

Ocrtavanje organa od rizika u radioterapiji

Ivan Balentović¹

¹Klinički bolnički centar Rijeka

Sažetak

Cilj radioterapije, jedne od metoda liječenja onkoloških bolesnika, je kontrola rasta tumora, ali pritom treba paziti na moguće komplikacije uzrokovane zračenjem u okolnom zdravom tkivu. Potrebno je predati propisanu apsorbiranu dozu području od interesa, dok istovremena predana doza na okolno zdravo tkivo, posebno organima osjetljivim na ionizirajuće zračenje, treba biti što manja. Prilikom izrade plana terapije zračenjem posebnu pažnju treba posvetiti organima osjetljivim na ionizirajuće zračenje (eng. organ at risk, OAR), jer ono može prouzročiti patološke promjene na zdravom tkivu sa nepovratnim oštećenjima.

Organi od rizika zorno su prikazani podjelom u 4 različite anatomske strukture (glava i vrat, prsni koš, abdomen i zdjelica). Opisana je njihova osjetljivost na primljenu apsorbiranu dozu u ovisnosti o njihovoj strukturi i podjela na serijske ili paralelne organe rizika. Budući da njihova tolerancija na apsorbiranu dozu utječe na planiranje liječenja i/ili propisanu tumorsku dozu, dana je tablica s doznim ograničenjima za pojedine organe rizika.

Za provođenje terapije zračenjem potreban je tim koji se sastoji od specijalista radioterapije i onkologije, medicinskih fizičara i radioloških tehnologa. Točno i precizno ocrtavanje ciljnih volumena i organa od rizika važan je čimbenik u ishodu liječenja radioterapijom. Nakon ocrtavanja ciljnih volumena slijedi izrada plana zračenja te određivanje položaja izocentra na pacijentu i terapija zračenjem.

Ovaj članak predstavlja multidisciplinarni model s ciljem poboljšanja osiguranja kvalitete u fazi planiranja zračenja.

Ključne riječi: radioterapija, organi od rizika, ciljni volumen, dozna ograničenja

* **Corresponding author:** Ivan Balentović, KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju, e-mail: ibalentovic00@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.55378/rv.46.1.5>

Uvod

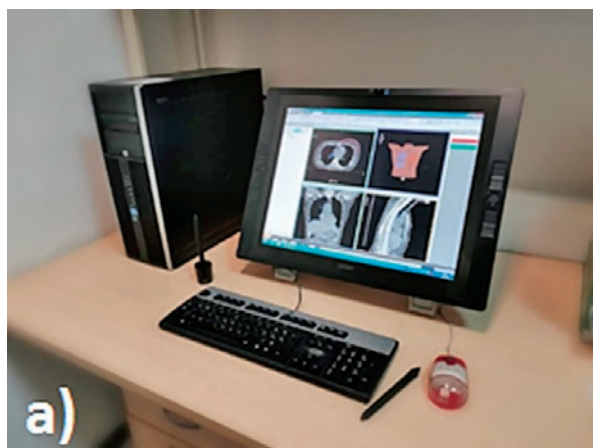
Radioterapija je metoda liječenja zloćudnih tumora primjenom ionizirajućeg zračenja. Vanjska radioterapija (eng. external beam radiotherapy) je jedna od metoda liječenja koja se koristi kod onkoloških bolesnika. Može se koristiti kao jedini oblik ili u kombinaciji s drugim oblicima liječenja kao što su kirurška resekcija i kemoterapija [1].

Cilj radioterapije je kontrola rasta tumora te što je više moguće smanjiti širenje tumora na okolno zdravo tkivo. Potrebno je predati propisanu apsorbiranu dozu određenom ciljnom području od interesa, dok istovremena predana doza na okolno zdravo tkivo, posebno organima osjetljivim na ionizirajuće zračenje, treba biti što manja. Učinak radioterapije temelji se na kontroli tumora i izbjegavanju mogućih komplikacija uzrokovanih zračenjem u zdravom tkivu. Uspjeh same terapije ovisi o radioosjetljivosti tumora, kao i o toleranciji okolnog zdravog tkiva. Radioosjetljivost tkiva izražava odgovor tumora na zračenje i veća je za visoko mitotične, nediferencirane

stanice poput malignih stanica. Predaja tumorocidne doze u malim frakcijama apsorbirane doze u konvencionalnom multifrakcijskom režimu temelji se na 4R radiobiologije, naime, popravljanju oštećenja (eng. repair), repopulaciji (eng. repopulation), preraspodjeli (eng. redistribution) i reoksigenaciji (eng. reoxygenation) [2].

Radioterapija je složen proces koji uključuje veliki broj koraka. Sastoji se od postavljanja dijagnoze, dobivanja slikovnih informacija o anatomiji pacijenta, ocrtavanja volumena od interesa, izračuna i optimizacije raspodjele apsorbirane doze, dozimetrijskog vrednovanja raspodjele apsorbirane doze te provjere položaja pacijenta i izvođenje terapije zračenjem na linearnom akceleratoru elektro- na [3,4].

Mjesto bolesti se određuje na transversalnim presjecima slika nastalih računalnom tomografijom (eng. computerized tomography, CT) i često, dodatno, pomoću slikovnih podataka magnetske rezonancije (eng. magnetic resonance imaging, MRI) ili pozitronske emisijske tomografije (eng. positron emission tomography, PET).

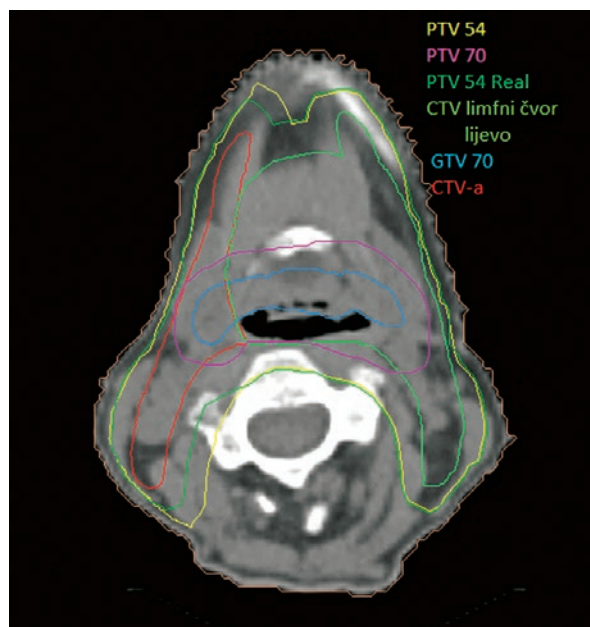


Slika 1. „Wacom tablet“ rezolucije 1600 × 1200 za konturiranje s programskim paketom za ocrtavanje i trodimenzionalni prikaz ocrtanog volumena, dio sustava za izračun i optimizaciju raspodjele apsorbirane doze: a) Monaco – Elekta; b) Eclipse – Varian Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju

Koristeći navedene dijagnostičke metode, ocrtavaju se strukture, poput tumorskih volumena i zdravih struktura u anatomskom području od interesa na tomografskim CT presjecima. Specijalist radioterapije i onkologije ocrta ciljne volumene i definira propisanu dozu na ciljni volumen i dozna ograničenja za svaki od organa u anatomskom području od interesa. Ocrtavanje organa od rizika može vršiti radiološki tehnolog koji je dodatno educiran u tom području. Ocrtavanje svih potrebnih struktura i volumena izvodi se koristeći ekrane visokih rezolucija (Slika 1) i posebnog programskog paketa koji je samo jedan modul unutar sustava za optimizaciju i izračun trodimenzionalne raspodjele apsorbirane doze (eng. Treatment Planing System, TPS).

Na transverzalnim presjecima anatomskog područja od interesa, dobivenih koristeći CT simulator, određuju se ciljni volumeni zračenja kojima je propisana apsorbirana doza potrebna za postizanje kontrole tumora. Najprije se ocrta makroskopski vidljiva tumorska masa, GTV (eng. gross tumour volume) koristeći snimke dobivene različitim tehnikama slikovne dijagnostike (CT, MR, PET...). Nakon toga ocrta se volumen koji sadrži GTV i/ili subkliničko mikroskopsko širenje bolesti, CTV (eng. clinical target volume). Za samu izradu raspodjele doze koristi se PTV (eng. planning target volume). To je geometrijski volumen kreiran oko CTV-a uz dodatne margine kako bi se osigurala dozna pokrivenost CTV-a. Margina se oko CTV-a dodaje zbog pomaka bolesnika tijekom disanja, fiziološkog kretanja organa i nesigurnosti u svakodnevnom pozicioniranju bolesnika [3,4,5].

Minimalni uvjeti koji moraju biti zadovoljeni da bi osigurali adekvatno ozračivanje ciljnoga volumena su da barem 95% volumena PTV-a bude pokriveno s barem 95% propisane doze i dodatno, 100% PTV-a da bude pokriveno sa barem 50% propisane doze [3,4]. Razvoj naprednih radioterapijskih tehnika, kao što je jakosno modulirana radioterapija (engl. Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT), volumetrijski modulirana lučna terapija (engl. Volumetric Modulated Arc Therapy, VMAT), stereotaktična radioterapija (engl. Stereotactic Body Radiation Therapy, SBRT) postavio je dodatne, više zahtjeve na doznu pokrivenost ciljnih volumena.



Slika 2. Slikovni (CT) presjek na razini 2. vratnog kralješka u području glave i vrata, s ocrtanom ciljnim volumenima, koji u nazivu prikazuju vrijednost apsorbirane doze u tom volumenu - npr. PTV 70 je naziv za geometrijski volumen koji treba primiti propisanu dozu od 70 Gy. Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju

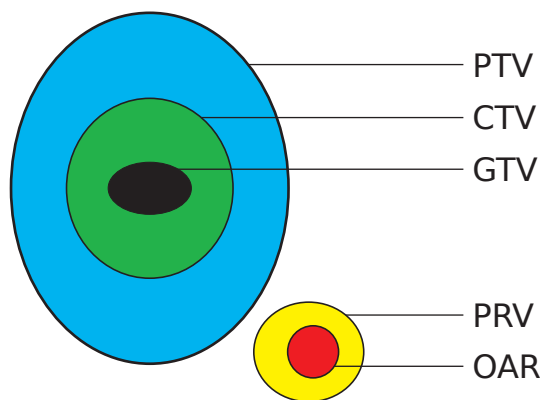
Na slici 2 prikazan je primjer ocrtanog ciljnog volumena, kojima treba biti predana različita propisana apsorbirana doza, u području glave i vrata. Ocrtani su za izradu i optimizaciju raspodjele doze jakosno moduliranom radioterapijom.

Osim ciljnih volumena za potrebe izrade plana zračenja ocrta se zdravo tkivo koje se nalazi u blizini ciljnih volumena i osjetljivo je na zračenje, (eng. organ at risk, OAR). Na organe od rizika postavljaju se doznovolumna ograničenja prema međunarodnim smjernicama. ICRU (International Commission on Radiation Units & Measurements) je razvio i objavio međunarodno

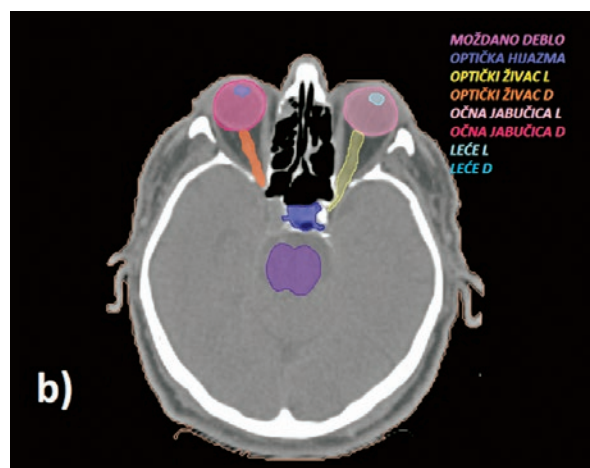
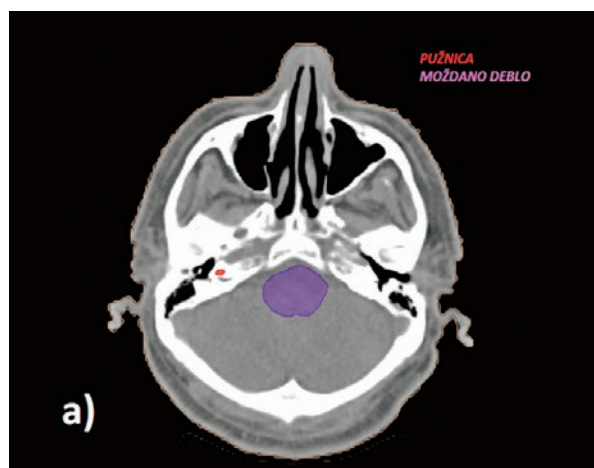
prihvaćene preporuke o veličinama i jedinicama povezanim sa zračenjem, terminologiji, mjernim postupcima te referentnim podacima za sigurnu i učinkovitu primjenu ionizirajućeg zračenja na medicinsku dijagnozu i terapiju, znanost i tehnologiju zračenja te zaštitu pojedinca i stanovništva od zračenja (ICRU, QUANTEC (quantum technology) [3,4,6].

Zdravo tkivo u tumorskom okruženju svojom tolerancijom na zračenje može limitirati apsorbiranu dozu koja se može predati ciljnim volumenima te direktno utjecati na rezultat liječenja [7].

Ako je organ rizika volumno mali, za potrebe planiranja kreira se dodatni volumen tako da se oko volumena organa rizika dodaje margina zbog pomicanja istog u terapiji te nesigurnosti i pomaka u namještanju bolesnika u terapiji zračenjem. Tako nacrtan volumen naziva se planirani volumen organa od rizika (eng. Planning organ at Risk Volume, PRV). Na njega su postavljena nešto blaža dozno-volumna ograničenja nego na organ rizika. Na slici 3 je shematski prikazan osnovni položaj ocrtanih volumena [2].



Slika 3. Shematski prikaz ocrtanih osnovnih ciljnih volumena: PTV-a (planirani ciljni volumen), CTV-a (klinički ciljni volumen), GTV-a (volumen makroskopski vidljivog tumora na slikovnom prikazu) i OAR-a (organi od rizika) te PRV-a (planirani volumen organa od rizika). Izvor : Autor



Slika 4. O crtavanje organa od rizika u području CNS-a na dva različita presjeka: a) područje moždanog debla gdje su ocrtani pužnica i moždano deblo, b) područje optičke hijazme gdje su ocrtani moždano deblo, optička hijazma, optički živci, očne jabučice i leća. Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju

O crtavanje organa od rizika

Organi od rizika su zdrave anatomske strukture koje se nalaze u neposrednoj blizini ciljnih volumena. Prilikom izrade plana terapije zračenjem posebnu pažnju treba posvetiti organima osjetljivim na ionizirajuće zračenje, jer zračenje može prouzročiti patološke promjene na zdravom tkivu sa nepovratnim oštećenjima. Tolerancija na primljenu apsorbiranu dozu organa rizika ovisi o njihovoj radiosenzitivnosti i građevnoj strukturi [8].

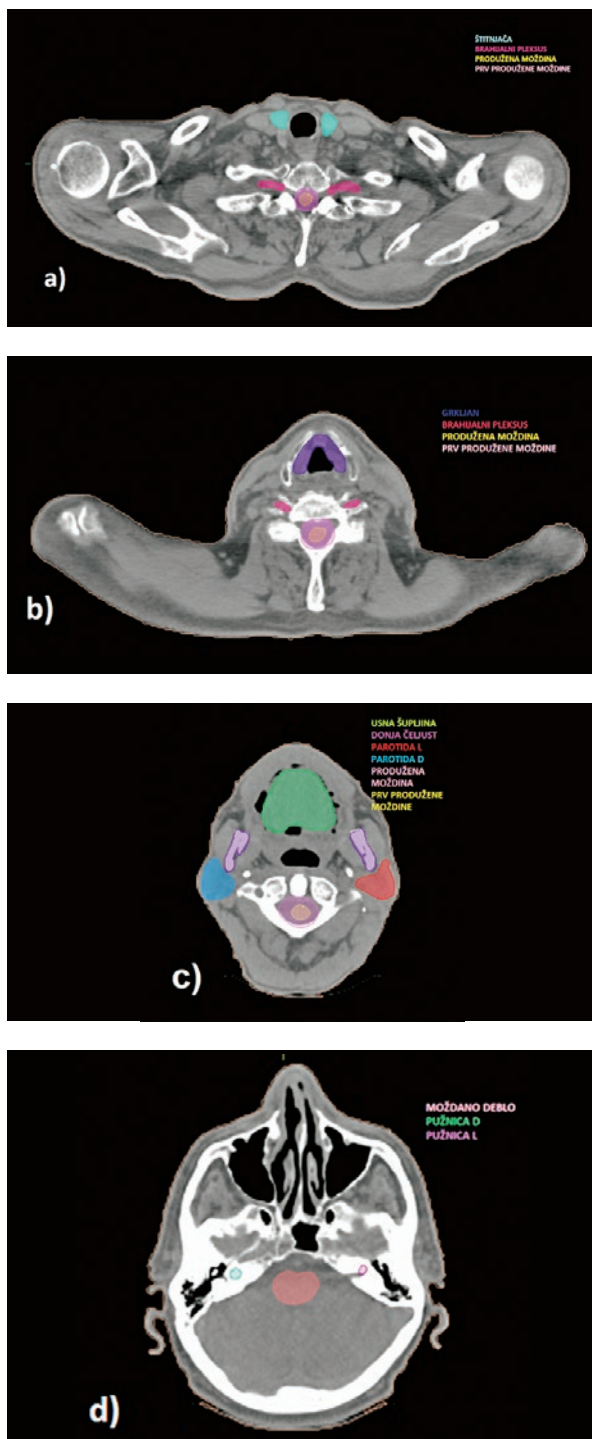
Pojavom naprednih tehnika planiranja radioterapije značaj preciznog ocrtanja organa rizika postaje sve veći. Tehnike poput IMRT-a te VMAT-a, omogućile su bolju konformaciju doze oko ciljnog volumena, znatniju poštedu zdravog tkiva pa time i višu predanu apsorbiranu dozu. O crtavanje organa od rizika prikazat će se kod 4 anatomske regije (glava i vrat, prsni koš, abdomen te zdjelica). U navedenim anatomske regijama prikazani su oni organi od rizika koji se o crtavaju u većini kliničkih slučajeva [9].

Glava i vrat

Za potrebe radioterapije središnjeg živčanog sustava (engl. central nervous system, CNS), skenira se računalnom tomografijom područje od vrha lubanje do ruba trećeg vratnog kralješka, tako da kao rezultat dobijemo transferzalne presjeke debljine 2 do 3 mm. Organi od rizika koje je potrebno o crtati kod zračenja CNS područja, i paziti na dozu koja će im biti predana su: očna jabučica (lat. bulbus oculi), optička hijazma (lat. hiasma opticum), pužnica (lat. cochlea), leća (lat. lens), optički živac (lat. discus nervi optici), produžena moždina (lat. medulla) i moždano deblo (lat. truncus encephali) (Slika 4) [10,11,12].

Za potrebe radioterapije područja glave i vrata na CT-u se skenira područje od vrha lubanje do petog torakalnog kralješka tako da dobijemo transferzalne presjeke debljine 3 mm kod jednostavnije konformalne tehnike, a 2 mm kod IMRT tehnike planiranja. Neki od organa od rizika koji se o crtavaju u kod tumora glave i vrata prikazani su na slici 5, o crtane su: parotide (lat.glandula parotis), donja čeljust (lat.mandibula), ručni splet (lat.plexus brahialis), grkljan

(lat.larynx), usna šupljina (lat.cavum oris), štitnjača (lat. glandula thyreoidea) te produžena moždina (lat.medulla) i moždano deblo (lat.truncus encephali) [10,11,13,14].

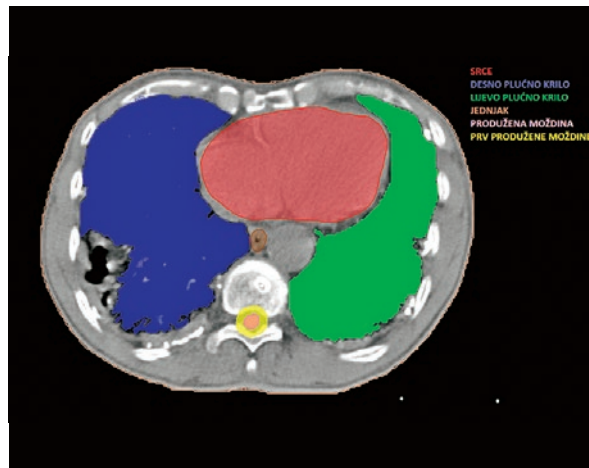


Slika 5. O crtavanje organa od rizika u području glave i vrata na četiri različita presjeka: a) razina sedmog vratnog kralješka gdje su o crtani štitnjača, brahijalni pleksus, produžena moždina i PRV produžene moždine, b) područje pravih glasnica gdje su o crtani grkljan, brahijalni pleksus, produžena moždina i PRV produžene moždine, c) područje srednjeg dijela ždrijela gdje su o crtani usna šupljina, donja čeljust, parotide, produžena moždina te PRV produžene moždine, d) područje produžene moždine gdje su o crtani moždano deblo i pužnice.

Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju

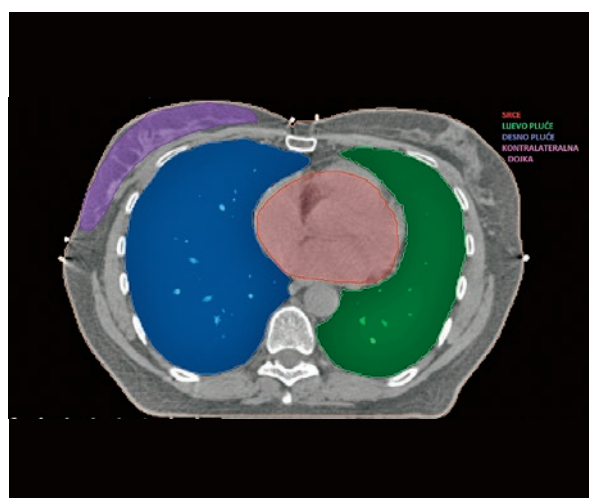
Prsni koš

Kod tumora koji se nalaze u prsnom košu, CT-om se uzorkuju tomografski presjeci područja od krikoidne hrskavice larinksa do drugog lumbalnog kralješka u slojevima debljine 3 mm. Organi od rizika koje je potrebno o crtati: produžena moždina (lat. medulla), jednjak (lat. oesophagus), srce (lat. cor), lijevo pluće (lat. pulmo sinister), desno pluće (lat. pulmo dexter) su prikazani na slici 6 [2,10,11,16].

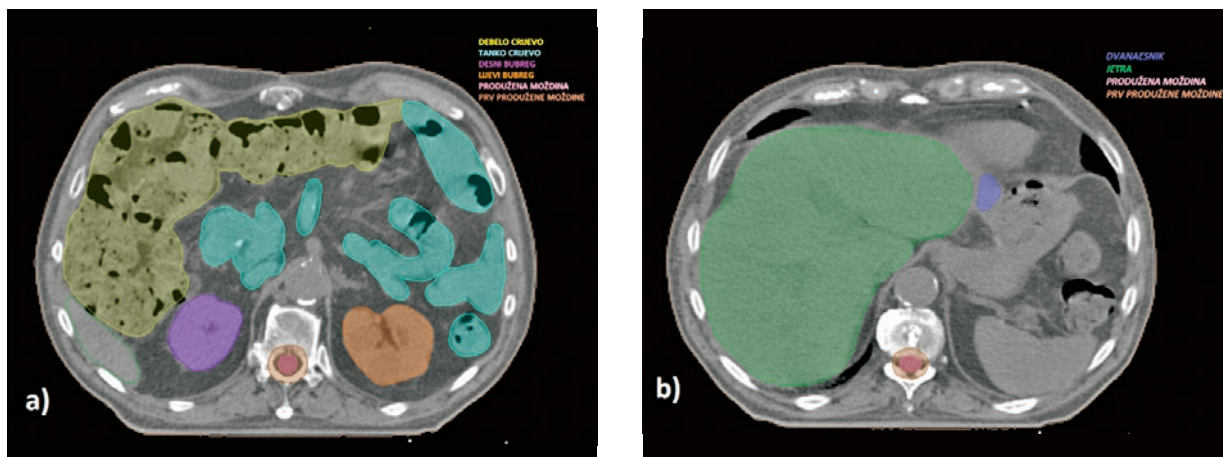


Slika 6. O crtavanje OAR-a u području prsnog koša gdje su o crtani srce, plućna krila, jednjak, produžena moždina te PRV produžene moždine. Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju

Kod zračenja dojke uzimaju se tomografski presjeci područja od larinksa do gornjeg abdomena presjeka debljine 3 mm. Dojku označavamo netransparentnim oznakama prije CT centriranja radi lakšeg i preciznijeg o crtavanja tkiva dojke na CT presjecima. Organi od rizika kod zračenja dojke su srce (lat. cor), desno pluće (lat. pulmo dexter), lijevo pluće (lat. pulmo sinister) te druga dojka prikazano na slici 7 [2,10,11].



Slika 7. O crtavanje organa od rizika kod zračenja lijeve dojke gdje su o crtani srce, pluća te desna dojka. Izvor: KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju



Slika 8. O crtavanje OAR-a u području abdomena na dva različita presjeka: a) razina gornjih polova bubrega, b) područje gornjeg abdomena. *Izvor : KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju*

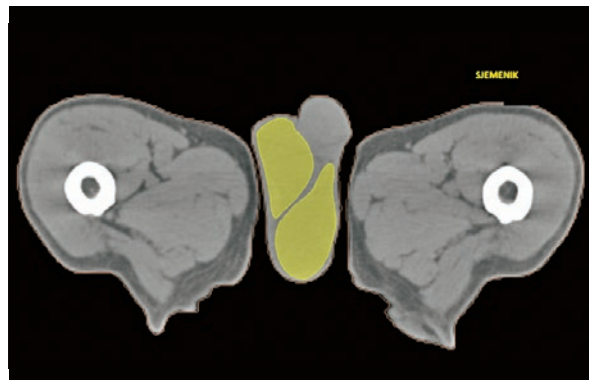
Abdomen

U području abdomena CT uređajem se uzorkuju tomografski presjeci područja od prsne kosti do proksimalnog dijela femura u slojevima od 3 do 5 mm. Organi od rizika koje je potrebno o crtati su produžena moždina (lat.medulla), jetra (lat.hepar), debelo crijevo (lat.intestinum colon), lijevi bubreg (lat.ren sinister), desni bubreg (lat.ren dexter), dvanaesnik (lat.duodenum) te tanko crijevo (lat.intestinum tenue). Prikazani su na slici 8 [2,10,11].

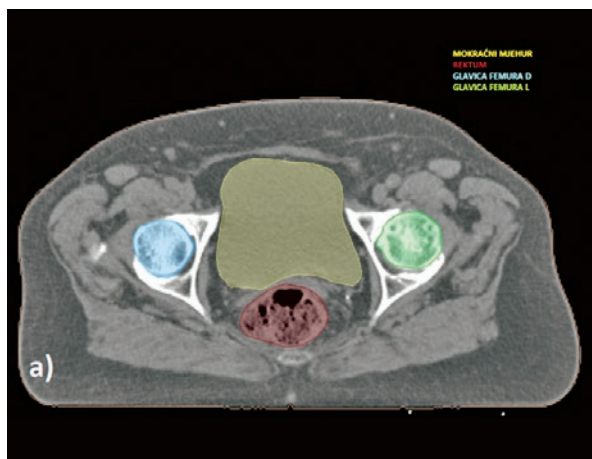
Zdjelica

Za potrebe radioterapije područja zdjelice CT uređajem se uzorkuju tomografski presjeci debljine 3 mm od trećeg lumbalnog kralješka do proksimalnog dijela femura. O crtavanje organa od rizika u području zdjelice razlikuje se ovisno o spolu pacijenata. Kod ženskih pacijenata o crtava se mokraćni mjehur (lat. vesica urinaria), završni dio debelog crijeva (lat. rectum), glavica desnog bedra (lat. femur dexter), glavica lijevog bedra (lat. femur sinister), desni jajnik (lat. ovarium dextra) te lijevi jajnik (lat. ovarium sinister). Na slici 9 prikazan je tomografski prikaz ženske zdjelice s o crtanim organima od rizika. [2,10,17].

Kod zdjelice muških pacijenata kao i kod ženskih zdjelica o crtava se mokraćni mjehur (lat. vesica urinaria), završni dio debelog crijeva (lat. rectum), glava desne natkoljenice (lat. femur dexter), glava lijeve natkoljenice (lat. femur sinister) te se dodatno crtaju i sjemenici (lat. testisi) koji su prikazani na slici 10. [2,10,11,17,18,19].



Slika 10. O crtavanje organa od rizika u području muške zdjelice na razini proksimalnog djela natkoljenice. *Izvor: KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju*



Slika 9. O crtavanje organa od rizika u području ženske zdjelice na dva različita presjeka: a) razina glavice femura, b) razina donjih grana pubičnih kostiju. *Izvor: KBC Rijeka, Klinika za radioterapiju i onkologiju*

Važnost ocrtavanja organa od rizika u izradi plana terapije zračenjem

Organi u ljudskom tijelu se razlikuju u svojoj osjetljivosti ne samo na ukupno primljenu apsorbiranu dozu zračenja, već i na volumnu raspodjelu te doze. Ovisno o svojoj osjetljivosti na zračenje i primljenoj dozi, nakon ozračenja pojedini organ može biti funkcionalan ili nefunkcionalan. Dva su važna faktora koja utječu na funkcionalnost i oštećenje organa od rizika nakon ozračenja. Jedan je apsorbirana doza koju primi cijeli organ, a drugi je volumen organa od rizika koji je primio određenu dozu. Prema osjetljivosti na ionizirajuće zračenje sva zdrava tkiva i stanice dijele se u tri grupe: radiosenzitivna tkiva (limfociti, limfoblasi, koštana srž...), relativno radiosenzitivna tkiva (epitel kože, kosti, hrskavice...) te radiorezistentna tkiva (štitnjača, gušterača, hipofiza, mozak, mišići...) [7].

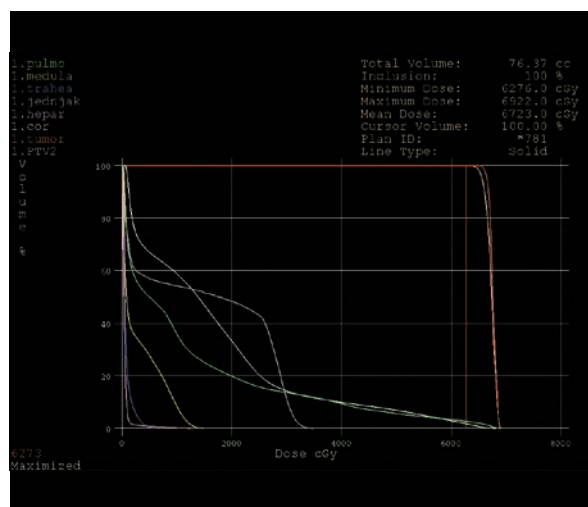
Prema svojoj strukturi organi od rizika dijele se u tri skupine: serijski organi (npr. leđna moždina), paralelni (npr. jetra, pluća, bubrezi) i one čija je struktura djelomično paralelna i djelomično serijska (npr. rektum, mjehur). Način na koji su strukturirani (građeni) ima veliki utjecaj na njihovu toleranciju na primljenu apsorbiranu dozu. Kod serijskih organa od rizika uništenje jednog dijela uzrokuje potpun prekid funkcije cijelog organa, a kod paralelnih organa ako je zračenjem oštećen i uništen jedan dio, samo će taj dio organa izgubiti svoju funkciju, a preostali dio organa bit će dovoljan da izvršava funkciju cijelog organa. Ovisno o strukturi organa od rizika postoje pravila za ocrtavanje i dozna ograničenja. Kod paralelnih organa od rizika treba ocrtati cijeli organ. Kod serijskih organa od rizika dovoljno je ocrtati dio organa, onaj koji se nalazi blizu ciljnog volumena, pa time i visoke predane apsorbirane doze [20].

U Tablici 1. nabrojani su svi važniji organi od rizika, s uputom treba li ocrtavati cijeli organ ili samo dio. Ovisno o tome jesu li organi od rizika po svojoj strukturi paralelni, serijski ili mješoviti dana su dozna ograničenja koja odgovaraju konvencionalnom frakcioniranju tj. 180 cGy ili 200 cGy dnevne doze. Tako je za serijske organe kao dozno ograničenje dana maksimalna doza na koju se treba paziti prilikom izrade raspodjele doze. Maksimalna doza se definira kao doza koju ne smije primiti više od 2% volumena organa od rizika [3, 4]. Za organe od rizika koji imaju paralelnu strukturu kao dozno ograničenje dana je srednja doza na cijeli organ. Na organe od rizika čija je struktura djelomično paralelna djelomično serijska postavljaju se dozno volumna ograničenja tj. apsorbirana doza koja je dopuštena na točno određeni dio volumena organa od rizika [20].

Nakon ocrtavanja organa od rizika te ciljnih volumena, CT presjeci sa konturama se prosleđuju na izradu plana zračenja i kreiranju raspodjele absorbirane doze na tumor i okolno zdravo tkivo za koje je zadužen tim medicinskih fizičara. Plan zračenja tj., raspodjelu absorbirane doze treba kreirati tako da zadovolji i uvjet dozne pokrivenosti ciljnih volumena i poštede organa od rizika koji se nalaze u neposrednoj blizini ciljnih volumena. Jedan od prikladnih alata za procjenu plana zračenja ili usporedbu više planova je dozno volumni histogram, DVH (engl. Dose Volume Histogram) (Slika 11) [20].

Nakon detaljnog pregleda i konzultacija s medicinskim fizičarima, plan zračenja za kliničku upotrebu odobrava

liječnik, specijalist radioterapije i onkologije. Nakon toga, prema koordinatama iz terapijskog plana zračenja, na pacijentu se određuje položaj izocentra, tako da se odredi pomak iz referentnih oznaka koje su postavljene prilikom uzorkovanja CT presjeka u planirani izocentar. Položaj pacijenata, koji treba biti istovjetan onom na CT simulatoru, se prema kliničkom protokolu, provjerava EPID-om (engl. electronic portal imaging devices) ili CBCT-om (engl. cone beam computer tomography). Za to su zaduženi radiološki tehnolozi (RTT) koji zajedno s specijalistima radioterapije i onkologije informiraju pacijente o početku terapije, apsorbiranoj dozi koju će primiti, aktivnostima koje će se provoditi uz terapiju zračenjem, kontroli tjelesne težine, pravilnoj i kvalitetnoj prehrani te reakcijama na zračenje.



Slika 11. Shematski prikaz dozno-volumnog histograma (DVH) plana zračenja kod karcinoma pluća.

Izvor: KBC Rijeka, Zavod za medicinsku fiziku

Ovisno o strukturi organa rizika (serijski i/ili paralelni), apsorbiranoj dozi koju je organ primio i njegovoj radiosenzitivnosti reakcije koje se očekuju kao posljedica terapije zračenjem, dijelimo na rane i kasne. Rane (akutne) reakcije se mogu dogoditi tijekom terapije zračenjem te nekoliko tjedana i mjeseci nakon završetka terapije, a s vremenom zacijele i nisu trajne. Kasne (kronične) reakcije su izražene mjesecima ili godinama nakon izlaganja zračenju te imaju tendenciju progresije. Jedan od načina za poboljšanje kvalitete života je da se rane i kasne posljedice terapije zračenjem pokušaju umanjiti. Točno i precizno ocrtavanje organa od rizika je za to osnovni preduvjet. Bez obzira na dozna ograničenja, ako je moguće bez kompromitiranja dozne pokrivenosti ciljnih volumena, treba smanjiti dozu na organe od rizika što je moguće više.

Zaključak

Cilj radioterapije je kontrolirati rast tumora te što je više moguće smanjiti širenje tumora na okolno zdravo tkivo. Potrebno je predati propisanu dozu određenom području od interesa, dok istovremena predana doza na zdravo tkivo treba biti što manja. Za kvalitetnu izradu plana i

provođenje terapije zračenjem potreban je usklađeni tim koji se sastoji od specijalista radioterapije i onkologije, medicinskih fizičara te radioloških tehnologa.

Brzi razvoj novih generacija linearnih akceleratora i naprednih radioterapijskih tehnika omogućuje bolje rezultate liječenja onkoloških bolesnika, a time i dulji vijek

života. To znači da kvaliteta života onkoloških pacijenata nakon završetka terapije zračenjem postaje važan faktor. Jedan od načina za poboljšanje kvalitete života je da se rane i kasne posljedice terapije zračenjem pokušaju umanjiti. Točno i precizno ocrtavanje organa od rizika je za to osnovni preduvjet. ■

Tablica 1. Organi od rizika i njihova dozna ograničenja za konvencionalno frakcioniranje.

ORGANI OD RIZIKA	OCR TAVANJE	D _{max}	D _{mean}	DOZNO VOLUMNO OGRANIČENJE	Reference
Leđna moždina	dio organa	50Gy (45Gy)			Quantec, RTOG 0623[2,16]
Moždano deblo	cijeli organ	60Gy (54Gy)			Quantec, RTOG 0225[2,14]
Hijazma	cijeli organ	54Gy (50Gy)			Quantec, RTOG 0225[2,14]
Leće	cijeli organ obostrano	7Gy			RTOG 0539[12]
Očna jabučica	cijeli organ obostrano	50Gy			RTOG 0615[13]
Optički živac	cijeli organ obostrano	54Gy (50Gy)			RTOG 0225[14]
Pužnica	cijeli organ obostrano		<45Gy (34Gy)		Quantec[2]
Usna šupljina	cijeli organ		<40Gy		RTOG 0615[13]
Štitnjača	cijeli organ		<45Gy	V _{30Gy} < 60 %	Cella,Zhai[21,22]
Parotida	cijeli organ obostrano		obje <25Gy jedna <20Gy		Quantec[2]
Donja čeljust	cijeli organ	70Gy		V _{60Gy} <20% V _{50Gy} <62%	RTOG 0225[14]
Brahijalni plexus	cijeli organ obostrano	66Gy		V _{60Gy} <5%	RTOG 0619[15]
Pluća	cijeli organ obostrano		<20-23Gy	V _{20Gy} <30-35%	Quantec[2]
Srce	cijeli organ		<26Gy	V _{25Gy} <10% (parcijalna dojka) V _{30Gy} <46%	Quantec[2]
Jednjak	cijeli organ		<34Gy		Quantec[2]
Jetra	cijeli organ		<28Gy		Quantec[2]
Bubreg	cijeli organ obostrano		<18Gy	V _{12Gy} <55 % V _{20Gy} <32 % V _{23Gy} <30 % V _{28Gy} <20 %	Quantec[2]

ORGANI OD RIZIKA	OCRTAVANJE	D _{max}	D _{mean}	DOZNO VOLUMNO OGRANIČENJE	Reference
Mokračni mjehur	cijeli organ			V _{75Gy} <25% V _{70Gy} <30% V _{65Gy} <50%	Quantec, RTOG 0126[2,19]
Tanko crijevo	cijeli organ	45 Gy			Kavanagh[23]
Debelo crijevo	cijeli organ			V _{15Gy} <250cm ³ V _{30Gy} <100cm ³ V _{40Gy} <90cm ³	Rashmi[27]
Duodenum	cijeli organ	54 Gy		V _{45Gy} <15 % V _{50Gy} <10 %	NCCN[24]
Rektum	dio organa			V _{70Gy} <20% V _{60Gy} <35% V _{50Gy} <50%	Quantec[2]
Glavica femura	cijeli organ obostrano			V _{50Gy} <10 % V _{40Gy} <40 % V _{45Gy} <25 % Dmax <50 Gy	RTOG 0822 RTOG GU[17,18]
Sjemenik	cijeli organ obostrano			V _{3Gy} <50%	Quantec[2]
Maternica	cijeli organ		<16Gy		Lohynska[26]

Delineating organs at risk in radiotherapy

Abstract

The goal of radiotherapy, as one of the oncology treatment procedures is tumour growth control considering possible complications on healthy tissue. It is necessary to deliver prescribed absorbed doze to the aimed area of interest while delivered doze to surrounding healthy tissue, specially organs sensitive to ionizing radiation must be as low as possible. While planning radiotherapy treatment special attention must be payed to organs at risk (OAR) to avoid pathological changes to healthy tissue with irreversible damages.

OAR-s are clearly shown by division into anatomical groups (head and neck, chest, abdominal and pelvic region). Their sensitivity to absorbed doze depending on their structure and division is divided into serial and parallel OAR and is described considering their tolerance to absorbed doze affects, treatment planning and prescribed tumour doze. There is a chart with doze limitations for each OAR prescribed.

To conduct radiotherapy treatment there must be a team of radiation oncologists, medical physicists and radiation technologists (RTT). Precise delineation of target volume and OAR´s is an important factor for the outcome of radiotherapy. Planning radiation therapy, isocenter determination and treatment itself are followed after target volume determination.

This article presents a multidisciplinary model with a goal to improve the quality of treatment planning.

Keywords: Radiotherapy, organs at risk, target volume, dose limits

Literatura

- Barton M.B., Jacob S., Shafiq J., et al. Estimating the Demand for Radiotherapy from the Evidence: A Review of Changes from 2003 to 2012. *Radiother. Oncol.* (2014);112(1): 140-44
- Bentzen S.M., Constine L.S., Deasy J.O. et al. Quantitative Analyses of Normal Tissue Effects in the Clinic (QUANTEC): an introduction to the scientific issues. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* (2010); 76(3): S3-S9
- International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Report 62) (1999)
- International Commission on Radiation Units and Measurements Prescribing, recording, and reporting photon-beam intensity-modulated radiation therapy (IMRT). ICRU Report 83 J ICRU, 10 (2010), pp. 1-106
- Remeijer P., Inter-observer variation in target volume delineation, ESTRO SCHOOL Moscow, 2018
- Shalek R.J. International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Determination of Absorbed Dose in a Patient Irradiated by Beams of X or Gamma Rays in Radiotherapy Procedures ICRU Report 24. *Med. Phys.* (1977); 4: 461
- Mileusnić D., Marošević G., Durbaba M. *Radijaciona Onkologija*, 2019
- Lee N.A., Riaz N., Jiade J., et al. Target Volume Delineation for Conformal and Intensity-Modulated Radiation Therapy, 2014
- Giampiero A.Cefaro, Domenico Genovesi, Carlos A.Perez, Delineating Organs at Risk in Radiation Therapy, 2013
- Gregory M.M.Videtic, Neil M.Woody, Handbook of Treatment Planning Radiation Oncology, 2015
- Emami B., Tolerance of Normal Tissue to Therapeutic Radiation, *Radiother. Oncol.* (2013); 1(1)
- Rogers CL, Won M, Vogelbaum MA, et al. High-risk Meningioma: Initial Outcomes From NRG Oncology/RTOG 0539. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2020 Mar 15;106(4):790-799.
- Group RTO. A phase II study of concurrent chemoradiotherapy using three-dimensional conformal radiotherapy(3D-CRT) or intensity-modulated radiation therapy (IMRT)+Bevaciztanab(BV) for locally or regionally advanced nasopharyngeal cancer, RTOG 0615 [2011-03-05].
- Group RTO. A phase II study of intensity modulated radiation therapy (IMRT) +/-chemotherapy for nasopharyngeal cancer, RTOG 0225 [2011-03-05].
- Raben D, Wong S, Galvin J, et al. RTOG 0619 Protocol: Radiation Therapy Oncology Group Rtog 0619 a Randomized Phase II Trial of Chemoradiotherapy Versus Chemoradiotherapy and Vandetanib for High-Risk Postoperative Advanced Squamous Cell Carcinoma of the Head and Neck.; 2011.
- Lilenbaum R, Komaki R, Martel MK. Radiation Therapy Oncology Group RTOG 0623, a Phase II Trial of Combined Modality Therapy With Growth Factor. *Cycle.* 2008.
- Garofalo M, Moughan J, Hong T, Bendell J, Berger A, Lerma F, et al. RTOG 0822: A Phase II Study of Preoperative (PREOP) Chemoradiotherapy (CRT) Utilizing IMRT in Combination with Capecitabine (C) and Oxaliplatin (O) for Patients with Locally Advanced Rectal Cancer. *International Journal of Radiation Oncology • Biology • Physics* 2011;81:S3-S4.
- Lawton CA, Michalski J, El-Naqa I, et al. RTOG GU radiation oncology specialists reach consensus on pelvic lymph node volumes for high-risk prostate cancer. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2009;74: 383-387.
- Michalski JM, Moughan J, Purdy J, et al. Effect of Standard vs Dose-Escalated Radiation Therapy for Patients With Intermediate-Risk Prostate Cancer: The NRG Oncology RTOG 0126 Randomized Clinical Trial. *JAMA Oncol.* 2018 Jun 14;4(6):e180039. doi: 10.1001/jamaoncol.2018.0039.
- www.onkologymedicalphysics.com
- Zhai, R. P., F. F. Kong, C. R. Du, et al. „Radiation-induced hypothyroidism after IMRT for nasopharyngeal carcinoma: Clinical and dosimetric predictors in a prospective cohort study.“ *Oral Oncol*, 2017, 68:44-49.
- Cella, L., M. Conson, M. Caterino, et al. „Thyroid V30 predicts radiation-induced hypothyroidism in patients treated with sequential chemo-radiotherapy for Hodgkin’s lymphoma.“ *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 2012, 82(5):1802-1808.
- Kavanagh B.D., Pan C.C., Dawson L.A., et al. Radiation Dose-Volume Effects in the Stomach and Small Bowel. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 2010. Vol.76, No. 3
- NCCN. Guidelines Version 2. for Cervical Cancer. NCCN Evidence Bloks. <http://208.251.169.72/members/protocols/0615/0615.pdf>, 2020
- Van der Merwe D., Van Dyk J., Healy B., et al. Accuracy requirements and uncertainties in radiotherapy: a report of the International Atomic Energy Agency, *Acta Oncologica*, 2016.
- Lohynska R., Jirkovska M., Novakova-Jiresova A., Mazana E., Vanbersky K., Veselsky T., Kindlova A., Stankusova H., Malinova B. : Austin Journal of Cancer an Clinical Research: Proposal for Radiotherapy DOSE Constraint Predicting Uterus Fertility Sparing: Successful Pregnancy Case Report after Curative Chemoradiotherapy for Rectal Cancer, 2020.
- Rashmi Jadon, Emma Higgins, John Staffurth, Louise Hanna, Mererid Evans, Bernadette Coles. ro-journal.biomedcentral.com, A systematic review of dose-volume predictors and constraints for late bowel toxicity following pelvic radiotherapy. 2019.