



UNIUNEA EUROPEANĂ



Prof.dr. Vasile Chiș
Facultatea de Fizică
Universitatea Babeș-Bolyai
Practică pentru o dezvoltare durabilă – POCU 130631

Dicționar de tehnici de radioterapie

Motivație

Acest dicționar de termeni a fost elaborat pentru pregătirea inițială a studenților din anul II care vor efectua stagiile de practică în decursul lunii iulie.


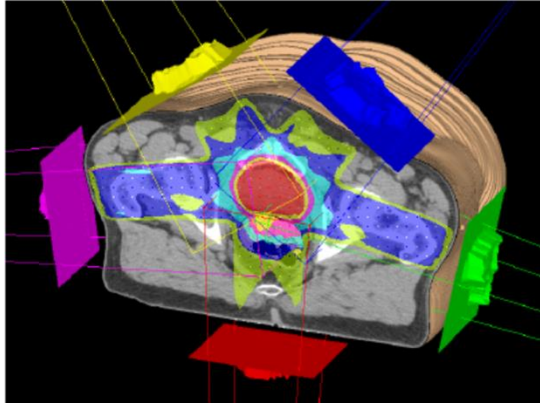
Surse bibliografice:

- [1 Stereotactic Radiosurgery \(SRS\) | Stereotactic Body Radiotherapy \(SBRT\) \(radiologyinfo.org\)](http://radiologyinfo.org)
- [2 IGRT - Image-Guided Radiation Therapy \(radiologyinfo.org\)](http://radiologyinfo.org)
- [3 IMRT - Intensity-Modulated Radiation Therapy \(radiologyinfo.org\)](http://radiologyinfo.org)
- [4 An example IMRT treatment plan \(Courtesy of the Advanced Oncology... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](http://researchgate.net)
- [5 Volumetric modulated arc therapy \(VMAT\) vs. serial tomotherapy, step-and-shoot IMRT and 3D-conformal RT for treatment of prostate cancer - Radiotherapy and Oncology \(thegreenjournal.com\)](http://thegreenjournal.com)
- [6 Radioterapia ghidată imagistic – partea I - Amethyst Radiotherapy | Centrul de Radioterapie Amethyst \(amethyst-radiotherapy.ro\)](http://amethyst-radiotherapy.ro)
- [7 Noutati si Articole Medicale de Specialitate | Neolife Bucuresti](http://neolife.ro)
- [8 Gamma Knife Surgery: What it Treats, How Performed, Risks & Benefits \(clevelandclinic.org\)](http://clevelandclinic.org)

¹ <https://www.iaea.org/publications/7676/specification-and-acceptance-testing-of-radiotherapy-treatment-planning-systems>

² [Radiobiologie - Wikipedia](https://en.wikipedia.org/wiki/Radiobiology)



Tehnică	Descriere	Observații
<p>IMRT</p>	<p>Terapia cu radiații de intensitate modulată (IMRT) este un tip avansat de radioterapie de înaltă precizie care utilizează acceleratori liniari controlați de computer pentru a furniza doze precise de radiații unei tumori maligne sau zone specifice din cadrul</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>tumorii. IMRT permite ca doza de radiație să se conformeze mai precis cu forma tridimensională (3-D) a tumorii prin modularea - sau controlul - intensității fasciculului de radiații în mai multe volume mici. IMRT permite, de asemenea, concentrarea dozelor mai mari de radiații asupra tumorii, reducând în același timp doza încasată de structurile critice normale din jur. Tratamentul este planificat utilizând tomografie computerizată (CT) 3-D sau imagini de rezonanță magnetică (RMN) ale pacientului. Planul de tratament include calcule computerizate ale dozei pentru a determina modelul de intensitate a dozei care se va conforma cel mai bine cu forma tumorii. În mod obișnuit, combinațiile de câmpuri multiple cu intensitate modulată care provin din direcții diferite ale fasciculului produc o doză de radiație personalizată care maximizează doza tumorală în timp ce minimizează doza transmisă către țesuturile normale adiacente. Deoarece raportul dintre doza normală în țesut și doza tumorală este redus la minim prin abordarea IMRT, dozele de radiații mai mari și mai eficiente pot fi livrate în siguranță la tumori cu mai puține efecte secundare în comparație cu tehnicile convenționale de</p>	<p><u>Plan de tratament</u> <u>IMRT</u></p>

	<p>radioterapie. IMRT are, de asemenea, potențialul de a reduce toxicitatea tratamentului, chiar și atunci când dozele nu sunt crescute. Datorită complexității sale, IMRT necesită timpi de tratament zilnic puțin mai lungi și planificare suplimentară precum și verificări de siguranță înainte ca pacientul să poată începe tratamentul în comparație cu radioterapia convențională.</p>	
VMAT	<p>Terapia cu arc volumetric (VMAT) este o formă avansată de radioterapie cu intensitate modulată (IMRT) care furnizează o doză tridimensională de radiații, țintită asupra unei tumori în unul sau mai multe tratamente.</p> <p>Elekta VMAT - YouTube</p>	
IGRT	<p>Radioterapia ghidată de imagini (IGRT) constă în utilizarea de imagini în timpul unui tratament cu radioterapie în scopul îmbunătățirii preciziei și acurateții administrării tratamentului cu radiații. Radioterapia ghidată imagistic folosește raze X și scanează, la fel ca tomografia computerizată standard, atât înainte cât și pe parcursul tratamentului radioterapeutic. În timpul IGRT, acceleratoarele care furnizează radiațiile, (raze X sau fotoni) sau ciclotron/sincrotron (pentru protoni), sunt echipate cu tehnologie specială de imagistică care permite medicului să vizualizeze tumora imediat înainte sau chiar în timpul tratamentului cu radiații, în timp ce pacientul este poziționat pe masa de tratament. Folosind un software specializat, aceste imagini sunt comparate cu imaginile de referință luate în timpul simulării. Orice ajustări necesare sunt făcute asupra poziției pacientului și/sau fasciculelor de radiații pentru a focaliza mai precis radiația asupra tumorii și pentru a evita țesutul sănătos din jur.</p> <p>Tomografia computerizată (CT), imagistica prin rezonanță magnetică (RMN), ultrasunetele (US) și imagistica cu raze X pot fi utilizate pentru IGRT pentru vizualizarea anatomiei osoase sau ale țesuturilor moi. Alte metode de tip IGRT folosesc markeri plasați pe suprafața corpului pacientului sau implantați în corpul acestuia.</p> <p>IGRT este utilizată pentru tratarea tumorilor din zone ale corpului care sunt predispuse la mișcare, cum ar fi plămânii (afecțați de respirație), ficatul, pancreasul și glanda prostatică, precum și tumorile situate în apropierea organelor și țesuturilor critice.</p>	



	<p>Metoda este adesea folosit împreună cu tehnica de radioterapie cu intensitate modulată (IMRT), terapia cu fascicul de protoni, radiochirurgia stereotactică sau radioterapia stereotactică corporală (SBRT), care sunt moduri avansate de radioterapie de înaltă precizie care utilizează acceleratoare controlate de computer pentru producerea de raze X pentru a elibera doze precise de radiații unei tumori maligne sau zone specifice din cadrul tumorii.</p>	
--	--	--



SRS

Radiochirurgia stereotactică (**SRS**) este o formă extrem de precisă de radioterapie, dezvoltată inițial pentru a trata tumorile cerebrale mici și anomaliile funcționale ale creierului. Principiile SRS craniene, și anume radiația de înaltă precizie, care permite iradierea cu o precizie de unul până la doi milimetri, pot fi aplicate și în tratamentul tumorilor corporale printr-o procedură cunoscută sub numele de radioterapie corporală stereotactică (**SBRT**).

În ciuda numelui său, SRS este o procedură non-chirurgicală care furnizează radiații precis direcționate în doze mult mai mari, doar într-un singur tratament sau în câteva tratamente, în comparație cu radioterapia tradițională. Acest tratament este posibil datorită dezvoltării tehnologiilor de radiație foarte avansate care permit livrarea maximă a dozei în țintă, reducând în același timp doza către țesutul sănătos din jur. Scopul este de a elibera doze care vor distruge tumora și vor obține un control local permanent.

SRS și SBRT se bazează pe mai multe tehnologii:

- imagistica tridimensională și tehnici de localizare care determină coordonatele exacte ale țintei în interiorul corpului
- sisteme de imobilizare, poziționare cu precizie și menținere a poziției pacientului în timpul terapiei
- radiații gamma înalt focalizate sau fascicule de raze X care converg spre o tumoare sau anomalie
- radioterapia ghidată de imagini (IGRT) care utilizează imagistica medicală pentru a confirma localizarea unei tumori imediat, înainte și, în unele cazuri, în timpul administrării radiațiilor. IGRT îmbunătățește precizia și acuratețea tratamentului

Imagistica tridimensională, RMN și PET/CT este utilizată pentru a localiza tumora sau anomalia în interiorul corpului și pentru a defini dimensiunea și forma exactă a acesteia. Aceste imagini ghidează, de asemenea, planificarea tratamentului - în care fasciculele de

radiații sunt concepute pentru a converge spre zona țintă din diferite unghiuri și planuri - precum și poziționarea atentă a pacientului pentru sesiunile de terapie.

Deși SRS se referă de obicei la un tratament de o zi, medicii recomandă, uneori, tratamente stereotactice multiple. Acest lucru este important pentru tumorile mai mari de un inch în diametru, deoarece țesutul normal din jur expus la o singură doză mare de radiații trebuie protejat și limitat, iar volumul de țesut normal iradiat crește proporțional cu dimensiunea tumorii. Eliberarea radiațiilor în câteva sesiuni, spre deosebire de una, poate îmbunătăți siguranța și poate permite țesutului normal să se vindece între tratamente. Prin urmare, fracționarea tratamentului permite ca dozele mari să fie administrate în cadrul țintei, menținând în același timp un profil de siguranță acceptabil. Această procedură este de obicei denumită radioterapie stereotactică fracționată (SRT) și se referă de obicei la efectuarea a două până la cinci tratamente de radiații focalizate care nu sunt întotdeauna administrate în zile consecutive.

SRS și SBRT sunt alternative importante la chirurgia invazivă, în special pentru pacienții care nu pot fi supuși unei intervenții chirurgicale și pentru tumori și anomalii care sunt: greu accesibile localizate, aproape de organe vitale/regiuni anatomice, supuse mișcării în interiorul corpului.

SRS este utilizat pentru a trata multe tipuri de tumori cerebrale, inclusiv:

- benigne și maligne
- primar și metastatic
- singur și multiplu
- celule tumorale reziduale în urma intervenției chirurgicale
- tumori intracraniene, orbitale și de la baza craniului
- malformații arteriovenoase (MAV), care constau într-o formațiune de vase de sânge extinse care perturbă fluxul sanguin normal în creier și uneori sângerează.
- alte afecțiuni neurologice, cum ar fi nevralgia trigemenului (o tulburare nervoasă a feței), tremor etc.

SBRT este în prezent utilizat în tratarea tumorilor maligne sau benigne de dimensiuni mici până la medii în organism și a zonelor comune ale bolii, inclusiv:

- plămân
- ficat
- abdomen
- coloana vertebrală
- prostata
- cap și gât

SRS funcționează în mod fundamental în același mod ca și alte forme de tratament cu radiații. Nu îndepărtează de fapt tumora; mai degrabă, distruge ADN-ul celulelor tumorale. Ca urmare, aceste celule își pierd capacitatea de a se reproduce. După tratament, tumorile benigne se micșorează de obicei pe o perioadă de 18 luni până la doi ani. Tumorile maligne și metastatice se pot micșora mai rapid, chiar și în câteva luni. Când sunt tratate cu SRS, malformațiile arteriovenoase (MAV) pot începe să se îngroașe și să se închidă lent pe o perioadă de câțiva ani după tratament. Multe tumori vor rămâne stabile și inactice fără nicio modificare. Deoarece scopul este de a preveni creșterea tumorii, acest lucru este considerat un succes. În unele tumori, cum ar fi neuroamele acustice, în urma SRS poate fi observată o mărire temporară din cauza unui răspuns inflamator în țesutul tumoral, care în timp, fie se stabilizează, fie se observă o regresie tumorală ulterioară numită pseudoprogresie..

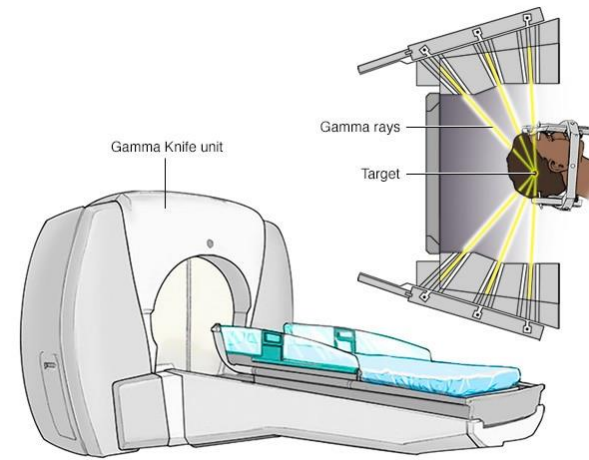
Echipamente/aparatură:

Există trei tipuri de echipamente de bază și fiecare dintre ele utilizează diferite instrumente și surse de radiații:

- Gamma Knife®, care utilizează 192 sau 201 fascicule de raze gamma foarte focalizate, toate vizând regiunea țintă. Gamma Knife este ideal pentru tratarea leziunilor intracraniene de dimensiuni mici sau medii.

- Aparatele cu accelerator liniar (LINAC), răspândite în întreaga lume, furnizează raze X de înaltă energie - fotoni. Acceleratorul liniar poate efectua SRS pe tumori mai mari într-o singură ședință sau în timpul ședințelor multiple, ceea ce se numește radioterapie stereotactică fracționată. Mai multe companii produc acest tip de aparate, (Novalis Tx™, XKnife™, Axesse™ și CyberKnife®.)

- Radiochirurgia cu fascicul de protoni sau cu particule grele încărcate este utilizată doar în America de Nord, deși numărul de centre care oferă terapie cu protoni a crescut dramatic în ultimii câțiva ani.



SBRT

• Radiochirurgie stereotactică cu Gamma Knife

Radiochirurgia Gamma Knife implică patru faze: modelarea cadrului/mastii de plastic a capului, imagistica locației tumorii, planificarea computerizată a dozei și administrarea de radiații.

Etape:

- În prima fază, pacientului i se injectează substanța de contrast pentru imagistică
- Sub anestezie locală neurochirurgul va fixa cadrul de cap pentru a imobiliza capul pacientului până la terminarea ședinței de tratament. Cadru de cap este din aluminiu și constituie un dispozitiv de ghidare care asigură focalizarea fasciculelor Gamma Knife exact acolo unde este nevoie de tratament.
- Următorul pas este efectuarea unei investigații de imagistică (în general RMN, sau CT) pentru a stabili locația exactă a tumorii în raport cu cadrul capului.
- În următoarea fază echipa de tratament dezvoltă un plan de tratament utilizând un software special pentru a iradia în mod optim tumora și pentru a minimiza doza în țesuturile normale din jur.
- În timpul tratamentului propriu zis cadrul de cap/masca este fixat și de aparat, pacientul este așezat în poziție culcată, cât mai comod. În funcție de modelul Gamma Knife și de planul de tratament, întregul tratament poate fi efectuat fără întreruperi sau poate fi împărțit în mai multe părți mai mici. Tratamentul total poate dura mai puțin de o oră sau până la patru ore. Pe tot parcursul procedurii pacientul comunică prin microfon cu echipa de tratament și este observat în permanență de către aceștia. În cele mai multe cazuri, pacientul poate pleca acasă imediat după încheierea tratamentului

[. #CyberKnife Brain Tumor Animation - YouTube](#)

• Radiochirurgie cu acceleratorul liniar

Radiochirurgia cu acceleratorul liniar (LINAC) SRS este similară cu procedura Gamma Knife și cu cele patru faze ale sale: plasarea cadrului capului, imagistica, planificarea

computerizată a dozei și administrarea de radiații. Tehnologia LINAC este mult mai comună decât tehnologia Gamma Knife și este în practică de o perioadă similară de timp. Spre deosebire de Gamma Knife, care rămâne nemișcat în timpul procedurii, o parte a mașinii LINAC (numită un portal) se rotește în jurul pacientului eliberând fasciculele de radiații din unghiuri diferite. Efectuarea unei imagistici RMN sau CT înainte de plasarea cadrului este, de asemenea, o practică de rutină de planificare prealabilă pentru tratamentul cu SRS bazat pe LINAC.

Deoarece procedura de fixare a capului cu acel cadru poate fi traumatizantă pentru pacient noile abordări se îndreaptă spre utilizarea unei măști de plastic care nu mai necesită fixarea de capul pacientului. [Linear Accelerators \(LINAC\) | Biomedical Engineers TV | - YouTube](#)

SBRT constă de obicei din una până la cinci sesiuni de tratament efectuate pe parcursul a una până la două săptămâni.

- Poate fi necesară utilizarea unor markeri fiduciali (1-4 markeri) pentru localizarea tumorii.
- În timpul simulării se va determina metoda de aliniere a corpului și poziția dispozitivelor de imobilizare pentru alinierea precisă a corpului. Apoi se efectuează o scanare CT pe zona de tratat. Uneori este necesar un CT 4d în care scanarea CT obține informații despre cum se mișcă tumora în timpul respirației Acest lucru este foarte frecvent pentru tumorile la plămâni sau la ficat.
- A treia parte a tratamentului o constituie este planificarea. Oncologul și fizicianul medical vor elabora planul de tratament folosind un software specializat pentru determinarea planului optim pot fi necesare investigatii RMN sau PET/CT.
- Tratamentul poate dura până la o oră sau mai mult.

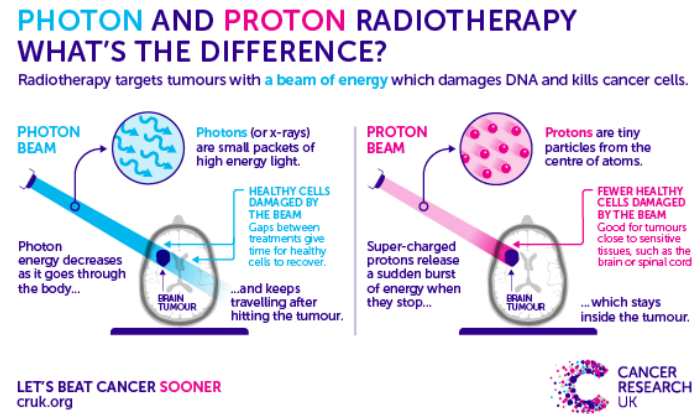
Terapia cu protoni

Terapia cu protoni furnizează radiații către țesutul tumoral într-un mod mult mai focalizat decât terapia convențională cu fotoni. În plus, pot fi utilizate doze mai mari de radiații cu un risc mai scăzut de afectare a țesutului sănătos datorită parcursului mult mai scurt al protonilor.

Protonii sunt particule nucleare cu sarcină pozitivă. Așa cum razele X (cunoscute și ca fotoni) sunt folosite pentru a trata atât tumorile benigne cât și cele maligne, fasciculele de protoni pot fi folosite pentru a iradia tumorile într-un mod similar. Nu există nicio diferență semnificativă între efectele biologice ale protonilor față de fotoni (razele X) asupra țesutului tumoral. Cu toate acestea, protonii furnizează o doză de radiație mult mai focalizată pe țesutul tumoral decât fotonii. După ce intră în organism, protonii eliberează cea mai mare parte a energiei lor în regiunea tumorală și, spre deosebire de fotoni, eliberează doar o doză minimă dincolo de limitele tumorii. Prin urmare, în special pentru tumori de dimensiuni mai mici, doza de radiații se poate focaliza mult mai precis pe zona tumorală astfel că vor fi reduse substanțial eventuale leziuni ale țesutului sănătos. Acest lucru face posibilă iradierea cu o doză mărită fără riscul unor efecte secundare nedorite asupra țesutului sănătos din vecinătate. Acest lucru este deosebit de important și atunci când se tratează copiii, deoarece protonii ajută la reducerea radiațiilor către țesuturile în creștere și dezvoltare.

Terapia cu protoni este utilizată cu rezultate încurajatoare pentru a trata următoarele tipuri de tumori:

- Plămân
- Prostată
- Creier
- Ficat
- Sân
- Esofag
- Rect
- Sarcoamele bazei craniului
- Tumori cerebrale
- Sarcoamele bazei craniului pediatrice
- Cap și gât
- Melanoamele oculare



Sunt dezvoltate protocoale pentru a explora utilizarea protonilor și pentru alte tipuri de tratamente specifice pentru alte părți ale corpului.

[How does Proton Therapy work? - YouTube](#)

Cluj-Napoca
17.02.2022

Prof.dr. Vasile Chiș
Expert practică

