

**UNIVERSITATEA „BABEȘ-BOLYAI” CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE FIZICĂ
SPECIALIZAREA FIZICĂ MEDICALĂ**

LUCRARE DE LICENȚĂ

Conducător științific:

Prof. Dr. Leontin David

Coordonator științific:

Drd. Sălăgean Ghizela-Ana-Maria

Absolvent:

Nedelka Nóra-Boglárka

2023



UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI
BABEȘ-BOLYAI TUDOMÁNYEGYETEM
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITÄT
BABEȘ-BOLYAI UNIVERSITY

FACULTATEA DE FIZICĂ
Str. Mihail Kogălniceanu nr.1
Cluj-Napoca, RO-400084
Tel: +4(0)264-405300 | FAX: +4(0)264-591906
secretariat.phys@ubbcluj.ro
www.phys.ubbcluj.ro



**Universitatea „Babeș-Bolyai” Cluj Napoca
Facultatea de Fizică
Specializarea Fizică Medicală**

Lucrare de Licență

**Indici de Conformitate și de Omogenitate în
Radioterapia Cancerului de Sân utilizând tehnicile
3D-CRT, IMRT și VMAT**

Conducător științific:

Prof. Dr. Leontin David

Coordonator științific:

Drd. Sălăgean Ghizela-Ana-Maria

Absolvent:

Nedelka Nóra-Boglárka

2023

Abstract

În lucrarea mea am vorbit despre cancerul de sân și despre tratamentul acestuia prin radioterapie. În cadrul lucrării am avut în vedere studiul retrospectiv al tehnicilor de iradiere utilizate în cadrul tratamentului pentru pacientele cu cancer mamar cu localizare pe partea dreaptă. Am evaluat tehnicile de iradiere cât și indicii de conformitate și omogenitate al distribuției dozei.

Cancerul se dezvoltă în timpul unei mutații celulare și, datorită diviziunii rapide, crește în dimensiuni într-o perioadă scurtă de timp, răspândindu-se în tot corpul și extinzându-se în afara țesutului. Examenul mamar, mamografia, ecografia mamară și biopsia sunt folosite pentru a diagnostica cancerul de sân. În cazul în care testele sunt reușite, este posibil să se determine stadiul cancerului.

Utilizăm mai multe forme de tratament, uneori combinate pentru a obține rezultatul potrivit. Tratamentul este chirurgia mamară, de care există mai multe tipuri. Poate să fie îndepărtarea cancerului de sân (lumpectomie), îndepărtarea întregului sân (mastectomie), îndepărtarea unui număr limitat de ganglioni limfatici, îndepărtarea mai multor ganglioni limfatici sau îndepărtarea ambilor sâni. Alte tratamente foarte frecvente includ radioterapia și chimioterapia. Radioterapia utilizează radiații ionice de înaltă energie care afectează nu numai celulele canceroase, ci și celulele sănătoase. În unele cazuri, radioterapia este, de asemenea, utilizată combinat cu intervenția chirurgicală. Pe lângă acestea, se utilizează și hormonoterapie, medicamente de terapie țintite și imunoterapie.

În radioterapie, se folosesc mai multe dispozitive, dintre care unul este acceleratorul liniar medical (LINAC), la care electronii sunt accelerați de impulsuri electromagnetice de înaltă frecvență și apoi direcționați către o țintă, unde sunt decelerați și produc așa-numitele raze X de decelerare sau radiații fotonice. Următorul este Cone Beam Computer Tomograf (CBCT), care face parte din acceleratorul liniar, acționează ca un computer tomograf și, în cele din urmă, Simulator Computer Tomograf-CT sim este utilizat pentru a poziționa punctele de referință, ceea ce ajută la asigurarea faptului că pacientul primește aceeași doză de radiații la fiecare tratament. Pregătirea unui tratament

este unică pentru fiecare pacient. Aceasta necesită o scanare CT și o scanare RMN, care pot fi folosite pentru a determina localizarea și dimensiunea tumorii și organele care trebuie protejate. Rata de dozare se determină pe baza datelor de mai sus. La planificarea tratamentului trebuie să se ia în considerare volume țintă diferite.

Cele mai frecvent utilizate forme de radioterapie sunt CRT 3D, VMAT și IMRT, precum și terapia cu fascicule de electroni. Alegerea tehnicii de iradiere se realizează în funcție de localizarea tumorii și de cât de comunicabil este pacientul.

Abstract

In my dissertation I talked about breast cancer and its treatment by radiotherapy. In this work we have considered the retrospective study of irradiation techniques used in the slow treatment of patients with right-sided breast cancer. We evaluated irradiation techniques as well as dose distribution conformity and homogeneity indices.

Cancer develops during a cell mutation and, due to rapid division, grows in size in a short period of time, spreading throughout the body and extending outside the tissue. Breast examination, mammography, breast ultrasound and biopsy are used to diagnose breast cancer. If the tests are successful, it is possible to determine the stage of the cancer.

We use several forms of treatment, sometimes combined to get the right result. The treatment is breast surgery, of which there are several types. It can be removal of the breast cancer (lumpectomy), removal of the whole breast (mastectomy), removal of a limited number of lymph nodes, removal of several lymph nodes or removal of both breasts. Other very common treatments include radiotherapy and chemotherapy. Radiotherapy uses high-energy ionising radiation that affects not only cancer cells but also healthy cells. In some cases, radiotherapy is also used in combination with surgery. In addition, hormone therapy, targeted therapy drugs and immunotherapy are also used.

In radiotherapy, several devices are used, one of which is the Medical Linear Accelerator (LINAC), in which electrons are accelerated by high-frequency electromagnetic pulses and then directed to a target, where they are decelerated and produce so-called deceleration X-rays or photon radiation. Next is the Cone Beam Computer Tomograph (CBCT), which is part of the linear accelerator, acts as a computer tomograph and finally the Computer Tomograph Simulator-CT sim is used to position the reference points, which helps to ensure that the patient receives the same dose of radiation at each treatment. The preparation of a treatment is unique for each patient. This requires a CT scan and an MRI scan, which can be used to determine the location and size of the

tumour and the organs to be protected. The dosage rate is determined based on the above data. Different target volumes need to be taken into account when planning treatment.

The most commonly used forms of radiotherapy are 3D CRT, VMAT and IMRT, as well as electron beam therapy. The choice of irradiation technique depends on the location of the tumour and how communicable the patient is.

Cuprins

Introducere	9
Capitolul I.....	10
1.1. Descrierea anatomică a sânelui și a cancerului mamar	10
1.1.1.Cancerul Mamar.....	11
1.1.3. Stadializarea cancerului de sân	13
1.2. Tratament cancerului de sân	16
1.2.1. Chirurgia cancerului de sân	17
1.2.2. Radioterapia cancerului de sân.....	18
1.1.3. Chimioterapie.....	19
1.1.4. Terapia hormonală.....	20
1.1.5. Medicamente de terapie țintite	20
1.1.6. Imunoterapie	21
Capitolul II.	22
Descrierea Aparaturii	22
2.1. Acceleratorul liniar medical(LINAC).....	22
2.2. Cone Beam Computer Tomograf(CBCT).....	24
2.3. Simulator Computer Tomograf-CT sim	24
Capitolul III.	26

Realizarea planului de tratament	26
1.3.1. Delimitarea organelor la risc și a volumului țintă	27
1.3.1.1. Specificația dozei	29
1.3.2. Calcularea planului de tratament în funcție de tehnica vizată	30
1.3.2.3. Radioterapie 3d conformațională (3D-CRT).....	30
1.3.2.4. Radioterapie cu intensitate modulată (IMRT).....	31
1.3.2.5. Terapia cu arc modulată volumetric (VMAT).....	32
1.3.2.6. Radioterapie cu fascicule de electroni	33
Capitolul IV.....	34
1.1. Selecția pacienților și interpretarea rezultatelor	34
1.1.1. Planificarea tratamentului de radioterapie cu intensitate modulată.....	38
1.1.2. Planificarea tratamentului de terapie cu arc modulată volumetric	43
V. Concluzie.....	47
VI. Bibliografie.....	48

Introducere

În prezenta lucrare am realizat un studiu retrospectiv pe nouă cazuri în care am evaluat procesul prin care trece un pacient care se încadrează în linia de tratament de radioterapie cu tehnica IMRT sau VMAT. Pe lângă faptul că este adaptată la volumul tumorii în mod similar cu radioterapia conformațională 3D, intensitatea radiației fiecărui fascicul de IMRT este împărțită în segmente mici și modulată în timpul tratamentului de un colimator cu mai multe foi (MLC) atașat la un accelerator liniar. Terapie cu arc modulat volumetric (VMAT) este un tip de radioterapie în care o singură rotație a unui accelerator liniar livrează o doză tridimensională de radiații.

Lucrarea este structurată în patru capitole. Primul capitol cuprinde introducerea și descriere anatomia sânelui, a cancerului mamar, diagnosticarea și stadializarea cancerului, și nu în ultimul rând, tehnicile de tratamente folosite pentru cancerul de sân, cum ar fi chirurgia, chimioterapia, radioterapia, hormonoterapie, medicamente de terapie țintite și imunoterapie. Capitolul doi descrie aparatura medicală utilizată: acceleratorul liniar medical (LINAC), Cone Beam Computer Tomograf (CBCT), respectiv simulator computer tomograf. În capitolul trei sunt descrise celor trei tehnici de iradiere care pot fi utilizate în planificarea tratamentelor: 3D-CRT, IMRT și VMAT. Lângă această am definit indicile de omogenitate și conformitate, respectiv volumele țintă și specificația dozei. Capitolul patru cuprinde analiza celor doi tehnici IMRT și VMAT, modul prin care am realizat planul de tratament, respectiv rezultatele obținute.

Lucrarea se încheie cu o concluzie care conține observațiile și rezultatele obținute prin desfășurarea analizelor.

Capitolul I.

1.1. Descrierea anatomică a sânelui și a cancerului mamar

Sânul reprezintă parte a corpului care este situat pe suprafața frontală a pieptului, între coastele 3-6. Este umplut de glande și țesut adipos, legătura sa cu țesuturile conjunctive este slabă. Mamelonul este situat în partea anterioară a sânelui, în partea de sus are tuburi care conduc glandele mamare, sub care se ramifică 12-15 canale, formând o rețea și este înconjurat de mammae areola pigmentată. Zona mamelonului este acoperită cu mușchi neted, care se contractă atunci când este stimulat. Acesta primește alimentarea cu sânge de la o arteră intercostală. [1]

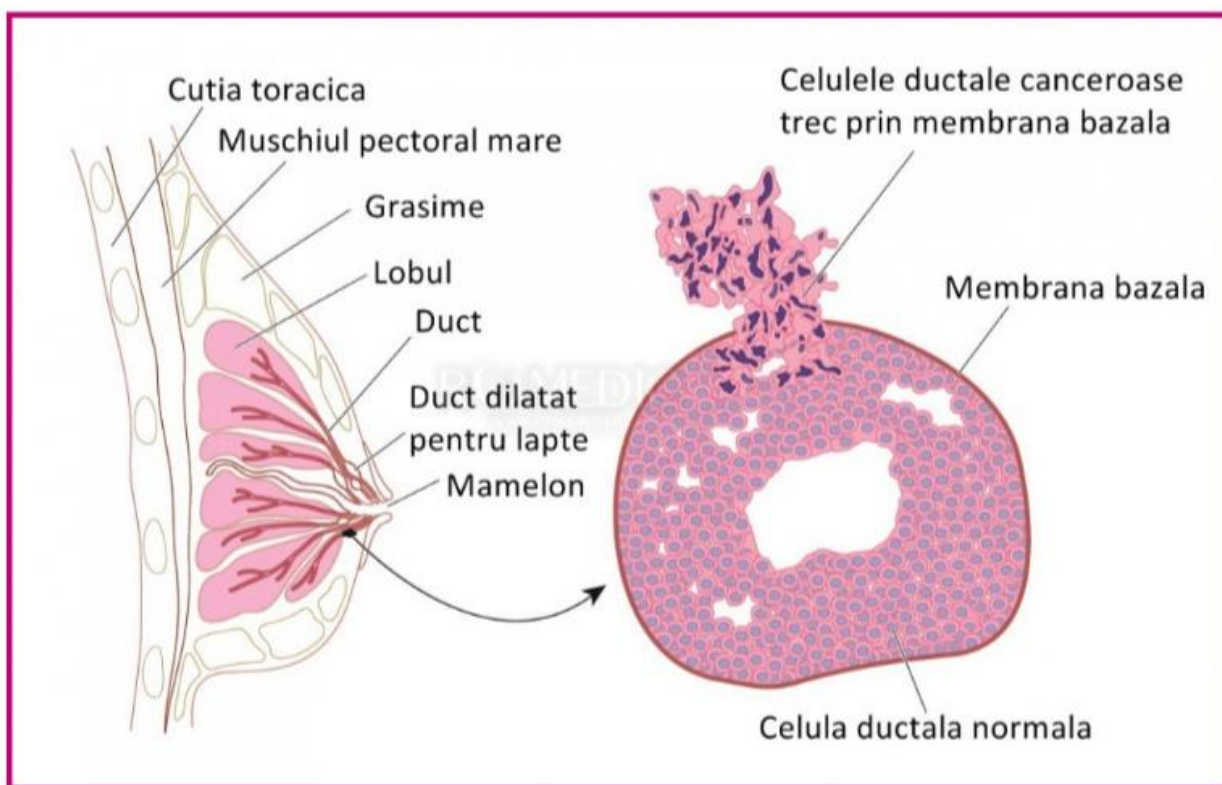


Figura 1.1- Reprezentarea sugestivă a anatomiei sânelui, cât și a celulelor cancerigene aflate în evoluție [2]

1.1.1.Cancerul Mamar

Tumora reprezintă o masă de celule formate în urma diviziunii celulare dăunătoare. Atâta timp cât nu se împarte rapid, nu afectează malign organismul. În materialul genetic al unei celule sănătoase, apare o schimbare, o mutație. Schimbarea se poate datora substanțelor cancerigene, acestea sunt substanțe chimice nocive, iar poate apărea și din cauza unui defect în diviziunea celulară.

La bătrânețe, în timpul diviziunii celulare, apar defecte în ADN, mecanismele de corecție a erorilor nu mai sunt capabile să corecteze acest lucru, astfel încât apare mutația.

În timpul unei mutații într-o celulă sănătoasă, se formează o creștere a celulelor mutante, din care se dezvoltă o tumoare malignă. Datorită diviziunii rapide, va crește în dimensiune într-un timp scurt, astfel încât se va răspândi în afara țesutului dat, ca urmare a faptului că se va răspândi în tot corpul.

Tumorile sunt capabile să se dividă continuu, deoarece sunt capabile să mențină semnalele de diviziune celulară în mod continuu și sunt capabile să evite inhibitorii de creștere care le-ar împiedica să se dividă. Ele creează un micromediu inflamator care promovează supraviețuirea lor. Celulele ating o dimensiune de 1 cm prin împărțirea de 25-30 de ori. [3]

Tumora este localizată în țesutul glandular pentru o lungă perioadă de timp. Deoarece afectează pielea și țesutul gras, areola și mamelonul sunt, de asemenea, deformat. Dacă intră în contact cu pereții pieptului, poate deteriora mușchii și, în unele cazuri, chiar coastele, iar în cazuri mai severe, deteriorarea plămânilor. În cele mai multe cazuri, ganglionii limfatici din regiunile supraclaviculare, mamma interna și axilară de pe aceeași parte sunt afectați de celule limfogene. [4], [5], [6]



Figura 1.2- Simptome vizibile prezente în cazul cancerului mamar

1.1.2. Diagnosticarea cancerului de sân

Examenul mamar -medicul verifica atât sânii, cât și ganglionii limfatici din axilă, simțind orice inflamație sau alte anomalii la nivelul mamar.

Mamografie -o mamografie este o radiografie a sânelui, sunt frecvent utilizate pentru a ecrana cancerul de sân. Aflarea unei anomalie, pentru evaluarea acesteia, medicul vă poate recomanda o mamografie de diagnostic.

Ecografia mamară -ultrasunete folosește undele sonore pentru a produce imagini ale structurilor adânc în organism. Ecografia poate fi utilizată pentru a determina dacă o nouă bucată de sân este o masă solidă sau un chist umplut cu lichid.

Biopsie- pentru diagnosticarea cancerului de sân, biopsia este singura modalitate definitivă. Pentru desfășurarea biopsiei, se va utiliza un dispozitiv specializat cu ac ghidat de raze X sau pentru

extragerea miezului de țesut din zona suspect se folosesc un alt tip de test imagistic. Adesea, un mic marker metalic este lăsat la locul din sâmb, astfel încât zona poate fi ușor identificată la viitoarele teste imagistice. Probele de biopsie sunt trimise la un laborator pentru analize, unde experții determină dacă celulele sunt canceroase. Prin analizarea biopsiei putem afla tipul de celule care se implică în cancerul de sâmb, gradul cancerului și receptorii care pot apărea în celule canceroase și poate să fie hormonali sau alt tip, care vă pot influența opțiunile de trataent. [7], [8]

1.1.3. Stadializarea cancerului de sâmb

Cancerul mamar este clasificat în funcție de UICC (Union Internationale Contre le Cancer), AJC (American Joint Committee) și TNM (T-mărimea tumorului, N- metastaze în ganglionii limfatici din apropiere, M-metastază). Confirmarea microscopică este obligatorie înainte de a se pune orice diagnostic. În cazul unei tumori primare, stadiul este determinat de cel mai mare diametru al acesteia. În cazul cancerului mamar bilateral simultan, ambele tumori sunt diagnosticate separate.

Stadiul cancerului ne ajută să determinăm prognosticul și cele mai bune opțiuni de tratament. Aceste se diferă, se poate grupa de la 0 până la IV. Stadiul 0 definește un cancer neinvaziv sau apărut în canalele de lapte. Stadiul IV, cancer de sâmb metastatic, este un cancer care s-a răspândit și în alte zone ale corpului. Prin definirea stadiului cancerului de sâmb, se poate afla, de asemenea, gradul de cancer; prezența markerilor tumorali, cum ar fi receptorii pentru estrogen, progesteron și HER2; și factorii de proliferare. [9]

Tabel 1.1: Clasificarea patologică a tumorilor la nivel mamar

Tumoră primară-T	
Clasificarea clinică și patologică este aceeași	
T_x	măsura nu poate fi evaluată
T₀	fără tumoră
T_{is}	carcinoma in situ
T₁	tumora poate avea un diametru de până la 2 cm
	T_{1mic} ≤ 0,1 cm
	T_{1a} > 0,1 cm ; ≤ 0,5 cm
	T_{1b} > 0,5 cm ; ≤ 1 cm
	T_{1c} > 1 cm ; ≤ 2cm
T₂	> 2 cm ; ≤ 5 cm
T₃	> 5 cm
T₄	tumoare de orice dimensiune care se răspândește în peretele toracic sau în piele
	T_{4a} răspândire la nivelul peretelui thoracic
	T_{4b} tumora se infiltrează în pielea sânelui
	T_{4c} T _{4a} și T _{4b}

Tabel 1.2: Clasificarea ganglionii limfatici regionali a tumorii de sân

Ganglionii limfatici regionali-N	
N_x	măsura nu poate fi evaluată
N₀	nu există metastaze în ganglionul limfatic
N₁	metastaze în ganglionii limfatici axilari mobili homolaterali
N₂	metastaze în ganglionii limfatici axilari homolaterali
N₃	metastaze în ganglionii limfatici homolaterali ai glandei mamare interne

Tabel 1.3: Localizarea metastazelor în funcție de notația simbolică

Metastaze la distanță- M	
M_x	măsura nu poate fi evaluată
M₀	nu există
M₁	metastaze la distanță

Tabel 1.4: Clasificare patologică a ganglionilor locoregionali

Clasificarea patologică a ganglionilor limfatici regionali- pN	
pN_x	măsura nu poate fi evaluată
pN₀	nu există
pN₁	metastaze în ganglionii limfatici axilari mobile
pN_{1a}	$\leq 0,2$ cm
pN_{1bi}	în 1-3 ganglioni limfatici
pN_{1bii}	în 4 sau mai mult ganglioni limfatici
	$> 0,2$ cm ; < 2 cm
pN_{1biii}	creșterea excesivă a capsulei ganglionului limfatic
	< 2 cm
pN_{1biv}	≥ 2 cm
pN₂	metastaze în ganglionii limfatici axilari homolaterali care sunt conectați între ei
pN₃	metastaze în ganglionii limfatici ai glandei mamare interne homolaterale

Tabel 1.5: Stadializarea cancerului de sân

Stadializarea cancerului			
Stadiul 0	T _{is}	N ₀	M ₀
Stadiul I	T ₁	N ₀	M ₀
Stadiul II A	T ₀	N ₀	M ₀
	T ₁	N ₀	M ₀
	T ₂	N ₀	M ₀
Stadiul II B	T ₂	N ₀	M ₀
	T ₃	N ₀	M ₀
Stadiul III A	T ₀	N ₀	M ₀
	T ₁	N ₀	M ₀
	T ₂	N ₀	M ₀
	T ₃	N ₀	M ₀
	T ₃	N ₀	M ₀
Stadiul III B	T ₄	Orice	M ₀
	Orice	N ₃	M ₀
Stadiul IV	Orice	Orice	M ₁

1.2. Tratament cancerului de sân

În cazul cancerului mamar sunt o varietate largă de metode de tratament, începând de la excizia chirurgicală până la tratamente de hormoni, chimioterapie sau radioterapie.

1.2.1. Chirurgia cancerului de sân

Îndepărtarea cancerului de sân (lumpectomie)

În timpul unei lumpectomii, care poate fi menționată ca o intervenție chirurgicală de conservare a sânilor sau excizie locală largă, chirurgul îndepărtează tumora și o mică marjă de țesut sănătos din jur. Este recomandată pentru îndepărtarea tumorilor mai mici. Sunt unele cazuri în care este recomandat chimioterapia înainte de intervenție chirurgicală, deoarece astfel se micșorează tumorul și este posibilă îndepărtarea completă cu o producer de lumpectomie.

Îndepărtarea întregului sân (mastectomie)

O mastectomie este o operație pentru a elimina tot țesutul mamar. Pentru îndepărtarea tot țesutul mamar-lobulii, canalele, țesutul gras și o parte din piele, inclusiv mamelonul și areola în caz majoritar se folosesc o procedură de mastectomie

Îndepărtarea unui număr limitat de ganglioni limfatici

Se folosesc pentru a analiza ganglionii limfatici, dacă cancerul s-a răspândit. În cazul în care, nu se găsesc cancer,apărarea cancerului în cancer în alte ganglionii limfatici rămași are o șansă foarte mică.

Îndepărtarea mai multor ganglioni limfatici

În cazul în care cancerul este găsit în ganglionii limfatici santinelă.

Îndepărtarea ambilor sâni

Unele femei cu cancer la un sân pot alege să li se îndeprăteze celălalt san (sănătos) dacă au un risc foarte crescut de bilateralizare din cauza unei predispoziții genetice sau a unui istoric familial puternic.

Tratarea unui cancer de sân la un sân nu vor influența niciodată pe cancer aflat la celălalt sân.

1.2.2. Radioterapia cancerului de sân

În prezent, radioterapia este al doilea cel mai utilizat tratament terapeutic pentru pacienții cu cancer. Aproximativ jumătate dintre pacienții cu cancer sunt tratați la un moment dat cu iradiere. Radioterapia este utilizarea terapeutică a radiațiilor ionizante de înaltă energie. Radiațiile inhibă diviziunea celulară prin deteriorarea materialului ereditar (ADN), un proces care nu este selectiv, astfel încât sunt afectate atât celulele sănătoase, cât și cele canceroase. În cazul tumorilor, numărul de celule care se pregătesc să se dividă sau sunt în curs de divizare este mai mare, astfel încât sensibilitatea lor la radiații este de obicei mai mare. Datorită tehnologiei, acum radiațiile în doze mari pot fi direcționate către țesuturile canceroase profunde, cu o expunere minimă a țesuturilor normale. Prin urmare, iradierea este, de asemenea, utilizată ca tratament primar pentru anumite tipuri de cancer.

În unele cazuri, radioterapia este utilizată înainte de intervenția chirurgicală pentru a reduce dimensiunea tumorii și a o face potrivită pentru operație, reducând astfel răspândirea celulelor canceroase în organism. Radiațiile de 6-15 MV sunt folosite pentru a iradia tumorile mai profunde, în timp ce fasciculele de electroni de 621 MeV sunt folosite pentru a trata leziunile apropiate de suprafață.

Medicul stabilește doza de iradiere și numărul de tratamente în funcție de tipul și localizarea tumorii, iar apoi se elaborează planul de iradiere. Medicul va monitoriza răspunsul în timpul radioterapiei, modificând planul dacă este necesar. Întârzierea sau omiterea unui tratament poate

duce la o reducere a eficacității radioterapiei. Radioterapia cu surse de radiații externe implică până la 5 tratamente pe săptămână. [10], [11], [12], [13], [14], [15]

Terapia cu raze X reprezintă radioterapia folosește radiații de mare energie pentru a ucide celulele canceroase prin deteriorarea ADN-ului lor. Potrivit Agenției pentru Protecția Mediului din SUA, așa-numită radiație ionizantă produsă de razele X consumă o zonă concentrată cu suficientă energie pentru a îndepărta complet electronii de atomi și molecule, modificându-le astfel proprietățile. În doze suficiente, acest lucru poate deteriora sau distruge celulele. În timp ce acest prejudiciu de celule poate provoca cancer, acesta poate fi, de asemenea, utilizat pentru a lupta împotriva acestuia. Prin direcționarea razelor X la tumorile canceroase, poate demola acele celule anormale.

Razele gamma sunt o formă de radiație electromagnetică, la fel ca și undele radio, radiațiile infraroșii, radiațiile ultraviolete, razele X și microundele. Pentru tratarea cancerului, razele gamma sunt des folosite. Radiația electromagnetică (EM) este transmisă în unde sau particule la lungimi de undă și frecvențe diferite. Această gamă largă de lungimi de undă este cunoscută sub numele de spectrul electromagnetic. Spectrul este alcătuit din șapte părți în ordinea scăderii lungimii de undă și a creșterii energiei și frecvenței. Denumirile comune sunt undele radio, microundele, infraroșu (IR), lumina vizibilă, ultravioletele (UV), razele X și razele gamma.

Razele gamma se încadrează în intervalul spectrului EM deasupra razelor X moi. Razele gamma au frecvențe mai mari de aproximativ 10^{19} cicluri pe secundă, sau hertzi (Hz) și lungimi de undă mai mici de 100 picometre (pm) sau 4×10^9 inci. [16]

Razele gamma sunt uneori folosite pentru a trata tumorile canceroase din organism prin deteriorarea ADN-ului celulelor tumorale. O modalitate de a maximiza doza la celulele canceroase în timp ce minimizează expunerii la țesuturi sănătoase este de a direcționa mai multe raze gamma fascicule de la un accelerator liniar, pe regiunea țintă din mai multe direcții diferite.

1.1.3. Chimioterapia

Pentru distrugerea celulelor cu creșterea rapidă, se folosesc chimioterapie. Se administrează în funcție de stadializare înainte/după intervenția chirurgicală la femeile cu tumori mamare.

Scopul este de a micșora o tumoare la o dimensiune care face mai ușor pentru a elimina cu o intervenție chirurgicală. Este de asemenea, utilizat la femeile al căror cancer s-a răspândit deja în alte părți ale corpului. Efectele secundare depinde de medicamente. Reacții adverse frecvente includ căderea părului, greață, vărsături, oboseală și un risc crescut de a dezvolta o infecție. Reacții adverse rare pot include menopauza prematură, infertilitate (în cazul în care premenopauza), deteriorarea inimii și rinichilor, leziuni ale nervilor, și, foarte rar, cancer de celule sanguine.

1.1.4. Terapia hormonală

Numit și hormon-blocare terapie - este utilizat pentru a trata cancerul de sâmb, care sunt sensibile la hormoni. Medicii se referă la aceste tipuri de cancer ca receptorii de estrogen pozitiv (ER pozitiv) și receptorii de progesteron pozitiv (PR pozitiv) cancer. Terapia hormonală poate fi utilizată înainte sau după intervenția chirurgicală sau alte tratamente pentru a scădea șansele ca cancerul să se întoarcă. Dacă cancerul s-a răspândit deja, terapia hormonală se poate micșora și controla.

1.1.5. Medicamente de terapie țintite

Anomaliile specifice din celulele canceroase sunt atacate prin tratamente medicamentoase țintite. De exemplu, mai multe medicamente de terapie țintite se concentrează pe o proteină pe care unele celule canceroase mamare o supraproduc numit receptorul factorului de creștere epidermică umană 2 (HER2). Proteina ajută celulele canceroase mamare să crească și să supraviețuiască. Prin vizarea celulelor care fac prea mult HER2, medicamentele pot deteriora celulele canceroase în timp ce economisesc celulele sănătoase. Celulele canceroase pot fi testate pentru a vedea dacă ați putea beneficia de medicamente de terapie vizate. Unele medicamente sunt utilizate după o intervenție

chirurgicală pentru a reduce riscul ca cancerul să revină. Altele sunt folosite în cazurile de cancer de sân avansat pentru a încetini creșterea tumorii.

1.1.6. Imunoterapie

Principiul imunoterapiei pentru a lupta împotriva cancerului este folosirea sistemului imunitar a pacientului. Este posibil că sistemul imunitar al organismului nu poate lupta împotriva bolii, pentru că proteinele orbesc celulele sistemului imunitar, care sunt produse de cellule canceroase. Imunoterapia funcționează prin interferarea acestui proces.

Capitolul II.

Descrierea Aparaturii

2.1. Acceleratorul liniar medical(LINAC)

Accelerator liniar, un accelerator special de electroni dezvoltat pentru iradierea externă a pacienților cu cancer. Electronii sunt accelerați de impulsuri electromagnetice de înaltă frecvență și apoi direcționați către o țintă, unde sunt decelerați și produc așa-numitele raze X de decelerare sau radiații fotonice. Forma câmpului de iradiere este modelată cu ajutorul colimatoarelor mobile din capul iradiatorului. De asemenea, este posibil să se producă un fascicul de electroni prin ejectarea directă a electronilor accelerați pentru a produce un fascicul de electroni. "Gantry" este partea acceleratorului liniar care poate fi rotită în jurul pacientului, permițând ca iradierea să fie efectuată din direcții diferite fără a muta pacientul, iar masa de tr

atament poate fi, de asemenea, rotită. Fiecare accelerator liniar este echipat cu un colimator cu mai multe foi (MLC) și cu un sistem electronic de inspecție în câmp (EPID). (**Figura 2.1.** și **Figura 2.2.**) [17]

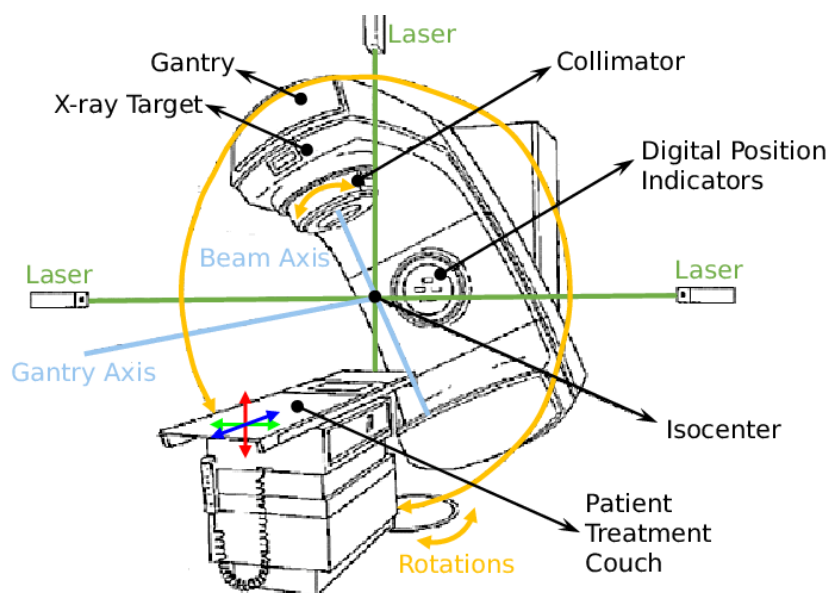


Figura 2.1- Reprezentare schematică a acceleratorul liniar medical și al izocentrului [19]

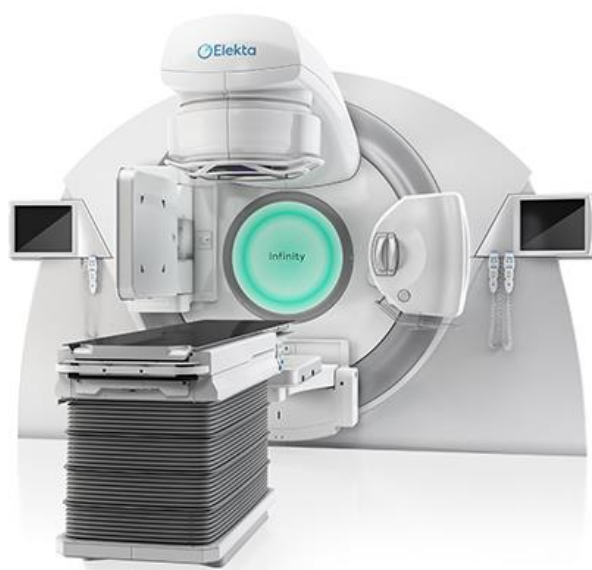


Figura 2.2- Reprezentarea fotografică al acceleratorul liniar medical Elekta Infinity [20]

Razele X sunt produse prin accelerarea electronilor și sunt clasificate aproximativ în două tipuri: raze X moi și raze X dure. Razele X moi alcătuiesc gama spectrului electromagnetic dintre razele UV și razele gamma. Razele X moi au frecvențe de aproximativ 3×10^{16} până la 10^{18} Hz și lungimi de undă de aproximativ 4×10^{-7} până la 4×10^{-8} inch (100 picometre la 10 nanometri). Razele X dure ocupă aceeași regiune a spectrului electromagnetic ca razele gamma. [18]

Razele X pot fi produse prin trimiterea unui fascicul de mare energie de electroni zdrobitor într-un atom ca cupru sau galiu. Când fasciculul lovește atomul, electronii din cochilia interioară, numiți s orbital, se îmfundă și, uneori, se aruncă de pe orbita lor. Fără acel electron, sau electroni, atomul devine instabil, și astfel atomul să se "relaxeze" sau să se întoarcă la echilibru, un electron din așa-numita coajă 1p scade pentru a umple golul. Rezultatul este reprezentat prin eliberarea unei o radiații.

Un sincrotron, un tip de accelerator de particule care accelerează particulele încărcate ca electronii într-o cale închisă, circulară. De fiecare dată când accelerați o particulă încărcată, aceasta emite lumină. Tipul de lumină depinde de energia electronilor și de câmpul magnetic care îi împinge în jurul cercului. Deoarece electronii sincrotronului sunt împinși să se apropie de viteza luminii, ei emit cantități enorme de energie, în special energie cu raze X, un fascicul foarte puternic de lumină focalizată cu raze X. Progresele tehnologice au condus la fascicule de raze X mai puternice și mai concentrate, precum și la aplicații din ce în ce mai mari ale acestor unde de lumină, de la imagistica celulelor biologice adolescente și a componentelor structurale ale materialelor precum cimentul până la uciderea celulelor canceroase.

2.2. Cone Beam Computer Tomograf(CBCT)

Cone Beam CT-ul reprezintă o componentă al acceleratorului liniar, care prezintă rolul de a realiza un CT scan de o calitate mai redusă, pe care personalul medical îl folosește pentru verificarea poziționării unui pacient înainte de livrarea tratamentului. Imaginile zilnice a pacienților este un pas important în cadrul ședințelor de radioterapie, deoarece în acest mod putem evalua poziția zilnică și locul iradiat. Imaginile CBCT ne ajută la distingerea țesutului moale de cel cartilaginos. Comparativ cu o imagine MV care prezintă o radiografie al pacientului realizată prealabilă tratamentului.

2.3. Simulator Computer Tomograf-CT sim

Simulatorul CT este un aparat CT cu un sistem de poziționare cu laser pentru localizare spațială, care diferă de aparatele CT utilizate pentru imagistica de diagnosticare prin faptul că acesta prezintă aceeași masă de tratament ca și cel al acceleratorului liniar. Pe lângă furnizarea imaginilor CT necesare pentru planificarea iradierii, dispozitivul poate fi utilizat și pentru a poziționa simultan punctele de referință.

Este important ca pacientul să stea nemișcat pe masa de CT în timpul tomografiei, în aceeași poziție ca mai târziu pe masa simulatorului și a iradiatorului. Pentru a realiza acest lucru, folosim marcaje ale pielii. Unitățile suplimentare ale diferitelor dispozitive de terapie sunt razele de lumină laser pentru poziționarea pacientului, care sunt proiectate pe marcajele de pe piele pentru a se asigura că pacientul se află întotdeauna în aceeași poziție pe masă, iar razele sunt direcționate cu precizie către zona dorită. În unele cazuri, se utilizează și o mască termoplastică.

Pe imaginile CT are loc conturarea volumulelor țintă care urmează să fie iradiate și organele care trebuie protejate. Scopul este de a ne asigura că volumul țintă primește doza prescrisă, astfel încât expunerea la doze a țesuturilor și organelor intacte care trebuie protejate să fie minimă. Folosim simularea cu raze X sau scanările CT pentru a configura câmpurile de iradiere și pentru a verifica dacă câmpurile de iradiere planificate se află la locul potrivit în raport cu anatomia pacientului. În timpul simulării CT, pacientul primește adesea tatuaje pe piele sub formă de puncte, în funcție de așa-numitele puncte de referință plasate pe pacient.

Capitolul III.

Realizarea planului de tratament

Sistemul de planificare a iradierii este utilizat pentru a crea un plan individual de iradiere pentru pacienți. Datele fizice și dozimetrice ale dispozitivului de iradiere, determinate prin măsurători, și informațiile anatomice individuale ale pacientului sunt utilizate pentru a crea planul de iradiere. Datele anatomice sunt obținute prin scanări CT și RMN, motiv pentru care este necesară o scanare terapeutică CT sau RMN înainte de începerea tratamentului. În timpul procesului de proiectare, se determină direcțiile de iradiere, dimensiunea și forma câmpului de iradiere, ținând cont de localizarea tumorii care urmează să fie iradiată și de organele care trebuie protejate, și se calculează distribuția dozei în organism. Odată ce planul de iradiere a fost pregătit, parametrii de configurare definiți și datele dozimetrice sunt trimise la dispozitivul de iradiere sau la simulatorul terapeutic.

Iradierea în sine este nedureroasă și are loc într-o cameră separată, numită camera de iradiere, în poziție decubit dorsal sau decubit ventral. O ședință durează între 15-20 minute, timp în care pacientul trebuie să rămână nemișcat pentru a se asigura că radiația ajunge doar în zona necesară și că aceeași zonă este iradiată de fiecare dată. În timpul tratamentului, pacientul este lăsat singur în cameră, iar aparatul este controlat din camera de comandă.

În urma iradierii pacientul nu devine radioactiv.

Mersul pacientului într-o clinic de radioterapie este prezentat în **Figura 3.2.** și decurge în următorul mod: Pacientul se prezintă la diagnostici, după care se realizează un CT sim, plan de tratament, măsurători de calitate (QA), după care are loc eliberarea tratamentului.

Basic radiation therapy workflow

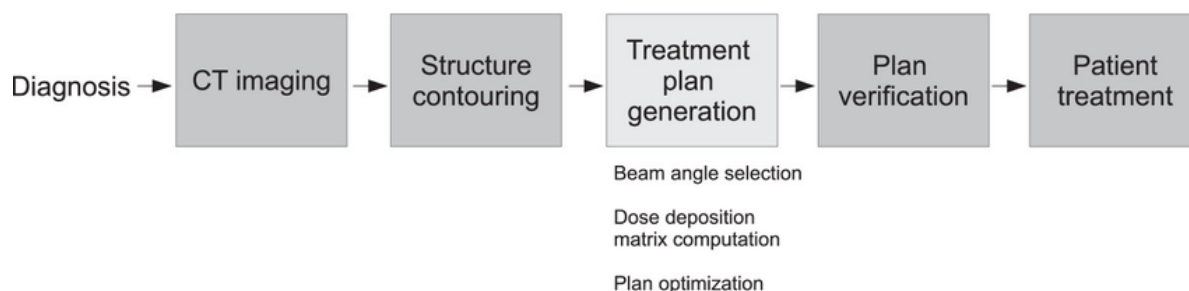


Figura 3.2- Etapele de realizare a tratamentului de radioterapie [22]

1.3.1. Delimitarea organelor la risc și a volumului țintă

Radioterapia externă este realizată prin intermediul unui fascicol de fotoni. Radioterapia modernă cu fascicule de fotoni se efectuează cu o varietate de energiiile fasciculului și dimensiunile câmpului în cadrul uneia dintre cele două convenții de configurare: sursă-suprafață constantă distanță (SSD) pentru toate fasciculele sau o configurație izocentrică cu o distanță constantă sursă-axă (SAD).

Principala cerință pentru planificarea tratamentului 3D este de a determina volumul. Volumele structurate ajută la planificarea tratamentului. Volume principale volumul brut al tumorii, volumul țintă clinic, volumul țintă intern și volumul țintă de planificare. [23]

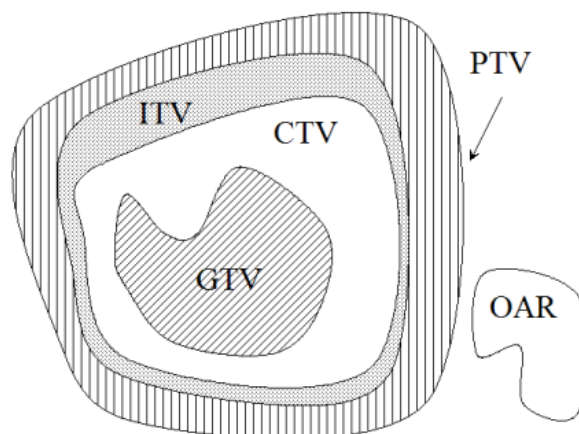


Figura 3.3- Reprezentarea grafică a volumelor de interes

Volumul brut al tumorii (GTV)

Volumul brut al tumorii este volumul tumorii care poate fi văzut sau palpat. CT, RMN, rapoarte histopatologice, examene clinice sunt efectuate pentru a primi o imagini GTV.

Volumul țintă clinic (CTV)

Volumul țintă clinic include adesea zonele imediat învecinate cu GTV. CTV este de obicei definită ca fiind partea fixă sau variabilă din jurul GTV, $CTV = GTV + 1 \text{ cm}$.

Volumul țintă de planificare (PTV)

Volumul țintă de planificare este definit pentru a selecta alinierea adecvată a fasciculului, ținând seama de toate variațiile geometrice posibile, pentru a se asigura că doza necesară este absorbită în mod eficient de către CTV.

Organe cu risc (OAR)

Organe de risc sunt organe care se află în imediata apropiere a CTV și care trebuie protejate de doze mari de radiații. Acestea ar trebui să fie descrise în planul de gestionare pentru a asigura o mai mare protecție.

1.3.1.1. Specificația dozei

O prescripție sau un punct de raportare clar definit, împreună cu informații detaliate privind doza totală, doza fracționată și numărul total de zile de tratament scurse permite compararea adecvată a rezultate.

Doza țintă minimă, dintr-o distribuție sau dintr-o histogramă doză-volum (DVH). Doza țintă maximă, de la o distribuție sau de la o DVH. Doza țintă medie, doza medie a tuturor punctelor țintă calculate (dificil de obținut fără planificare computerizată).

Au fost formulate recomandări specifice privind poziția ICRU punctul de referință pentru fiecare combinație de fascicule: pentru radiația cu un singur fascicul, un punct pe axa centrală în centrul volumului țintă. Pentru raze paralele egale, punctul de pe axa centrală la jumătatea distanței dintre punctele de intrare ale razelor. În cazul unor raze paralele cu ponderare inegală, punctul de la mijlocul razei în centrul volumului țintă. Pentru alte combinații de raze care se intersectează: punctul de la intersecție axele centrale (în cazul în care nu există un gradient de doză în acest punct)

1.3.2. Calcularea planului de tratament în funcție de tehnica vizată

1.3.2.1. Planificarea tratamentului 2D

Se rescrie conturul unic al pacientului pe o foaie de hârtie grafică, indicând punctele de referință. În timpul tratamentului, se fac radiografii simulate. Pentru calculele de câmpuri neregulate, se pot identifica puncte în cadrul simulării X, iar SSD-urile pot fi, de asemenea, limitate în cadrul simulării. Organele cu risc pot fi identificate prinpe raze X.

1.3.2.2. Planificarea tratamentului 3D

Este necesar un set de date CT al zonei care urmează să fie tratată. Conturul extern (reprezentativ pentru piele sau masca de imobilizare) trebuie desenat pe fiecare felie de CT utilizată pentru planificarea tratamentului. Volumele tumorii și ale țintei sunt, de obicei, desenate pe feliile de CT în timpul radiografiei. Organele și alte structuri aflate în pericol trebuie să fie desenate în întregime.

1.3.2.3. Radioterapie 3d conformațională (3D-CRT)

Scopul radioterapiei conformaționale tridimensionale (3D-CRT) este de a administra doza pe suprafața tumorală într-o distribuție conformă, protejând în același timp structurile sănătoase din jur. 3D-CRT diferă de radioterapia convențională prin faptul că în planificarea tratamentului se utilizează imagini 3D specifice pacientului. De obicei, se folosesc tomografiile computerizate și/sau rezonanță magnetică pentru a identifica zonele cu probleme, precum și structurile normale adiacente.

Formele de imagerii utilizate sunt :Tomografie computerizată (CT),Imagistica prin rezonanță magnetică (RMN), Tomografia cu emisie de pozitroni (PET), PET-CT.

Acest lucru este utilizat pentru a dezvolta planuri complexe de distribuție a dozei de radiații în interiorul pacientului, cu regiuni cu doze mari concentrate în interiorul tumorilor. Celulele canceroase pot primi doze mai mari de radiații, în timp ce cantitatea de radiații primită de țesuturile sănătoase din jur poate fi redusă semnificativ.

3D-CRT este utilizată pentru a trata tumorile care anterior erau considerate prea aproape de organele și structurile vitale pentru radioterapie. De exemplu, 3D-CRT permite ca radiațiile să fie administrate la tumorile din cap și gât într-un mod care minimizează expunerea la măduva spinării, nervul optic, glandele salivare și alte structuri importante. [24], [25], [26]

1.3.2.4. Radioterapie cu intensitate modulată (IMRT)

Radioterapia cu intensitate modulată (IMRT) utilizează mai multe fascicule mici de radiații pentru a iradia cu precizie tumora. Pe lângă faptul că este adaptată la volumul tumorii în mod similar cu radioterapia conformațională 3D, intensitatea radiației fiecărui fascicul de IMRT este împărțită în segmente mici și modulată în timpul tratamentului de un colimator cu mai multe foi (MLC) atașat la un accelerator liniar. Cu mai multe segmente de radiații modulate, doza de radiații este ajustată pentru a se concentra asupra tumorii și pentru a cruța cât mai mult posibil țesutul sănătos din jur, astfel încât potențialul de efecte secundare ale radiațiilor este redus semnificativ în comparație cu tehnicile convenționale de radioterapie conformațională 3D nemonodulată. Din cauza complexității sale, IMRT necesită o durată de tratament puțin mai lungă decât radioterapia convențională. Înainte de începerea tratamentului, este necesar un timp de planificare prelungit și verificări suplimentare de siguranță pentru a se asigura că toate datele de planificare sunt transferate corect de la sistemul de planificare a tratamentului la aparatul de tratament și că fasciculul modulată poate fi administrat cu precizie. [27]

1.3.2.5. Terapia cu arc modulată volumetric (VMAT)

Terapie cu arc modulată volumetric (VMAT) este un tip de radioterapie în care o singură rotație a unui accelerator liniar livrează o doză tridimensională de radiații. În comparație cu alte opțiuni, care necesită ca aparatul de administrare să se rotească de mai multe ori în jurul pacientului și să pornească și să se oprească intermitent în timpul procesului. Fiecare rotație se numește arc și se pot utiliza unul sau mai multe arcuri. În timpul fiecărei rotații, fasciculul conic este modelat (sau modulată) în mod continuu de către colimatorul multilamelar. În plus, rata de doză (cantitatea de radiație administrată pe secundă) și viteza gantry .

Terapia cu arc modulată volumetric poate fi utilizată pentru a trata o varietate de tumori solide, inclusiv: cancer de prostată, cancerul de ficat, cancerul pancreatic.

Ca și în cazul altor tipuri de radioterapie cu fascicule externe, VMAT implică, de obicei, o sesiune de verificare înainte de tratamentul propriu-zis, pentru a se asigura că acceleratorul liniar funcționează în parametrii normali și ca planul calculate prin intermediul TPS-ului este corect livrabil.

VMAT oferă o radioterapie mai conformă, concentrând doza pe zonele cu risc ridicat ale tumorii și protejând mai multe structuri critice în comparație cu 3D-CRT. Calitatea vieții pacienților s-a îmbunătățit atât cu IMRT, cât și cu VMAT, deoarece toxicitățile legate de tratament, cum ar fi pneumonia și esofagita, au fost reduse la minimum în comparație cu 3D CRT. Cu o gestionare adecvată a mișcării și o optimizare a planului, IMRT și VMAT pot oferi o radioterapie mai conformă, pot obține o mai bună conformitate a dozei țintă, pot cruța mai multe structuri critice și pot obține o toxicitate a tratamentului mai mică decât 3D-CRT. IGRT și planificarea adaptivă pot fi utile pentru a reduce la minimum riscul de ratare a țintei și de supradozare a structurilor critice. VMAT necesită un timp de tratament mai scurt în comparație cu IMRT. [28], [29]

1.3.2.6. Radioterapie cu fascicule de electroni

Radioterapia cu fascicule de electroni utilizează un fascicul de particule numite electroni pentru a trata celulele anormale, dar nu pătrunde mai mult de câțiva centimetri dincolo de suprafața pielii. Aceasta este de obicei administrată sub forma unei serii de tratamente scurte, zilnice, folosind un aparat numit accelerator liniar, cunoscut și sub numele de LINAC. Tratamentul este planificat individual pentru fiecare persoană. Fiecare tratament se numește "fracțiune". Administrarea tratamentului, fracțiile asigură faptul că celulele normale sunt mai puțin afectate decât celulele canceroase. Deteriorarea celulelor normale este în principal temporară, dar provoacă totuși efecte secundare ale radioterapiei. [30]

Capitolul IV.

1.1. Selecția pacienților și interpretarea rezultatelor

În cadrul lucrării am avut în vedere realizarea unui studiu retrospectiv în care am evaluat cazurile în care un pacient este supus unei iradiere la nivel mamar. În acest studiu am inclus toți pacienții tratați la nivel mamar în perioada ianuarie 2022- ianuarie 2023, astfel pornind de la un număr de 116 cazuri. Acest număr de pacienți i-am distribuit în funcție de localizare parte stângă sau parte dreaptă, după care le-am subcategorizat dacă au fost tratați și la nivelul ganglionilor sau doar la nivel mamar. O ultimă selecție a pacienților a fost evaluarea lor fizică. În urma selecției pacienților am reușit să evidențiem 9 cazuri, în care pacienții pot fi supuși unui iradiere la nivelul sânului drept, fără nevoia de iradiere al ganglionilor. (**Figura 4.1**).

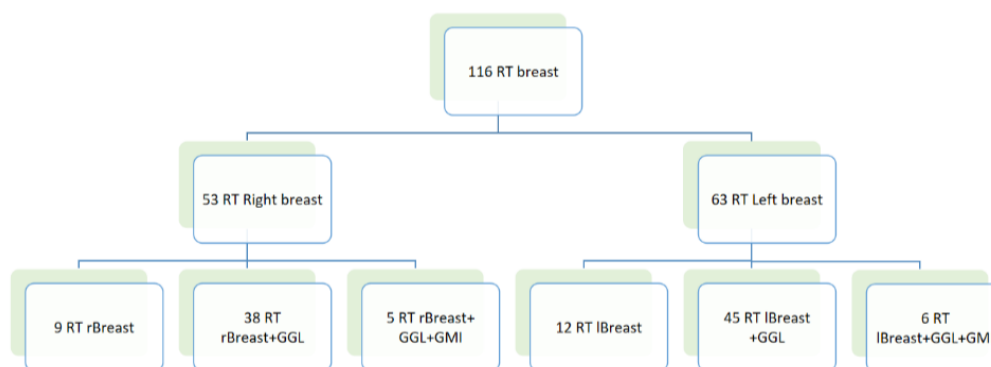


Figura 4.1 – Reprezentarea diagramică a repartizării pacienților cu localizarea de cancer mamar

Scopul radioterapiei este de a furniza 100% din doza prescrisă în mod omogen în volumul țintă. Din nefericire, radioterapia cu fascicule externe necesită un echilibru între doza administrată volumului de tratament planificat și toleranța țesutului sănătos. Deși tehnologia de modulare a intensității poate oferi distribuții excelente ale dozelor adaptate la geometria structurilor care

urmează să fie iradiate, aceasta are adesea ca rezultat distribuții neomogene ale dozelor. Prin urmare, omogenitatea planurilor de radioterapie trebuie evaluată înainte de efectuarea radioterapiei.

Indice de omogenitate (HI)

Indicele de omogenitate (HI) este un instrument de scor simplu și rapid pentru a analiza și cuantifica omogenitatea dozei în volumul țintă. Acesta poate fi utilizat pentru a compara distribuțiile de doze între diferite planuri de radioterapie, astfel încât să fie disponibile planuri de mai bună calitate. Există mai multe definiții ale calculului de omogenitate. Dintre acestea, după recomandarea lui ICRU 83, am folosit indicele HI pentru planul IMRT.

În literatura de specialitate au fost raportate o serie de HI.

$$HI = \frac{D_{max}}{D_p}$$

Valoarea D_{max} este sensibilă la parametrii de calcul, cum ar fi dimensiunea și plasarea grilei, astfel încât este posibil ca indicele D_{max}/D_p să nu fie fiabil.

$$HI = \frac{D_5}{D_{95}}$$

HI de D_5/D_{95} , care alege doza minimă într-un volum țintă mai degrabă decât un punct de doză, este descris ca fiind raportul dintre doza minimă în 5% din volumul țintă (D_5) și doza minimă în 95% din volumul țintă (D_{95}).

$$HI = \frac{D_2 - D_{98}}{D_p}$$

HI se calculează ca $(D_2 - D_{98})/D_p$, unde D_2 și D_{98} reprezintă doza minimă care acoperă 2% , respectiv, 98% din volumul țintă.

$$HI = \frac{D_2 - D_{98}}{D_{50}}$$

Raportul 83 al ICRU , D_{50} fiind valoarea de normalizare.

Valoarea tradițională a HI D_{max}/D_p este definită ca fiind raportul dintre doza maximă (D_{max}) și doza prescrisă (D_p) în volumul țintă; o valoare mai apropiată de unu indică o omogenitate mai bună. [31]

Indice de conformitate (CI)

Indicele de conformitate a radioterapiei (CI) este un instrument util pentru evaluarea cantitativă a calității planurilor de tratament radioterapeutic și arată relația dintre distribuția izodosei și volumul țintă. Un indice de conformitate unitar înseamnă o acoperire mare a volumului țintă (PTV) și o iradiere minimă inutilă a țesuturilor înconjurătoare.

În literatura de specialitate sunt cunoscute mai multe tipuri de indici de conformitate, dintre care am examinat două.

Unul dintre acestea este numărul de conformitate (CN), definit de van't Riet:

$$CN = \frac{TVRI}{TV} \cdot \frac{TVRI}{VRI}$$

TV_{RI} este volumul țintă acoperit de curba izodozei de referință, TV este volumul țintă, iar V_{RI} este volumul delimitat de curba izodozei de referință.

CN poate varia între 0 și 1, ideal fiind 1, dar acest lucru este dificil de realizat în practica clinică.

Dezavantajul acestui parametru este că nu ține cont de organele care trebuie protejate. Acesta este motivul pentru care a fost introdus indicele de conformitate ($COIN$), care ia în considerare elementele critice încărcătura de doză asupra organelor. Se definește astfel:

$$COIN = \left[CN \times \prod_{i=1}^{NCO} \left(1 - \frac{VCO_{ref,i}}{VCO,i} \right) \right]$$

Unde CN este numărul de conformitate descris mai sus, NCO este numărul de organe care trebuie protejate, $VCO_{ref,i}$ este volumul celui de-al i -lea organ care urmează să fie protejat și care primește cel puțin doza de referință, Vco,i este volumul celui de-al i -lea organ care urmează să fie protejat și care primește cel puțin doza de referință volumul organului. În mod ideal, în cazul în care doza de referință nu ar ajunge la organele care trebuie protejate în înmulțită cu 1, deci valoarea ideală a $COIN$ ar fi 1. [32], [33]

1.1.1. Planificarea tratamentului de radioterapie cu intensitate modulată

IMRT poate furniza o doză foarte conformă la țintă, menținând în același timp un grad ridicat de omogenitate a dozei. Pentru majoritatea pacienților, se poate obține doar o acoperire rezonabilă a dozei cu fotoni de 6 MV. Cu toate acestea, pentru volumele mai mari ale sânului, poate fi necesară o energie mixtă (6 și 10 MV) pentru o mai bună acoperire în profunzime, menținând în același timp doza maximă la un nivel cât mai scăzut posibil. Alegerea unghiului gantry pentru câmpurile tangențiale medio-lateral (ML) și latero-medial (LM) este primul și cel mai important pas după o conturare corespunzătoare a CTV bazată pe anatomie. Un unghi optim al gantry-ului reduce doza în plămâni, sânul contralateral și inimă. Prin conectarea unei linii de la marginile medială și laterală ale PTV_sân sau ale peretelui toracic și alinierea câmpurilor cu această linie tangentă se va obține o estimare bună a unghiurilor.

Prin desfășurarea studiului, am avut 9 cazuri, în care pacienții au prezentat tumor mamar la nivelul sânului drept, fără nevoia de iradiere al ganglionilor, din care 6 pacienți au fost tratate cu radioterapie cu intensitate modulată, IMRT. În timpul cercetării, am observat că cele 6 pacienți, pacientul 1,2,5,6,8,9 ; menționate mai sus aveau tumori similare la sânul drept, astfel încât planul de tratament a fost aproape identic.

După bifarea volumului țintă și a organelor care urmează să fie protejate sau după adăugarea câmpurilor, am calculat distribuția dozei și am evaluat proiectarea prin inspecție vizuală și parametrii histogramei doză-volum (DVH). În cazul în care planul nu este adecvat, am schimbat unghiul de incidență a câmpurilor, ponderea sau numărul de câmpuri și apoi am recalculat. Acesta a continuat până când distribuția dozei a îndeplinit condițiile dorite.

Am adăugat câmpurile tangențiale, de obicei numărul câmpurilor tangențiale sunt între 5 și 9. Am folosit șase câmpuri în planificările mele, trei la 60 de grade și trei la 200 de grade, ± 10 grade.

În plus față de direcția câmpurilor, trebuie indicată și energia. Un algoritm de optimizare determină factorii de ponderare a câmpurilor și profile de intensitate. Acestea necesită definirea condițiilor de doză volumetrică pentru a caracteriza distribuția dozei dorite. Condițiile de dozare pot

fi prescrise pentru volumele țintă, conturate de organe; trebuie să se determine dozele minime, maxime și medii pentru fiecare volum. Se utilizează un factor de ponderare relativă pentru a stabili ordinea de importanță a îndeplinirii condițiilor cerute. Am modificat condițiile în funcție de modul în care distribuția dozelor a îndeplinit cerințele. Am verificat în principal condițiile de furnizare a dozei PTV și a măduvei spinării, deoarece acestea sunt sarcinile principale ale proiectului. [34]

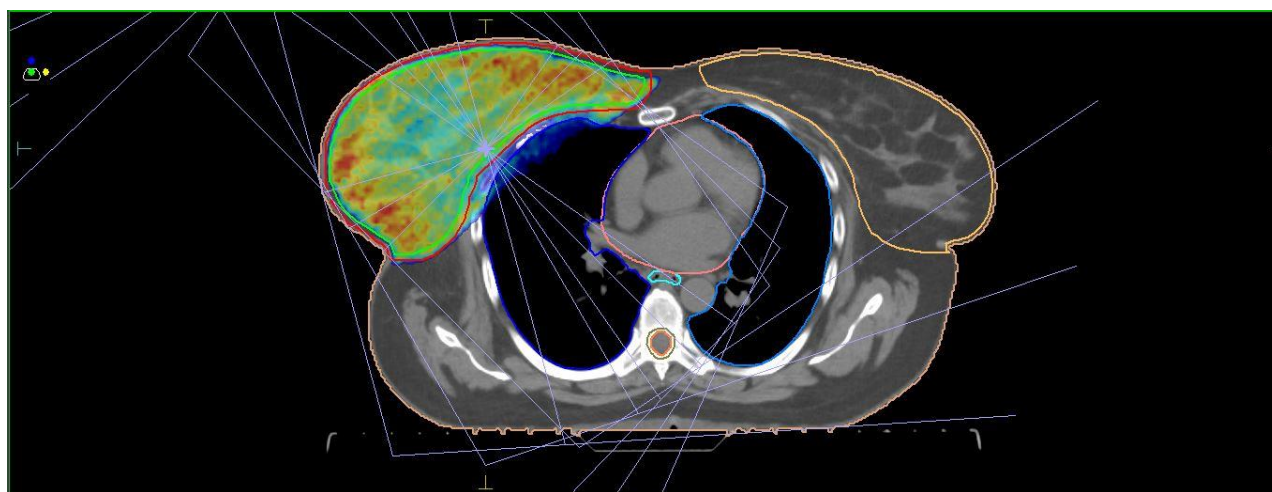


Figura 4.1- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT



Figura 4.2- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT



Figura 4.3- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT

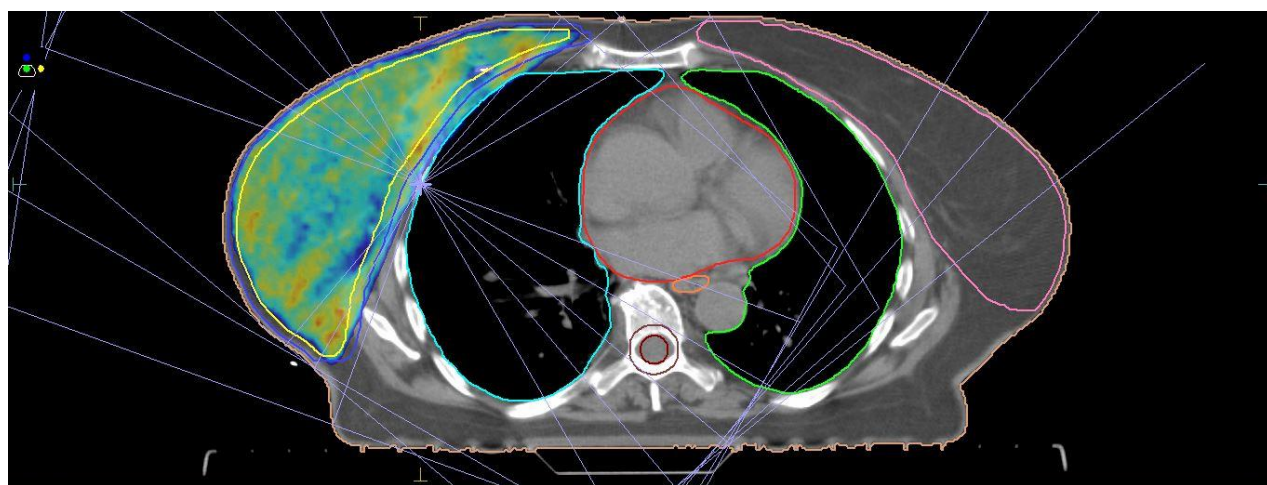


Figura 4.4- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT

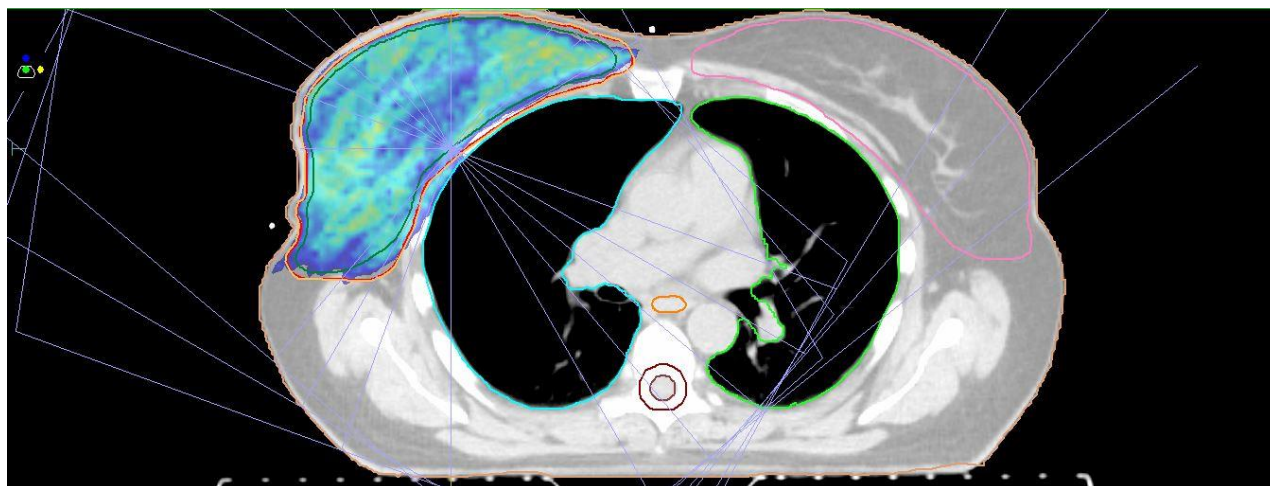


Figura 4.5- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT

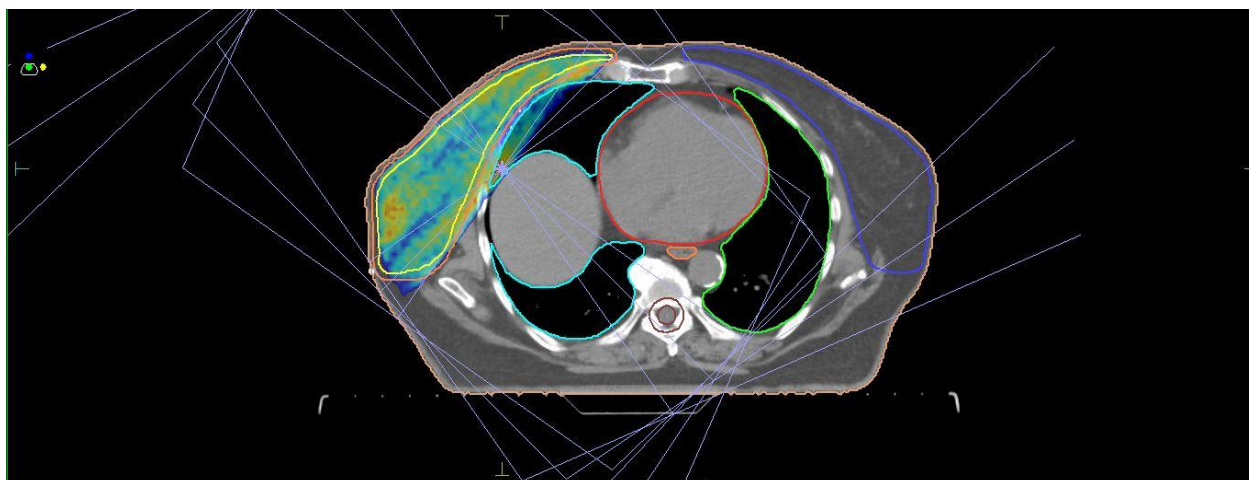


Figura 4.6- Reprezentarea distribuției câmpurilor în cazul tratamentului de IMRT

Tabel 4.2- Distribuția dozelor în cadrul planurilor de tratament realizate prin tehnica IMRT

Pacient	CI	HI	Covorage	Hear dose	Lung dose
				Dmean	V5<60
P1	0,83	1,09	95,50%	3,948	53,64%
P2	0,75	1,04	98,99%	1,936	39,81%
P5	0,4	1,07	95,70%	1,545	34,27%
P6	0,63	1,07	95,40%	1,936	32,62%
P8	0,17	1,06	95,13%	2,084	52,04%
P9	0,44	1,07	95,24%	2,13	38,44%

Din datele numerice obținute în urma calculelor dozimetrice se poate observa ca distribuția dozei pentru pacientelor cu cancer mamar pe partea dreapta orientare optimă a campurilor este de $210^{\circ} \pm 10^{\circ}$ pentru câmpul exter, iar pentru câmpul interior $50^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Comsiderând termenul de comparare prin indicele de conformitate și omogenitate am observat că HI este aproximativ 1 indiferent de confirmția sânului, însă în cazurile când pacienta prezintă o conformație a sânului mai alungită, aceasta va determina un indice de conformitate mai mic, acest lucru se explică prin faptul că volumul tumoral are o acoperire mai exactă a conturului.

1.1.2. Planificarea tratamentului de terapie cu arc modulată volumetric

VMAT devine treptat tehnica de ultimă generație în acest moment, datorită ușurinței de utilizare în procesul de optimizare, precum și a eficacității administrării tratamentului. În plus, caracterul rotativ al tratamentului îl face mai puțin predispus la probleme de mișcare respiratorie și de umflături în timpul tratamentului. Un alt motiv pentru utilizarea VMAT ar putea fi să fie atunci când doza cardiacă este mai mare de 3,2 Gy cu celelalte tehnici, inclusiv controlul respirator. În acest caz, planificarea tratamentului cu VMAT ar putea ajuta la reducerea inimii la niveluri mai mici decât cele acceptabile.

Prin desfășurarea studiului, am avut 9 cazuri, în care pacienții au prezentat tumoră mamară la nivelul sânelui drept, fără nevoia de iradiere al ganglionilor, din care 3 pacienți au fost tratați cu terapia cu arc modulată volumetric (VMAT). În timpul cercetării, am observat că cele 3 pacienți, pacientul 3, 4 și 7; menționate mai sus, au primit tratamente similare.

Am selectat un arc, al cărui puncte de plecare sunt de obicei unghi comparabil cu unghiul câmpului ML ajustarea tangentei și unghiul punctului final, noi am definit punctele în grade 90, 180 și 270, în funcție de anatomia pacientului.

În primul rând, se stabilește un plan cu câmpuri tangențiale deschise. Maxilarul în direcția craniană pentru câmpul tangent ML este setat la 0,5 cm deasupra izocentrului, iar pentru câmpurile LM la 0,5 cm sub izocentru. Planul VMAT este format dintr-un arc cu o rotație de peste 70 grade. [35]

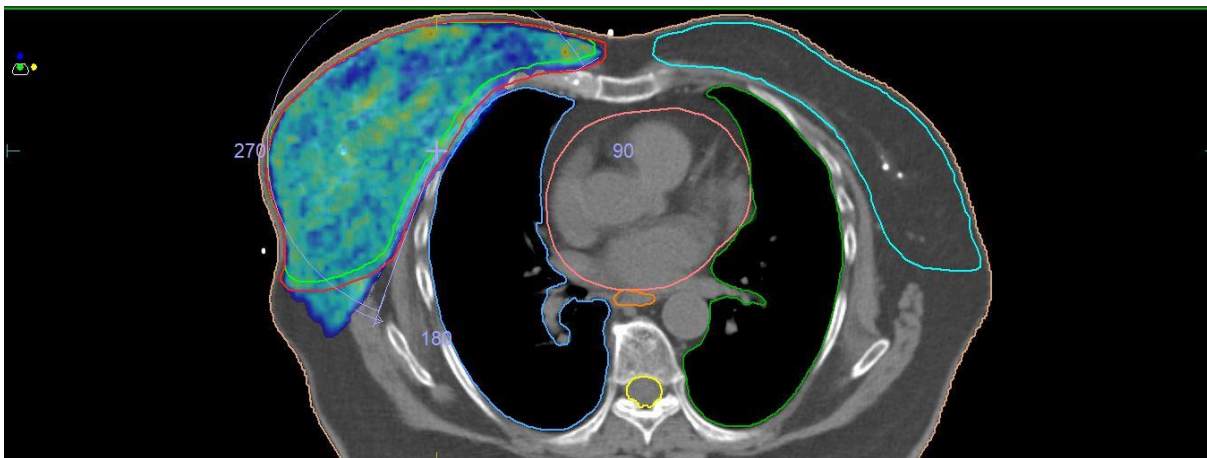


Figura 4.7- Distribuția câmpurilor în cazul pacienților tratați prin tehnica VMAT

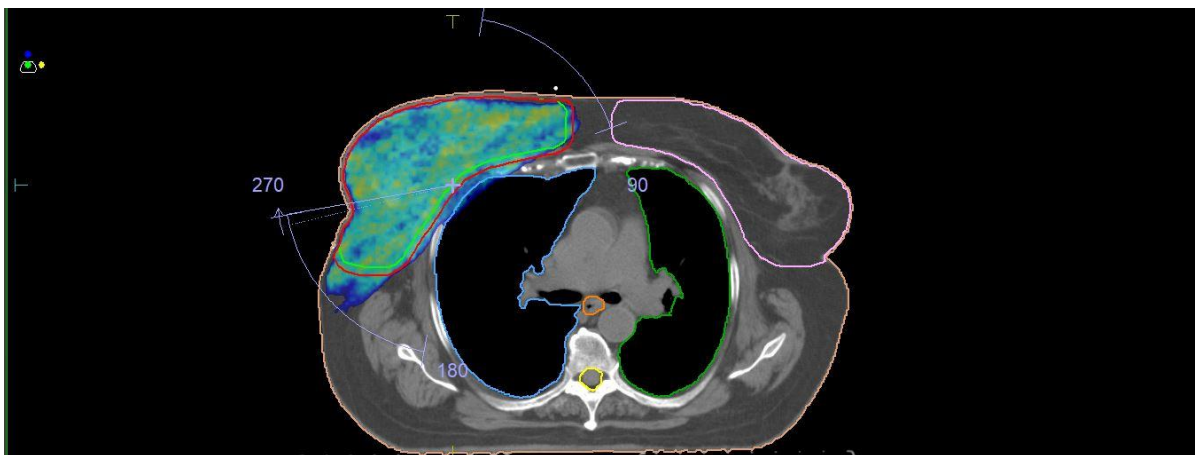


Figura 4.8- Distribuția câmpurilor în cazul pacienților tratați prin tehnica VMAT

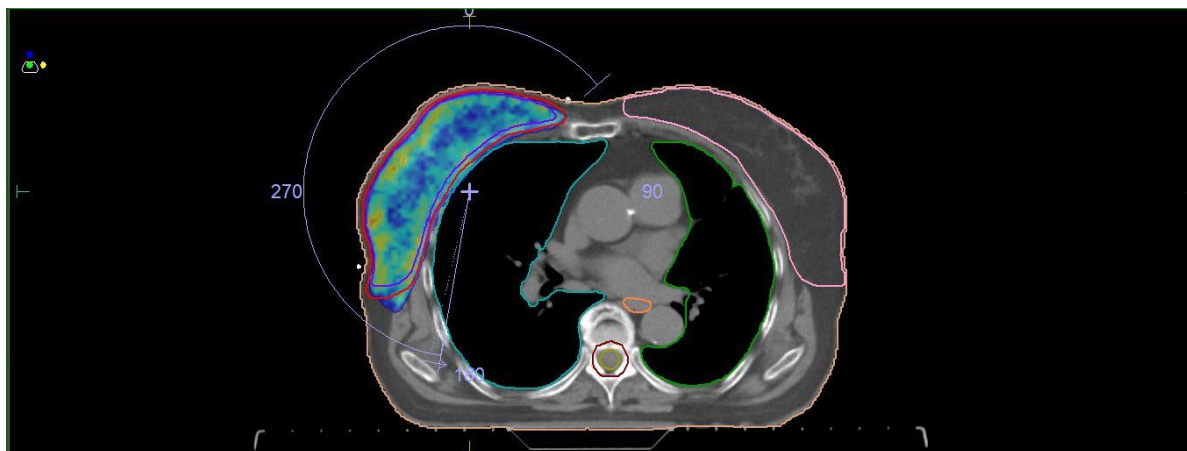


Figura 4.9- Distribuția câmpurilor în cazul pacienților tratați prin tehnica VMAT

Tabel 4.1- Distribuția dozelor în cadrul planurilor de tratament realizate prin tehnica VMAT

Pacient	CI	HI	Covarage	Hear dose	Lung dose
				Dmean	V5<60
P3	0,28	1,05	97,00%	4,596	51,08%
P4	0,48	1,05	97,715%	2,678	57,68%
P7	0,34	1,06	97,12%	3,055	41,02%

Din datele numerice obținute în urma calculelor dozimetrice se poate observa distribuția dozei pentru pacientele cu cancer mamar pe partea dreapta se face prin definirea unui arc, , al cărui puncte de plecare în grade 90, 180 și 270, în funcție de anatomia pacientului.

Consiđrând termenul de comparare prin indicele de conformitate și omogenitate am observat că HI este aproximativ 1 indiferent de confirmarea sânelui, însă în cazurile când pacienta

prezintă o conformație a sânnului mai alungită, aceasta va determina un indice de conformitate mai mic, acest lucru se explică prin faptul că volumul tumoral are o acoperire mai exactă a conturului.

V. Concluzie

În lucrarea mea de licență, am pregătit planuri de iradiere pentru nouă pacienți cu cancer de sân, pe partea dreaptă, folosind tehnici diferite, șase pacienți au fost tratați cu tehnici IMRT și trei pacienți cu tehnici VMAT. După proiectare, am analizat parametrii dozimetrici pentru volumele țintă și organele care trebuie protejate. Utilizând parametrii dozimetrici, am calculat indicii de omogenitate și indicii de conformitate al modelului.

Scopul principal al radioterapiei este de a distruge tumora, păstrând în același timp calitatea vieții pacientului. În cadrul lucrării, obiectivul meu principal a fost de a obține o acoperire cu o doză de 95% din zona țintă și o încărcătură de doză de cel mult 50 Gy în 25 de fracții după iradierea volumului țintă.

Valorile parametrilor dozimetrici pentru volumul țintă au prezentat o tendință similară pentru ambele tehnici. Cu tehnica convențională, s-a obținut o acoperire adecvată a dozei pentru toți pacienții, respectând în același timp condițiile menționate mai sus. În ceea ce privește organele care trebuie protejate, tehnica IMRT a dat cele mai bune rezultate.

În ceea ce privește indicii de omogenitate, ambele tehnici au fost aproape de valoarea ideală. În ceea ce privește indicii de conformitate, tehnica IMRT a fost cea mai conformă, în timp ce rezultatele obținute cu tehnica VMAT au arătat o diferență semnificativă, deoarece acești indici iau deja în considerare cerințele de doză ale organelor care urmează să fie protejate, pe care tehnica convențională nu le poate satisface pe deplin.

Rezultatele arată că tehnica IMRT este cea mai potrivită pentru tratarea volumului țintă al pacienților cu tumori mamare și pentru protejarea organelor care trebuie protejate.

VI. Bibliografie

- [1] **Hornyák Orsolya, Breznai Annamária.** A nyirokkezelés sikerének felmérése az emlődaganattal küzdő nők körében, 7-9, 2017
- [2] https://www.ghid-cancer.ro/uploadpoze/primeart_18.jpg
- [3] **Studocu,** A sugárterápia fizikai alapjai, sugárfajták, 1, 40-45, 2020/2021
- [4] *Radiobiologie clinică: Radiobiologia și practica radioterapiei*
- [5] <https://daganatok.hu/mi-a-rak/a-daganatok-eredete>.
- [6] <https://youtu.be/CNYorNzLTZU>.
- [7] **Studocu,** Az emlőtumorok-Etiológia, epidemiológia, diagnosztika, kezelési lehetőségek, sugárkezelés(indikációk,technikák, rizikószervek, céltérfogatok, dózisok), 9, 2-3, 2020/2021
- [8] [Breast cancer - Diagnosis and treatment - Mayo Clinic](#)
- [9] **Német György,** *Részletes sugárterápia.*
- [10] **Studocu,** A sugárterápia fizikai alapjai, sugárfajták, 1, 15-18, 2020/2021
- [11] **Deli Gábor,** Az ionizáló sugárzás emberi szervezetre gyakorolt hatásának korszerű kimutatási lehetőségei, (71) 1-2, 31, 2019
- [12] [Sugárkezelés \(sugárterápia, radioterápia\) | Daganatok.hu](#)
- [13] [Hogyan működik a sugárterápia? \(culevit.hu\)](#)

- [14] [Mi a Sugárterápia? Egészségesen Daganat Nélkül \(egeszsegesendaganatnelkul.hu\)](#)
- [15] [A modern sugárterápia - a kezelési eljárásokról - WEBBeteg](#)
- [16] [What are gamma rays? | Live Science](#)
- [17] **Kozma Fruzsina** *Külső (teleterápiás) besugárzó-készülékek 5 db lineáris gyorsító, 2-5, 2023*
- [18] [What is electromagnetic radiation? | Live Science](#)
- [19] [Schematic depiction of a linear accelerator \(LINAC\) used in External... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)
- [20] [Radiation Therapy Image Bank Assets | Newsroom | Elekta](#)
- [21] <https://www.researchgate.net/profile/Rance-Tino/publication/338878039/figure/fig9/AS:852830927740929@1580342146589/Common-clinical-workflow-of-external-beam-radiation-therapy-process-EBRT.png>
- [22] <https://www.researchgate.net/publication/273953380/figure/fig1/AS:267315136692244@1440744303896/Radiation-therapy-workflow-CT-imaging-provides-the-3D-image-set-of-the-patient-This.png>
- [23] **William Parker, Horacio Partrocinio.** Review of Radiation Oncology Physics: A Handbook for Teachers and Students . *Clinical Treatment Planning In External Photon Beam Radiotherapy.*
- [24] [\(561\) 3-D Conformal Radiation Therapy | 3D CRT | - YouTube](#)
- [25] [3D CRT \(Three-Dimensional Conformal Radiation Therapy\) | Moffitt](#)
- [26] [External Beam Radiation Therapy for Cancer - NCI](#)
- [27] [Intensity-modulated radiotherapy—what is it? - PMC \(nih.gov\)](#)

- [28] **Volker Rudat, Abdul Aziz Alaradi, Adel Mohamed, Khaled Al-Yahya & Saleh Altuwajri.** Tangential beam IMRT versus tangential beam 3D-CRT of the chest wall in postmastectomy breast cancer patients: A dosimetric comparison. *Radiation Oncology*, 2-4, 2011
- [29] **Afrin, Kazi T.** Is IMRT or VMAT superior or inferior to 3D conformal therapy in the treatment of lung cancer? A brief literature review,1-2 , 2021
- [30] **Centre, Kent Oncology.** Electron Beam Radiotherapy. 2020.
- [31] [A new homogeneity index definition for evaluation of radiotherapy plans - Yan - 2019 - Journal of Applied Clinical Medical Physics - Wiley Online Library](#)
- [32] **Béla Dalma.** Konformális (CRT) és intenzitás modulált besugárzások (IMRT) dóziseloszlásainak fizikai és sugárbiológiai összehasonlítás, 18-19, 2014
- [33] [Factors Influencing Conformity Index in Radiotherapy for Non–Small Cell Lung Cancer - ScienceDirect](#)
- [34] **Béla Dalma.** Konformális (CRT) és intenzitás modulált besugárzások (IMRT) dóziseloszlásainak fizikai és sugárbiológiai összehasonlítás,13-16 , 2014
- [35] **Orit Kaidar-Person,Icro Meattini,Philip Poortmans ,**Breast Cancer Radiation Therapy, 2022

Anexa 2**DECLARAȚIE PE PROPRIE RĂSPUNDERE**

Subsemnata, **Nedelka Nóra-Boglárka**, declar că Lucrarea de licență/diplomă/disertație pe care o voi prezenta în cadrul examenului de finalizare a studiilor la Facultatea de **Fizică**, din cadrul Universității Babeș-Bolyai, în sesiunea **Iunie 2023**, sub îndrumarea **Prof. Dr. Leontin David, Drd. Sălăgean Ghizela-Ana-Maria**, reprezintă o operă personală. Menționez că nu am plagiat o altă lucrare publicată, prezentată public sau un fișier postat pe Internet. Pentru realizarea lucrării am folosit exclusiv bibliografia prezentată și nu am ascuns nici o altă sursă bibliografică sau fișier electronic pe care să le fi folosit la redactarea lucrării.

Prezenta declarație este parte a lucrării și se anexează la aceasta.

Data

26.06.2023.

Nume

Nedelka Nóra-Boglárka

Semnătură

