

CESTER

ROBOTICA MEDICALA

CURS 6

Robotica medicală pentru terapia cancerului

Prof. Dr.Ing. Doina PÎSLĂ

CUPRINS

- Obiective curs.
- Concepte utilizate. Cancerul, boala secolului XXI
- Modalități moderne de tratament
- Caracteristicile brahiterapiei si a brahiterapiei robotizate
- Protocol medical al brahiterapiei robotizate
- Bibliografie

Objective curs



- Familiarizarea studentilor cu notiuni specifice utilizate la dezvoltarea robotilor medicali pentru tratarea cancerului
- Insusirea conceptelor de baza
- Cunoasterea metodelor moderne de tratament robotizat
- Cunoasterea etapelor de realizare unei interventii asistate robotic
- Cunoasterea principalelor abordari in dezvoltarea robotilor medicali de tratament

Introducere



- ▶ Cancerul este una din principalele cauze de deces în zilele noastre, ca urmare unui set complex de factori naturali și artificiali.
- ▶ Se fac continuu eforturi uriașe de către comunitatea științifică pentru a oferi soluții mai bune cu scopul de a îmbunătăți supraviețuirea. Aceste eforturi trebuie să găsească un echilibru între intenția medicilor de a face totul pentru pacient și capacitatea pacientului de a rezista mai multor tratamente unele fiind extrem de invazive.

Cancerul, boala secolului XXI



- ▶ Cancerul[1] (denumirea științifică: neoplasm malign) este o categorie de boli caracterizate printr-o diviziune necontrolată a unui grup de celule, care au capacitatea de a invada alte țesuturi din organism, fie prin creștere directă în țesuturi adiacente (invazie) sau prin migrația celulelor spre locuri mai îndepărtate în organism (metastază). Diviziunea și înmulțirea necontrolată a celulelor este declanșată de anomalii ale ADN-ului celulelor canceroase.
- ▶ Aceste anomalii apar ca o consecință a integrării unor virusuri în genomul celular sau a mutațiilor genelor care controlează înmulțirea acestor celule. Una sau, frecvent, mai multe astfel de mutații pot duce la diviziunea și înmulțirea necontrolată a celulelor, în unele cazuri cu formarea unei tumori maligne. Tumorile maligne sunt acele tumori care au capacitatea de a invada alte țesuturi, fie din vecinătate (prin invazie tumorală), fie la distanță (prin metastaze tumorale).

Cancerul, boala secolului XXI



- ▶ Cancerul, boala secolului al XXI-lea, se clasează pe locul al doilea în lume în rândul cauzelor deceselor. Acesta se manifestă diferit în funcție de sex, bărbații îmbolnăvindu-se, cel mai adesea, de cancer pulmonar, iar femeile fiind victimele ultra-mediatizatului cancer de sân, sau ale celui uterin. Maladia este, cel puțin acum, incurabilă, niciun tratament nefiind lansat oficial pe piața medicală. (Speranțe sunt, mai ales că, la un moment dat, și boli precum holera sau diabetul erau fără tratament).
- ▶ Cancerul este cauzat cel mai des de stilul de viață nesănătos sau de anumite modificări ale structurii genetice. Potrivit medicilor, peste 85% din cazurile de cancer pot fi prevenite [2].

Modalități moderne de tratament

- ▶ Cancerul este tratat în mai multe moduri, în funcție de starea medicală a fiecărei persoane și tipul de cancer [3]:
- ▶ Pentru multe persoane cu cancer, tratamentul este un proces care este proiectat pentru a răspunde nevoilor lor. Medicii concep tratamente bazate pe mai mulți factori-cheie, cum ar fi tipul și stadiul de cancer, precum și vârsta persoanei, sănătate și stil de viață.

Modalități moderne de tratament



Terapia cu laser

- ▶ Termenul laser reprezintă "Amplificarea luminii prin emisie stimulată de radiație." Lumina laser este concentrată, astfel rezultă un instrument foarte puternic și precis.
- ▶ Terapia cu laser folosește lumina pentru a trata celulele canceroase. Laserele se folosesc pentru a elimina tipuri de cancer foarte mici, fără a afecta țesutul din jur;
- ▶ Sunt folosite pentru a aplica căldură tumorilor, în scopul de a le micșora;
- ▶ Folosite uneori cu medicamente, care sunt activate de lumina laser;
- ▶ Pot accesa locurile unde se ajunge cu greu;
- ▶ Sunt utilizate în microscopie pentru a permite medicilor vizualizarea zonei tratate.

Modalități moderne de tratament



Radioterapia (radiologie terapeutică sau oncologie radiantă)

- ▶ Utilizează tipuri speciale de valuri de energie sau de particule pentru a lupta cu cancerul și, uneori, boli non-canceroase. Asemeni unei intervenții chirurgicale, radioterapia este utilizată în mai multe moduri, în funcție de tipul și locația cancerului.
- ▶ Poate oferi un leac pentru bolile de cancer sau non-canceroase, de control al bolii sau ameliorarea simptomelor sale.

Modalități moderne de tratament



Chimioterapie (utilizarea de medicamente pentru a trata celulele canceroase)

- ▶ Unul dintre cele mai frecvente tratamente pentru cancer. În cele mai multe cazuri, chimioterapia interferează cu abilitatea celulelor canceroase de a crește sau de a se reproduce.
- ▶ Poate fi utilizată în monoterapie pentru anumite tipuri de cancer sau în asociere cu alte tratamente, cum ar fi radiațiile sau intervențiile chirurgicale.
- ▶ Medicamentele pentru chimioterapie ajung la toate părțile corpului, din acest motiv, ar putea fi multe efecte secundare în timpul tratamentului.

Modalități moderne de tratament



Terapia hormonală

- ▶ Hormonii sunt substanțe chimice produse de glande, cum ar fi ovarele și testiculele.
- ▶ Ajută la anumite tipuri de celule canceroase să crească, cum ar fi cancerul de sân și cancerul de prostată. În alte cazuri, hormonii pot ucide celulele canceroase, fac ca celulele canceroase să crească mai lent, sau le opresc din creștere.
- ▶ Poate implica luarea de medicamente care interferează cu activitatea hormonală sau să oprească producția de hormoni.

Modalități moderne de tratament



Terapia biologică (imunoterapia, modificador biologic sau bioterapie)

- ▶ Folosește sistemul imunitar al organismului pentru a lupta cu cancerul. Celulele, anticorpi, și organe ale sistemului imunitar lucrează pentru a proteja și apăra organismul împotriva invadatorilor străini, cum ar fi bacteriile sau virusurile.
- ▶ Medicii și cercetătorii au descoperit că sistemul imunitar ar putea fi, de asemenea, în măsură să determine atât diferența dintre celulele sănătoase și celulele canceroase în organism, precum și pentru a elimina celulele canceroase.

Modalități moderne de tratament

Inhibitorii angiogenezei (substanțe chimice care interferează cu semnalele organismului pentru a forma noi vase de sânge)

- ▶ Este un proces controlat de anumite substanțe chimice produse în organism. Deși acest lucru poate ajuta la vindecarea rănilor normale, cancerul poate crește atunci când aceste vase de sânge noi sunt create.
- ▶ Oferă celulelor canceroase oxigen și substanțe nutritive. Acest lucru permite celulelor canceroase să se înmultească, să invadeze țesuturile din apropiere și să se răspândească în alte zone ale corpului (metastaze).

Modalități moderne de tratament



- ▶ Uneori numită terapie antiangiogenică, acest tratament experimental poate preveni dezvoltarea cancerului prin blocarea formării de noi vase de sange. În unele studii de caz pe animale, inhibitorii angiogenezei au dus la diminuarea cancerului și chiar la dispariția completă.
- ▶ La om, inhibitorii angiogenezei sunt folosiți în acest moment numai în studiile clinice. Aceste medicamente sunt în continuare supuse investigațiilor.

Modalități moderne de tratament



Hipertermia (terapie pe bază de căldură)

- ▶ Folosită de sute de ani ca tratament. Potrivit Institutului Național al Cancerului (NCI), poate ajuta la deteriorarea celulelor. Există studii de cercetare în curs de desfășurare pentru a determina utilizarea și eficiența hipertermiei în tratamentul cancerului.
- ▶ Căldura poate fi aplicată într-o zonă foarte mică a unui organ sau a membrelor. Hipertermia este utilizată de obicei cu chimioterapie, radioterapie, și alte terapii de tratament.

Modalități moderne de tratament

Chirurgia



- ▶ Utilizată în diverse moduri pentru a ajuta pacienții cu cancer. Potrivit Societății Americane de Cancer (ACS), este cea mai veche formă de tratament pentru cancer. Acesta oferă cea mai bună șansă de a opri multe tipuri de cancer, și joacă de asemenea, un rol în diagnosticarea, stadializarea, și sprijinirea tratamentul cancerului.
- ▶ Este diferită pentru fiecare pacient, în funcție de tipul de intervenție chirurgicală, tipul de cancer și a sănătății pacientului.
- ▶ Pentru unii oameni, intervenția chirurgicală este o procedură medicală majoră cu efecte adverse iar pentru alții chirurgia este rapidă și are puține efecte secundare.
- ▶ Mai multe tipuri de intervenții chirurgicale sunt utile pentru persoanele cu cancer. Unele intervenții chirurgicale sunt folosite în combinație cu alte tipuri de tratament.

Modalități moderne de tratament



Brahiterapia (iradiere cu precizie)

- ▶ Brahiterapia cunoscută și sub numele de radioterapie internă sau radioterapie locală, este o formă de terapie minim invazivă unde sursa de radiație este plasată în interiorul corpului direct în zona care necesită tratament.
- ▶ Brahiterapia este utilizată frecvent ca un tratament eficient pentru cancerul cu localizare cervicală, în prostată, sân și la nivelul pielii și poate fi de asemenea utilizat pentru a trata tumori în multe alte părți ale corpului.
- ▶ Se distinge de metodele de iradiere convenționale prin faptul că sursa razelor se plasează în sau în apropierea nemijlocită a regiunii din corp ce urmează să fie iradiată. Efectul razelor se resimte numai pe o regiune foarte limitată;
- ▶ Încărcătura cu raze este puternic redusă pentru țesutul sănătos care se află departe de sursa de raze;

Modalități moderne de tratament



- ▶ Rezultatele tratamentului prin brahiterapie au demonstrat că rata de succes a tratamentului de brahiterapie sunt fie comparabile cu chirurgia și radioterapia externă, sau sunt îmbunătățite când se utilizează în asocieri cu alte tehnici [4]. În plus, brahiterapia este asociată cu un risc scăzut de efecte secundare grave adverse.
- ▶ Riscul de efecte secundare este limitat local;
- ▶ Efectele secundare acute sau subacute se reduc în mod normal în câteva zile sau în câteva săptămâni;
- ▶ Este dependentă de tabloul clinic al bolii și poate fi combinată cu alte forme de terapie, de exemplu cu o operație, o terapie cu raze externe sau cu o chimioterapie.

Modalități moderne de tratament



Avantajele brahiterapiei

Brahiterapia presupune tratamentul local și focalizat pe zona tumoralăse poate spune că:

- ▶ Este una dintre cele mai eficiente soluții de terapie;
- ▶ Permite protecția țesutului vecin și a organelor apropiate.

Modalități moderne de tratament



Realizarea și derularea brahiterapiei

- ▶ Poate fi realizată într-un timp scurt;
- ▶ În comparație cu terapia cu raze externe pacienții trebuie să meargă mai puțin la clinică;
- ▶ Tratamentul poate fi realizat deseori și la domiciliul pacientului;
- ▶ Prin buna compatibilitate, brahiterapia reprezintă pentru mulți pacienți o ușurare;
- ▶ După un consult temeinic și o reprezentare grafică a tumorii, se introduc în corp aplicatori și se poziționează în jurul țesutului în cauză.

Modalități moderne de tratament



- ▶ Sursa de raze este condusă direct peste aplicatori printr-o nouă încărcare (afterloading);
- ▶ La sfârșitul tratamentului, aplicatorii și sursele de raze se scot din corp.

Indicații privitoare la brahiterapie

- ▶ Pentru brahiterapie sunt potrivite tumorile mici sau avansate local, dar nu metastazele;
- ▶ Reprezintă deseori cea mai bună șansă de vindecare în cazul tumorilor avansate local;
- ▶ Conceptul terapiei poate fi folosit și ca tratament paliativ pentru atenuarea simptomelor.

Modalități moderne de tratament



- ▶ Pentru a ajunge în zona tumorală, medicul terapeut trebuie să introducă un număr de ace cu diametrul de 1.1 mm, prin care vor fi introduse ulterior celulele/semințele radioactive. Acele sunt drepte, rigide și trebuie introduse pe o traiectorie liniară pe traiecul căreia nu trebuie să existe nici un fel de formațiuni a căror străpungere să pună în pericol sănătatea (viața) pacientului. Aceste traiectorii se pot defini relativ ușor pe baza unor date imagistice obținute prin CT / RMN, însă, respectarea traiectoriei reprezintă o problemă aproape imposibil de realizat fără feedback vizual.

Modalități moderne de tratament



- Precizia impusă de actul medical este de 1 mm față de punctul țintă, precizie care trebuie respectată la lungimea maximă definită de oncologi, pentru care se face un calcul simplu al abaterii maxime de orientare a tijeii acului față de traiectoria ideală, care rezultă:

$$\alpha_{\max} = 2 \cdot \arcsin \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{250} \right) \cdot \frac{180}{\pi} = 0.2292[^\circ]$$

Modalități moderne de tratament



- ▶ Alternativa este un abord invaziv, care presupune deschiderea pacientului, pentru a permite accesul direct asupra tumorii, însă de cele mai multe ori traumele provocate de această opțiune sunt fatale pentru pacienți, aceștia fiind astfel declarați inoperabili. Revenind la prima variantă, cea minim invazivă există două variante posibile de lucru:
 1. Introducerea manuală a acelor, cu eco-ghidare. Soluția e simplă dar limitată la zonele vizibile cu ecograful. Acesta este motivul pentru care tratamentul cel mai des întâlnit prin tehnica de brahiterapie este cel al prostatei, unde, o sondă ecografică introdusă prin anus, permite un control foarte precis al poziției acelor în prostată.

Modalități moderne de tratament



- ▶ În cazul tehnicii manuale, se mai folosește un element ajutător, și anume o sită cu un șablon de găuri care se atașează mecanic de pielea bolnavului (se coase) și care asigură, într-o oarecare măsură traiectoria corectă a acului. Însă, geometric se demonstrează că la o distanță de 200 de mm, o eroare de peste 0.3° la nivelul punctului de inserție, eroarea transmisă este de peste 1 mm, ceea ce face imposibilă aplicarea acestei tehnici în zonele proximale unor vase de sânge sau organe sensibile.

2. Realizarea unui dispozitiv precis și rigid de poziționare a acelor, care, dacă permite și controlul imagistic (în timp real sau în poziții intermediare) poate aborda orice zone de interes ale corpului.

Brahiterapia interstitiala



- ▶ **Brahiterapia interstițială (BTI) rămâne cea mai conformațională radioterapie**, în principal grație independenței față de mobilitatea internă a structurii țintă, care se mișcă solidar cu implantul.
- ▶ Precisă și capabilă a administra doze mari în volume mici, BTI este un tratament minim invaziv cu numeroase indicații oncologice. În ciuda progreselor tehnice, derivate din integrarea imagisticii tridimensionale în soft-uri complexe de planning tridimensional, BTI rămâne mult subutilizată în terapia anti-cancer.
- ▶ Cauza principală este lipsa expertizei profesionale, și a unor echipamente care să permită accesul la zonele tumorale localizate în zone greu accesibile sau chiar inabordabile manual.



Dezvoltarea unui sistem robotic precis pentru brahiterapie!

Procedura de brahiterapie



a)



b)

a) Aplicarea marker-ilor pe corpul pacientului pentru calibrare, b) Validarea insertiei corecte a acului cu ajutorul CT-ului

Brahiterapia asistata robotic

Robotul pentru brahiterapie este proiectat sa implanteze in mod precis semintele radioactive in zona tumorală eliminand posibilele erori umane



Robot cu o structura cinematica paralela care ofera precizie ridicata!!

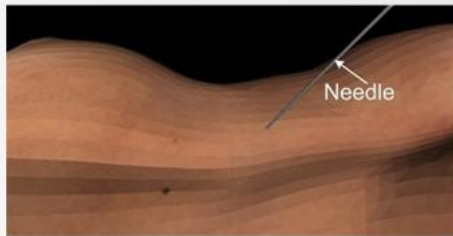
Protocol al brahiterapiei asistate robotic

1. Datele medicale sunt primite de la medici care definesc locația punctelor țintă și traiectoriile liniare dorite
2. Pacientul este plasat și mobilizat în CT într-o poziție predefinită, apoi calibrată cu sistemul laser a mașinii
3. Cadrul robotului este fixat lângă masa CT-ului și calibrat cu sistemul laser unde trebuie să rămână rigid până la sfârșitul procedurii
4. Este orientat acul pe baza datelor medicale

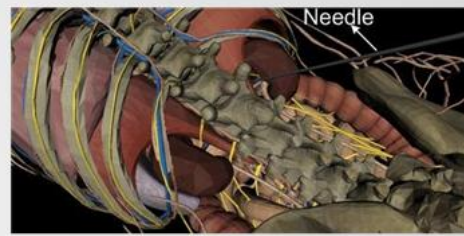
Protocol al brahiterapiei asistate robotic

5. Se suprapune acul peste traiectoria liniară
6. Se introduce acul de-a lungul traiectoiei
7. Se verifică poziția corectă a acului prin scanarea pacientului cu ajutorul CT-ului după care se aplică corecții dacă este nevoie
8. În cazul introducerii mai multor ace cu traiectorii paralele se repetă pașii 5–8, în caz contrar pașii 4–8

Planificarea traiectoriei acului de brahiterapie utilizand realitatea virtuala



Insertia acului de brahiterapie

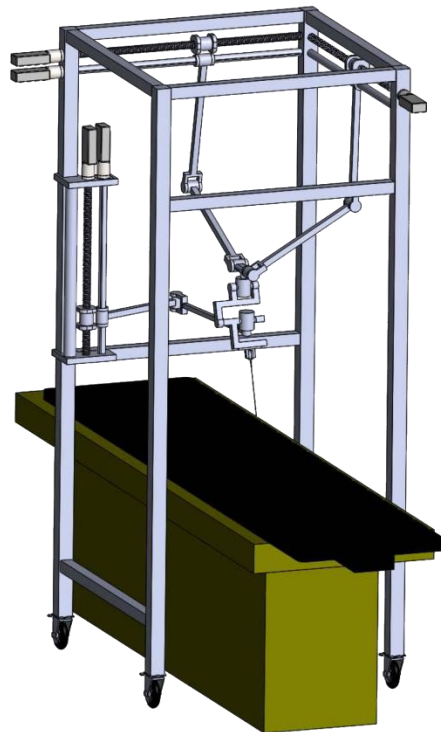


Acul evita organele vitale



Acul in pozitie finala

Robot paralel inovativ pentru brahiterapie



Modelul CAD [35]

Rezumat



- ▶ O opțiune inovativă în lupta împotriva cancerului este brahiterapia (BT) , așa numita radiație internă.
- ▶ Conceptul de procedura BT este una dintre cele mai eficiente metode de tratament, cu scopul de a reduce la minimum traumele pacientului.
- ▶ Protocolul brahitarpiei asistate robotic este prezentat
- ▶ Este necesara dezvoltarea cu succes a unor soluții robotizate paralele capabile să introducă dispozitivele de brahiterapie specifice într-un mod minim invaziv.

Intrebari



1. Care sunt principalele metode de tratament ale cancerului?
2. Ce este brahiterapia?
3. Ce avantaje prezinta robotii paraleli pentru a fi aplicati la brahiterapie?

Raspunsuri

1. Terapia cu laser, radioterapia, chimioterapia, chirurgia, terapia biologica, hipertermia, brahiterapia
2. Brahiterapia cunoscută și sub numele de radioterapie internă sau radioterapie locală, este o formă de terapie minim invazivă unde sursa de radiație este plasată în interiorul corpului direct în zona care necesită tratament.
3. Precizie ridicata, rigiditate crescuta, compactitate

Bibliografie



- [1] Wikipedia Dictionary, <http://en.wikipedia.org/>
- [2] Cancerul, boala secolului, www.flu.ro
- [3] Mateescu, Delia, Ghidul pacientului oncologic, București, 2010, ISBN 978-973-87129-7-3
- [4] Yu, Yan; Podder, Tarun; Zhang, Y D.; Ng, W S.; Misic, V; Sherman, J; Fu, L; Fuller, D; Rubens, D J.; Strang, J D.; Brasacchio, R A.; and Messing, E M., "Robot-Assisted Prostate Brachytherapy", International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention 9(Pt 1):41-9, 2006;
- [5] Gabor Fichtinger, Jonathan Fiene, Christopher W. Kennedy, Gernot Kronreif, Iulian Iordachita, Danny Y. Song, E. Clif Burdette, and Peter Kazanzides, "Robotic Assistance for Ultrasound Guided Prostate Brachytherapy", [Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2007 Lecture Notes in Computer Science](#), vol. 4791, pp 119-127, 2007;
- [6] Dan Stoianovici, Danny Song, Doru Petrisor, Daniel Ursu, Dumitru Mazilu, Michael Mutener, Michael Schar & Alexandru Patriciu "MRI Stealth" robot for prostate interventions, Minim Invasive Ther Allied Technol. vol. 16, no. 4; pp. 241-248, 2007;
- [7] Septimiu E. Salcudean, Thomas D. Prananta, William J. Morris și Ingrid Spadinger, "A Robotic Needle Guide for Prostate Brachytherapy", 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation Pasadena, CA, USA, May 19-23, 2008;
- [8] Podder, T.; Buzurovic, I.; Huang, K.; and Yu, Y., "MIRAB: An Image-Guided Multichannel Robot for Prostate Brachytherapy," *Bodine Journal*: Vol. 3: Iss. 1, Article 39, 2010;
- [9] <http://www.perfinthehealthcare.com/>

Bibliografie

- ▶ [10] Nikolai Hungr, Michael Baumann, Jean-Alexandre Long, Jocelyne Troccaz, "A 3D Ultrasound Robotic Prostate Brachytherapy System with Prostate Motion Tracking", *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 28, pp. 1382 – 1397, 2012
- ▶ [11] Sunita Chauhan, "FUSBOTs: Image-guided Robotic Systems for FUS (Focused Ultrasound Surgery)", *International Symposium of Ultrasound Industry Association (UIA)*, 2007;
- ▶ [12] H. Bassan, T. Hayes, R. V. Patel and M. Moallem, "A Novel Manipulator for 3D Ultrasound Guided Percutaneous Needle Insertion", *Robotics and Automation Conference*, pp. 617–622, 2007;
- ▶ [13] S. E. Salcudean, T. D. Prananta, W. J. Morris and I. Spadinger, "A Robotic Needle Guide for Prostate Brachytherapy", *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Pasadena, CA, pp. 2975–2981, 2008;
- ▶ [14] Y.D. Zhang, T. K. Podder, et al. "Semi-automated Needling and Seed Delivery Device for Prostate Brachytherapy", *IEEE Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1279–1284, 2006;
- ▶ [15] G. S. Fischer, Julian Iordachita, Gabor Fichtinger, "Design of a Robot for Transperineal Prostate Needle Placement in MRI Scanner", *Mechatronics Conference on Digital Object Identifier*, pp.592–597, 2006; Issue
- ▶ [16] Shan Jiang, Jie Guo, Shen Liu, Jun Liu, Jun Yang, "Kinematic analysis of a 5-DOF Hybrid-Driven MR Compatible Robot for minimally invasive interventions in the prostate", *Robotica*, vol. 30, no. 7, pp.1147–1156, 2012;
- ▶ [17] Nikolai Hungr, Michael Baumann, Jean-Alexandre Long, Jocelyne Troccaz, "A 3D Ultrasound Robotic Prostate Brachytherapy System with Prostate Motion Tracking", *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 28, pp. 1382 – 1397, 2012

Bibliografie

- [18] K. Chinzei, N. Hata, F. A. Jolesz, R. Kikinis, "MR Compatible Surgical Assist Robot: System Integration and Preliminary Feasibility Study," in *Int. Conf. Med. Image Comput. Comput. Assist. Interv.*, vol. 3, pp. 921– 930, 2000;
- [19] G. Fichtinger, T. L. DeWeese, A. Patriciu, A. Tanacs, D. Mazilu, J. H. Anderson, K. Masamune, R. H. Taylor, and D. Stoianovici, "System for robotically assisted prostate biopsy and therapy with intraoperative CT guidance," *Acad. Radiol.*, vol. 9, no. 1, pp. 60–74, 2002;
- [20] B. L. Davies, S. J. Harris, and E. Dibble, "Brachytherapy—an example of a urological minimally invasive robotic procedure," *Int. J. Med. Robot.*, vol. 1, no. 1, pp. 88–96, 2004;
- [21] C. M. Schneider, A. M. Okamura, and G. Fichtinger, "A robotic system for transrectal needle insertion into the prostate with integrated ultrasound," in *Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Autom.*, vol. 1, pp. 365–370, 2004;
- [22] L. Phee, D. Xiao, J. Yuen, C. F. Chan, H. Ho, C. H. Thng, C. Cheng, and W. S. Ng, "Ultrasound Guided Robotic System for Transperineal Biopsy of the Prostate," in *Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Autom.*, pp. 1315– 1320, 2005;
- [23] Z. Wei, M. Ding, D. Downey, and A. Fenster, "3D TRUS guided robot assisted prostate brachytherapy," *Med. Image Comput. Comput. Assist. Interv.*, vol. 8, no. Pt 2, pp. 17–24, 2005;
- [24] G. Fichtinger, E. C. Burdette, A. Tanacs, A. Patriciu, D. Mazilu, L. L. Whitcomb, and D. Stoianovici, "Robotically assisted prostate brachytherapy with transrectal ultrasound guidance–Phantom experiments," *Brachytherapy*, vol. 5, no. 1, pp. 14–26, 2006;

Bibliografie



- [25] Y. Yu, T. K. Podder, Y. D. Zhang, W. S. Ng, V. Misic, J. Sherman, D. Fuller, D. J. Rubens, J. G. Strang, R. A. Brasacchio, and E. M. Messing, "Robotic system for prostate brachytherapy," *Comput. Aided Surg.*, vol. 12, no. 6, pp. 366–70, 2007;
- [26] H. Bassan, T. Hayes, R. V. Patel, and M. Moallem, "A Novel Manipulator for 3D Ultrasound Guided Percutaneous Needle Insertion," in *Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Autom.*, pp.617–622, 2007;
- [27] T. K. Podder, W. S. Ng; Y. Yu, "Multi-channel robotic system for prostate brachytherapy," in *Proc. 29th Ann. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc.*, pp.1233–1236, 2007;
- [28] G. S. Fischer, I. I. Iordachita, C. Csoma, J. Tokuda, S. P. DiMaio, C. M. Tempany, N. Hata, and G. Fichtinger, "MRI-Compatible Pneumatic Robot for Transperineal Prostate Needle Placement," *IEEE ASME Trans. Mechatron.*, vol. 13, no. 3, pp. 295–305, 2008;
- [29] A. Patriciu, D. Petrisor, M. Muntener, D. Mazilu, M. Schar, and D. Stoianovici, "Automatic Brachytherapy Seed Placement Under MRI Guidance," *IEEE Trans. Biom. Eng.*, vol. 54, no. 8, pp. 1499–1506, 2007;
- [30] G. Fichtinger, J. P. Fiene, C. W. Kennedy, G. Kronreif, I. Iordachita, D. Y. Song, E. C. Burdette, and P. Kazanzides, "Robotic assistance for ultrasound-guided prostate brachytherapy," *Med. Image Anal.*, vol. 12, no. 5, pp. 535–45, 2008;
- [31] S. E. Salcudean, T. D. Prananta, W. J. Morris, and I. Spadinger, "A robotic needle guide for prostate brachytherapy," in *Proc. IEEE Int. Conf. Rob. Autom.*, pp. 2975–2981, 2008;

Bibliografie

32. Butnariu, S., Gîrbacia, F., "Methodology For The Identification Of Needles Trajectories In Robotic Brachytherapy Procedure Using VrTechnology"
33. Butnariu, S., Gîrbacia, F., Orman, A., "Methodology For 3D Reconstruction Of Objects For Teachingvirtual Restoration", *International Journal of Computer Science Research and Application 2013, Vol. 03, Issue 01(Special Issue), pp. 16-21*
34. Plitea, N., Pîslă, D., Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D.: Robot Paralel pentru Brahiterapie cu Două Lanțuri Cinematice de Ghidare a Platformei (Acului) de Tip 2crru și Cru. Număr depunere brevet A/10004/2013, Romania (2013).
35. Plitea, N., Pîslă, D., Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D.: Robot Paralel pentru Brahiterapie cu Două Lanțuri Cinematice de Ghidare a Platformei (Acului) de Tip 2CRRU și CYL-U. Număr depunere brevet A/10005/2013, Romania (2013).
36. Plitea, N., Pîslă, D., Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D.: Robot Paralel pentru Brahiterapie cu Două Lanțuri Cinematice De Ghidare A Platformei (Acului) De Tip Cyl-u. Număr depunere brevet A/10006/2013, Romania (2013).
37. Plitea, N., Pîslă, D., Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D.: Robot Paralel pentru Brahiterapie cu Două Module Paralele, Unul pentru Poziționare și Unul pentru Orientare. Număr depunere brevet A/10007/2013, Romania (2013).
38. Plitea, N., , Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D., Covaciu, F., D. Pîslă, "Structural Analysis and Synthesis of Parallel Robots for Brachytherapy" in New trends in medical and service robots, theory and integrated applications, Springer 2013
39. Plitea, N., , Vaida, C., Gherman, B., Szilághyi, A., Galdău, B., Cocorean D., Covaciu, F., D. Pîslă, "An Innovative Family of Modular Parallel Robots for Brachytherapy", 11th IFToMM International Symposium on Science of Mechanisms and Machines, acceptată spre publicare în editura Sprynger.