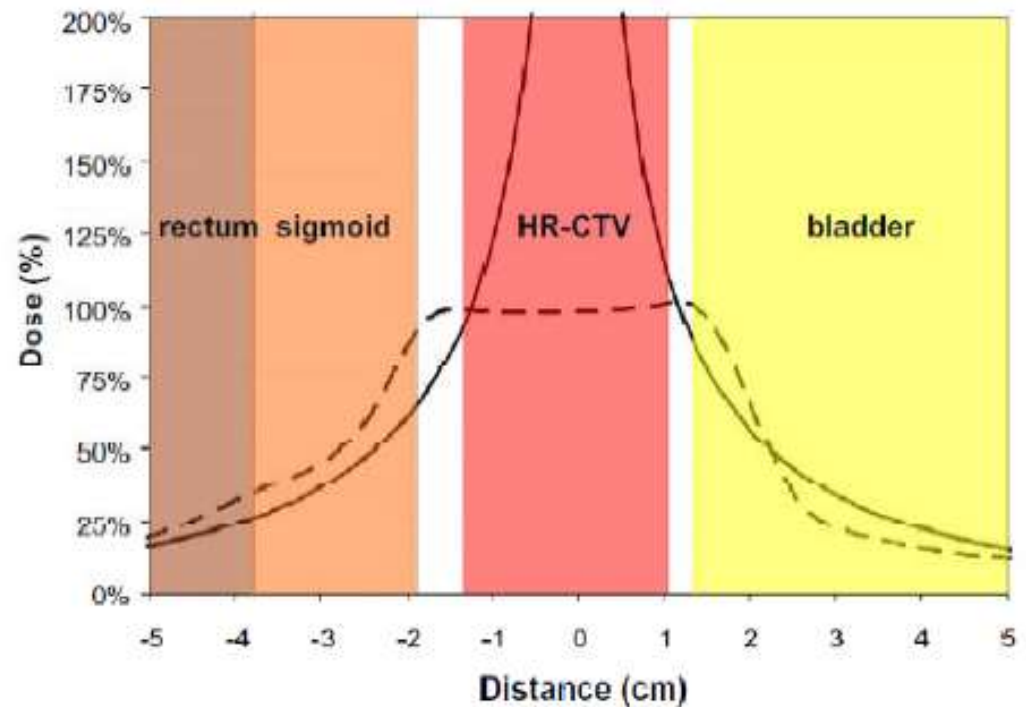
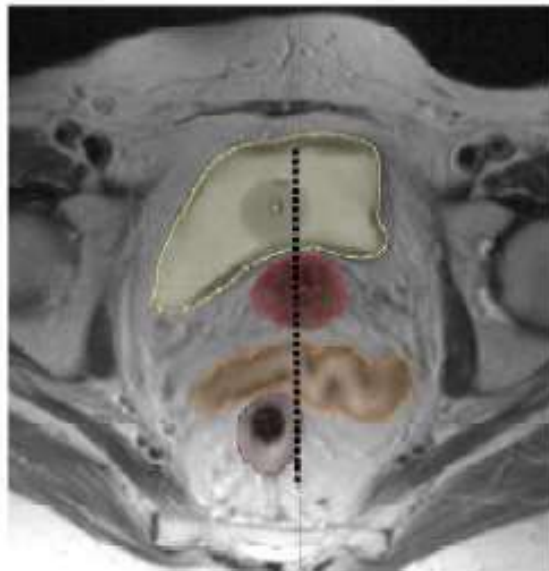


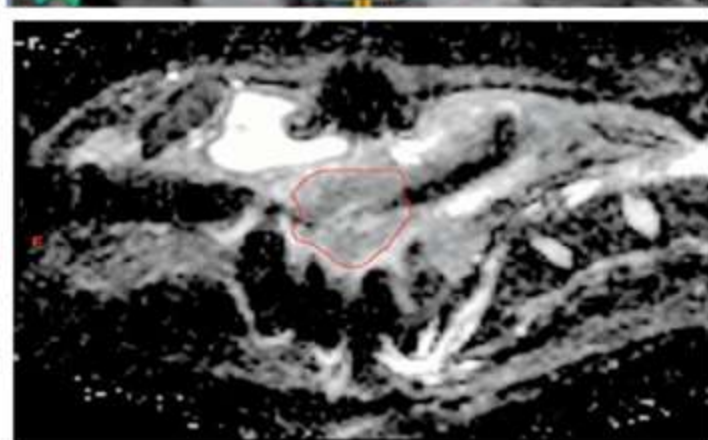
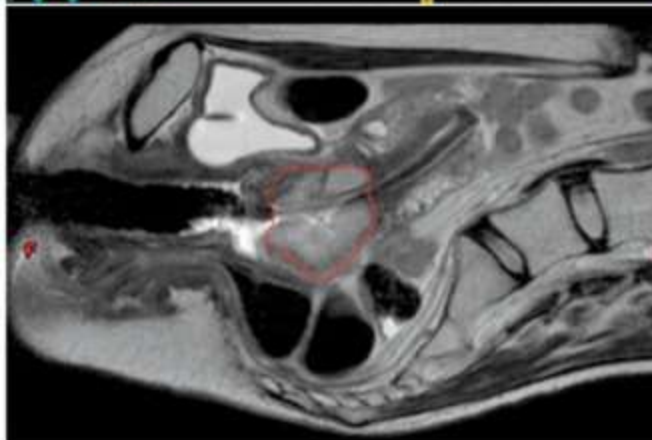
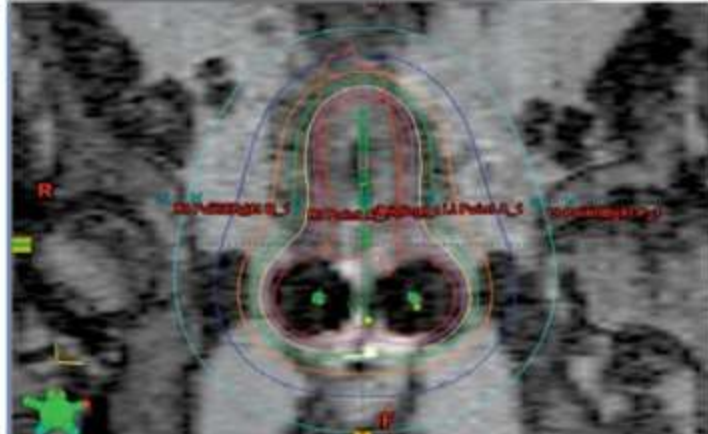
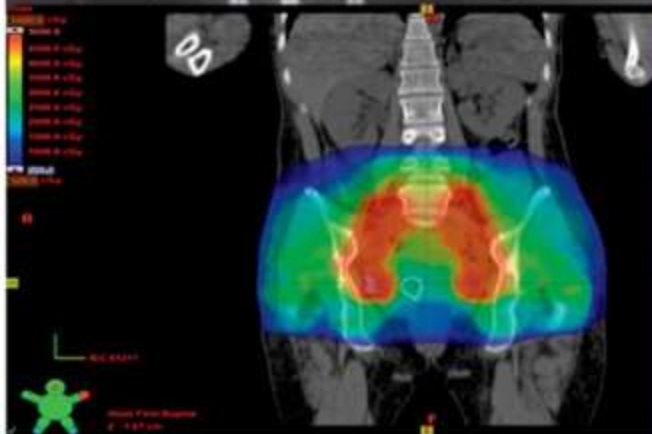
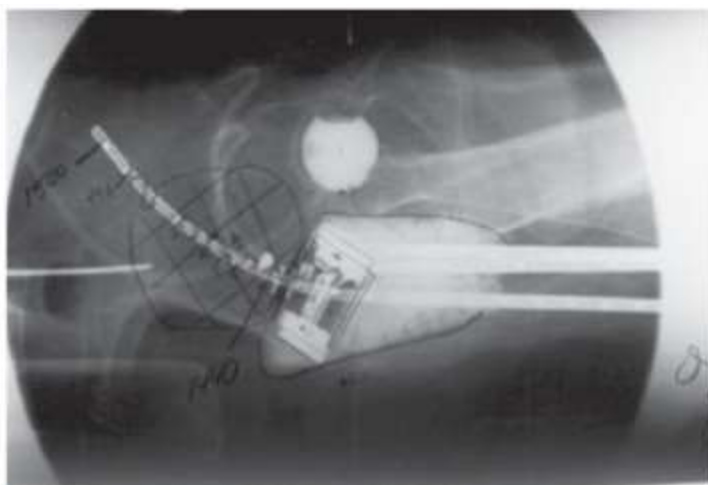
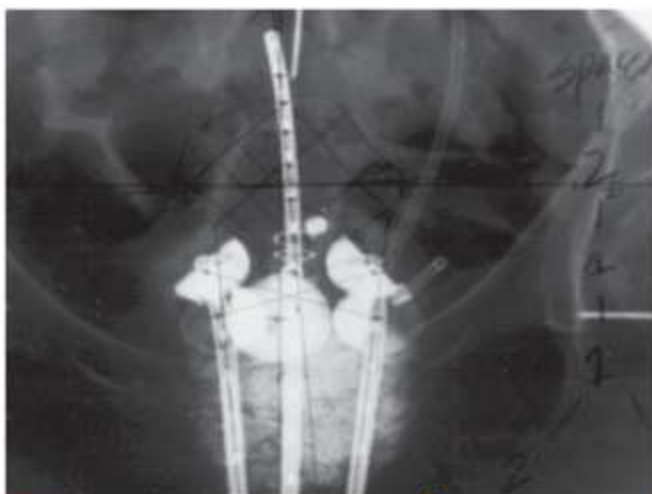
3D brahiterapija - Ciljni volumeni

- GTV (*gross tumor volume*) - pregled ili imiging
- CTV (*clinical target volume*) - mikroskopski širenje tumora neposredno pored GTV, kliničko-anatomske koncept
- PTV (*planning target volume*) - geometrijski koncept



EBRT and BT dose distributions

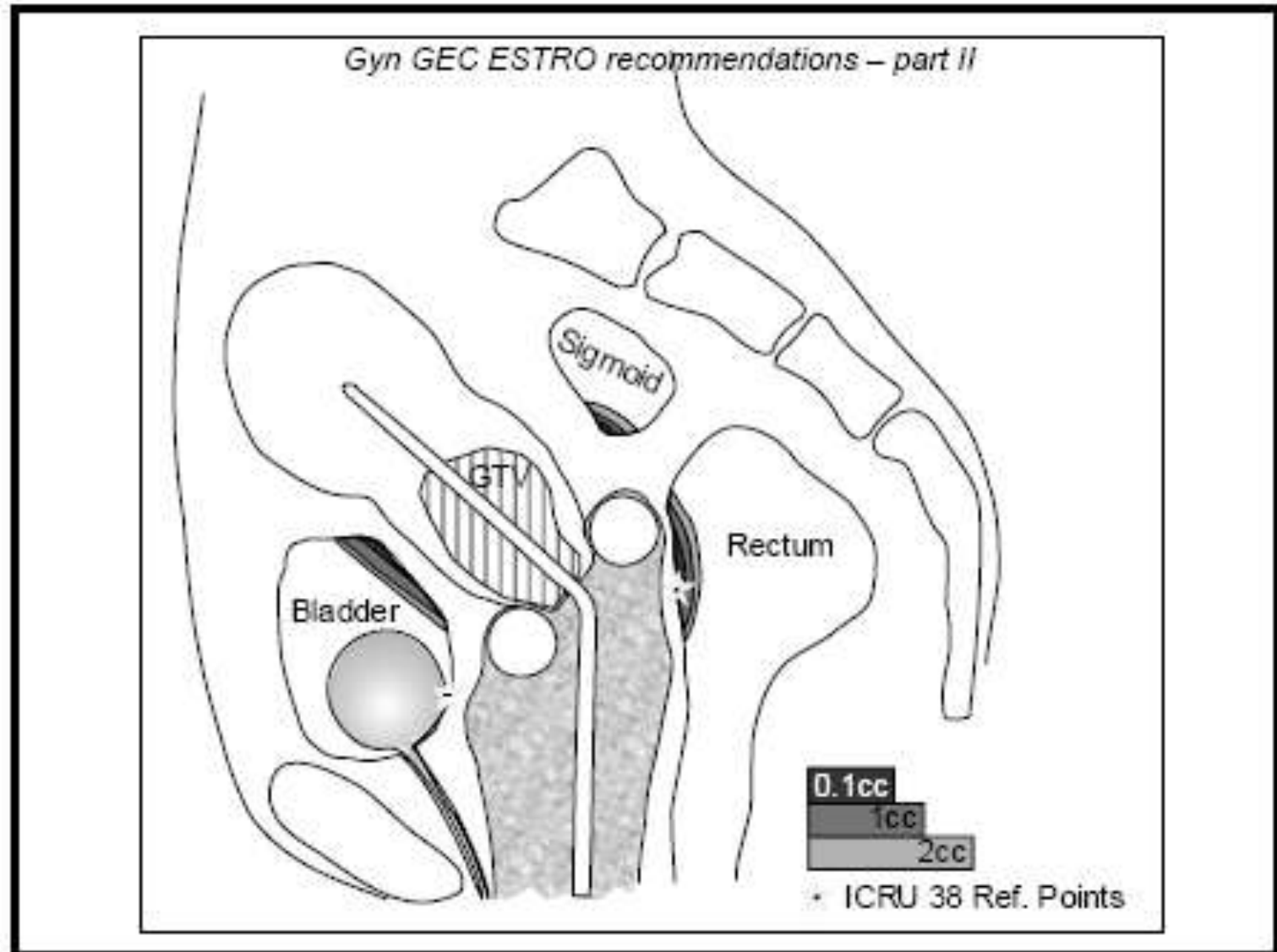




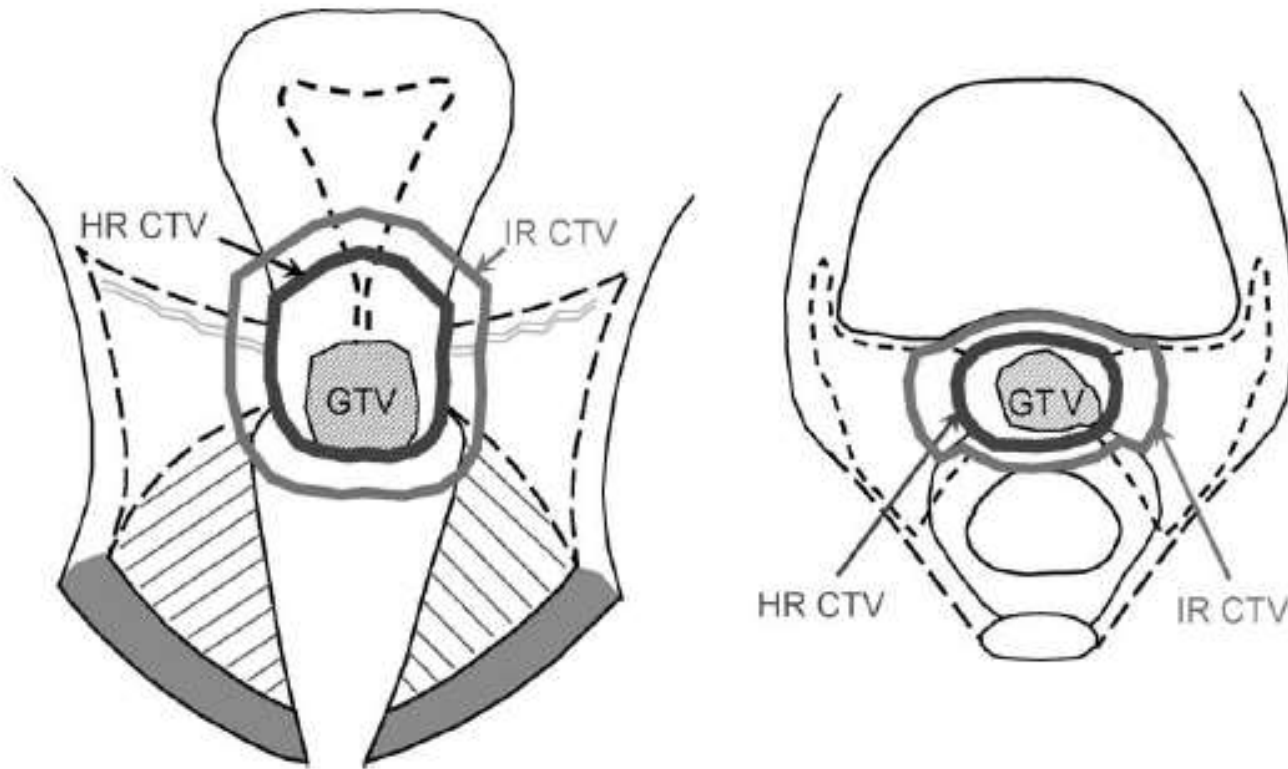
GEC-ESTRO BT *committi* preporuke

- HR-CTV - regija visokog rizika za lokalni relaps zbog postojanja mikroskopske bolesti
- EQD2 doza 80-90 Gy
- IR-CTV - visoki rizik za lokalni relaps, regija koja sadrži veći deo mikroskopske bolesti u vreme sprovođenja brahiterapije
- EQD2 doza 60 Gy
- GTV - se tokom tretmana menja, shodno čemu je neophodno da se GTV i CTV pri svakoj brahiterapijskoj aplikaciji opisuju i delineiraju
- U cilju zaštite organa od rizika (rectum, sigmoidni kolon, mokraćna bešika) vrši se delinacija, kao i proračun doze koja se isporuči na 2 cm² koji su najizloženiji tokom primene brahiterapije. Isporučena doza tokom brahiterapijske aplikacije se sabira sa dozom isporučenom EBRT tehnikom po EQD2 modelu

Dose-volume tolerantne vrednosti za organe od rizika

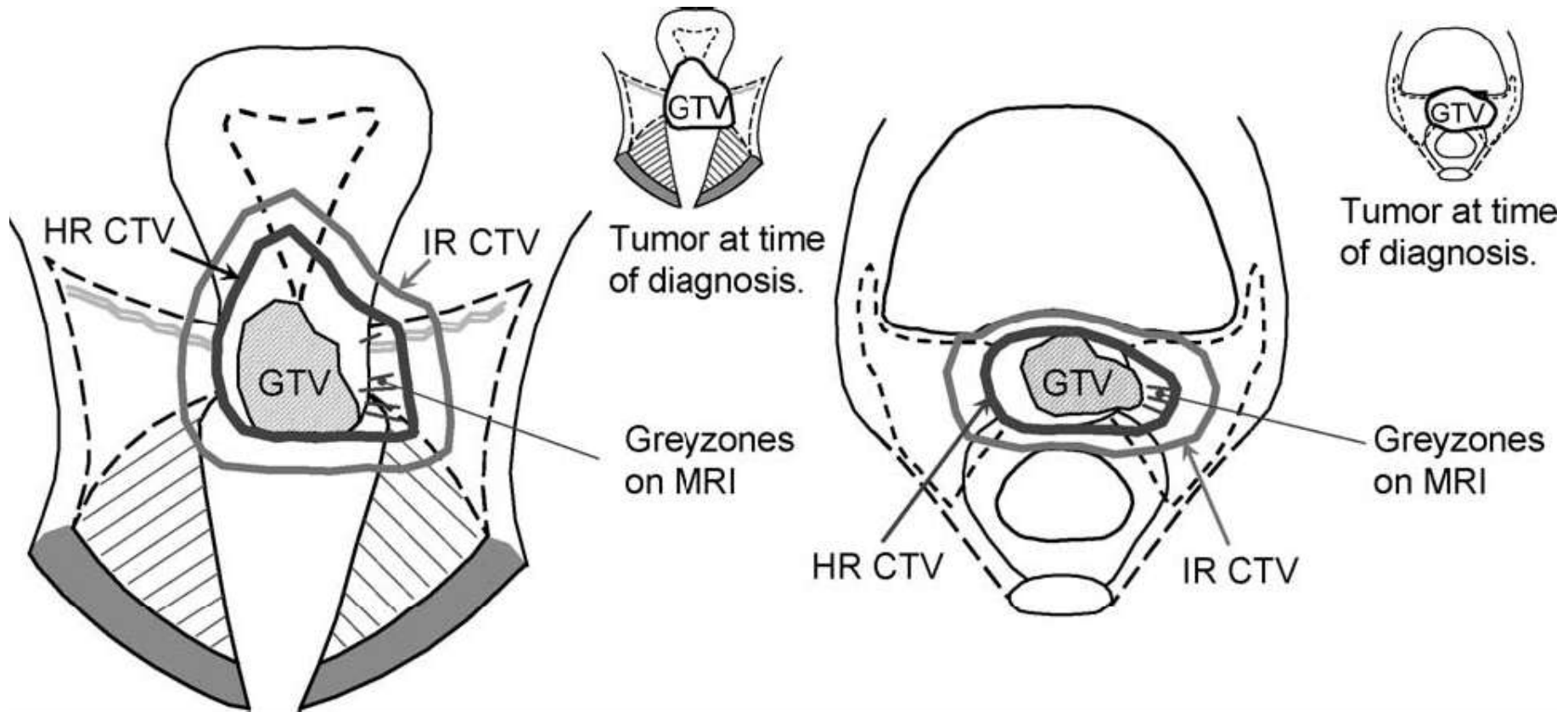


Ciljni volumeni

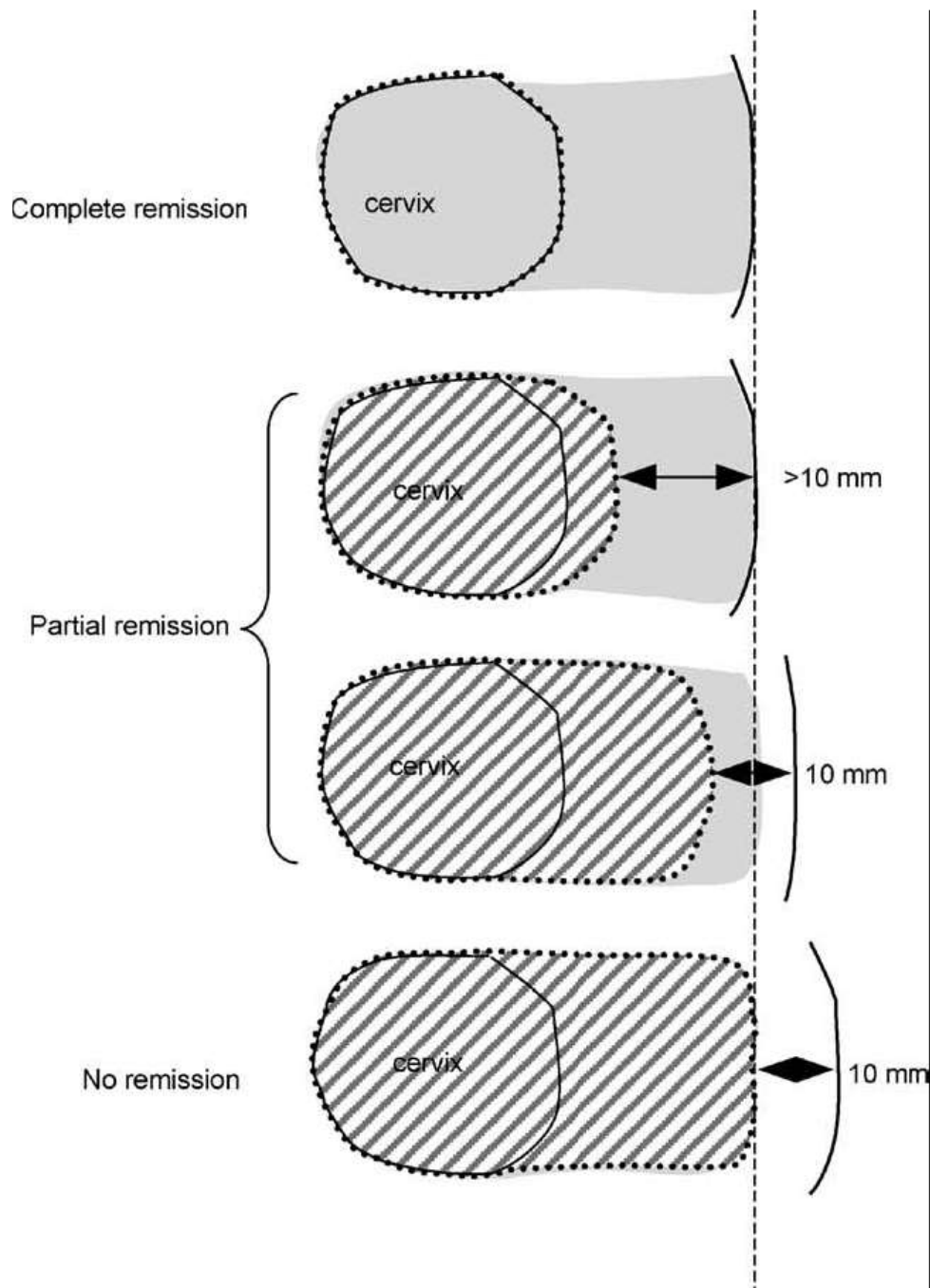


Schematski prikaz za cervikalni kancer, limitirana bolest, sa GTV, high risk CTV and intermediate risk CTV kod radikalnog zračnog tretmana: coronalni i transverzalni prikaz.

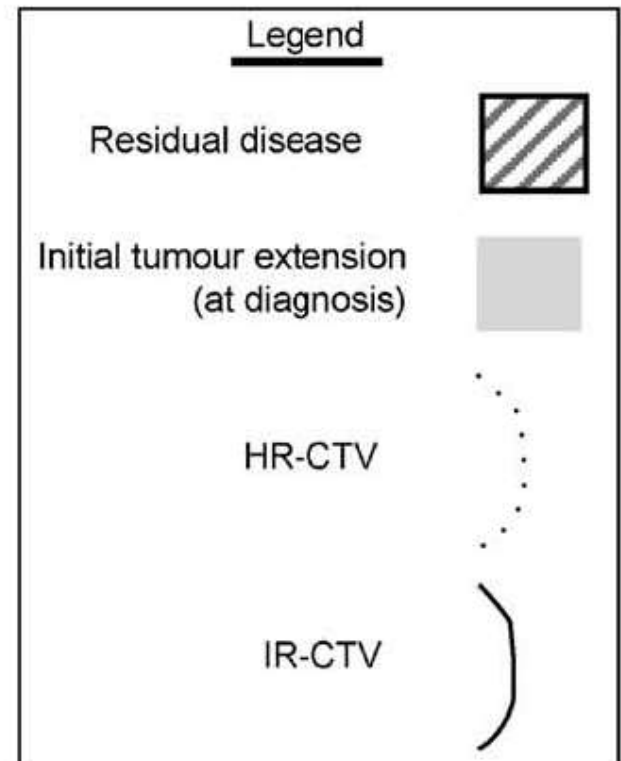
Ciljni volumeni



Schematic diagram za cervikalni cancer, uznapredovala bolest, slaba remisija nakon EBT sa GTV, i high risk CTV (grey zones- siva zona na MRI) i intermediate risk CTV kod radikalnog zračnog tretmana (coronalni i transversalni presek).

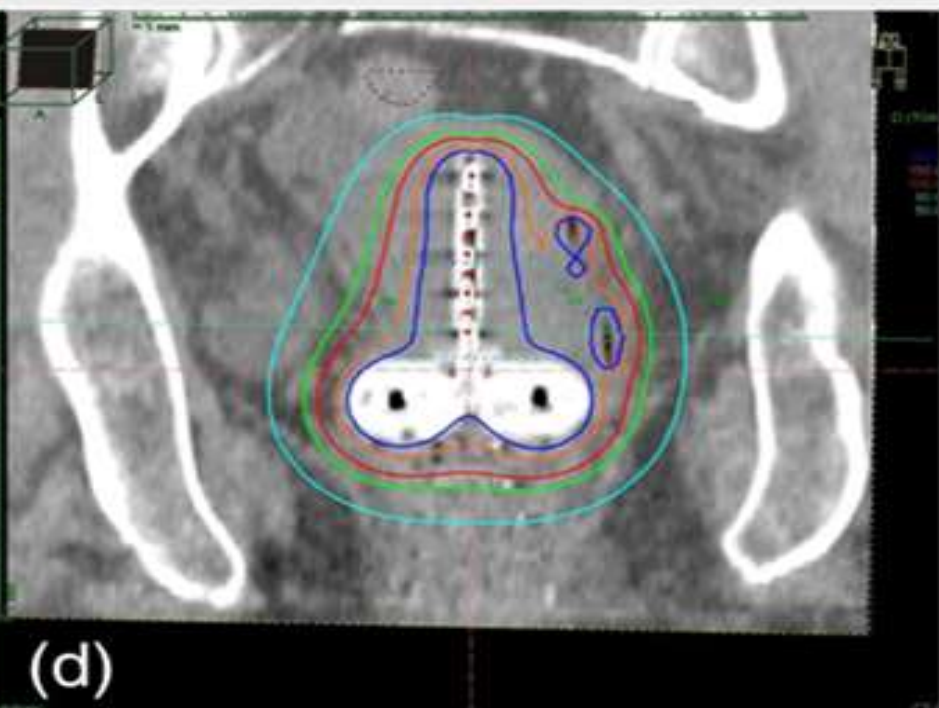
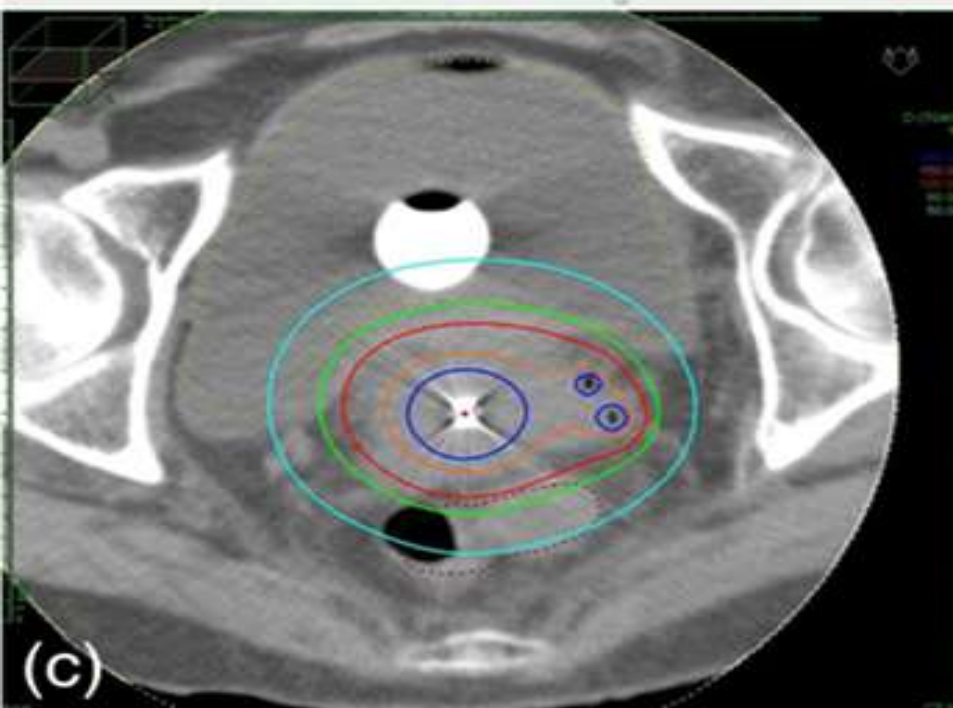
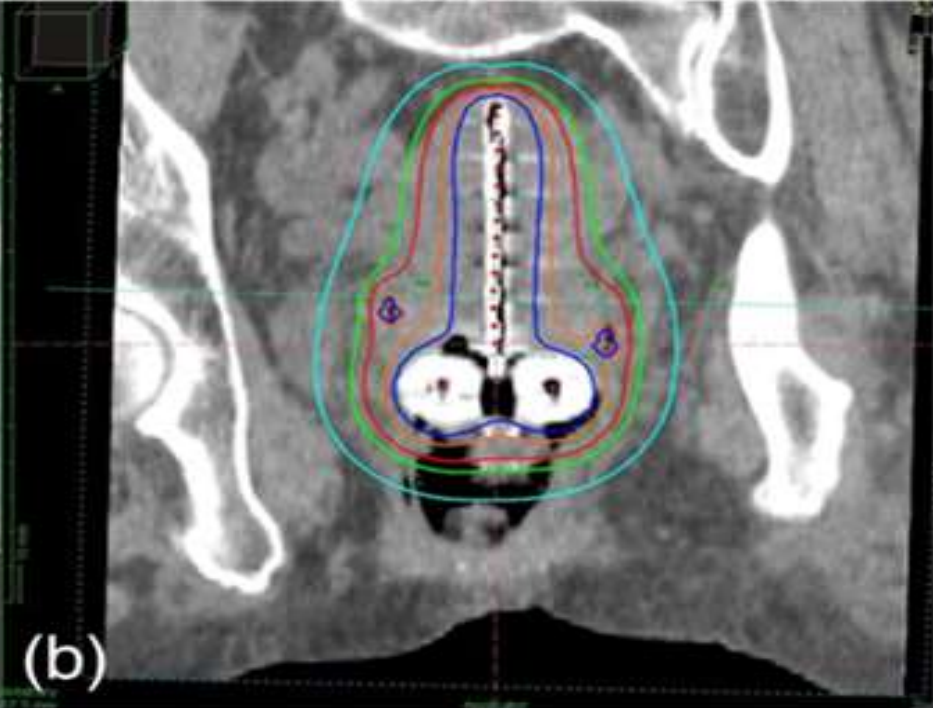
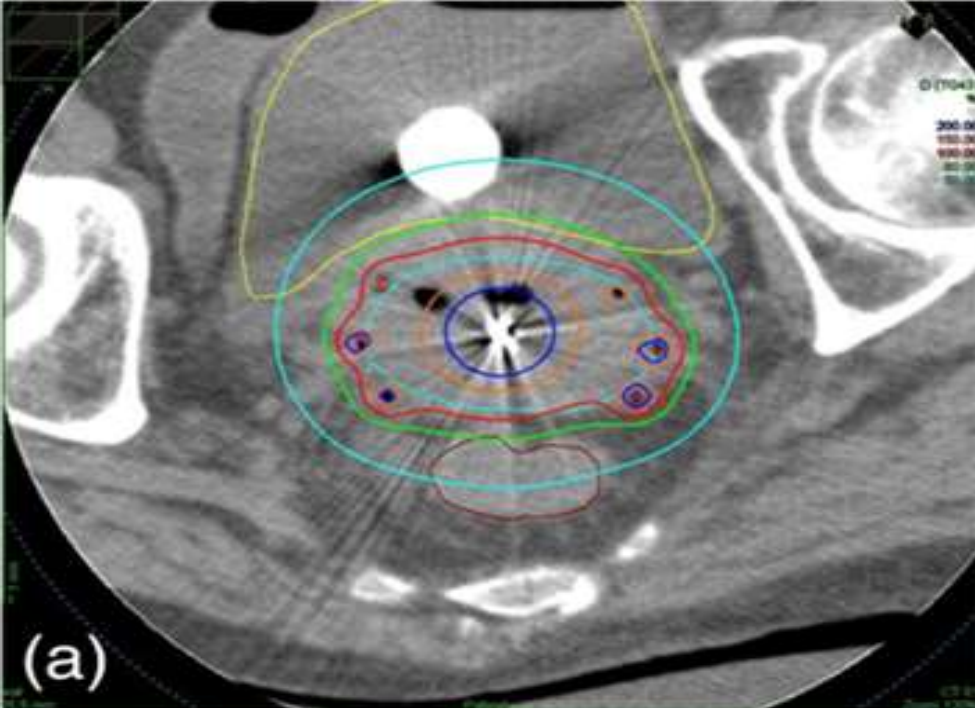


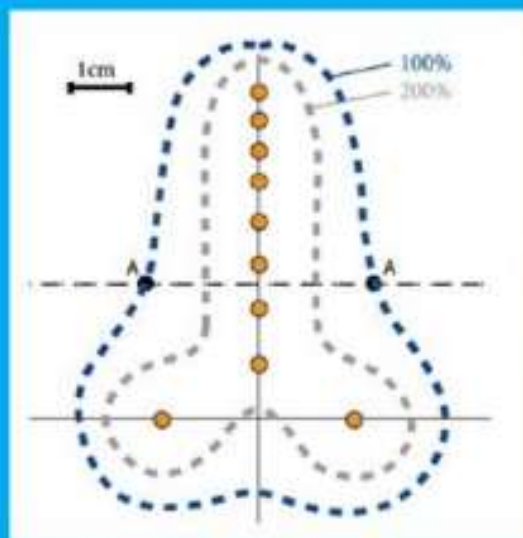
Schematski presentacija HR CTV i IR CTV u odnosu na paremetrija kod uznapredovale bolesti: četri mogućnosti (slučaja) shodno nivou remisije nakon transkutane zračne terapije kombinovane sa hemothera ijom.



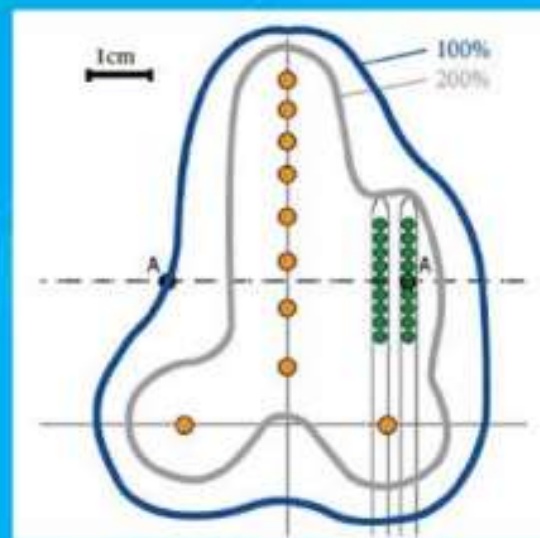
Kombinovana IS+IC brahiterapija

- Sprovodi se po okončanju EBRT sa ciljem da se na HR-CTV isporuči biološki ekvivalentna doza od 90-95 Gy.
- Koregistracija inicijalnog MRI ili ST snimka sa snimcima načinjenim tokom poslednje nedelje EBRT.
- Nakon plasiranja intrauterine sonde i ovoida, vrši se proračun doprinosa doze na ciljni volumen i organe od rizika. Analizira se pokrivenost tumora propisanom dozom.
- Za regije koje nemaju adekvatnu pokrivenost dozom koriste se igle za intersticijalnu brahiterapiju u kojima se nalazi izvor zračenja.
- Igle za intersticijalnu brahiterapiju se plasiraju u podzračene regije tumora





Intracavitary brachytherapy



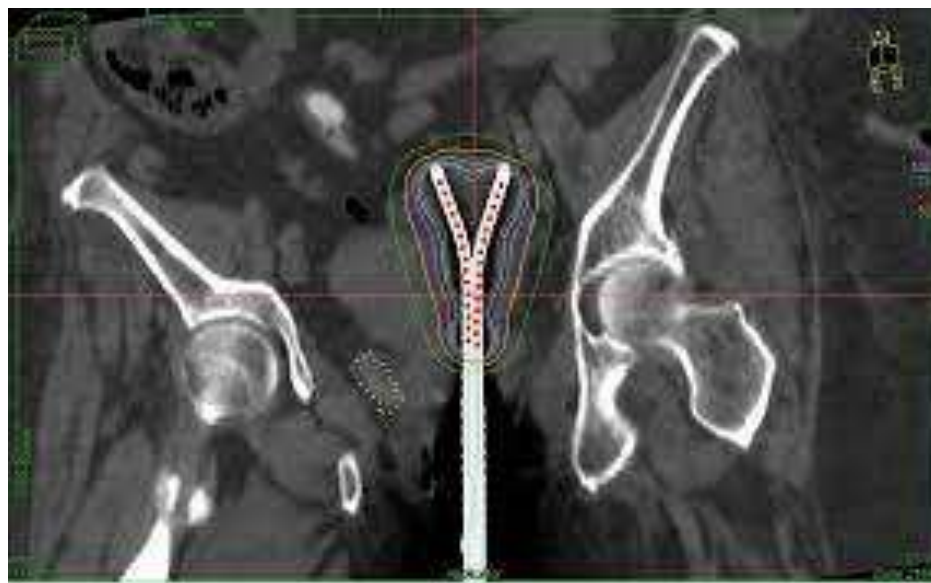
With parallel needles

Radikalna radioterapija karcinoma tela uterusa

- Inoperabilna bolest
- Kontraindikacije za operativno lečenje
- Pacijentinja ne pristaje na operativno lečenje
- EBRT+Brahiterapija+/- HT
- Pelvis: 45-50Gy, 5 dana /nedeljno, 1,8-2 Gy po frakciji
- Paraortalna regija: 45Gy, 5 dana /nedeljno, 1,8 Gy po frakciji
- Paliativne doze: 30 Gy u 10 frakcija, 20 Gy u 5 frakcija
- Nodalni boost:
- 55Gy pelvični limfatici SIB – u okviru 25 frakcija / sekvencijalno do ukupne doze
- 57,5 Gy paraaortalni limfatici SIB - u okviru 25 frakcija / sekvencijalno do ukupne doze

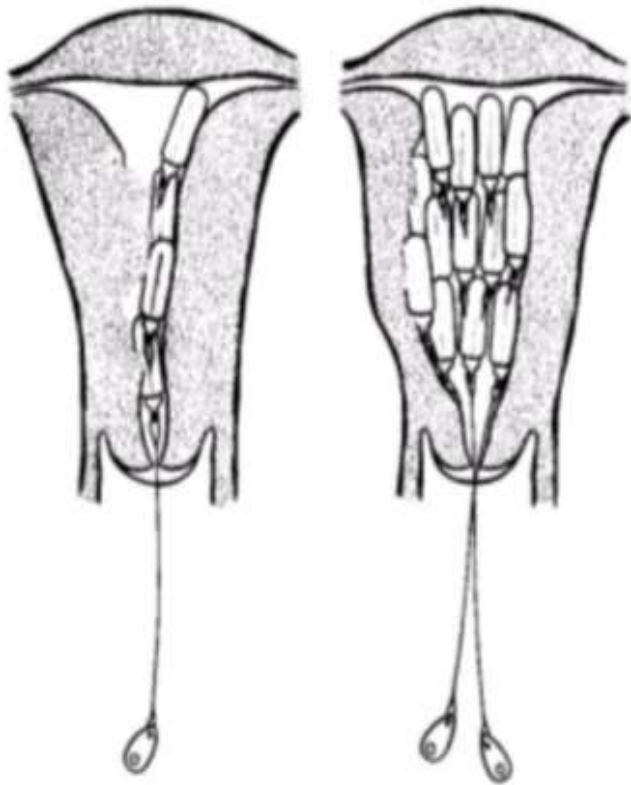
Brahiterapija u sklopu radikalne zračne terapije karcinoma tela materice

- 2D ili 3D tehnika
- Intrauterina sonda i ovoidi
- TD 6-7 Gy u 4-6 frakcija jednom nedeljno
- Dozno opterećenje organa od rizika



Hajmon-Sajmon, Y i Triple aplikatori

Heyman Capsules



Y-Tandem

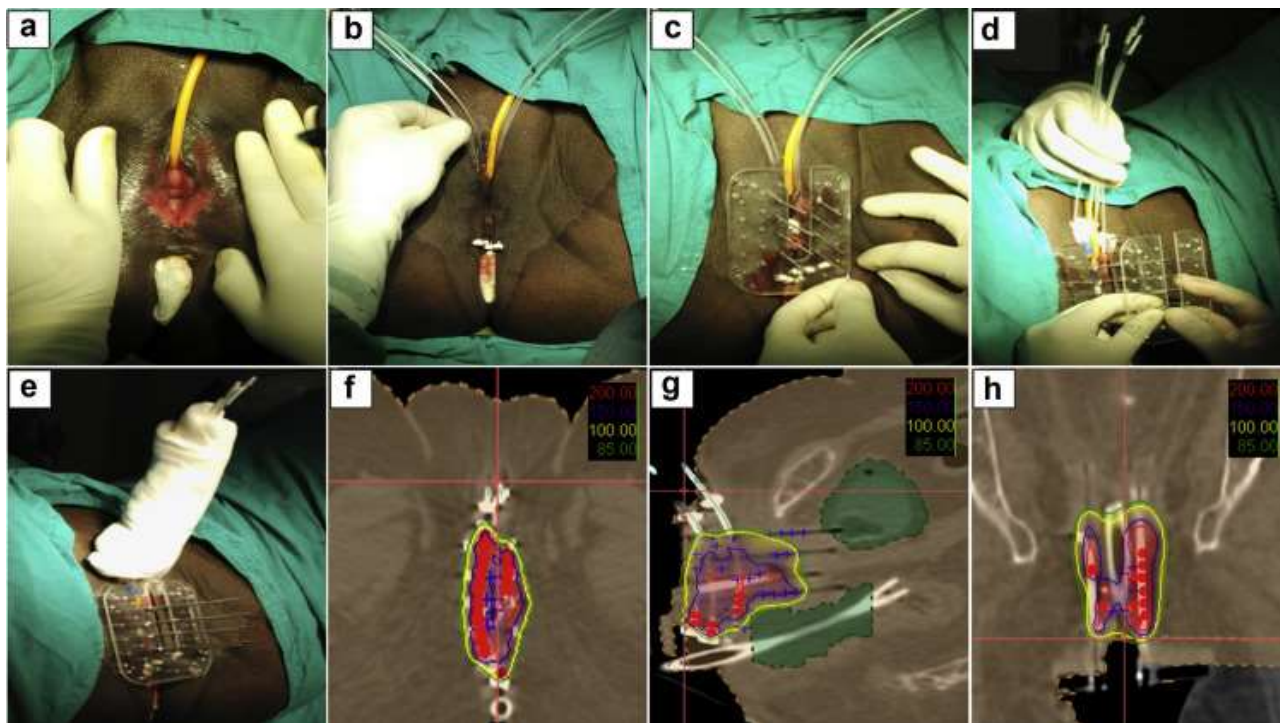


Triple Tandem



Intersticijalna brahiterapija vulve

- Monoterapija kod tumora veličine do 2cm (T1N0M0)
- EBRT+IS BT (na ležište tumora)
- Palijativna ili salvage brahiterapija (lokalni recidiv)



Radioterapija karcinoma vagine

Radikalna radioterapija ili postoperativna +/- HT potencijacija

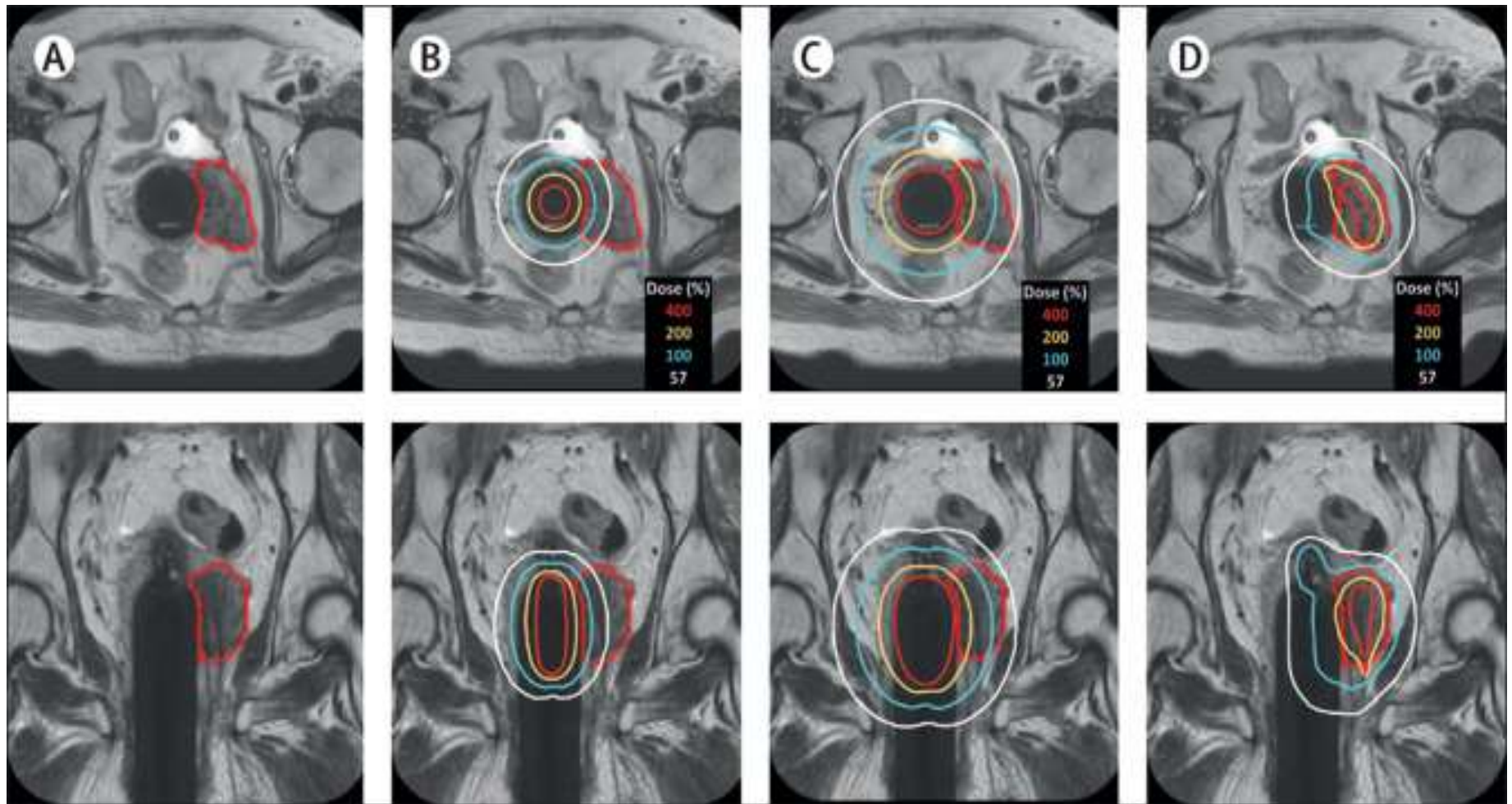
- St. I (infiltracija više od 0,5cm mucose) - IVA
- Adjuvantna RT nakon excizije tumora (nestandardno)

Standardno: 46 Gy, 1,8-2 Gy dnevno, 5 dana /nedeljno

- Boost na uvecane ingvinalne limfatike(e): do max 15-20 Gy u 7-10 frakcija
- Brahiterapija: nakon 5 - 10 frakcija transkutane RT

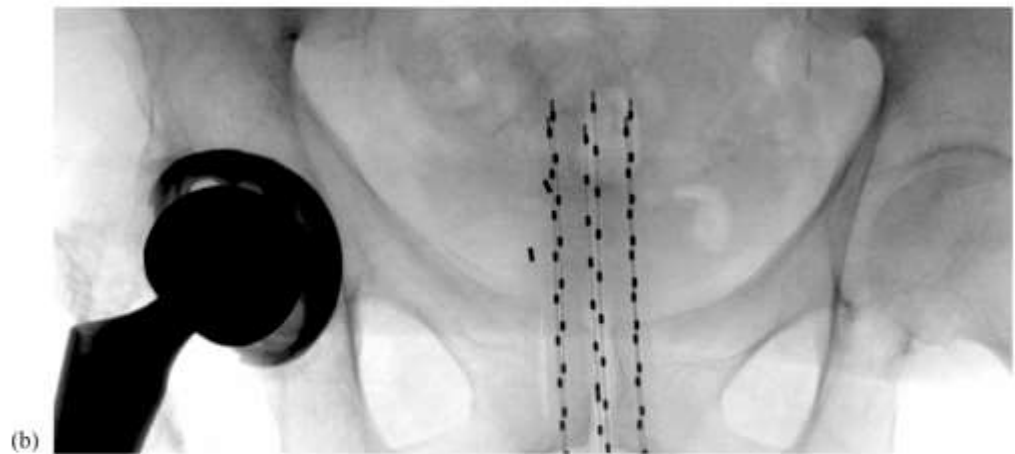
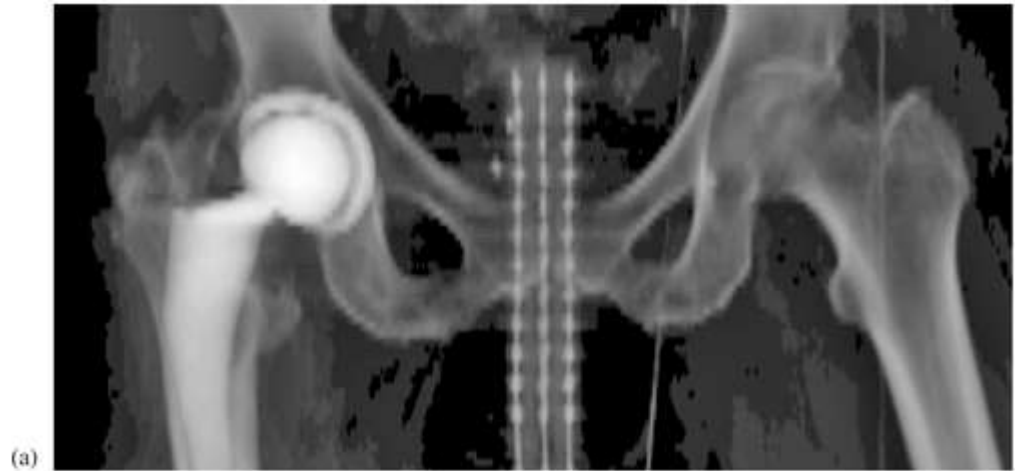
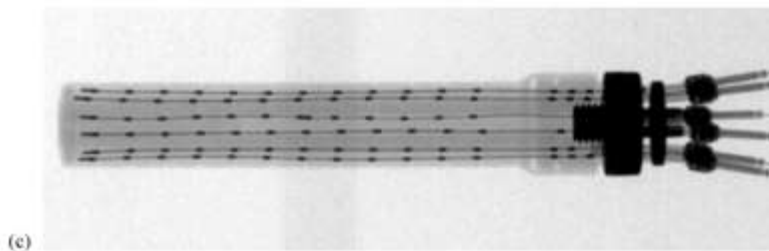
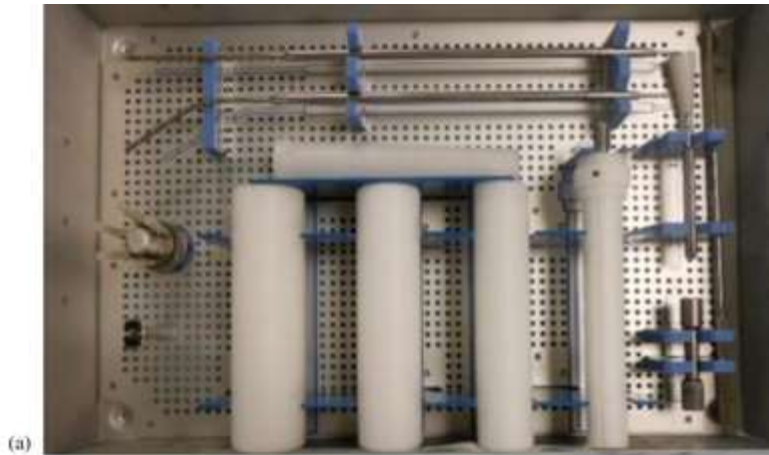
Nestandardno:

- hemostatska aplikacija (pre transkutane RT)
- kod odmaklih tumora sa izmenjenim topografskim odnosima nakon 30 Gy transkutane RT ili po završenoj transkutanoj RT



Westerveld H, et al. Definitive radiotherapy with image-guided adaptive brachytherapy for primary vaginal cancer. *Lancet Oncol* 2020;21(3):e157-67.

Miami aplikatori



Brahiterapija ginekoloških maligniteta (karcinom grlića i tela materice, karcinom vagine i vulve)

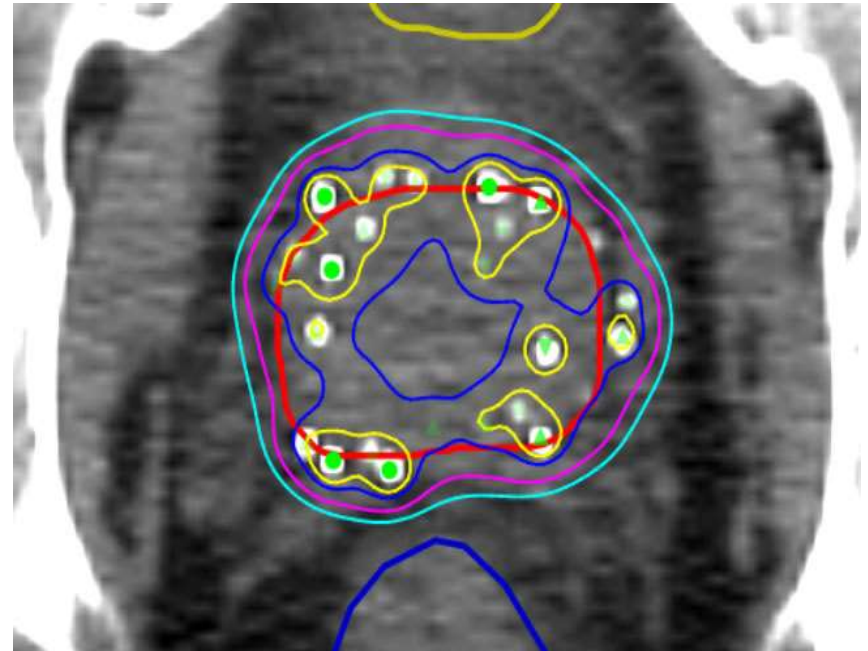
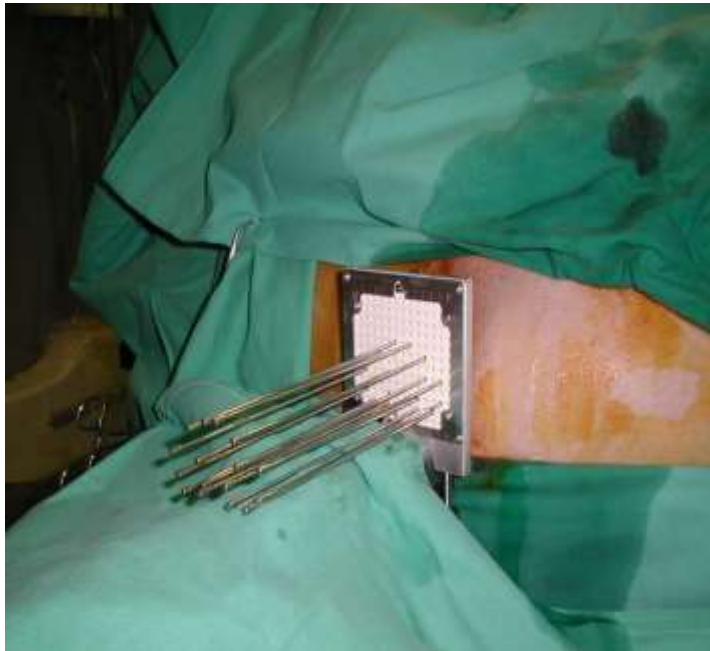
- **Postoperativna (2-4 aplikacije sa 6-7 Gy):** rani stadijumi bolesti u prisustvu faktora rizika za progresiju bolesti (pozitivne ivice resekcije, prisustvo limfovaskularne invazije, agresivnija histologija i molekularni profil tumora, viši stadijum bolesti, veći tumori, infiltracija parametrija, pozitivnost limfnih nodusa)
- **Definitivna (radikalna) (4-5 aplikacija sa 6-7 Gy):** lokalno odmakli stadijumi, kontraindиковano operativno lečenje.

Izrada radioterapijskog plana - interstijalna brahiterapija

- **Cilj planiranja:**
 - odrediti raspored, tip izvora zračenja za postizanje optimalne raspodele doze unutar ciljnog volumena
- **Sistemi dozimetrijskih planiranja za intersticijalnu BT:**
 - ***Paterson-Paraker*** - uniformna doza ($\pm 10\%$) - u okviru implantata raspored do 1cm između igala (tablice)
 - ***Quimby*** –uniformna distribucija pravolinijski postavljenih izvora kroz volumen, doza u centru viša nego na periferiji volumena.
 - ***Pariski sistem*** -veći razmak između igala i veći volumeni, raspored izvora diktiran dimenzijama tumora, geometrija izvora raspoređena u više ravni (trouglasti, četvorougaoi)
 - ***Mačesterski sistem*** - raspored izvora je neuniforman sa ciljem postizanja varijacije doze unutar tumora manje od $\pm 10\%$ i ozračivanjem periferije tumora.

Brahiterapija (intersticijalna) karcinoma prostate

- Monoterapija (nizak rizik, radikalno lečenje lokalizovanog karcinoma prostate)
- U kombinaciji sa EBRT i hormonskom terapijom (srednjeg, a u ređim slučajevima i grupi visokog rizika)

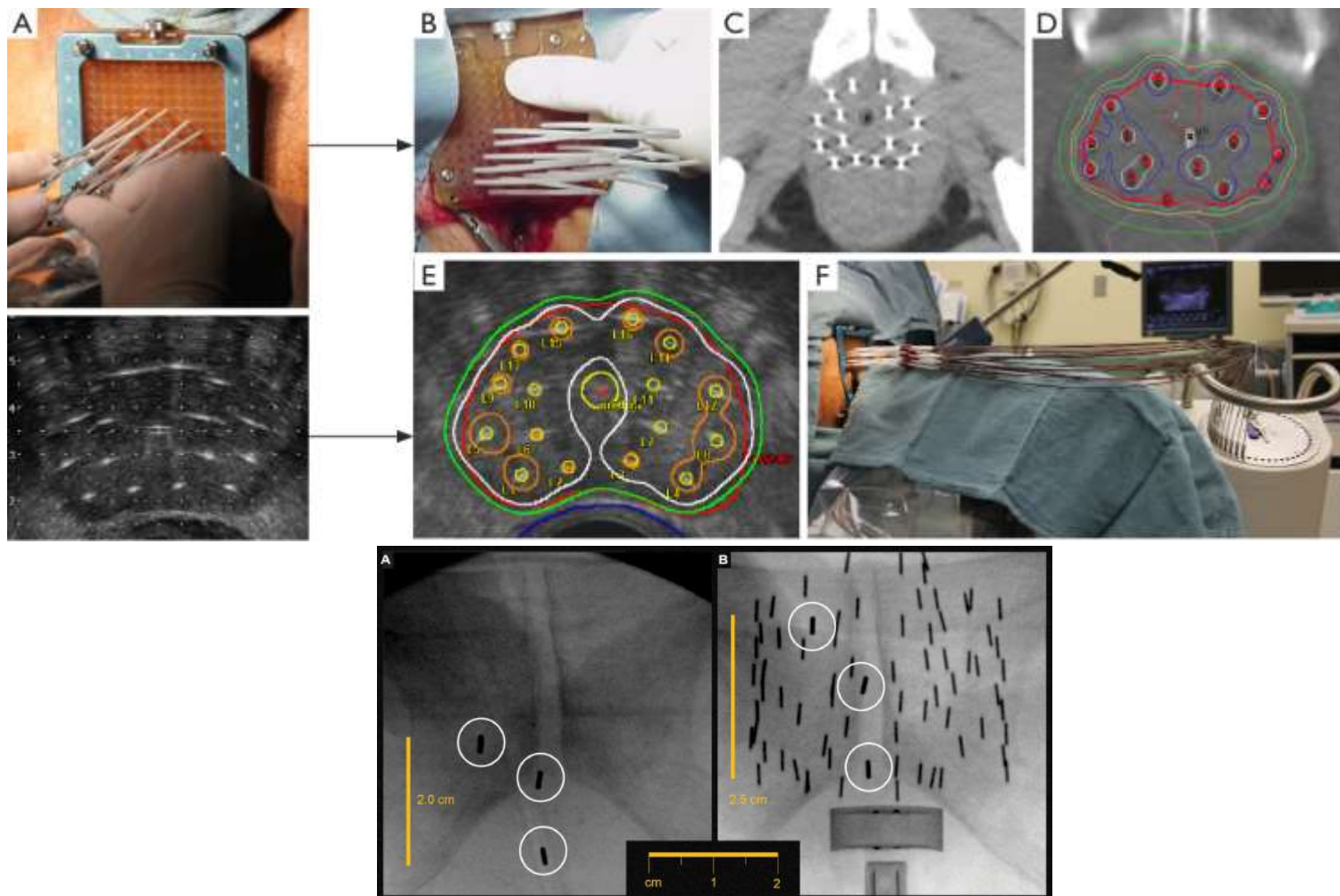


Najučestalije indikacije za primenu brahiterapije

CANCER SITES	INDICATIONS AND QUALIFICATION CRITERIA (ACCORDING TO NCCN 2019)
Cervix	Intact uterus: locally advanced, standard as boost modality; early stage, boost after EBRT in medically inoperable patients Postoperative: combined with EBRT in case of positive margins
Endometrium	Adjuvant treatment in surgically staged patients: to be considered or strongly suggested (depending on the number of risk factors) in FIGO stage IA, grade 1-2 in case of risk factors (age \geq 60 years and/or LVI); recommended in stage IA grade 3 and stage IB grade 1-2; recommended in stage II grade 1-2 (\pm EBRT); indicated in combination with EBRT for boosting vaginal vault in HR patients (FIGO stage IB, grade 3) or in advanced disease Patients not amenable to surgery: boost modality in combination with EBRT
Prostate	Sole therapy (LDR): therapeutic option: 1) very LR patients with expected survival \geq 20 y (T1c, GS \leq 6, PSA $<$ 10 ng/mL, $<$ 3 biopsies positive, \leq 50% cancer in each fragment/core, PSA density $<$ 0.15 ng/mL/g); 2) LR patients with expected survival \geq 10 y (T1-T2a, GS \leq 6, PSA $<$ 10 ng/mL); 3) favorable IR patients (1 IR factor [T2b-T2c OR GS 3 + 4 = 7 OR PSA 10-20 ng/mL] AND percentage of positive cores $<$ 50%) Prostate boosting (HDR or LDR) after EBRT (\pm ADT): 1) unfavorable IR group (2 or 3 IR factors: T2b-T2c OR GS 3 + 4 = 7 OR PSA 10-20 ng/mL AND/OR one of the following factors: GS 4 + 3, percentage of positive cores \geq 50%); 2) HR group with expected survival \geq 5 y or symptomatic (T3a OR GS 8 OR GS 4 + 5 = 9 OR PSA $>$ 20 ng/mL); 3) very HR group with expected survival \geq 5 y or symptomatic (T3b-T4 OR primary Gleason pattern 5 OR $>$ 4 cores with GS 8-10)
Breast	Adjuvant APBI: 1) patients aged \geq 50 y with IDC measuring \leq 2 cm, with negative margin widths \geq 2 mm, no LVI, ER positive, BRCA negative; 2) patients with low-intermediate nuclear grade screening-detected DCIS \leq 2.5 cm with negative margin widths \geq 3 mm Boost to the tumor bed after whole-breast irradiation in case of factors of local relapse after BCS

Abbreviations: \pm , with or without; ADT, androgen deprivation therapy; APBI, accelerated partial breast irradiation; BCS, breast-conserving surgery; BRCA, breast cancer susceptibility genes; DCIS, ductal carcinoma in situ; EBRT, external-beam radiotherapy; ER, estrogen receptor; FIGO, International Federation of Gynecology and Obstetrics (version 2009); GS, Gleason score; HDR, high-dose-rate; HR, high-risk; IDC, invasive ductal carcinoma; IR, intermediate-risk; LDR, low-dose-rate; LR, low-risk; LVI, lymphovascular invasion; NCCN, National Comprehensive Cancer Network; PSA, prostate-specific antigen.

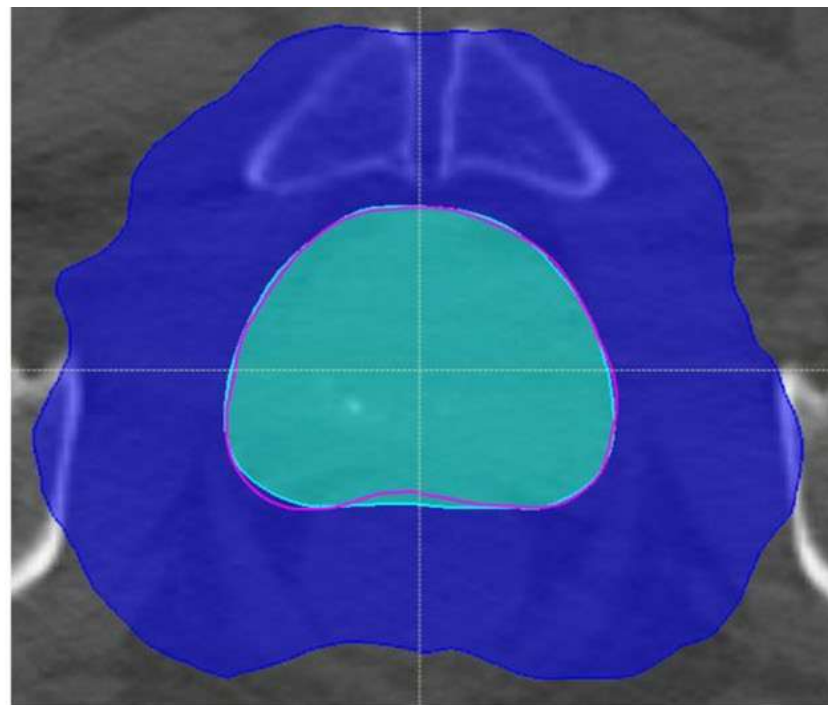
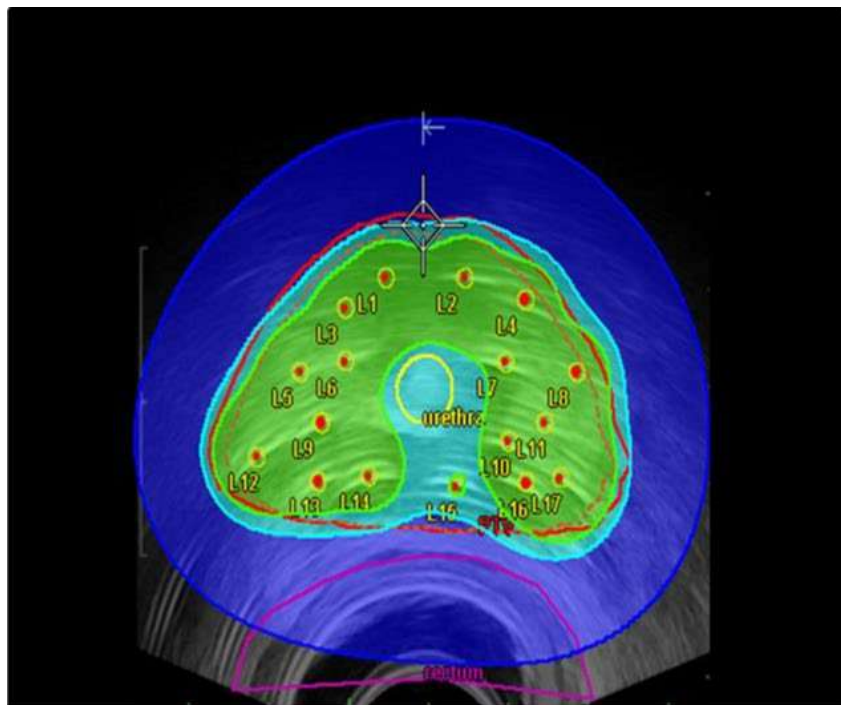
Brahiterapija prostate



Mendez, Lucas C. and Gerard C. Morton. "High dose-rate brachytherapy in the treatment of prostate cancer." *Translational Andrology and Urology* 7 (2018): 357 - 370.

Henry, A , Pieters, BR, André Siebert, F et al. GEC-ESTRO ACROP prostate brachytherapy guidelines. *Radiotherapy and Oncology*, 2022;167:244-251.

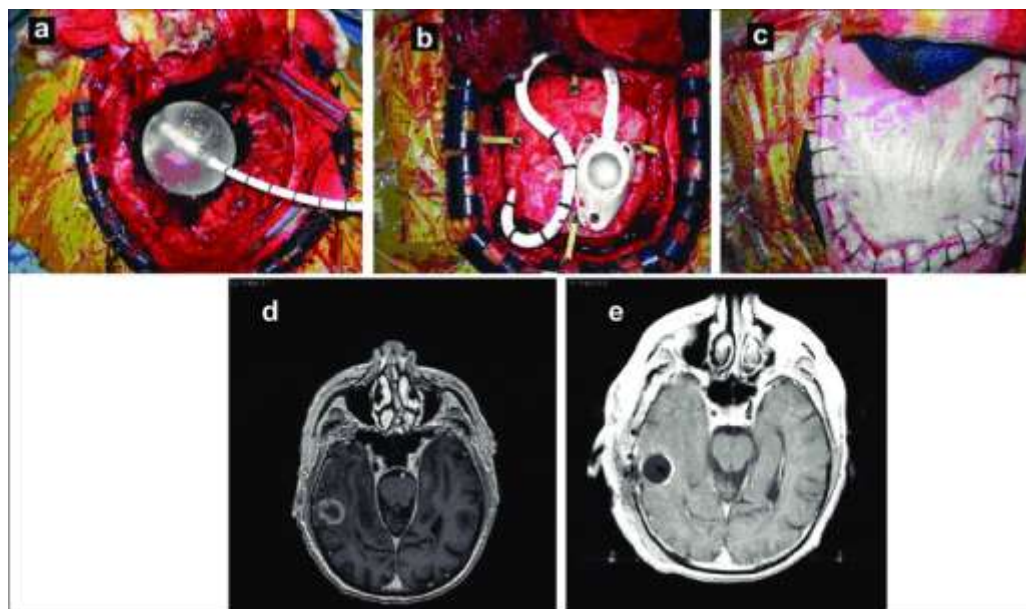
BT prostate vs. EBRT



HDR BT boost (levo) i *Volumetric Modulated Arctherapy* (VMAT) (desno) tokom isporuke boost doze od 15 Gy. Zeleno, svetlo plavo i tamno plave, pokazuju izodozne krive od 18 Gy, 14,25 Gy i 6 Gy.

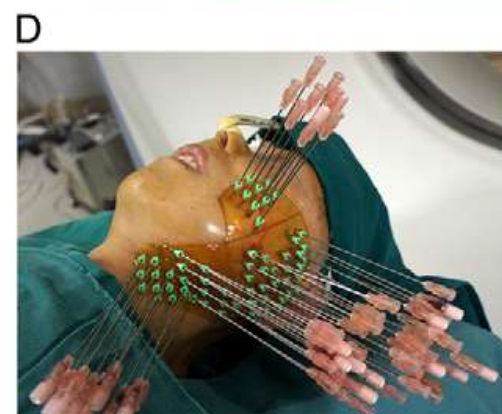
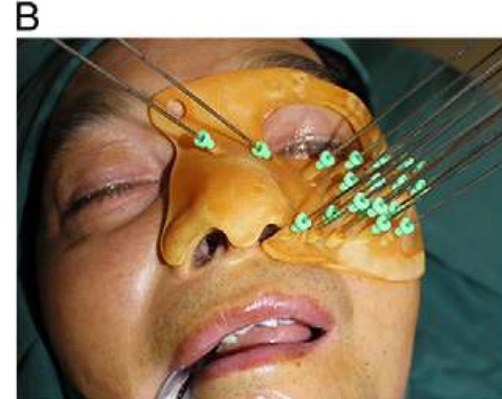
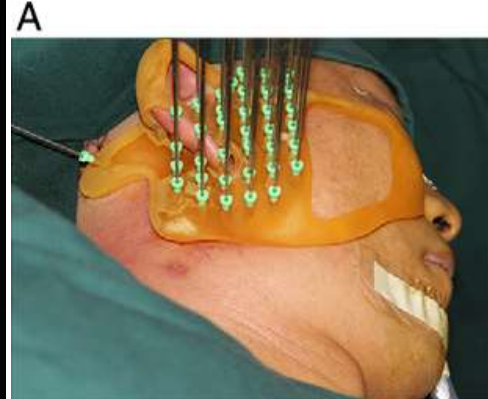
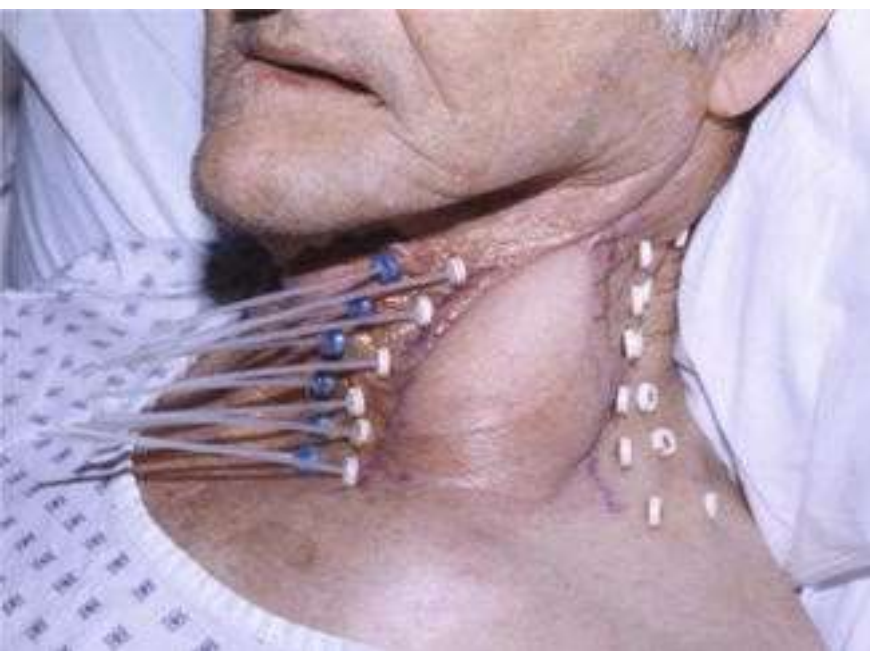
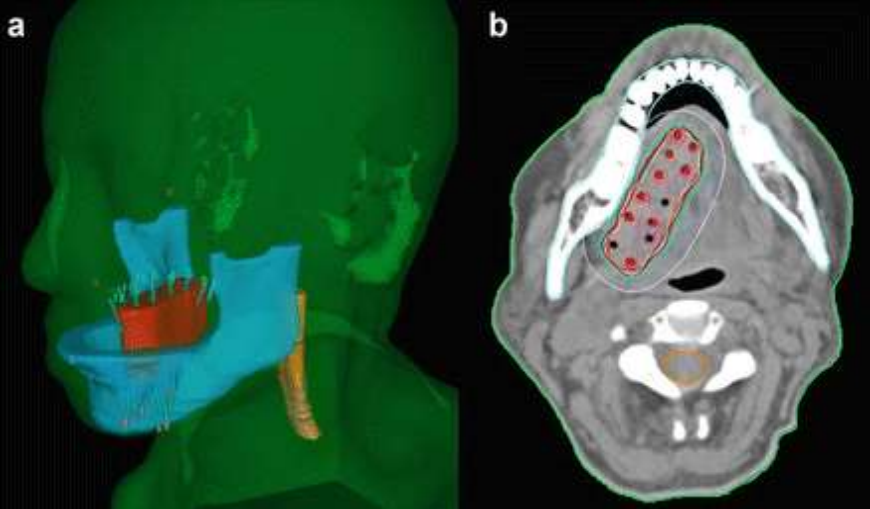
Brahiterapija kod high grade glioma

- Boost nakon EBRT
- Glia Site Radiation Therapy System (Cytec, Marlborough, MA)
- 1-2 nedelje nakon implantacije nakon što se plasirani katerteri ispune vodenim rastorom ^{125}I .
- TD od 40 do 60 Gy u 3 do 6 dana, a nakon toga se uređaj deplasira



Brahiterapija tumora glave i vrata

- Indikacije
 - Definitivna (radikalna): tumori u I i II stadijumu bolesti, mali volumeni bez širenja u regionalne LN
 - Boost doza nakon EBRT
 - Re-iradijacija nakon prethodno sprovedenog lečenja
- Intesticijalna ili intraluminalna brahiterapija
- Izbog optimalne tehnike
- Dozna ograničenja za ograne od rizika
- distibucija doze unutar ciljnih volumena



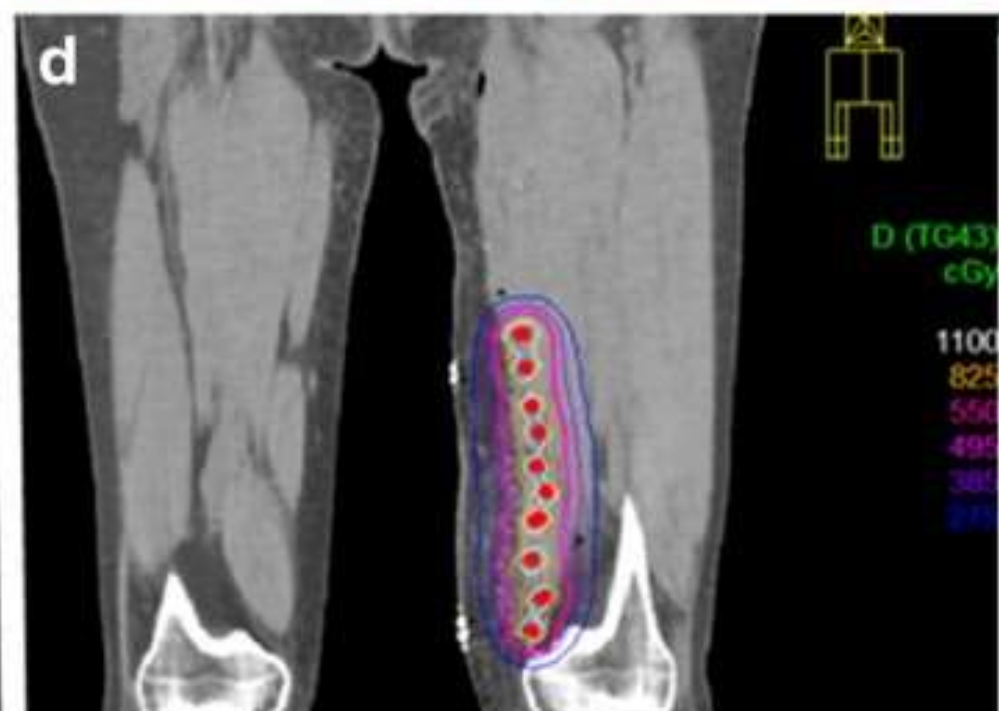
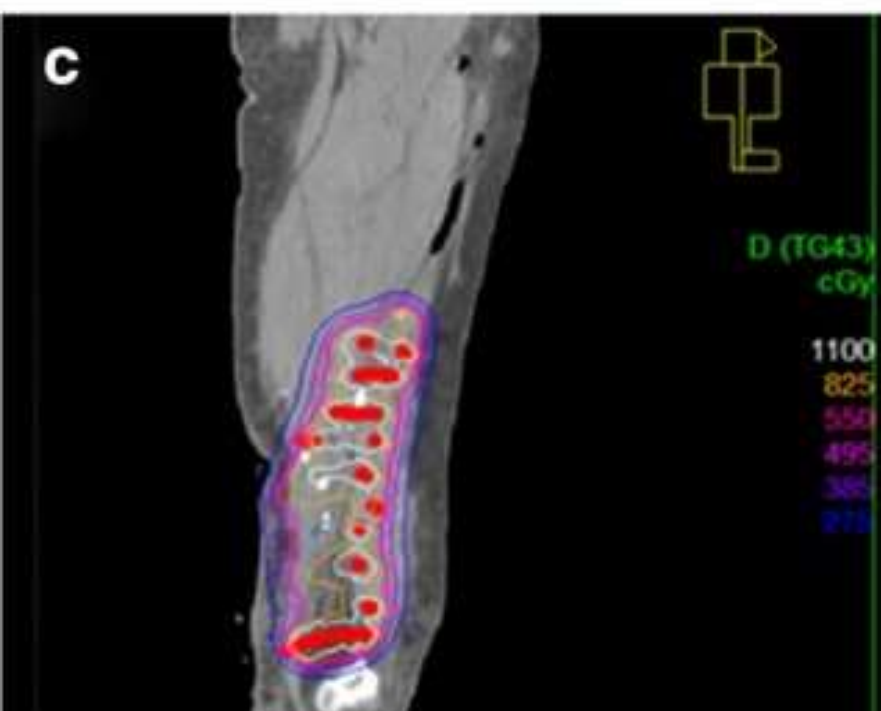
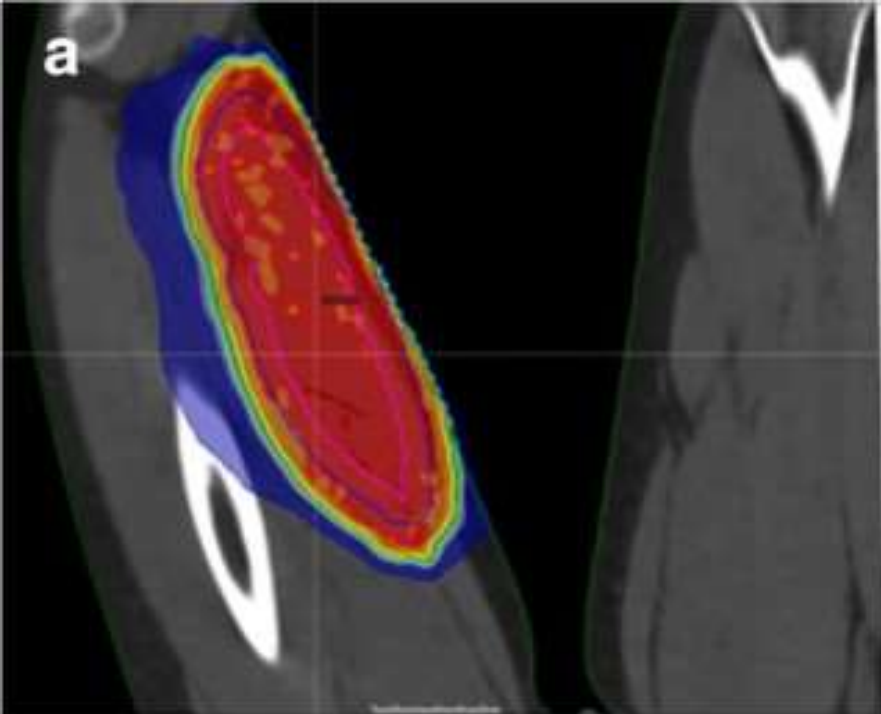
Huang, Ming-wei, Jianguo Zhang, Lei Zheng, Shu-ming Liu and Guang-Yan Yu. "Accuracy evaluation of a 3D-printed individual template for needle guidance in head and neck brachytherapy." *Journal of Radiation Research* 57 (2016): 662 - 667.

Demanes, D.J. (2017). Head and Neck Brachytherapy. In: Mayadev, J., Benedict, S., Kamrava, M. (eds) *Handbook of Image-Guided Brachytherapy*. Springer, Cham.

Demanes, D.J. (2016). Head and Neck Brachytherapy: A Description of Methods and a Summary of Results. In: Montemaggi, P., Trombetta, M., Brady, L. (eds) *Brachytherapy*. Medical Radiology(). Springer, Cham.

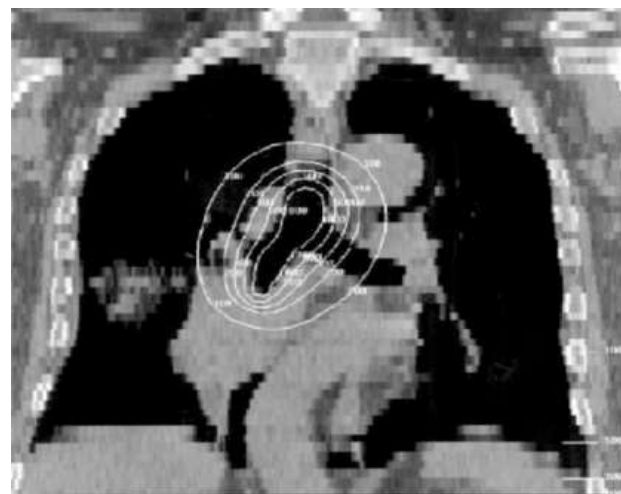
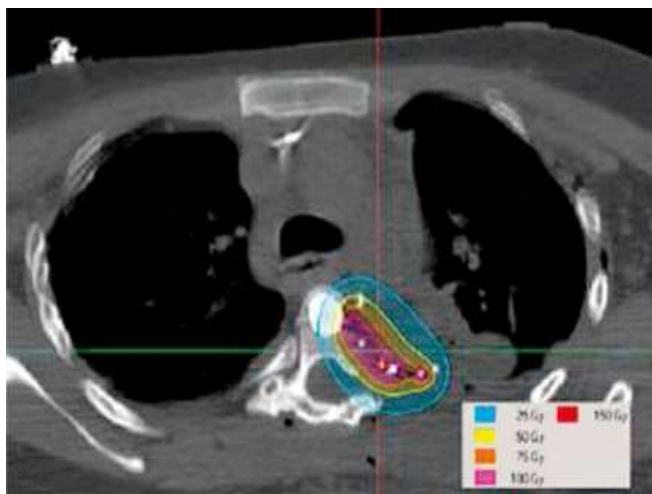
Intersticijalna brahiterapija u cilju lečenja tumora mekih tkiva

- Monoterapija ili u kombinaciji sa hirurgijom
- Intraoperativno ili perioperativno (HDR intersticijalna brahiterapija, 36 Gy u 10 frakcija)
- Postoperativna intersticijalna brahiterapija sa TD 14-24 Gy + EBRT sa TD 50 Gy



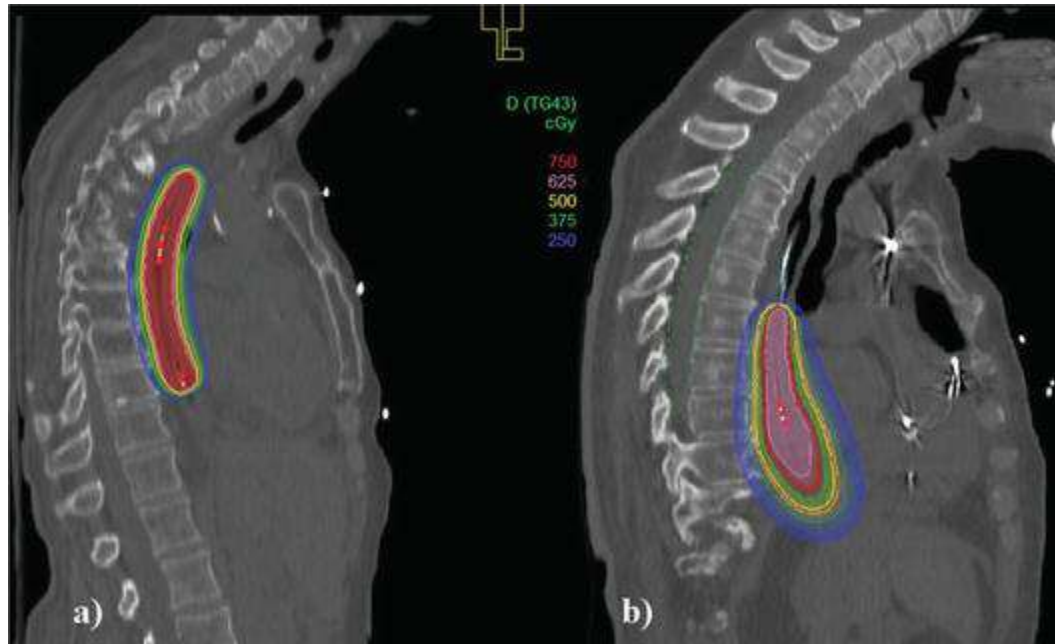
Brahiterapija karcinoma pluća

- Plasiranje permanentnih radioaktivnih izvora ili primenom HDR brahiterapije



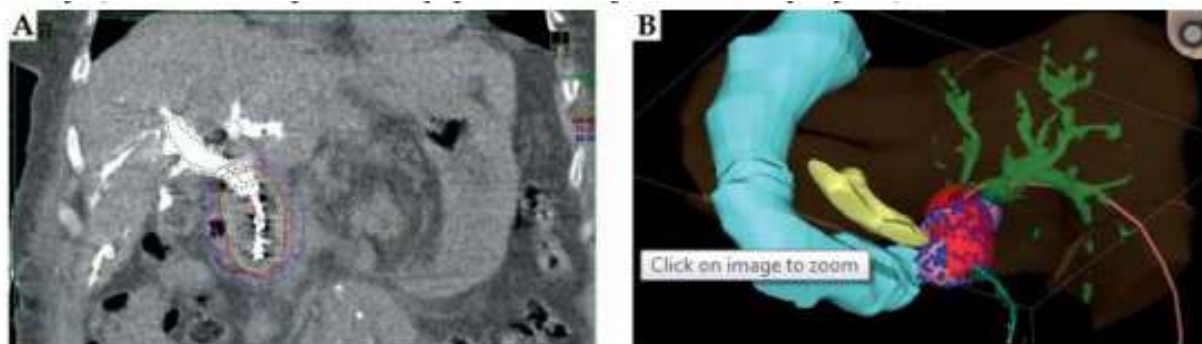
Brahiterapija karcinoma jednjaka

- Sprovodi se najčešće u palijativnom pristupu kao monoterapija
- Radikalni tretman (boost doza nakon EBRT)
- 1-2aplikacije od 10 Gy kod radikalne, a palijativno 15 Gy u jednoj dozi.
- Komplikacije: medijastinitis, hemoptizije, hemoragije, striktуре (ezofagus).



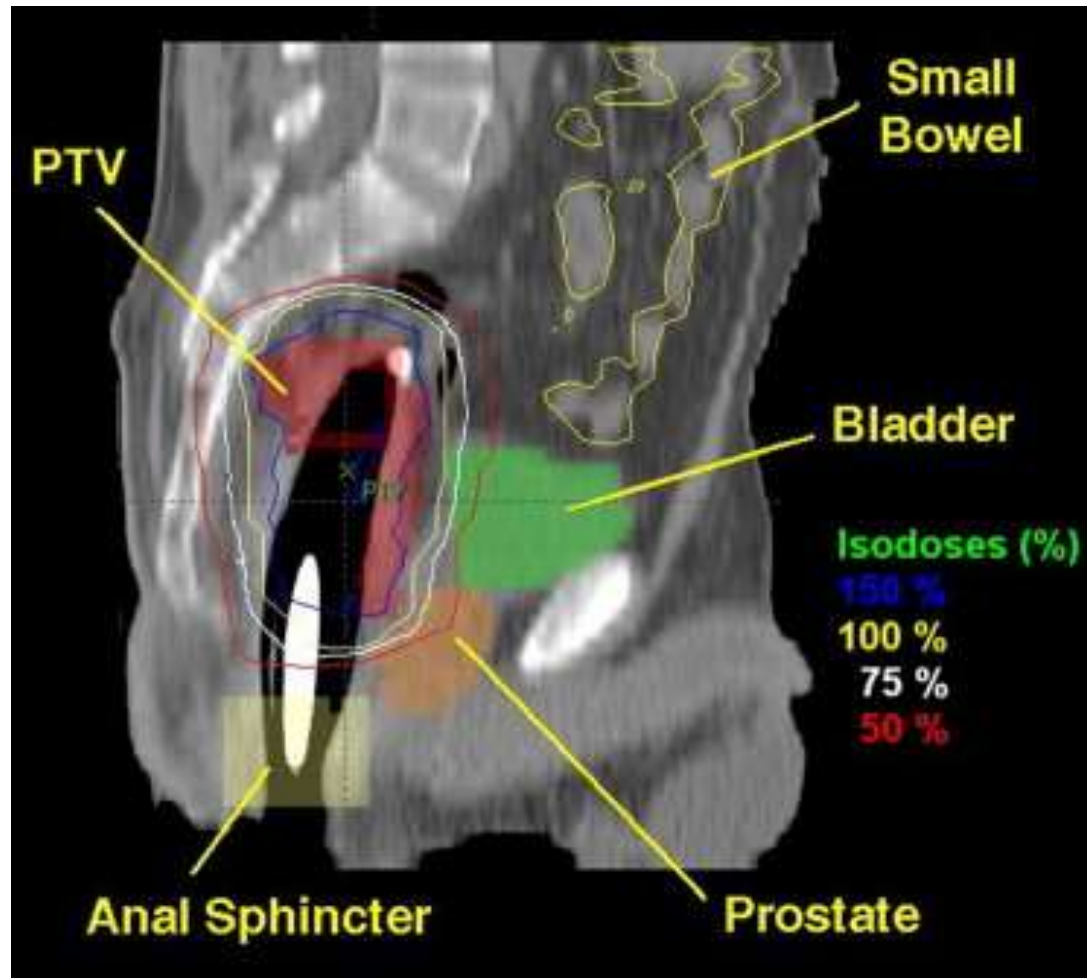
Radioterapija karcinoma žučne kese

- Adjuvantna RT +/- HT (>T2, pozitivnim LN i R1)
- TD (45-50 Gy u 25-28 frakcija), u slučaju R1 resekcije se može dodati boost od 5,4 Gy
- Palijativna RT
- Intraluminalna HDR brahiterapija karcinoma žučnih vodova monoterapija ili u kombinaciji sa EBRT- 3-7 Gy

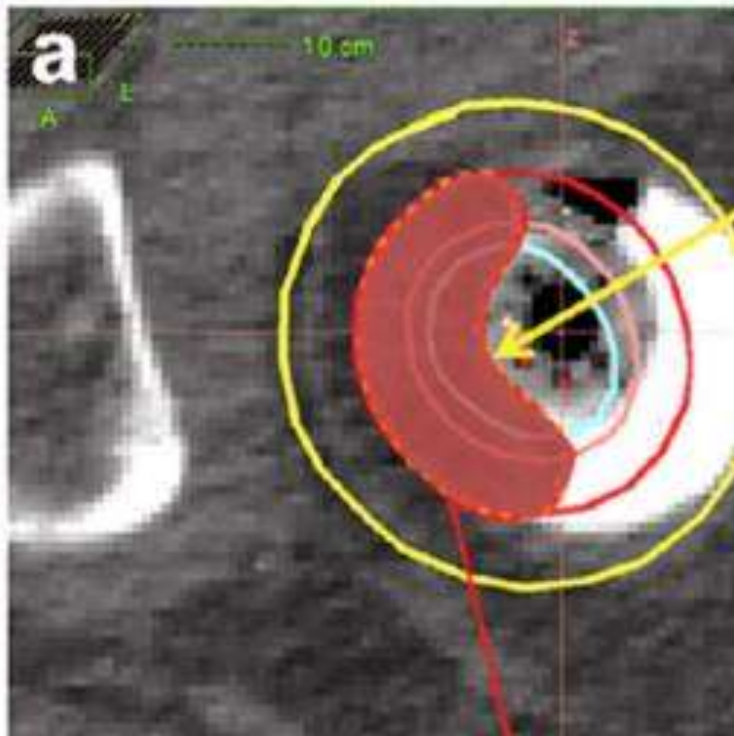


Slika 14. Rekonstrukcija geometrije aplikacionog katetera, 100% izodoze i OAR u toku primene HDR brahiterapije holangiokarcinoma (Izvor: Skowronek J, Zwierzchowski G. Brachytherapy in the treatment of bile duct cancer - a tough challenge. *J Contemp Brachytherapy* 2017;9(2):187-95.)

Brahiterapija karcinoma rektuma



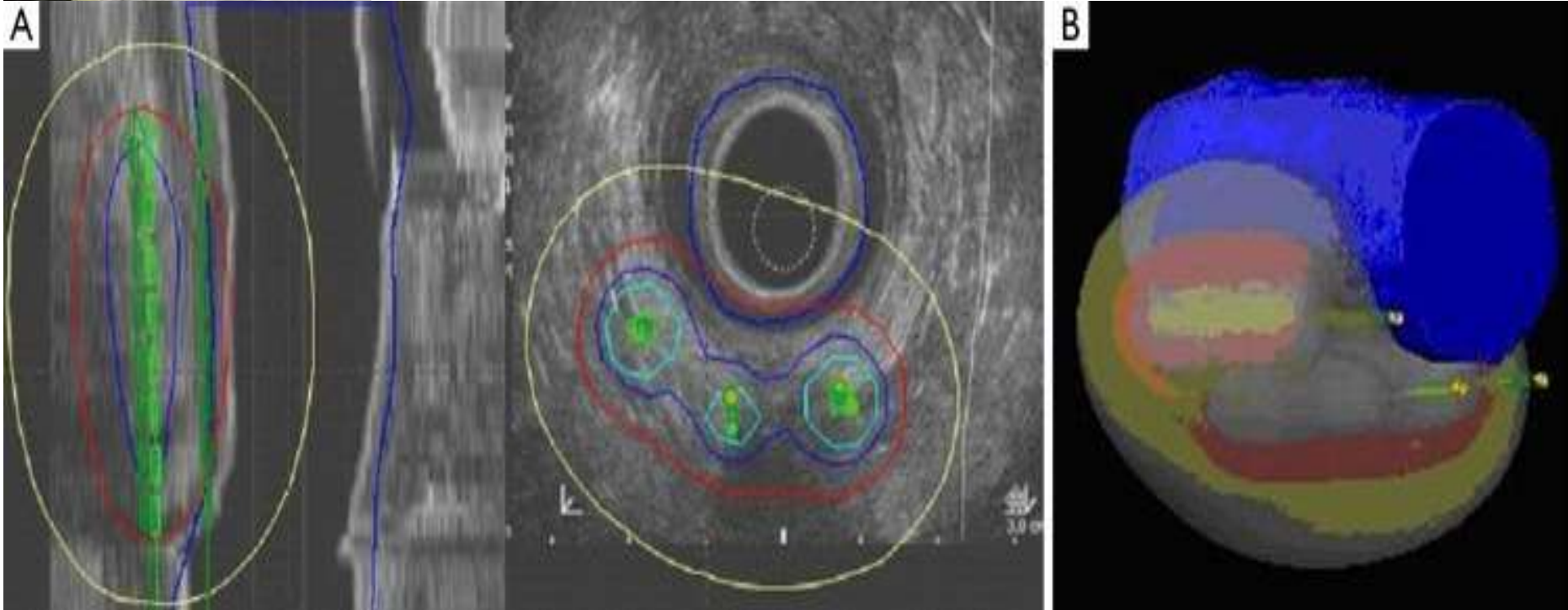
Brahiterapija rektuma



Vuong T, Garant A, Vendrely V, Nout R, Martin AG, Enger SA, Podgorsak E, Moftah B, Devic S. Image-Guided Brachytherapy for Rectal Cancer: Reviewing the Past Two Decades of Clinical Investigation. *Cancers (Basel)*. 2022 Oct 4;14(19):4846.

Brahiterapija karcinoma anusa

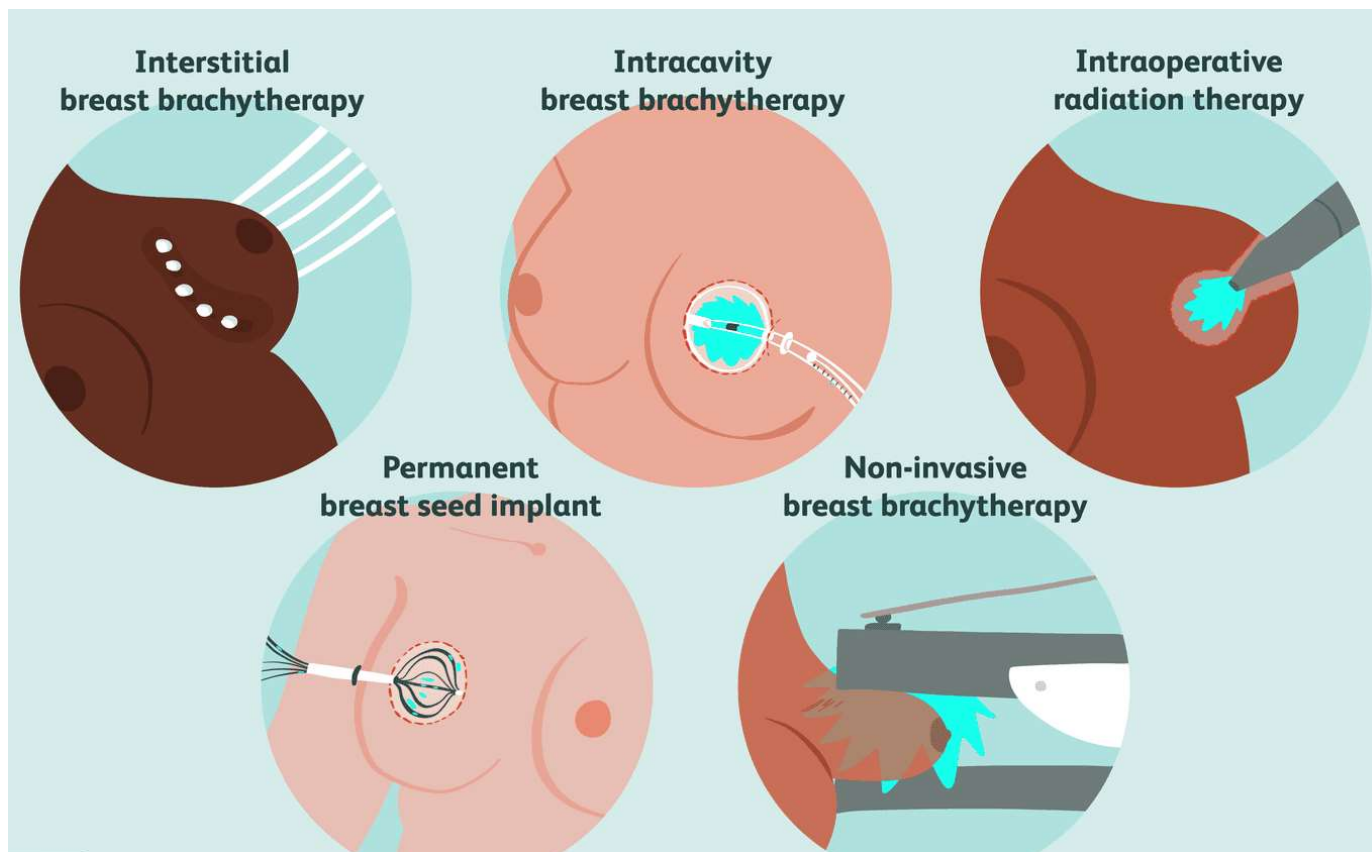
- mali tumori definitivno lečenje, boost ili palijacija



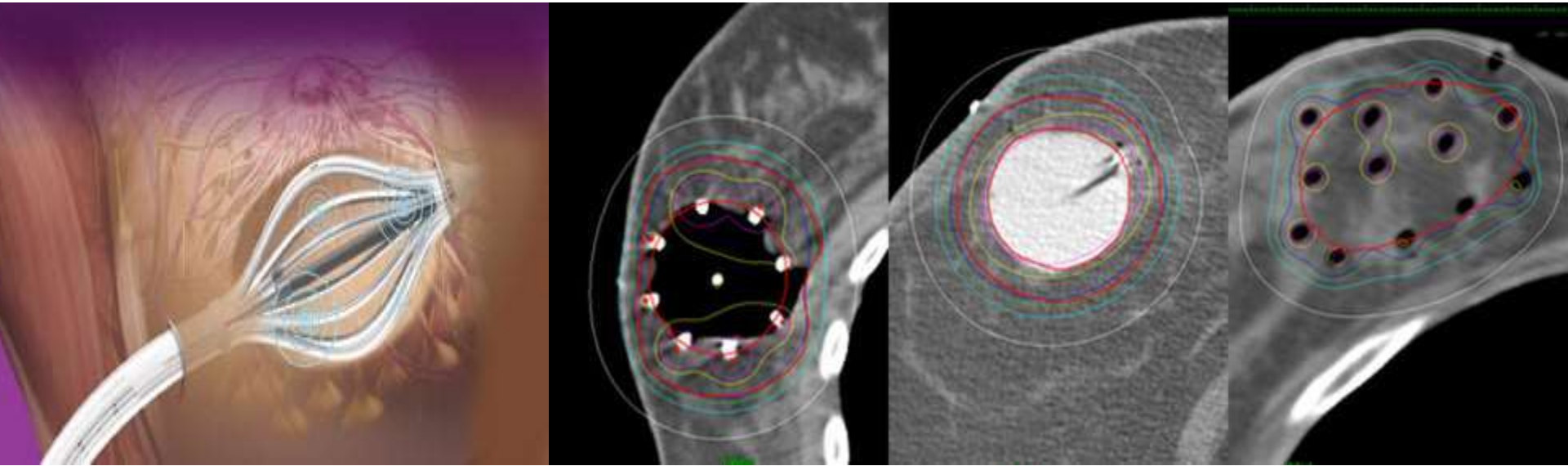
Brahiterapija dojke

- Indikacije: postoperativna radioterapija kod malih tumora, boost, ili palijacija
- Zahteva posebne uslove za sprovođenje procedure
- Procedura se sprovodi u centrima gde je moguće obezbediti adekvatan broj pacijentkinja operisanih u ranom stadijumu bolesti
- Glavni nedostatak je lošiji kozmetski efekat

Brahiterapija dojke



Brahiterapija dojke



APBI: The Paradigm Shift in Breast Cancer Radiation Treatment. Available at: <https://www.itnonline.com/article/apbi-paradigm-shift-breast-cancer-radiation-treatment>.
Breast Cancer – Brachytherapy. Available at: <https://www.uclahealth.org/medical-services/radonc/treatments/brachytherapy/breast-cancer-brachytherapy>

HVALA NA PAŽNJI!

