Određivanje pogrešaka pozicioniranja bolesnika tijekom radioterapije

Belić, Dino

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Medicine / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:152:997481

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Medicine Osijek







SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK

Studij medicine

Dino Belić

ODREĐIVANJE POGREŠAKA POZICIONIRANJA BOLESNIKA TIJEKOM RADIOTERAPIJE

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

MEDICINSKI FAKULTET OSIJEK

Studij medicine

Dino Belić

ODREĐIVANJE POGREŠAKA POZICIONIRANJA BOLESNIKA TIJEKOM RADIOTERAPIJE

Diplomski rad

Osijek, 2018.

Rad je ostvaren u Kliničkom bolničkom centru Osijek, na Zavodu za onkologiju.

Mentor rada: doc.dr.sc. Mladen Kasabašić

Rad ima 36 listova, 4 slike i 6 tablica.

Zahvale:

Zahvaljujem svom mentoru doc. dr. sc. Mladenu Kasabašiću na usmjeravanju i nesebičnoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Najveću zahvalnost izražavam svojoj obitelji na ljubavi i podršci koju su mi pružili. Neizmjerno vam hvala što ste vjerovali u mene, što ste me poticali i bili oslonac, što ste se žrtvovali radi mene. Hvala vam što ste ispunili moj život najvrjednijim što ste imali.

Hvala prijateljima koji su me ohrabrivali i bili uz mene svih ovih godina te ovo putovanje učinili lakšim, boljim i zanimljivijim. Posebnu zahvalnost dugujem Anamariji i Martini na korisnim savjetima, pomoći i podršci tijekom godina studiranja.

Sadržaj

1. UVOD 1
1.1. Osnove radioterapije 1
1.2. Fizikalne i radiobiološke osnove zračenja 3
1.3. Tumori (novotvorine) 4
2. HIPOTEZA 6
3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 7
4. ISPITANICI I METODE 8
4.1. Ustroj studije 8
4.2. Ispitanici 8
4.3. Metode 8
4.3.1. Linearni akcelerator 9
4.3.2. Plan zračenja 10
4.4. Statističke metode 13
5. REZULTATI 15
6. RASPRAVA 21
7. ZAKLJUČAK 23
8. SAŽETAK 24
9. SUMMARY 25
10. LITERATURA 26
11. ŽIVOTOPIS 29

POPIS KRATICA:

DNA (hrv. DNK)	deoksiribonukleinska kiselina
EPID	elektronski sustav za portalne slike
Gy	grej; mjerna jedinica za apsorbiranu dozu ionizirajućeg zračenja
SM	sigurnosna margina
LET	linearni prijenos energije
MeV	mega elektornvolt (10^6 elektron volta)
MV CBCT	megavoltna kompjuterizirana tomografija konusnim snopom
Sv	sivert; mjerna jedinica za izražavanje ekvivalentne doze ionizirajućeg zračenja
GTV	volumen makroskopski vidljivog tumor na snimkama dobivenih slikovnim tehnikama
CTV	klinički ciljani volumen, sadrži GTV i dodatnu marginu
PTV	planirani ciljni volumen, sadrži CTV i SM
OAR	organi od rizika
CEA	tumorski marker, karcinoembrionalni antigen

1. UVOD

1.1. Osnove radioterapije

Radioterapija je oblik onkološkog liječenja koji putem ionizirajućeg zračenja kontrolira rast ili ubija maligne stanice, tj. tumor. Prema terapijskom cilju dijeli se na kurativnu i palijativnu. Kurativnom se želi postići izlječenje bolesnika, dok se palijativna provodi kod bolesnika kod kojih nije moguće postići izlječenje, s ciljem ublažavanja tegoba izazvanih tumorom. Kurativna radioterapija provodi se radikalnim dozama zračenja i ona samostalno vodi do kompletnog uništenja tumora (1, 2).

Dijeli se na adjuvantnu, neoadjuvantnu i primarnu. Adjuvantna se primjenjuje nakon provedenog drugog oblika liječenja, odnosno u odsutnosti makroskopski vidljivog tumora. Koristi se najčešće nakon kirurškog zahvata ili u kombinaciji s kemoterapijom kako bi se eradicirala mikroskopski zaostala bolest na primarnom sijelu. Neoadjuvantna radioterapija se provodi u stadijima kada je tumor već lokalno uznapredovao. Time bi se trebao smanjiti stadij bolesti te izbjeći višestruki kirurški zahvati. Primarna radioterapija je indicirana kada zbog medicinskih ili osobnih razloga nije moguće provesti kirurško liječenje. Kod limfoma i tumora glasnica u početnom stadiju se preporučuje samo primarna terapija jer je prednost nad klasičnom operacijom višestruka. U ostalim oblicima tumora se preporučuje adjuvantna ili neoadjuvantna terapija. Kod bolesnika s koštanim presadnicama, sindromom gornje šuplje vene, opstrukcijom jednjaka posljedično tumoru jednjaka ili pluća te opstrukcijom urotrakta i crijeva posljedično tumoru urotrakta, anusa ili ginekoloških tumora koristit će se palijativna radioterapija.

Druga značajna podjela radioterapije odnosi se na lokalnu radioterapiju ili teleradioterapiju i brahiterapiju. Teleradioterapija se provodi izvana; uređaj koji proizvodi zraku, u ovom slučaju linearni akcelerator, nalazi se izvan tijela bolesnika (3). Tada se snop elektromagnetskih zraka usmjerava prema tijelu bolesnika na mjesto lokalizacije tumora. Na svom putu zraka će prodrijeti preko kože u dubinu na mjesto tumora i uz to zahvatiti nešto okolnog zdravog tkiva. Druga vrste terapije je unutrašnje zračenje, tj. brahiterapija. Izvor radioaktivnog zračenja se stavlja u tjelesnu šupljinu ili direktno u tumor. Izvori radioaktivnog zračenja se proizvode u nuklearnim pogonima i oblikuju u igle, tube ili žice zbog lakše primjene. Najčešće se ova vrsta terapije koristi pri liječenju tumora maternice, rodnice i prostate (3).

Svrha radioterapije je dati optimalnu dozu zračenja na ograničeni prostor tumora s ciljem zahvaćanja što manje zdravog okolnog tkiva. Često je to ograničavajući čimbenik kako bi došlo do potpunog uništenja tumora. Zdravo tkivo ne podnosi visoke doze zračenja koje bi trebalo isporučiti tumorskom tkivu. Zbog tih ograničenja pri zračenju tijela bolesnika doći će do nuspojava. Radioterapija, sama po sebi je bezbolna, a većina mogućih nuspojava su predvidive i očekivane. Najčešće nuspojave su umor, iscrpljenost, gubitak apetita koje vode do gubitka na tjelesnoj težini te kožne reakcije (2, 3). Nuspojave možemo podijeliti na rane ili akutne, subakutne i kasne ili kronične. Akutne i subakutne nuspojave se pojavljuju tokom terapije ili neposredno nakon terapije i reverzibilne su, dok se kronične pojavljuju nakon više od 6 mjeseci nakon provedene terapije i ireverzibilne su. Svaki organski sustav ima karakteristične nuspojave. S obzirom da se ovo istraživanje bavi zračenjem zdjeličnih organa, značajne su i nuspojave vezane uz taj prostor. Najčešće od njih su proljev i smetnje mokrenja - učestalo mokrenje ili bolovi pri mokrenju. Važno je naglasiti da su zračenju izložene i gonade te se ne preporučuje planiranje trudnoće tijekom ili nakon radioterapije, bez obzira na to da li se terapiji podvrgava muški ili ženski bolesnik.

U području zdjelice, osim navedenih nuspojava, javljaju se i kožne reakcije. Najčešće među njima su eritem, suha i vlažna deskvamacija, pigmentacija kože te epilacija. Nastaju zbog ciljnog volumena, vremenskog trajanja terapije te aplicirane doze na površinu kože. Iako su u većini slučajeva kožne reakcije reverzibilne, uputno je provoditi higijenske mjere te izbjegavati ostale fizikalne podražaje kako ne bi došlo do daljnjeg oštećenja kože ili infekcije (3). Također, u cilju smanjenja broja nuspojava i sprječavanja pretjerane izloženosti bolesnika tokom terapije, postoje rigorozni postupci i ugrađene mjere zaštite u program linearnog akceleratora. Iako su medicinske pogreške iznimno rijetke, sam postupak prolazi kroz nekoliko faza gdje bez usklađenog djelovanja onkologa, medicinskog fizičara i radiološkog tehničara nije moguće provesti zračenje ukoliko svaki od gore navedenih članova tima nije odradio svoj zadatak maksimalno točno te prošao sigurnosne točke programa za zračenje.

1.2. Fizikalne i radiobiološke osnove zračenja

U modernoj radioterapiji linearni akcelerator se koristi kao izvor ionizirajućeg zračenja. Ionizirajuće zračenje je pojava prijenosa energije putem fotona, lakih nabijenih čestica (elektroni, pozitroni), teških nabijenih čestica (protoni, α-čestica) ili neutrona. Pri dovoljno visokoj energiji dolazi do kemijskog međudjelovanja koje kao posljedicu ima promjenu stanja materije. U međudjelovanju dolazi do izmjene energije i izmjene strukture ozračene tvari. U živom svijetu se učinci ionizirajućeg zračenja vide s vremenskom odgodom te dovode do oštećenja DNA (engl. *deoxyribonucleic acid*, primarni genetski materijal, hrv. DNK).

Vrste ionizirajućeg zračenja su elektromagnetsko zračenje, u koje se ubrajaju rendgensko, γ- i ultraljubičasto elektromagnetsko zračenje te zračenje masenim česticama, gdje je najpoznatije α-zračenje, β-zračenje te neutronsko zračenje. Svaka vrsta ionizirajućeg zračenja ima svoju jakost, tj. sposobnost da prenese energiju, i domet. Zračenje tipa α je svako koje se sastoji od dva protona i dva neutrona. Zbog veličine samih čestica ima mali domet jer postoji velika vjerojatnost da će se sudariti s nekom molekulom i predati joj svu energiju. Da bi se čestice zaustavile dovoljan je materijal debljine papira ili ljudske kože (4). Zračenje tipa β je svako zračenje koje se sastoji od elektrona ili pozitrona. Emitira ga svaka nestabilna jezgra atoma (4). Ionizirajuće djelovanje mu je puno slabije od djelovanja α-zračenja, ali mu je domet veći. Za zaustavljanje ovog zračenja je potrebna metalna ploča debljine nekoliko milimetara, a u ljudskom tijelu može prodrijeti do nekoliko centimetara dubine. γ-zračenje je elektromagnetsko zračenje koje potječe iz jezgre atoma i ima veliku energiju te putuje brzinom svjetlosti. Ionizirajuće djelovanje mu je slabije od β-zračenja, ali mu je domet veći. Bez većih problema prolazi kroz cijelu debljinu ljudskog tijela. Za zaštitu od ove vrste zračenja potreban je debeli sloj olova, betona ili vode. Rendgensko zračenje je slično γ-zračenju. Osnovne razlike su u tome što ne potječe iz jezgre, već nastaje ubrzavanjem elektrona i ima nešto veću valnu duljinu.

Tri osnovne mjerne jedinice za ionizirajuće, ali i ostala zračenja, su Bq (bekerel), Gy (grej) i Sv (sivert). Radioaktivnost se mjeri u Bq, što znači da je 1 Bq aktivnost raspada jedne atomske jezgre u jednoj sekundi. Količina energije ionizirajućeg zračenja koju neka tvar apsorbira zove se apsorbirana doza i označava se u Gy. 1 Gy je 1 J (džul) energije koju je ionizirajuće zračenje predalo 1 kilogramu tvari. U određenim uvjetima apsorbirana doza ne predstavlja dovoljno preciznu veličinu štetnog učinka zračenja na organizam, zbog toga je uvedena ekvivalentna doza zračenja. Doze veće od 10 Sv (ekvivalentna doza (1 Sv) koja je

definirana apsorbiranom energijom od 1 J po 1 kilogramu tvari i pomnožena faktorom k_Q), neovisno o vremenskom roku izlaganja, izazivaju smrt u nekoliko tjedana. Doze od 2 do 10 Sv primljene u kratkom vremenskom periodu u 50 % slučajeva izazivaju smrt, a doza od 1 Sv primljena u kratkom vremenu dovodi do radijacijske bolesti karakterizirane mučninom, gubitkom kose i eritemima po tijelu. Doza od 50 mSv je doza profesionalne izloženosti i smatra se najmanjom dokazanom dozom koja može izazvati tumor ukoliko se primjenjuje tijekom godine dana.

Karakteristike ionizirajućeg zračenja su direktno ili indirektno stvaranje lomova DNA i vođenje stanice u apoptozu, tj. staničnu smrt. Direktno stvaranje lomova na DNA događa se kad zrake visoke energije (LET, engl. *linear energy transfer*) pogode obje uzvojnice DNA i dovedu do ireverzibilnog loma te više ne može doći do popravka genetskog materijala. Indirektni lom DNA nastaje kad zrake niske energije (niskog LET-a) ulaze u stanicu, elektroni pogađaju molekulu vode te tvore hidroksilne ione - slobodne radikale vode. Hidroksilni radikali imaju kratak poluvijek života i mali domet (4). Ako se nađu u neposrednoj blizini molekule DNA, dovode do loma na jednoj od uzvojnica. Ovisno o veličini oštećenja na uzvojnici, stanica može popraviti oštećenje ili se dovesti u programiranu smrt, ako je u pitanju veće oštećenje. Sve stanice i tkiva ne dijele se jednakom brzinom te nemaju isti potencijal obnavljanja oštećenja. Stanice koje se brže dijele podložnije su zračenju te bolje odgovaraju na terapiju zbog manje sposobnosti popravka oštećenja. Postoje dokazi kako stanice u različitim fazama staničnog ciklusa nisu jednako osjetljive na zračenje. Najsenzibilnije su u fazi mitoze ili kasne G2-faze (2).

1.3. Tumori (novotvorine)

Tumori ili novotvorine su tvorbe koje nastaju prekomjernom diobom abnormalnih stanica. Nastaju kada se poremete regulacijski mehanizmi rasta stanice. Možemo ih podijeliti na dobroćudne (benigne) ili zloćudne (maligne). Radioterapija se bavi isključivo zloćudnim tumorima pa će detaljno biti opisani samo oni koji su vezani uz ovaj rad i područje zdjelice. Glavna razlika između zloćudnih i dobroćudnih tumora je agresivni rast zloćudnih koji lokalno invadiraju tkivo i daju presadnice (metastaze) u druga tkiva i organe (5). Tumori debelog crijeva i analnog otvora, uz ginekološke tumore i tumore prostate, jedni su od tumora gdje bolesnici trebaju posebno pomagalo (*bellyboard*) da bi se adekvatno provela terapija.

Kolorektalni karcinom je tumor s visokom incidencijom (40-60/100 000) i podjednako zahvaća oba spola. Prema smrtnosti, zauzima drugo mjesto od svih karcinoma u razvijenim

zemljama. Vršna incidencija u Republici Hrvatskoj je nakon 60. godine, a na godišnjoj razini se otkrije 3 000 novooboljelih (2). Etiološki čimbenici koji utječu na razvitak karcinoma su obiteljsko nasljeđe, prehrana i kronične upalne bolesti crijeva. Načini ranog otkrivanja karcinoma ujedno su i metode probira u koje spadaju test na okultno krvarenje u fecesu i kolonoskopija (2). Najčešći rani znak postojanja tumora je melena (crna stolica). Osim melene, može se javiti bol u trbuhu, mučnina, povraćanje, slabost, postojanje masa u trbuhu te promjene u crijevnoj peristaltici. Metoda izbora u liječenju kolorektalnog karcinoma je kirurško liječenje, s naglaskom na postizanje čistih reznih rubova i disekciju adekvantnog broja limfnih čvorova (2). Zračenje se indicira rutinski u liječenju ovog malignoma, dok se adjuvantna kemoterapija indicira u bolesnika s uznapredovalim stadijem bolesti ukoliko postoji povećan rizik od ponovne pojave tumora (2). Tumorski marker CEA (engl. *carcinoembryonic antigen*) koristan je pri praćenju bolesti i otkrivanju recidiva.

Rak analnog otvora relativno je rijedak tumor s najvećom incidencijom između 50. i 70. godine života, a češće zahvaća žene. Bolesnici s ovim karcinomom najčešće se žale na svrbež ili krvarenje iz analnog otvora, koje se javlja uz ulkus ili čvorić (2). Kako tumor raste, javlja se bol, napredujuća nelagoda, tenezmi i inkontinencija stolice. Tumor se uklanja kirurškim putem, najčešće abdominalnoperinealnom resekcijom. Iako u literaturi postoje studije koje ukazuju na to da se kombinacijom različitih oblika radioterapije i citostatske terapije može postići isti stupanj preživljenja kao i kirurškim liječenjem, najbolji rezultati ipak su zabilježeni kombinacijom svih triju metoda liječenja sa 70 %-tnim petogodišnjim preživljenjem (1).

2. HIPOTEZA

Odstupanja u namještanju bolesnika, tj. pomaci bolesnika pri zračenju na specijaliziranim pomagalima za fiksaciju (*bellyboardovima*) razlikuju se od pomaka bolesnika uz prethodno korištena pomagala.

3. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog istraživanja su:

1. ispitati postoji li razlika u pomaku bolesnika s obzirom na korištenje pomagala.
2. ispitati postoji li razlika u sigurnosnim marginama s obzirom na korištenje pomagala.
3. ispitati postoji li povezanost dobi bolesnika i pomaka na pomagalu.
4. ispitati postoji li povezanost spola bolesnika i pomaka na pomagalu.

4. ISPITANICI I METODE

4.1. Ustroj studije

Istraživanje je ustrojeno kao presječna studija (6).

4.2. Ispitanici

Istraživanjem se obuhvatilo ispitanike koji su liječeni na Zavodu za onkologiju, Kliničkog bolničkog centra Osijek (KBCO). Potrebni podatci su dobiveni iz računalnog programa koji se koristi na Zavodu. Podatci su obuhvatili razdoblja od 2004. do 2009. te od 2011. godine, kada je instaliran linearni akcelerator Siemens Oncor Expression, do 2017. godine.

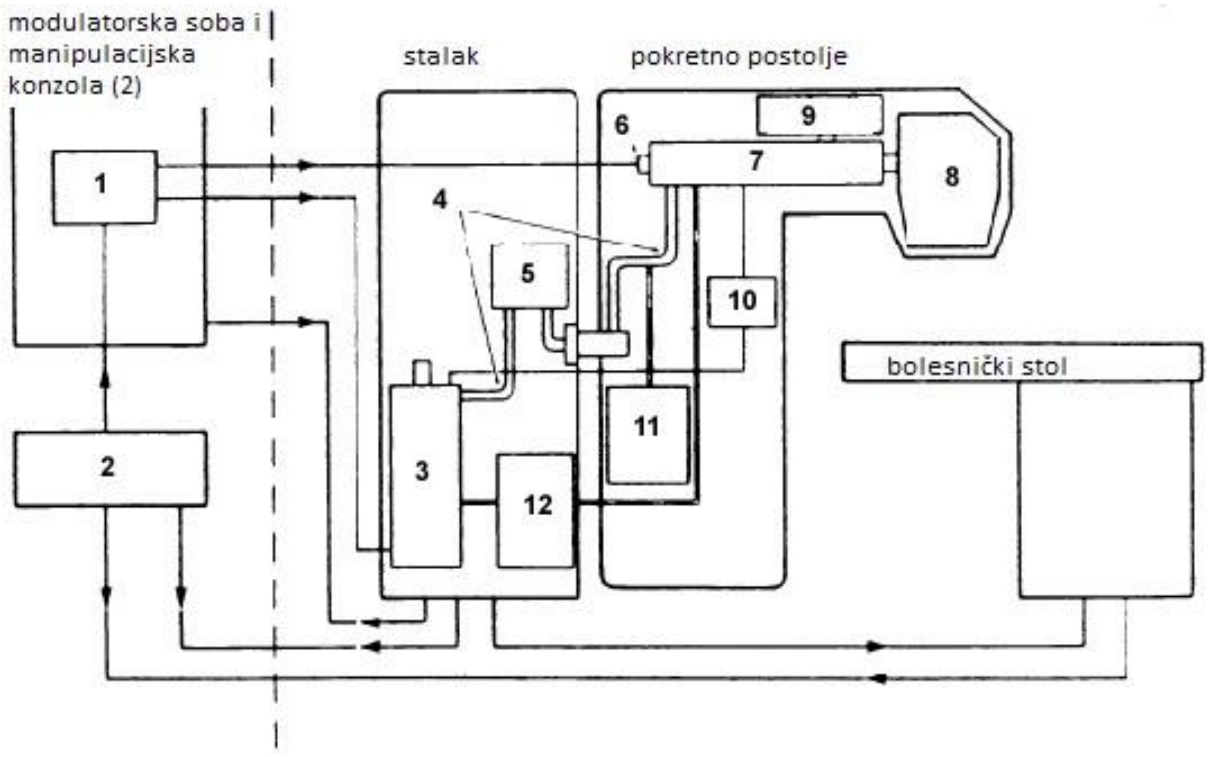
4.3. Metode

Prije same radioterapije potrebno je provjeriti položaj bolesnika u odnosu na planirani položaj u simulatoru. Za praćenje položaja bolesnika na linearnom akceleratoru koristi se sustav megavoltnog CT simulatora (MV CBCT, engl. *mega-volteg cone-beam computed tomography*) kojeg čine fotonsko polje 6 MV, detektor od amorfnog silicija (EPID, engl. *electronic portal imaging device*) te radna stanica Coherence Therapist. Bolesnici su se do 2015. godine pozicionirali u radioterapijski položaj pomoću starijih pomagala za fiksiranje bolesnika, dok se od 2015. koriste suvremena pomagala proizvođača MacroMedics (engl. *bellyboard*). Svi podatci o pomacima bolesnika i korekciji tih pomaka na novijem akceleratoru zabilježeni su i u računalnom programu Mosaiq koji se koristi na Zavodu za onkologiju kao onkološki sustav pohrane i verifikacije terapijskih podataka. Iz arhive podataka u Mosaiqu odredili su se iznosi pogrešaka koje su nastale tijekom radioterapije (7).

4.3.1. Linearni akcelerator

Akcelerator ili ubrzivač čestica je uređaj koji se koristi u terapiji zračenja onkoloških bolesnika. U KBCO se koristi linearni akcelerator Siemens Oncor Expresion u kojem se električki nabijene čestice izmjeničnim električnim poljem ubrzavaju do visokih kinetičkih energija (7). O vrsti akceleratora ovisit će i energija same čestice. U medicini se koristi linearni akcelerator koji je podvrsta akceleratora čestica, koji se u nekim radovima naziva i linearnim rezonantnim akceleratorom. U akceleratoru se elektroni ubrzavaju pomoću elektromagnetskog polja, što novim uređajima pruža mogućnost ozračivanja elektronima, ili X-zrakama koje nastaju zakočnim zračenjem elektrona. U terapiji se koriste snopovi elektrona energije 6 do 23 megaelektron volta (MeV-a).

Osnovni dijelovi linearnog akceleratora su: akceleratorska cijev, elektronski top, magnetron, izlazni magnet, stativ s kolimatorom, manipulacijski sustav i bolesnički stol (Slika 1.) (2). Akcelerator sa svim svojim sastavnim dijelovima nalazi se u akceleratorskoj sobi koja mora zadovoljavati visoke standarde zaštite od zračenja. Akceleratorska cijev sastoji se od rezonantnih šupljina, elektronskog topa koji služi za ubacivanje elektrona, dok se nasuprot topa nalazi magnet. Na sredini se nalazi otvor za spoj valovoda koji služi za dovod mikrovalova. Unutar cijevi vlada vakuum. Elektronski top je, kako mu i samo ime govori, uređaj koji proizvodi elektrone s određenom početnom energijom te ih usmjerava u akceleratorsku cijev. Može se usporediti s katodom klasične rendgenske cijevi. Mana elektronskog topa je kratak vijek trajanja koji iznosi oko 5 godina. Magnetron je generator mikrovalova koji potječu od kinetičke energije elektrona. Elektroni nastaju na katodi te se kreću prema anodi. Put elektrona odvija se kroz magnetsko polje trajnog magneta koje ih skreće na gibanje po zakrivljenoj putanji, čime induciraju elektromagnetsko titranje, tj. mikrovalove. Izlazni magnet ima dvostruku ulogu – usmjeruje snop elektrona iz akceleratorske cijevi na metu za proizvodnju X-zraka ili terapijskog elektronskog snopa te propušta samo elektrone zadane energije. Stativ s kolimatorom je pokretni dio koji se može okretati oko svoje osi za 360 ^{o}, čime se postižu razni radioterapijski položaji. Na stativu se nalaze višelistićni kolimatori koji se mogu pomicati neovisno. Pomicanjem kolimatora se blokira zračenje određenog dijela tijela. Manipulacijski sustav se u ovom radu nalazi van akceleratorske sobe i služi za određivanje energije zračenja, ekspozicije te za pokretanje samog zračenja (1, 2).



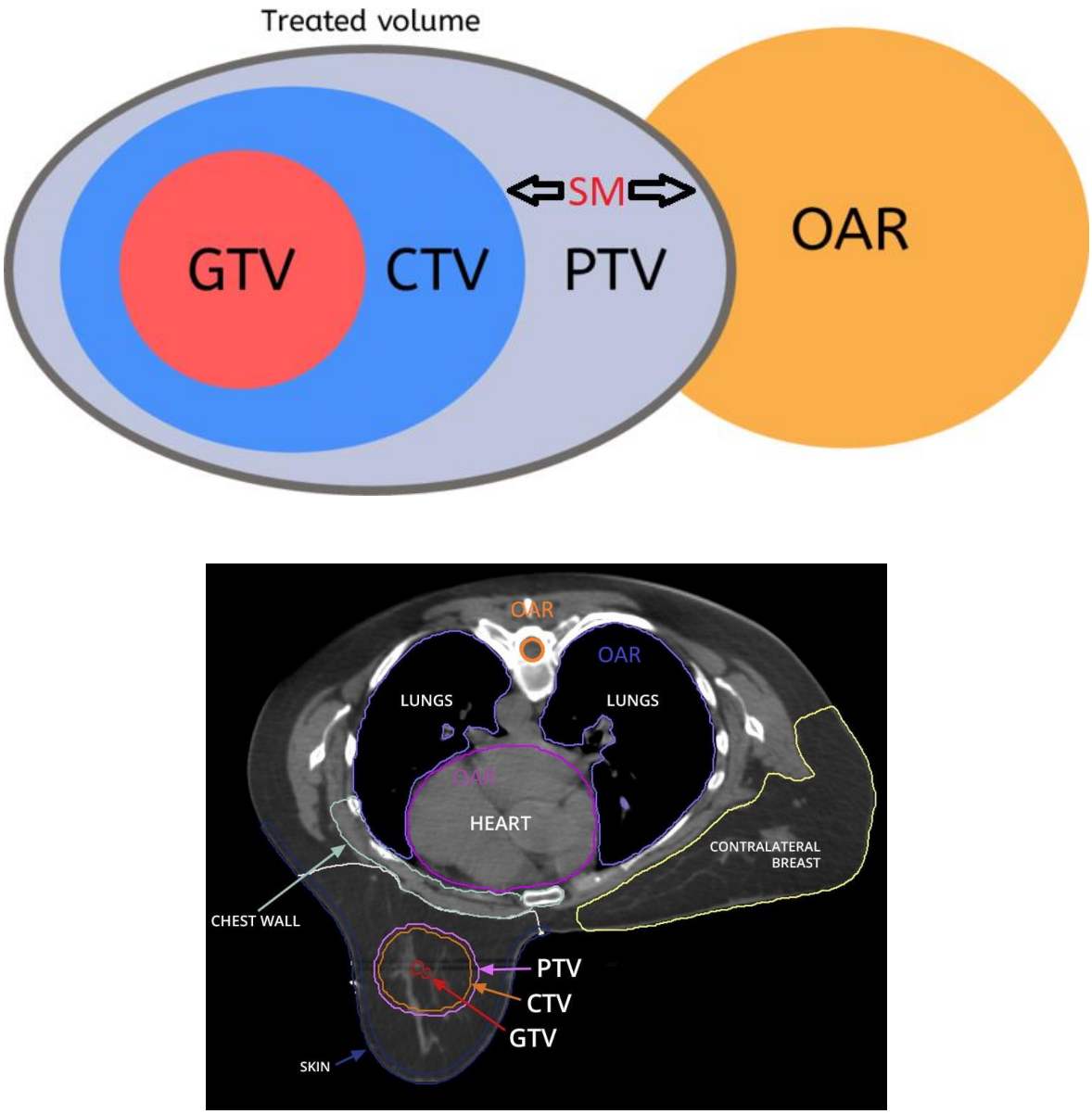
Slika 1. Shematski prikaz osnovnih dijelova linearnog akceleratora (1. napajanje, 2. manipulacijska ili upravljačka konzola, 3. magnetron ili klistron, 4. valovod, 5. cirkulator, 6. elektronski top, 7. akceleratorska cijev, 8. izlazni magnet i glava akceleratora, 9. vakuumski sistem, 10. sustav za automatsko kontroliranje frekvencije (AFC), 11. crpka za tlak, 12. sustav vodenog hlađenja)

4.3.2. Plan zračenja

Cilj radioterapije je uništenje cijelog tumora te izlječenje s istovremenim izlaganjem što manjim dozama zračenja okolnog zdravog tkiva. Zato bi se bolesnika svaki dan terapije trebalo postaviti u položaj što sličniji početnom planiranom položaju. Dugo trajanje liječenja i dobro planiranje terapije potrebno je kako bi se željenom dozom ozračio tumor i omogućio oporavak izloženog okolnog zdravog tkiva.

Radioterapija počinje izradom plana zračenja, odnosno izračunavanjem raspodjele doze na tumor i okolno zdravo tkivo. Snimanjem tijela bolesnika u CT simulatoru, MR-u ili PET-u kreće proces radioterapije i za bolesnika. Ono se radi metodom simulacije 3D računalnim programom. Na dijagnostičkoj slici, slici dobivenoj snimanjem jednom od gore navedenih tehnika, trebaju se označiti tri glavna volumena za provođenje radioterapije. GTV

(engl. *gross tumor volume*) je položaj i opseg tumora koji možemo vidjeti na dijagnostičkoj slici ili onaj volumen koji možemo napalpirati. Ovaj volumen bi se trebao najlakše definirati i označiti na snimkama, iako to nije uvijek tako - problem nastaje kod neravnih rubova tumora. GTV bi trebao sadržavati cijeli volumen tumora, tj. mjesto gdje je tumor najgušći i gdje je najveći broj stanica, uključujući lokalne limfne čvorove i metastaze u okolno zdravo meko tkivo. Drugi potrebni volumen je CTV (engl. *clinical target volume*) koji sadrži GTV i sigurnosnu granicu koja označava supkliničko mikroskopsko širenje tumora, a naziva se još i klinički ciljanim volumenom. Ovaj volumen se mora adekvatno liječiti kako bi se postigao adekvatan odgovor na terapiju te kako bi došlo do samog izlječenja. CTV je najteže odrediti jer se ne vidi na dijagnostičkim snimkama. U plan zračenja se unosi prema iskustvu liječnika, tj. prema ranijim istraživanjima prema kojima se određuje smjer širenja tumora, i anatomskih cjelina koje onemogućavaju daljnje širenje tumora. Treći volumen, PTV (engl. *planning target volume*), omogućuje nesigurnosti u planiranju ili nesigurnosti tijekom same radioterapije koje su neizbježne od strane samog bolesnika (disanje, otkucaji srca,…). PTV obuhvaća CTV i SM (eng., safety margin; sigurnosna margina) te se njegove vrijednosti mogu širiti van anatomskih cjelina i tijela bolesnika (Slika 2.). Bitan pojam u cijelom procesu planiranja zračenja su i organi od rizika (OAR, engl. *organ at risk*). To su zdrava tkiva čija osjetljivost na zračenje može utjecati na planiranje i propisanu dozu. Mogu imati ograničenja za najveću dozu kojoj smiju biti izloženi, srednju vrijednost ili dozno-volumni uvjet. Primjer takvih tkiva su srce, pluća i kralježnična moždina kod radioterapije dojke (8).



Slika 2. Shematski i slikovni prikaz osnovnih volumena kod planiranja radioterapije (GTV - volumen makroskopski vidljivog tumora, CTV - klinički ciljni volumen, PTV - planirani ciljni volumen, SM - sigurnosna margina, OAR - organi od rizika)

Za praćenje položaja, ali i pomaka bolesnika na linearnom akceleratoru koristi se MV CBCT, elektronski sustav za portalne slike EPID te radna stanica. Prije terapije, dok je bolesnik u položaju za zračenje, MV CBCT-om se napravi CT snimka bolesnika. Linearni akcelerator, prije same terapije, ozrači ciljno područje kako bi se vidjela 3D slika položaja bolesnika. Stativ linearnog akceleratora se rotira za 200^{o} (od 110^{o} do 270^{o}). Za svaki stupanj od 200^{o} napravi se jedna slika. Rezultat je 3D slika koja se uspoređuje sa CT slikom dobivenom prije same terapije. Uređaj sam radi izračune za pomake u sve tri osi zamišljenog

koordinatnog sustava. Vidljivi pomaci se očitavaju u programu Mosaiq i mogu poprimiti negativne i pozitivne vrijednosti za svaku od osi. Iz programa je za svakog bolesnika u istraživanju očitana vrijednost pomaka koja predstavlja i korekciju položaja prije svake pojedine radioterapije (7).

Kod bolesnika u ovom radu, radioterapija se provodi kao neoadjuvantna tijekom 5 dana ili adjuvantna tijekom 25 do 28 radnih dana. Doze koje se primjenjuju kod karcinoma rektuma iznose 45 Gy podijeljenih u 25 dnevnih frakcija po 1,8 Gy, nakon čega slijedi doza na samo ležište tumora koja se provodi 3 dana po 1,8 Gy (7, 9). Pri neoadjuvantnoj terapiji doza je 25 Gy podijeljena u 5 dana po 5 Gy. Bolesnici s rektalnim karcinomom postavljaju se u potrbušni položaj na *bellyboard.* Zbog nesvakidašnjeg položaja i različite konstitucije bolesnika dolazi do pomaka pri radioterapiji. Iako se na početku terapije naprave oznake na koži, tijekom dugotrajne terapije dolazi do pomaka same kože bolesnika pa te oznake postaju neprecizne. Zbog pomaka i pogrešaka pri pozicioniranju bolesnika napisan je „Protokol za zračenje na *bellyboardu*“. Prema tom protokolu prvih 5 dana se provodi kontrola položaja prije samog zračenja. Bolesnik se postavlja u što idealniji položaj za zračenje, pritom pazeći na udobnost položaja za bolesnika te što manju izloženost okolnog zdravog tkiva (10). Nakon toga se položaj bolesnika kontrolira jednom tokom svakih 5 sljedećih terapija kako bi se izbjegli veliki pomaci. Svrha ovakvog zračenja i kontrole položaja je skratiti vrijeme trajanja dnevne terapije, ali i dovesti bolesnika u što idealniji položaj tijekom prvih 5 dana simuliranja.

4.4. Statističke metode

U osnovnom pregledu i obradi podataka, kao i u grafičkom prikazu vrijednosti koristit će se metode deskriptivne statistike. Srednje vrijednosti kontinuiranih varijabli bit će izražene aritmetičkom sredinom i standardnom devijacijom za normalno distribuirane varijable, a za ostale medijanom i granicama interkvartilnog raspona. Razlike numeričkih varijabli između dviju nezavisnih skupina bit će testirane Studentovim t testom za parametrijsku te Mann-Whitneyevim U testom za neparametrijsku razdiobu. Povezanost normalno raspodijeljenih numeričkih varijabli bit će ocijenjena Pearsonovim koeficijentom korelacije r, a u slučaju odstupanja od normalne raspodjele Spearmanovim koeficijentom korelacije ρ. Za statističku analizu koristit će se računalni program MedCalc (inačica 16.2.0, MedCalc Software bvba, Ostend, Belgija) i SPSS (inačica 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) (11, 12).

Kako klasičnim statističkim metodama nije moguće izračunati značajnost pomaka u SM, koristi će se van Herkova formula.

Zbog postojanja nesigurnosti prilikom ozračivanja bolesnika, u plan zračenja se uključuju margine. One osiguravaju ozračivanje većeg područja oko ciljnog volumena tumora kako bi se osigurala predaja propisane doze. Sigurnosne margine osiguravaju 90 % vjerojatnosti da će ciljni volumen tumora dobiti barem 95 % propisane doze zračenja i predstavljaju sigurnost da će tumor dobiti potrebnu dozu zračenja te sprječavaju nepotrebno ozračivanje okolnog zdravog tkiva koje nastaje posljedično pomaku bolesnika pri radioterapiji. Izračunavaju se van Herkovom formulom (13, 14):

$$\mathbf{SM = 2{,}5SDse + 0{,}7SDre}$$

se – sustavna pogreška; određuje se kao srednje odstupanje tijekom terapije od planiranog položaja

re – slučajna pogreška; određuje se kao odstupanje svakog pojedinog mjerenja od srednje vrijednosti

SDse – standardna devijacija sustavne pogreške

SDre – standardna devijacija slučajne pogreške

SM – sigurnosna margina (engl. *safety margin*)

5. REZULTATI

Istraživanje je provedeno na 748 ispitanika koji su slučajno odabrani te su podvrgnuti procesu radioterapije u zadanom razdoblju. Njih 77 je zračilo područje zdjelice i zadovoljilo sve kriterije, 54 (70,13 %) muškarca i 23 (29,87 %) žene. Medijan dobi ispitanika iznosio je 67 godina (interkvartilnog raspona 60 i 72), gdje je najmlađi bolesnik imao 42 godine, a najstariji 82 godine. Adjuvantnu radioterapiju je primilo 49 (63,63 %), a neoadjuvantnu 28 ispitanika (36,36 %). Promatrani vremenski period bio je od 2004. do 2017. godine, međutim Zavod za onkologiju nabavio je tvornički *bellyboard* tek u studenom 2015., do kada su se bolesnici zračili na improviziranom pomagalu. Tvornički *bellyboard* koristio se pri zračenju kod 25 (32,47 %) ispitanika, a na improviziranom je ozračeno njih 52 (67,53 %). Prema protokolu o zračenju, ispitanici bi trebali imati kontrolu terapijskog položaja prije svake terapije prvih pet dana, a nakon toga jednu kontrolu pomoću 2 portalne slike EPID-om ili slika nastalih jednom rotacijom CBCT-a oko bolesnika (oko 600 slika), u sljedećih pet terapija. Ovaj kriterij je uspjelo ispuniti 75 (97,4 %) ispitanika, samo 2 (2,6 %) ispitanika su propustila jednu kontrolu položaja u početnih pet dana zbog tehničkih problema na simulatoru.

Tablica 1. Pomak ispitanika po vertikalnoj, lateralnoj i longitudinalnoj osi iskazan u milimetrima (mm) i prikazan srednjom vrijednosti, standardnom devijacijom i maksimalnim pomacima na negativnu i pozitivnu stranu osi

	pomak		
	vertikalni	**lateralni**	**longitudinalni**
srednja vrijednost	4,7	3,7	3,5
standardna devijacija	4,2	3,5	3,5
maksimalni (-) pomak	-26	-22	-17
maksimalni (+) pomak	23	24	11

Kod ispitanika je mjeren pomak po vertikalnoj, lateralnoj i longitudinalnoj osi te su izračunati srednja vrijednost, standardna devijacija i maksimalni pomaci u oba smjera od osnovne osi. Iznos maksimalnog (-) pomaka se u tablici odnosi na kretanje u smjeru negativnog dijela osi, dok maksnimalni (+) pomak se odnosi na kretanje u smjeru pozitivnog dijela osi (Tablica 1.). Vrijednost minimalnog pomaka za ispitanika je 0, tj. pomaka ispitanika

ni nema. Vertikalna os je zamišljena kao pravac koji prolazi kroz ispitanika, a usmjeren je od stropa prema podu gdje je svaki pozitivan pomak onaj koji je usmjeren prema stropu, a negativan koji je usmjeren prema podu. Longitudinalna os je zamišljeni pravac koji je usmjeren od glave ispitanika prema stopalima gdje je pozitivan pomak prema stopalima, a negativan prema glavi, dok je lateralna os pravac koji je usmjeren od lijeve prema desnoj strani ispitanika gdje je pomak ulijevo prikazan pozitivnim otklonom, a udesno negativnim.

Tablica 2. Pomak ispitanika na starom i novom *bellyboardu* po vertikalnoj, lateralnoj i longitudinalnoj osi iskazan u milimetrima (mm) i prikazan srednjom vrijednosti, standardnom devijacijom i maksimalnim pomacima na negativnu i pozitivnu stranu osi

	pomak na starom *bellyboardu*			**pomak na novom *bellyboardu***		
	vertikalni	**lateralni**	**longitudinalni**	**vertikalni**	**lateralni**	**longitudinalni**
srednja vrijednost	5,1	3,6	3,5	4,3	3,8	3,6
standardna devijacija	4,4	3,8	3,7	3,7	3,1	3,1
maksimalni (-) pomak	-26	-22	-17	-23	-12	-15
maksimalni (+) pomak	23	17	11	18	24	13

Ispitan je pomak na novom i starom pomagalu (*bellyboardu*) u sve tri osi te prikazan srednjom vrijednosti, standardnom devijacijom i maksimalnim pomacima (Tablica 2.). U iznosima srednje vrijednosti je zamijećena značajna razlika u pomaku samo u vertikalnoj osi u korist novog pomagala (4,3 mm u odnosu na 5,1 mm). Vrijednosti standardne devijacije su veće kod starog pomagala u sve tri osi (4,4 mm u odnosu na 3,7 mm u vertikalnoj osi, 3,8 mm u odnosu na 3,1 mm u lateralnoj osi i 3,7 mm u odnosu na 3,1 mm u longitudinalnoj osi).

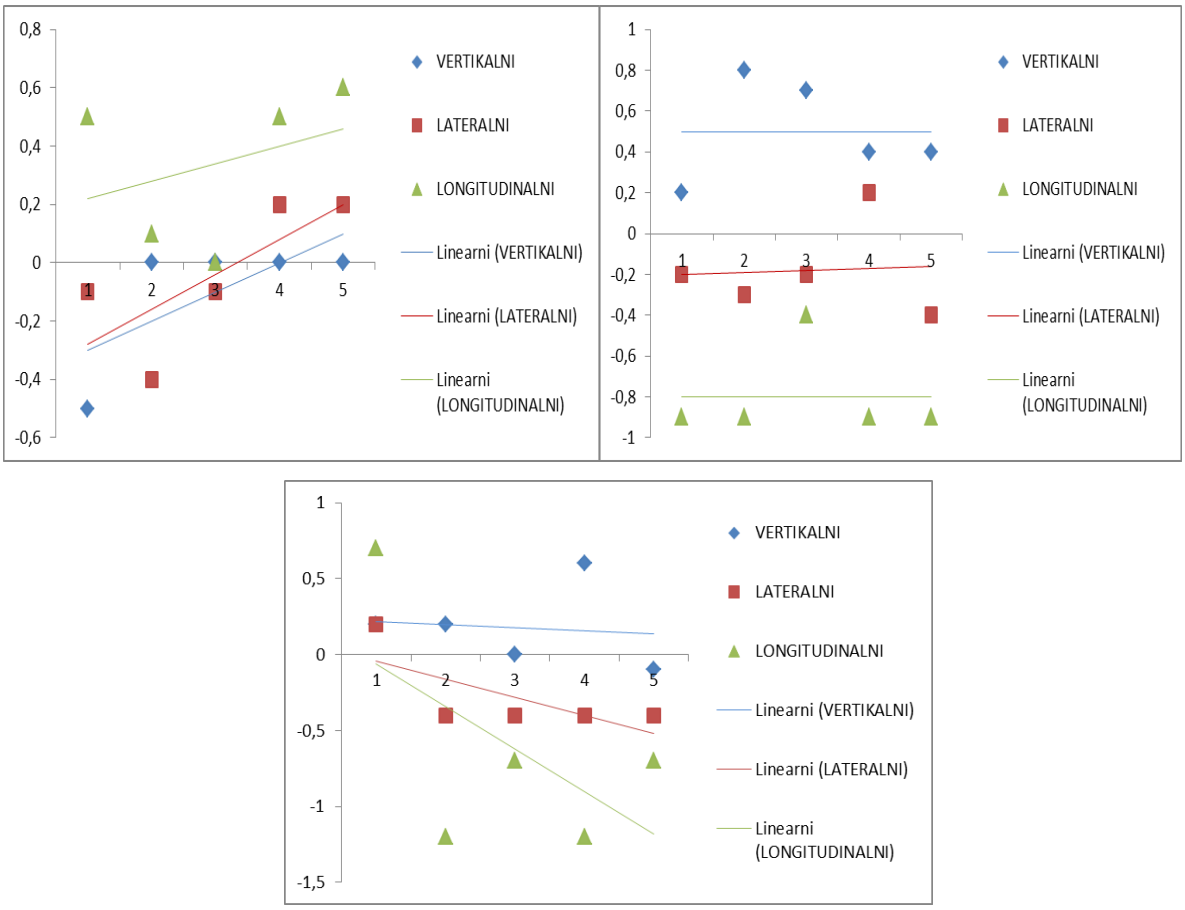
Tablica 3. Prikaz broja ispitanika u razdoblju od 2004. do 2009. te 2011. do 2017. godine iskazan numeričkom vrijednosti i postotkom

godina	**2004.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	
broj ispitanika	1	3	2	3	4	2	
postotak	1,3 %	3,9 %	2,6 %	3,9 %	5,19 %	2,6 %	
godina	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**
broj ispitanika	6	5	5	10	9	21	6
postotak	7,79 %	6,49 %	6,49 %	12,99 %	11,69 %	27,27 %	7,79 %

Tablica 4. Broj ispitanika podijeljen po godinama i vrsti terapije (neoadjuvantna i adjuvantna) iskazan numeričkom vrijednošću i postotkom

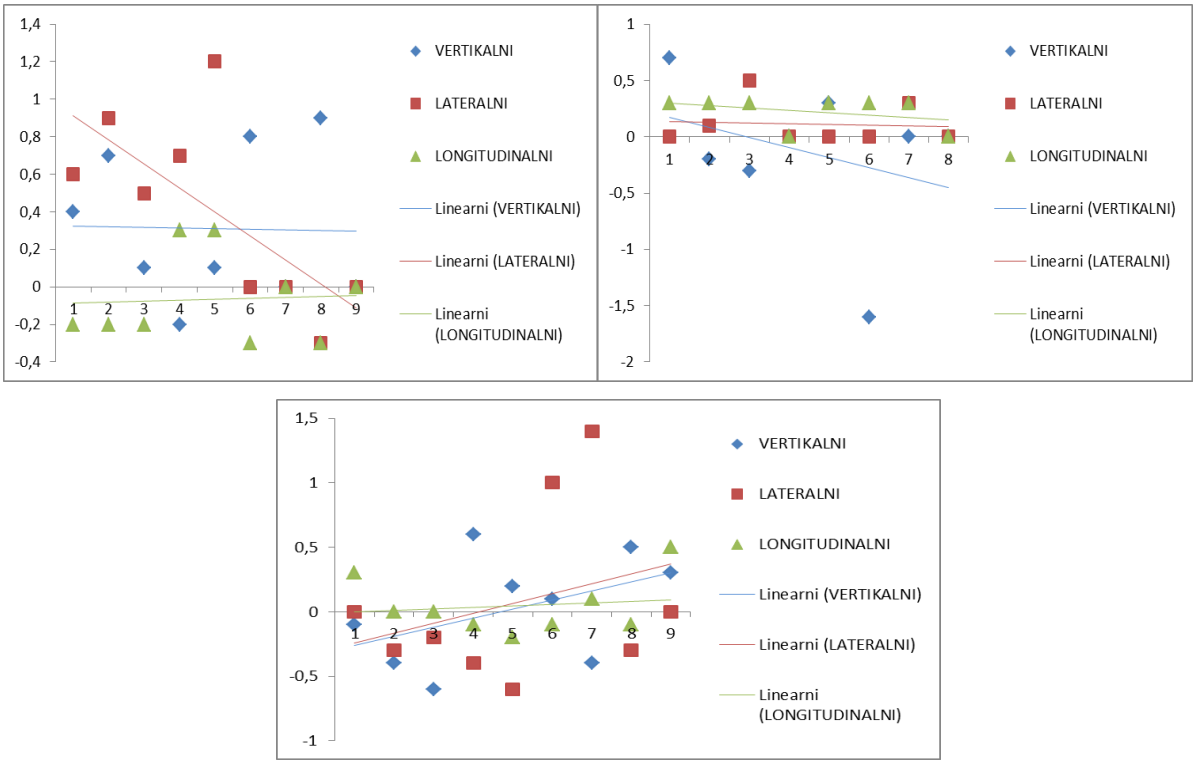
	adjuvantna terapija						
godina	**2004.**	**2005.**	**2006.**	**2007.**	**2008.**	**2009.**	
broj ispitanika	1	3	2	3	4	2	
postotak	2,04 %	6,12 %	4,08 %	6,12 %	8,16 %	4,08 %	
godina	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**
broj ispitanika	4	4	5	6	5	9	1
postotak	8,16 %	8,16 %	10,20 %	12,24 %	10,20 %	18,37 %	2,04 %
	neoadjuvantna terapija						
godina	**2011.**	**2012.**	**2013.**	**2014.**	**2015.**	**2016.**	**2017.**
broj ispitanika	2	1	0	4	4	12	5
postotak	7,14 %	3,57 %	0,00 %	14,29 %	14,29 %	42,86 %	17,86 %

Ispitanici su praćeni u dva razdoblja, od 2004. do 2009. te od 2011. do 2017. godine. Svi ispitanici nisu zadovoljili zadane kriterije u svakoj praćenoj godini pa ni njihova raspodjela nije ravnomjerna (Tablica 3.). Ispitanici u prvom razdoblju su liječeni samo adjuvantnom radioterapijom, dok su u drugom razdoblju kombinirane adjuvantna i neoadjuvantna terapija. Zamjećuje se da je najviše bolesnika zadovoljilo kriterije istraživanja u 2016. godini. Dobra simulacija, tj. namještanje prije same radioterapije, te godine je uključivalo 21 ispitanika - 9 ispitanika na adjuvantnoj terapiji (18,37 %) i 12 ispitanika na neoadjuvantnoj terapiji (42,86 %), (Tablica 4.).



Slika 3. Prikaz vremenskog trenda kod 3 ispitanika liječenih neoadjuvantnom terapijom u vertikalnom, lateralnom i longituadinalnom smjeru

Kod namještanja bolesnika se traži idealan položaj za zračenje, koji ne mora uvijek biti i najudobniji. Svaki bolesnik će se tijekom terapije pokušati namjestiti u sebi udoban položaj i tako načiniti pomak. Zbog građe pomagala za pozicioniranje, svi bolesnici bi se trebali pomicati u istom smjeru i tražiti mjesto gdje je pomagalo najdeblje, a ujedno i najudobnije. Ispitivanjem vremenskog trenda pri pomaku bolesnika pokušao se naći pravac koji bi pokazao po kojem se pravilu bolesnici pomiču tokom terapije. Kod ispitanika nije zamijećena pravilnost pri pomicanju ni u jednoj osi. Također, ne postoji zamjetna pravilnost u vremenskom trendu kod adjuvantne i neoadjuvantne terapije (Slika 3. i 4.).



Slika 4. Prikaz vremenskog trenda kod 3 ispitanika liječenih adjuvantnom terapijom u vertikalnom, lateralnom i longituadinalnom smjeru

Tablica 5. Iznos sigurnosnih margina u milimetrima (mm) za sve ispitanike razvrstanih prema vrsti terapije i *bellyboardu*

	ukupno		
sigurnosne margine	**vertikalno**	**lateralno**	**longitudinalno**
iznos u mm	**7,7**	**6,9**	**8,1**

	vertikalno	lateralno	longitudinalno	vertikalno	lateralno	longitudinalno
sigurnosne margine	**adjuvantna**			**neoadjuvantna**		
iznos u mm	7	7	7	8	6	8
	stari *bellyboard*			**novi *bellyboard***		
iznos u mm	8	7	9	7	6	7

Sigurnosne margine izračunate su za sve osi i ispitanike zajedno, dok su za nova i stara pomagala te za svaku vrstu terapije izračunate zasebno (Tablica 5.).

Tablica 6. Iznos statističke značajnosti (p) za odnos sve tri osi s dobi i spolom bolesnika

	pomak		
	vertikalni	**lateralni**	**longitudinalni**
dob	0,01	0,00	0,90
spol	0,6	0,52	0,06

Ispitana je vjerojatnost pomaka po osima i njihova povezanost s dobi i spolom. T-testom za ovisne uzorke smo dobili vrijednost $p < 0,05$ za pomak u vertikalno i lateralnoj osi u odnosu na dob, dok je vrijednost u longitudinalnoj osi veća od 0,05. Prema tome možemo zaključiti da je pomak u vertikalnoj i lateralnoj osi povezan s dobi bolesnika.

6. RASPRAVA

U ovom istraživanju ispitane su nove geometrijske nesigurnosti koje nastaju zbog pomaka bolesnika zračenih linearnim akceleratorom, što bi u budućnosti moglo doprinijeti korigiranju dozimetrijskih nesigurnosti. Kod bolesnika je trebalo zadovoljiti određene kriterije kako bi ušli u istraživanje. Prvi kriterij je bila provedena korekcija položaja prvih 5 uzastopnih dana terapije. Drugi kriterij nalaže da se u prvih 5 dana simulacije nisu dogodila 2 slučaja u kojima nije bilo nikakvog pomaka u sve 3 osi (zbog male vjerojatnosti da će radiološki tehničar uspjeti dva dana jednako namjestiti bolesnika ili u slučaju greške u samom programu za kontrolu pomaka, tolerira se da se pojave vrijednosti pomaka nula u 3 osi u jednom slučaju u prvih pet dana terapije). Treći kriterij govori da pojedinačni pomak po osima ne smije iznositi više od 3 cm jer bi to značilo promašaj ciljanog tumora (mete). Ta vrijednost, od 3 cm, preuzeta je iz ranijih studija gdje je zabilježeno kako je bolesnica s umjetnim kukom, prekomjerne tjelesne mase i starije životne dobi imala pomak od 3 cm. Preostali ciljni volumeni su ostali zadovoljavajući kako bi se mogao čitav tumor ozračiti potrebnom dozom (7). Druga važna stavka zašto se uzela ta vrijednost je i sam promjer debelog crijeva i veličine tumora. Na primjer, kod tumora prostate se ta vrijednost smanjuje na 2 centimetra zbog veličine prostate i njezinog smještaja. Zadnji kriterij je puna planirana doza koju su bolesnici trebali primiti tokom terapije, tj. ne smije se dogoditi da bolesnik odustane od terapije prvog tjedna terapije ili egzitira. Pomaci bolesnika koji su izmjereni za vrijeme terapije prikazani su u Tablici 1., a sigurnosne margine u Tablici 5., i uspoređene su s drugim studijama (7, 13, 15-21). Na osnovi mjerenja je vidljivo da su pogreške najveće u longitudinalnom smjeru, što je dokazano u drugim studijama, ali i očekivano zbog specifičnog položaja bolesnika u pomagalu.

Vrijednosti SM-a koje se prikazane u Tablici 5. uspoređene su međusobno ovisno o vrsti terapije i pomagala. Uspoređene su i sa studijom provedenom nekoliko godina ranije na istom zavodu (7, 13, 15, 16, 21). Sveukupne sigurnosne margine za bolesnike zračene u razdoblju od 2004. do 2017. godine iznose 7,7 mm u vertikalnoj, 6,9 mm u lateralnoj te 8,1 mm u longitudinalnoj osi. Uočene su male razlike između sigurnosnih margina kod adjuvantne i neoadjuvantne terapije. Sigurnosne margine kod adjuvantne terapije u svim osima iznose 7 mm, a kod neoadjuvantne 6 mm u lateralnoj, a 8 mm u vertikalnoj i longitudinalnoj osi. Značajnije razlike su uočene kod zračenja na starom u odnosu na novi *bellyboard.* Sigurnosne margine kod starog *bellyboarda* iznose 8 mm u vertikalnoj osi, 7 mm u lateralnoj i 9 mm u longitudinalnoj osi, dok kod novog *bellyboarda* iznose 7, 6 i 7 mm, što

je u konačnici manji pomak na novog *bellyboarda* od 1 mm u vertikalnoj i lateralnoj osi, odnosno 2 mm u longitudinalnoj.

U odnosu na prethodno istraživanje provedeno u istoj okolini i uvjetima (7, 13, 15, 16), značajnije je smanjenje SM po vertikalnoj osi za 2 mm. U odnosu na studiju Kasabašića M. (7, 13, 15, 16), ovim istraživanjem zabilježeno je da su potrebne SM koje su manje za 1, 1,5 i 2 mm ako se uzmu vrijednosti SM bolesnika ove studije zračenih na novom *bellyboardu*, jer je u prethodno navedenoj studiji korišten isključivo stari *bellyboard.* U usporedbi s novijim rezultatima iz istraživanja Waltera F. i sur., ne postoji veće odstupanje u slučajnoj pogrešci za područje zdjelice (20). S obzirom da u tom istraživanju nisu objavljeni podatci potrebni za izračunavanje SM, nije moguće ni usporediti iznose SM-a. Prema studiji Verheya L. J. iz 1995. godine, margine bi trebale iznositi oko 5 mm (21). Vrijednosti istraživanja ove studije značajno odstupaju od navedenih vrijednosti, iako se koriste moderniji linearni akceleratori i udobnija pomagala. Vrijednosti najboljih SM odstupaju u prosjeku 2 mm po svakoj osi. U dijelu svog rada, Vanasek i sur. ispituju odstupanje položaja bolesnika od idealnog. Ti rezultati se poklapaju s rezultatima ovog istraživanja u kojem se koristi samo novi *bellyboard*. SM bi, prema tom radu, trebale iznositi 6 mm u lateralnoj i vertikalnoj osi, dok bi u longitudinalnoj trebale iznositi od 6 do 8 mm, što se razlikuje od ovog istraživanja samo u 1 mm više u vertikalnoj osi (23). U odnosu na nacionalne smjernice Velike Britanije koje su ispitane na sveučilištu Oxford, autor smjernica Muirhead R. navodi kako nije bitna veličina SM, već prvo treba procijeniti stadij tumora pa se prema tome određuje SM. Kod tumora niskog stadija na vrijednost GTV-a dodaje se 15 mm margina, odnosno na vrijednost CTV-a 10 mm SM, kako bi se dobio PTV. U slučaju da je tumor lokalno invadirao, na vrijednost GTV-a se dodaje 25 mm, tj. 10 mm SM. Prema tome, prvo treba gledati stadij tumora, prema stadiju namještati GTV, CTV i PTV (s PTV-om se odmah namjesti i SM), a vrijednost SM je u svim slučajevima dovoljna 10 mm. Kako u ovom istraživanju nije bilo moguće pratiti sve navedene vrijednosti, oslanjamo se samo na SM. Izračunata vrijednost SM za sve prikazane slučajeve je zadovoljavajuća i odgovara smjernicama europskih država (24).

7. ZAKLJUČAK

Kako bi se iskoristile prednosti suvremenih sustava i pomagala, potrebno je zadržati ciljeve, tj. imati dovoljnu pokrivenost izodozom ciljnih volumena tumora (GTV, CTV, PTV) prilikom provođenja cijelog procesa terapije. Pametno planiranje zahtijeva racionalno razmišljanje tijekom procesa planiranja uz pridržavanje protokola planiranja. Uspješna radioterapija zahtijeva pouzdano i reproducibilno pozicioniranje bolesnika na linearnom akceleratoru u odnosu na CT snimku napravljenu prije same terapije. Za postizanje tog cilja potrebni su znatni napori i uigranost cijelog tima. Nabavkom novog *bellyboarda* smanjene su sigurnosne margine pri zračenju tumora u području zdjelice. Zadovoljavajući rezultati radioterapije dobiveni su precizno određenim, dobro isplaniranim dozama koje su predane bolesniku tijekom terapije. Za ostvarivanje željenih rezultata uz kvalitetnu opremu potrebno je pratiti što se događa s bolesnikom tijekom terapije te redovito pratiti i korigirati pomak bolesnika i ukloniti dozimetrijske nesigurnosti (25, 26). Iako je istraživanjem dokazano da nova pomagala dovode do smanjenja SM-a, kako bi se te vrijednosti približile europskim istraživanjima, potrebna je bolja suradnja te komunikacija između onkologa, medicinskih fizičara i radioloških tehničara (25).

Na temelju rezultata ovoga istraživanja mogu se izvesti sljedeći zaključci:

1. Postoji razlika u pomaku bolesnika s obzirom na korištenje pomagala.

2. Dokazana je statistički značajna razlika u vrijednostima SM-a s obzirom na korištenje pomagala.

3. Postoji statistički značajna povezanost dobi bolesnika u odnosu na pomak na pomagalo u sve 3 osi ($p < 0,05$), (Tablica 6.).

4. Utjecaj spola bolesnika s obzirom na pomak na pomagalu nije moguće dokazati u ovom istraživanju (Tablica 6.).

8. SAŽETAK

CILJ ISTRAŽIVANJA. Ispitati postoji li razlika u pomaku bolesnika s obzirom na korištenje pomagala, ispitati postoji li razlika u sigurnosnim marginama s obzirom na korištenjem pomagala te postoji li povezanost dobi i spola bolesnika i pomaka na pomagalu.

USTROJ STUDIJE. Presječna studija.

ISPITANICI I METODE. Istraživanjem se obuhvatilo ispitanike koji su liječeni na Zavodu za onkologiju, Kliničkog bolničkog centra Osijek. Potrebni podatci su dobiveni iz računalnog programa koji se koristi na Zavodu. Podatci su obuhvatili razdoblja od 2004. do 2009. te od 2011. do 2017. godine. Bolesnici su do 2015. godine bili pozicionirani u radioterapijski položaj pomoću starijih pomagala za fiksiranje bolesnika, dok se od 2015. koristi suvremeno pomagalo, tvornički *bellyboard*.

REZULTATI. Izmjereni pomak kod bolesnika izražen srednjom vrijednošću i standardnom devijacijom iznosio je 4,7 i 4,2 u vertikalnoj osi, dok je u lateralnoj iznosio 3,7 i 3,5 te 3,5 i 3,5 u longitudinalnoj osi. Maksimalni pomaci u vertikalnoj osi iznose -26 i 23 mm, u lateralnoj -22 i 24 mm te u longitudinalnoj -17 i 11. Na temelju tih vrijednosti izračunate su sigurnosne margine koje iznose 7,7, 6,9 i 8,1 mm.

ZAKLJUČAK. Postoji razlika u pomaku bolesnika s obzirom na korištenje pomagala. Dokazana je i statistički značajna razlika u vrijednostima SM-a s obzirom na korištenje pomagala te postoji statistički značajna povezanost dobi bolesnika u odnosu na pomak na pomagalo u sve 3 osi ($p < 0,005$). Utjecaj spola bolesnika s obzirom na pomak na pomagalu nije moguće dokazati u ovom istraživanju.

KLJUČNE RIJEČI. *bellyboard;* pomak; radioterapija; sigurnosne margine

9. SUMMARY

VERIFICATION OF THE PATIENT'S POSITIONING DURING RADIOTHERAPY

OBJECTIVES. The goal of this research was to investigate whether there is a difference in patient's mobility with regard to the use of the bellyboard and to examine whether there is a difference in safety margins with regard to the use of this aid. Also, we wanted to determine if there is a correlation between the age and sex of the patient with the deviation on the bellyboard.

STUDY DESIGN. Cross-sectional study.

PARTICIPANTS AND METHODS. The study included subjects who were treated at the Institute of Oncology, Osijek Clinical Hospital Center. The required data is obtained from the computer program used at the Department. The data included the periods from 2004 to 2009 and from 2011 to 2017. Patients were positioned in the radiotherapy position to 2015 with older patient fixing aids, while a modern bellyboard aids is being used since 2015.

RESULTS. The measured deviation in patients with mean value and standard deviation was 4.7 and 4.2 in the vertical axis, while in the lateral axis was 3.7 and 3.5. In the longitudinal axis the deviation was 3.5 and 3.5. The maximum vertical axis displacements were -26 and 23 mm, lateral -22 and 24 mm, and longitudinal -17 and 11 mm. Based on these values, the safety margins are 7,7, 6,9 and 8,1 mm.

CONCLUSION. There is a difference in patient's mobility with regard to the use of the bellyboard. There was also a statistically significant difference in SM values with respect to the use of the aids and a statistically significant correlation between the age of the patient and the deviation on the bellyboard in all 3 axes ($p < 0.005$). The influence of the sex of the patient with regard to the shift on the bellyboard can not be proven in this research.

KEY WORDS. bellyboard; deviation; radiotherapy; safety margins

10. LITERATURA

1. Šamija M, Krajina Z, Purišić A. Radioterapija. Zagreb: Nakladni zavod globus, Klinika za tumore, Hrvatska liga protiv raka; 1996.
2. Vrdoljak E, Šamija M, Kusić Z, Petković M, Gugić D, Krajina Z. Klinička onkologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2013.
3. Mayles P, Nahum A, Rosendwald JC. Handbook of radiotherapy physics. New York: Taylor & Francis group; 2007.
4. Krajna Z. Radioterapija - radiobiološke i fizikalne osnove, primjena u liječenju raka dojke[stručni rad]. Zagreb: Medicinski vjesnik; 1999;31(1-4)97-106.
5. Jukić S, Damjanov I. Opća patologija. Zagreb: Medicinska naklada; 2002.
6. Marušić M, i sur. Uvod u znanstveni rad u medicini. 4. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2008.
7. Kasabašić M. Dozimetrijske nesigurnosti tijekom radioterapije zdjelice megavoltnim fotonskim snopovima linearnog akceleratora[disertacija]. Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Medicinski fakultet Osijek; 2014.
8. Burnet NG, Thomas SJ, Burton KE, Jefferies SJ. Defining the tumor and target volume for radiotherapy. Can Img. 2004;4:153-161.
9. Niemierko A. Reporting and analyzing dose distributions: a concept of equivalent uniform dose. Med Phy. 1997;24:103-110.
10. Knoos T, Kristensen I, Nilsson P. Volumetric and dosimetric evaluation of radiation treatment plans: radiation conformity index. Int J Radiat Biol Phys. 1998;42(5)1169-76.
11. Horvat J, Mijoč J. Osnove statistike. 2. izd. Zagreb: Naklada Ljevak; 2012.
12. Miloševič Z, Bogdanović D. Statisika i informatika u oblastima medicinskih nauka. 1. izd. Niš: Galaksija; 2012.
13. Kasabašić M, Faj D, Belaj N, Faj Z, Tomaš I. Implementing of the offline setup correction protocol in pelvic radiotherapy: safety margins and number of images. Radiol Oncol. 2007;41(1)48-55.
14. van Herk M, Remeijer P, Rasch C, Lebesque JV. The probability of correct target dosage: Dose population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2000;43 1121-1135.

15. Kasabašić M, Ivković A, Tomaš I, Jurković S, Faj D. Influence of routine MV CBCT usage on dose distribution in pelvic radiotherapy. Proceedings od the ninth symposium of the CRPA. Zagreb: Hrvatsko društvo za zaštitu od zračenja; 2013. Str. 295-301.
16. Kasabašić M, Faj D, Smilović Radojčić Đ, Švabić M, Ivković A, Jurković S. Verification of the patient positioning in the bellyboard pelvic radiotherapy. Coll Antropol. 2008;32(2):211-215.
17. Cazzaniga LF, Frigerio M. Errors in positioning the patient during transcutaneous radiotherapy of the pelvis. Radiol Med. 1997;94:664-70.
18. Anjanappa M, Raghavan RK, James FV, Kumar A, Mathews S, Bhaskaran S, i sur. The impact of patient positioning and use of belly board on small bowel toxicity in patients receiving pelvic radiotherapy for gynecological malignancies. J Can Res Ther 2017;13:519-23.
19. Wiesendanger-Wittmer EM, Sijtsema NM, Muijs CT, Beukema JC. Systematic review of the role of a belly board device in radiotherapy delivery in patients with pelvic malignancies. Radiother Oncol. 2012;102(3):325–34.
20. Walter F, Freislederer P, Belka C, Heinz C, Söhn M, Roeder F. Evaluation of daily patient positioning for radiotherapy with a commercial 3D surface-imaging system (Catalyst™). Radiation Oncology. 2016;11:154. Preuzeto s: https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-016-0728-1. Datum pristupa: 5.6.2018.
21. Verhey LJ. Immobilizing and positioning patients for radiotherapy. Scien Dir. 1995; 5:100-114.
22. Jurković S, Švabić M, Diklić A, Smilović Radojčić Đ, Dundara D, Kasabašić M, i sur. Reinforcing of QA/QC programs in radiotherapy departments in Croatia: Results of treatment planning system verification. Medical dosimetry. 2013;38(1)100-104.
23. Vanasek J, Odrazka K, Dolezel M, Dusek L, Jarkovsky J, Hlavka A, i sur. Searching for an Appropiate Image-guide Radiotherapy Method in Prostate Cancer – Implications for Safety Margin. 2014:100;518-23.
24. The CRUK/MRC Oxford Institute for Radiation Oncology, Oxford, UK. NATIONAL GUIDLANCE FOR IMRT IN ANAL CANCER.
Dostupno na adresi: http://analimrtguidance.co.uk/national-anal-imrt-guidance-v3.pdf
Datum pristupa: 10.6.2018.

25. Švabić M, Jurković S, Faj D, Kasabašić M, Smilović Radojčić Đ, Ivković A. Practices of Radiotherapy Equipment Quality Control in Radiotherapy Centres in Croatia. Coll Antropol. 2008;32(2):217-219.
26. Koeck J, Kromer K, Lohr F, Baack T, Siebenlist K, Mai S, Büttner S, Fleckenstein J, Wenz F. Small bowel protection in IMRT for rectal cancer: a dosimetric study on supine vs. prone position. Strahlenther Onkol. 2017;193(7):578–88.

11. ŽIVOTOPIS

Opći podatci:

- Datum i mjesto rođenja: 6.svibnja 1990., Osijek, Republika Hrvatska
- Adresa stanovanja: Zrinske gore 17, Osijek, Republika Hrvatska
- Telefon: +385 99 504 7112
- e-mail: dino_belic@hotmail.com

Školovanje:

- od 2009.: Medicinski fakultet Osijek
- 2005. - 2009.: Prirodoslovno-matematička (III.) gimnazija Osijek

Nagrade:

- Nagrada za najbolju poster prezentaciju 2015., MediCon, Tuzla, Bosna i Hercegovina
- Dekanova nagrada, 2016.

Ostale aktivnosti:

- Sudjelovanje na 2. Ljetnoj školi intervencijske radiologije i invazivne kardiologije, Rijeka, 2017.
- Sudjelovanje na Festivalu znanosti, Osijek, 2017.
- Sudjelovanje na Tečaju znanja i vještina, u organizaciji EMSA, tijekom akademskih godina 2017./2018..
- Član VK „Iktus“ od 2003.
- Višestruki državni prvak i osvajač medalja na državnim prvenstvima u veslanju

Sudjelovanje na kongresima i sažeci:

- Comorbidity: Cardiovascular Diseases Among Psychiatric Patients, MediCon, Tuzla, Bosna i Hercegovina, 2015.
- Severe Haemorrhage and Transfusion in Obstetrics and Gynecology, SaMed, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2016.
- “Dirty" Money: Myth or Reality, SaMed, Sarajevo, Bosna i Hercegovina, 2016.