

## CHANCE - Protocol de brahiterapie asistată robotic

În cazul primelor simulări, care vor conduce și la definirea modelor matematice care vor defini relațiile de legătură între parametrii dimensionali ai componentelor acestui sistem complex (sistem de vizualizare – robot – grila – pacient) s-a definit un prim protocol de brahiterapie asistată robotic, aprobat de specialiștii oncologi, parteneri în proiect:

1. Precizarea căii de abord;
2. Fixarea externă a grilei vectoriale (XYZ grilă);
3. Achiziție date imagistice preimplant (tomografie computerizată, rezonanță magnetică), cu tatuaje externe (XYZ extern);
4. Definirea volumului (volumelor) țintă (XYZ tumoră) și a structurilor critice (XYZ de protejat);
5. Realizarea pre-planului de tratament, cu definirea numărului de ace/ cateterelor de brahiterapie, pozițiilor și profunzimilor de implant;
6. Implantul propriu-zis conform pre-planului, prin alinierea robotului în raport cu grila de implant și cu coordonatele XYZ externe/ tumora/ de protejat;
7. Verificare ecografică în timp real; pentru structurile profunde (torace/ abdomen/pelvis)- verificare laparoscopică (aceasta oferă și posibilitatea hemostazei, pe modelul animal, respectiv la momentul oportun aplicării în practica clinică);
8. Achiziția de date imagistice postimplant, cu aceiași parametri (pas, înclinarea secțiunilor) astfel încât să poată fi superpozabile cu cele preimplant;
9. Verificarea acurateții implantului (calcul variații tridimensionale  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ );
10. Optimizare manuală (tehnician/ medic) și optimizare automată (robot);
11. Perfecționare robot.

În urma întâlnirilor cu partenerii (UTCN, IOCN, UTB, IMM, ICIA) s-a stabilit aplicarea protocolului pe modelul abdominal din trei motive:

- expertiza laparoscopică din cadrul echipei [10], [11], [12];
- varietatea de cancere inoperabile care se pretează la brahiterapie dar în practica reală sunt în general „evitate”, tocmai pe considerentul complexității procedurii (cancere primare de pancreas, ficat, adenopatii retroperitoneale, metastaze parenchimatose, sarcoame retroperitoneale).
- bogăția de structuri critice (intestin, artere și vene etc).

Validarea robotului pe un asemenea model este o garanție a aplicabilității sale și în zone mai puțin „delicate” (cap/gat, membre, trunchi, pelvis).

Lungimea minimă a acelor a fost definită la 50 mm, cea maximă la 250 de mm iar prinderea de către robot se face într-un singur punct (acele sunt rigide, iar grosimea grilei de ghidare menține direcția dorită).

Sala de simulare virtuală (CT-SIM) din cadrul Institutului Oncologic „Prof. Dr. Ion Chiricuță” Cluj a servit ca model de calibrare dimensională a robotului, respectiv pentru alternativele de fixare (la sol sau de masa mobilă de examinare CT). Vizualizarea CT în timp real a implantului necesită miniaturizarea robotului pentru a-i permite accesul în gantry-ul cu detectorii de radiație X ai scanner-ului. Aceasta este o condiție opțională, întrucât alternativa este fie verificarea ecografică, fie CT după finalizarea implantului.

Pornind de la cazuri de pacienți reali cu asemenea cancere, s-a creat o bibliotecă de imagini (secțiuni CT) care permite modelarea unor pacienți virtuali și simularea unor variate scenarii de brahiterapie asistată robotic prin abord posterior, lateral, anterior, perpendicular sau oblic pe tegument, cu generarea unor soluții optime.

În baza celor prezentate mai sus, ca și o concluzie a acestei activități a rezultat primul **protocol conceptual pentru brahiterapia robotizată**.

**Protocol pentru Procedura de realizare a implantării semințelor radioactive prin Brahiterapie robotizată\***

1. Se realizează o investigație imagistică a pacientului pentru definirea exactă a locației zonei tumorale țintă și a traiectoriilor de abord prin brahiterapie.
2. Se analizează imaginile de tip CT și se definesc parametrii procedurii:
  - a. Numărul de ace necesare;
  - b. Distribuția matriceală a acelor;
  - c. Traiectoriile liniare de abord care evită proximitatea zonelor cu risc crescut\*\*(penetrarea unor organe, vase de sânge, terminații nervoase), precum și a formațiunilor dure (cartilajinoase și osoase).
3. Se indică pe pacient locurile de inserție în unul din cele două moduri:
  - a. cu ajutorul unor markeri puternic vizibili pe CT;
  - b. prin atașarea unei site de ghidare a acelor cu găuri puternic vizibile pe CT;
4. Se validează locurile de inserție prin scanarea bolnavului cu ajutorul CT-LightSpeed 16 RT.
5. Prin modulul de realitate virtuală se optimizează poziția relativă robot-pacient pentru a se asigura că ținta poate fi atinsă cu toate acele și că în traiectoriile acestora nu intersecționează zone care ar trebui evitate.
6. Se definește poziția relativă pacient-robot-CT (mobile couch) și se calibrează atât pacientul cât și robotul relativ la sistemul de ghidare laser al CT-ului.
7. Se pregătește inserția primului ac prin orientarea acului pe traiectoria liniară definită anterior.
8. Se introduce acul, pe o porțiune de 40-50 de mm în țesutul pacientului, după care traiectoria acestuia se verifică prin scanarea zonei de interes.
9. Se aplică corecții ale traiectoriei, dacă e cazul.
10. În cazul în care traiectoria are o abatere mai mare de  $0.2-0.5^{\circ}$ , (în funcție de adâncimea țintei) acul se retrage și se introduce din nou. Dacă apar diferențe între traiectoria acului în pacient și cea calculată, se extrage acul și se reia procedura de la pasul 5.
11. Se repetă pașii 7-9 până la atingerea poziției finale a acului, validată pe CT.
12. În mod similar se introduc și restul acelor.
13. Se detașează robotul de lângă pacient, care este transportat în sala de tratament în care se vor introduce semințele radioactive.
14. Se vor salva într-o bază de date toți parametrii procedurii robotizate.
15. Se vor face analize pentru optimizarea operației de plasare a acelor utilizând informațiile din baza de date.

**Observații.**

\*Procedura de plasare a acelor se va realiza cu ajutorul unui robot paralel dedicat.

\*\*Procedura prezentată se referă la tratamentul tumorilor din zonele greu accesibile prin brahiterapie manuală, neghidată CT: zona abdominală, toracică, cranială, în extenso pelvis.

\*\*\*Exceptând pasul 3b), când se verifică doar 2-3 ace.