

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII MOLDOVA

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică
Departamentul Microelectronică și Inginerie Biomedicală**

**Admis la susținere
Șef interimar departament MIB:
conf.univ., dr. Serghei RAILEAN**

„ _____ ” _____ 2025

CONTROLUL CALITĂȚII ECHIPAMENTULUI DE BRAHITERAPIE LA INSTITUTUL ONCOLOGIC DIN MOLDOVA

Teză de master

Student:

**Cordun Octavian,
grupa IBM – 231M**

Conducător:

**Buzdugan Artur,
dr. hab.,
cercetător științific superior**

Chișinău, 2025

REZUMAT

la teza de master a studentului **Cordun Octavian**
tema „Controlul calității echipamentului de brahiterapie la Institutul Oncologic din Moldova”

Lucrarea cuprinde: 3 capitole, 31 figuri, 13 tabele, 43 surse bibliografice.

Cuvinte-cheie: controlul calității, brahiterapie HDR, Ir-192, BRAVOS, CamScale.

Scopul lucrării este elaborarea și implementarea în Institutul Oncologic a procedurii de control al calității în lucrul cu noul echipamentului de brahiterapie BRAVOS.

Obiectivele generale sunt: studiul literaturii pe tema tezei, verificarea periodică a calibrării echipamentului pentru a asigura precizia dozei de radiație, monitorizarea continuă a performanței echipamentului și a rezultatelor clinice pentru a detecta și corecta eventualele abateri, asigurarea respectării reglementărilor internaționale în domeniul radioterapiei, pentru protejarea atât a pacienților, cât și a personalului medical.

Domeniul de cercetare se bazează pe implementarea noului program de control al calității în cadrul introducerii noilor tehnologii de tratament 3D în brahiterapie HDR la IMSP Institutul Oncologic.

Originalitate științifică constă în elaborarea și implementarea procedurii operaționale de control al calității al sistemului BRAVOS pentru afterloading în incinta IMSP Institutul Oncologic.

Teza cuprinde în sine introducere, trei capitole, concluzii și bibliografia.

Capitolul 1 pune accentul pe normele de radioprotecție în conformitate cu reglementările de nivel național și internațional din domeniul radioterapiei. De asemenea, include principalele aspecte ale controlului calității în brahiterapie.

Capitolul 2 descrie în detaliu componentele sistemului BRAVOS pentru afterloading, alături de procedurile de: verificare a poziției cablului sursei și efectuarea calibrării poziției.

Capitolul 3 include caracteristicile de bază ale unei proceduri operaționale. Urmat apoi de elaborarea recomandărilor pentru procedura operațională, în care este descris fiecare secțiune în parte. În cele din urmă, sunt analizate rezultatele obținute pe parcursul anului 2024.

În concluzie, se menționează, că scopul tezei de master a fost realizat cu succes. Rezultatele obținute de la implementarea controlului calității odată cu introducerea sistemului BRAVOS pentru afterloading pe durata anului 2024 au demonstrat eficiența programului de control al calității și justificându-i necesitatea.

ANNOTATION

to the Master thesis of **Cordun Octavian** student
theme "Quality control of brachytherapy equipment at the Oncological Institute of Moldova "

The thesis includes: 3 chapters, 31 figures, 13 tables, 43 bibliographic sources.

Keywords: quality control, HDR brachytherapy, Ir-192, BRAVOS, CamScale.

The purpose of the work is to develop and implement in the Oncology Institute the quality control procedure for working with the new BRAVOS brachytherapy equipment..

The general objectives are: study of the literature on the topic of the thesis, periodic verification of equipment calibration to ensure the accuracy of the radiation dose, continuous monitoring of equipment performance and clinical results to detect and correct any deviations, ensuring compliance with international regulations in the field of radiotherapy, to protect both patients and medical personnel..

The research field is based on the implementation of the new quality control program within the introduction of new 3D treatment technologies in HDR brachytherapy in IMSP Oncological Institute.

Scientific originality consists in the development and implementation of the operational procedure for quality control of the BRAVOS system for afterloading within the premises of the IMSP Oncologic Institute.

The thesis includes an introduction, three chapters, conclusions and the bibliography.

Chapter one focuses on radiation protection standards in accordance with national and international radiotherapy regulations. It also includes the main aspects of quality control in brachytherapy.

The second chapter describes in detail the basic components of the BRAVOS afterloading system, along with the procedures for: verifying the position of the source cable and performing position calibration.

The third chapter includes the basic features of an operational procedure. This is followed by the development of recommendations for the operational procedure, in which each section is described separately. Finally, the results obtained during 2024 are analyzed.

In conclusion, it is noted that the purpose of the master's thesis was successfully achieved. The results obtained from the implementation of quality control with the introduction of the BRAVOS system for afterloading during 2024 demonstrated the efficiency of the quality control program and justified its need.

CUPRINS

INTRODUCERE	7
1. PRACTICI INTERNAȚIONALE CURENTE ȘI CERINȚE ÎNAINȚATE	10
1.1. Reglementările internaționale și naționale, normele de securitate în practicile de radioterapie 10	
1.2. Interacțiunea radiațiilor ionizante cu materia vie	19
1.3. Metodele de calcul în brahiterapie	26
1.4. Concluzii cu formularea scopului și obiectivelor tezei	30
2. METODOLOGIA CERCETĂRII METODOLOGIA CERCETĂRII ȘI EVALUAREA TRATAMENTULUI HDR	32
2.1. Evaluarea sistemului de livrare a tratamentului HDR.....	32
2.2. Evaluarea echipamentelor disponibile dozimetriei și calibrării în brahiterapie	36
2.3. Evaluarea capacității CamScale BRAVOS și pașilor verificării sursei Ошибка! Залка не определена.	
2.4. Concluzii	43
3. ELABORAREA RECOMANDĂRILOR PRIVIND CONTROLUL CALITĂȚII ÎN BRACHITERAPIE	44
3.1. Rolul procedurii operaționale în cadrul IMSP IO	44
3.2. Elaborarea recomandărilor pentru procedura operațională	46
3.3. Rezultatele obținute.....	58
3.4. Concluzii	63
CONCLUZII GENERALE	65
BIBLIOGRAFIE	65

INTRODUCERE

Brahiterapia reprezintă o metodă de radioterapie focalizată, care constă în iradierea locală (ca tratament independent sau complementar) cu ajutorul unei surse radioactive încapsulate. În trecut, pentru tratamentul de brahiterapie se utilizau surse de radium, dar din cauza dezintegrării în radon și a riscului potențial al acestui gaz pentru personalul medical și pacienți, a fost necesară înlăturarea acestuia din practica clinică. Începând cu anul 1950, alternativă la radium devine utilizarea radionuclizilor produși artificial ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{60}Co , ^{198}Au și ^{125}I . Noile dezvoltări tehnologice au dus la creșterea interesului către brahiterapie, prin dezvoltarea dispozitivelor automate cu control la distanță pentru a livra sursele de înaltă activitate fără interacțiunea directă a personalului a avut un rol important în reducerea expunerii profesionale. Utilizarea radionuclizilor în brahiterapie este dictată de timpul de înjumătățire, spectrul emisiilor și debitul kermei în aer. În tabelul 1 sunt indicați cei mai comuni și des folosiți radionuclizi în brahiterapie [1].

Tabelul 1. Principalele surse utilizate în brahiterapie.

Radionuclidul	Tip de emisie	Timpul de înjumătățire	Energia
Cesiu-137 (^{137}Cs)	Raze gamma	30,17 ani	0,662 MeV
Cobalt-60 (^{60}Co)	Raze gamma	5,26 ani	1,17; 1,33 MeV
Iridiu-192 (^{192}Ir)	Raze gamma	74,0 zile	0,38 MeV (în medie)
Iod-125 (^{125}I)	Raze gamma	59,6 zile	27,4; 31,4 și 35,5 keV

În funcție de colocarea surselor radioactive și localizarea tumorii, brahiterapia se împarte în [2]:

- **Brahiterapie interstițială** – sursele sunt plasate în interiorul țesutului de iradiat, sub formă de ace rigide sau sârme flexibile (implantate permanente sau temporare). Metodă este acceptată pentru cancerul de col uterin cu invazie parametrială, cancerul de prostată și al glandei mamare.
- **Brahiterapie de contact sau superficială** – sursele sunt montate într-un mulaj ce se aplică direct pe leziune.
- **Brahiterapie intracavitară** – sursele sunt plasate în cavitățile corpului (de exemplu în: uter, vagin, rect).

- **Brahiterapia endoluminală** – sursele sunt plasate în bronhii, esofag, ductele biliare, etc. În această situație, sursele sunt plasate intraluminal, în contact direct cu țesutul de iradiat.
- **Brahiterapia vasculară** – ramură mai nouă și mai puțin experimentată, care se referă la iradierea internă a unui vas sangvin, în special a arterei, cu scopul de a reduce reapariția stenozei (blocarea vaselor de sânge după efectuarea angioplastiei).

Brahiterapia este o metodă de radioterapie eficientă și precisă în tratamentul cancerului, care se bazează pe 4 principii fundamentale [3], precum:

1. **Localizarea precisă a sursei de radiații.** Sursele radioactive sunt plasate cât mai aproape de tumoare, în interiorul țesuturilor afectate sau în cavități adiacente acestora, lucru care permite livrarea unei doze mari de radiații către celulele canceroase, minimizând efectele asupra țesuturilor sănătoase din jur.
2. **Distribuția dozei.** Brahiterapia permite o distribuție foarte precisă a dozei de radiații, din cauză că distribuția dozei sursei radioactive are o rază scurtă de acțiune.
3. **Timpul de tratament scurtat.** Brahiterapia oferă un timp de tratament mai scurt, ceea ce reprezintă un avantaj pentru pacienți, reducând numărul de ședințe necesare.
4. **Minimizarea efectelor secundare.** Datorită poziționării sursei de radiații direct în zona tumorală, riscul apariției unor complicații și efecte secundare este redus.

Având în vedere unul din principiile de bază ale medicinei „*primum non nocere*”, dar și natura radiațiilor ionizante, procesul de radioterapie trebuie să ofere pacienților un tratament sigur și de calitate pentru a evita evenimentele adverse. Acest lucru este realizabil exclusiv prin utilizarea unei abordări sistematice și a unui efort continuu prin aplicarea programelor de asigurare a calității (QA) și control al calității (QC). Asigurarea calității în radioterapie reprezintă toate procedurile care asigură coerența prescripției medicale și îndeplinirea în condiții de siguranță a acestei prescripții în ceea ce privește doza la volumul țintă, cu o doză minimă la țesutul normal, expunere minimă a personalului și monitorizarea cât mai exactă a pacienților până la finalul tratamentului. Datorită dozelor mari de radiații aplicate per ședință în brahiterapie, această procedură trebuie efectuată la standarde înalte de precizie. Majoritatea erorilor în brahiterapie pot fi prevenite cu un program adecvat de asigurarea calității. Testele QA sunt împărțite în trei mari categorii: zilnice, trimestriale și anuale, iar unele dintre principalele proceduri include [4]:

- calibrarea sursei de Ir-192, cu ajutorul camerei de ionizare, sau utilizând fantomul solid;

- efectuarea testelor pentru asigurarea calității (verificarea funcționării întrerupătorului pentru ușă, butoanelor de urgență din bunker și de pe punctul de comandă, dozimetrului de pe perete, a camerei video, a containerului de urgență cu uneltele necesare, etc);
- efectuarea de teste care vizează verificarea sursei și a aplicatorilor;

În anii 70, în Republica Moldova a fost construit un bloc radiologic pentru brahiterapie, care utiliza surse radioactive de ^{137}Cs și ^{60}Co pentru tratamentul pacientelor onco-ginecologice. Sursele radioactive aveau dimensiuni diferite: cele mari erau plasate în uter, iar cele mici în colul uterin, iar timpul de iradiere se calcula pe baza a două imagini radiografice și pacientele petreceau în sala de tratament aproximativ 24 de ore. Ulterior, au fost introduse dispozitivele BT SELECTRON și AFAT-B cu un sistem pneumatic pentru livrarea surselor radioactive, urmat în anii 1980 de dispozitivul AFAT-BY, care aducea îmbunătățiri prin automatizarea computerizată a procesului și monitorizarea pacienților.

În anul 2022, prin intermediul programului de colaborare cu AIEA (Agenția Internațională de Energie Atomică) s-a procurat și instalat un nou sistem de brahiterapie 3D, fiind cel mai modern la momentul actual. Complexul brahiterapeutic BRAVOS HDR oferă posibilitatea tratării pacienților în tehnica de 3D, oferind un surplus de precizie pentru administrarea și definirea tratamentului. A fost îmbunătățită, de asemenea, verificarea și controlul tratamentului și a echipamentului, iar odată cu acestea a apărut necesitatea elaborării și implementării unui nou program de verificare și asigurare a calității tratamentului oferit pacienților.

În figura 1 este ilustrat dispozitivul (CamScale) de verificare a poziției cablului Dummy și a sursei de iridiu, care se amplasează cu ajutorul proiecției laserului la o distanță de $50 \pm 1,5$ cm față de echipamentul BRAVOS.



Figura 1. Dispozitivul de verificare a poziției (CamScale) pentru sistemul de brahiterapie BRAVOS: a) amplasarea CamScale-ului față de BRAVOS; (b) desen schematic care indică poziția camerelor și a riglei utilizate pentru verificarea poziției în CamScale [5].

BIBLIOGRAFIE

1. SAHITHI MADIREDDY; AMIT VERMA; BILIKERE S. DWARAKANATH; RAO VL. PAPANENI. Technological advancements in brachytherapy of cancer. In: *Physics Open*. 2022, Vol. 11, [citat 12.09.2024] Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.physo.2022.100109>.
2. PATHAK, P.; THOMAS, J.J.; BAGHWALA, A.; LI, C.; TEH, B.S.; BUTLER, E.B.; FARACH, A.M. Personalized Brachytherapy: Applications and Future Directions. In: *Cancers*. 2024, 16, 3424. [citat 12.09.2024] Disponibil la: <https://doi.org/10.3390/cancers16193424>.
3. KELLY, JASON F et al. High-dose-rate endobronchial brachytherapy effectively palliates symptoms due to airway tumors: The 10-year M. D. Anderson Cancer Center experience. In: *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*. 2000. Vol. 48, Issue 3, pp. 697 – 702.
4. WILKINSON DA. High dose rate (HDR) brachytherapy quality assurance: a practical guide. *Biomed Imaging Interv J*. 2006 Apr;2(2):e34. doi: 10.2349/bijj.2.2.e34. Epub 2006 Apr 1. PMID: 21614233; [citat 13.09.2024] Disponibil la: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3097611/>.
5. MURILLO BELLEZZO; JOSÉ A. BAEZA; ROBERT VONCKEN; BRIGITTE RENIERS; FRANK VERHAEGEN; GABRIEL P. FONSECA. Mechanical evaluation of the Bravos afterloader system for HDR brachytherapy. In: *Brachytherapy*. 2019. Vol. 18, Issue 6, pp. 852-862. ISSN 1538-4721. [citat 15.09.2024] Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2019.06.005>.
6. AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. Report No. 084 - Update of AAPM Task Group No. 43 Report: 2004. AAMP, pp. 633-674. [citat 15.09.2025]. Disponibil la: <https://www.aapm.org/pubs/reports/detail.asp?docid=85>.
7. LIU, ZHONGSHAN et al. Imaging-guided brachytherapy for locally advanced cervical cancer: the main process and common techniques. In: *American journal of cancer research*. 2020. vol. 10, 12, pp. 4165-4177. [citat 14.09.2024] Disponibil la: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7783772/>.
8. ZHANG, P.; BEDDAR, A. S.; SIBATA, C. H. AAPM TG-43 formalism for brachytherapy dose calculation of a ¹³⁷Cs tube source. In: *Medical physics*. 2004, 31(4), pp. 755–759. [citat 16.09.2024] Disponibil la: <https://doi.org/10.1118/1.1650564>.

9. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities, In: *Safety Reports Series No. 47*. 2006, IAEA, Vienna. [citat 02.10.2024] Disponibil la: <https://www.iaea.org/publications/7197/radiation-protection-in-the-design-of-radiotherapy-facilities>.
10. D. BALTAS; L. SAKELLIU; N. ZAMBOGLOU. *The physics of modern brachytherapy for oncology*. 2007 New York Estados Unidos: Taylor & Francis. [citat 04.10.2024] Disponibil la: https://www.routledge.com/The-Physics-of-Modern-Brachytherapy-for-Oncology/Baltas-Sakelliou-Zamboglou/p/book/9780367864217?srsId=AfmBOoqMhlLgDbr57yNfadTtyb4E-jyculB6W_iPFL3kKtRpriUzPqoX.
11. NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS. *Radiation Protection in Educational Institutions*. 1976. NCRP. [citat 05.10.2024] Disponibil la: <https://ncrponline.org/shop/reports/report-no-157-radiation-protection-in-educational-institutions-2007/>.
12. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiotherapy Facilities: Master Planning and Concept Design Considerations. In: *Human Health Reports N°10*. 2014, Vienna: AIEA. [citat 05.10.2024] Disponibil la: <https://www.iaea.org/publications/10561/radiotherapy-facilities-master-planning-and-concept-design-considerations>.
13. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Design and implementation of a radiotherapy programme: Clinical, medical physics, radiation protection and safety aspects*, 1998, Vienna Austria. [citat 06.10.2024] Disponibil la: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1040_prn.pdf.
14. AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. *Code of practice for brachytherapy physics: Report of the AAPM Radiation Therapy Committee Task Group N°56*. 1997, Washington Estados Unidos: AAPM Science Council, [citat 14.10.2024] Disponibil la: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9350711/>.
15. GUIX, B.; FINESTRES, F.; TELLO, J.; PALMA, C.; MARTINEZ, A.; GUIX, J.; GUIX, R. *Treatment of Skin Carcinomas of the Face by High-Dose-Rate Brachytherapy and Custom-Made Surface Molds*. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2000, 47, pp. 95–102.
16. PÖTTER, R.; TANDERUP, K.; SCHMID, M.P.; JÜRGENLIEMK-SCHULZ, I.; HAIE-MEDER, C.; FOKDAL, L.U.; STURDZA, A.E.; HOSKIN, P.; MAHANTSHETTY, U.; SEGEDIN, B.; et al. *MRI-Guided Adaptive Brachytherapy in Locally Advanced Cervical*

- Cancer (EMBRACE-I): A Multicentre Prospective Cohort Study*. *Lancet Oncol.* 2021, 22, 538–547.
17. KUDLA, M.; BACHAND, F.; MOORE, J.; BATCHELAR, D. Patient-Specific Cylinder Templates for Hybrid Interstitial Vaginal Brachytherapy: Feasibility of Automated 3-D Design, 3D Printing, and Dosimetric Outlook. In: *Brachytherapy*. 2023, 22, pp. 468–476.
 18. YUAN, X.; ZHANG, Y.; CUI, M.; MIAO, J.; GAO, L.; HU, J.; TIAN, D.; YOU, J. Dosimetry Comparison between a 3D Printed Minimally Invasive Guidance Template and Free Implantation in the Brachytherapy Treatment of Postoperative Recurrent Cervical Carcinoma. In: *Cancer Manag. Res.* 2019, 11, pp. 5013–5018.
 19. JEAN POULIOT; LUC BEAULIEU. 13 - Modern Principles of Brachytherapy Physics: From 2-D to 3-D to Dynamic Planning and Delivery. In: *Leibel and Phillips Textbook of Radiation Oncology (Third Edition)*. 2010, W.B. Saunders, pp. 224-244. ISBN 9781416058977. [citat 15.10.2024] Disponibil la: <https://doi.org/10.1016/B978-1-4160-5897-7.00013-5>.
 20. NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. PubChem Compound Summary for CID 66373, Iridium-192. [citat 18.10.2024] Disponibil la: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Iridium-192>.
 21. KISSEL, M.; KRHILI, S.-L.; MINSAT, M.; EL AYACHY, R.; BRINGER, S.; LAHMI, L.; PORTE, J.; LABIB, A.; GRAFF, P.; CREHANGE, G. Dose-Escalation in Prostate Cancer: Results of Randomized Trials. In: *Cancer/Radiothérapie*. 2022, 26, pp. 899–904.
 22. GUILHEM DOUYSSSET; THORSTEN SANDER, JEAN GOURIOU; REBECCA NUTBROWN. Comparison of air kerma standards of LNE-LNHB and NPL for ¹⁹²Ir HDR brachytherapy sources: EUROMET project no 814. In: *Physics in medicine and biology*. 2008, vol. 53. pp. 85-97. 10.1088/0031-9155/53/6/N02. [citat 17.10.2024] Disponibil la: https://www.euramet.org/Media/docs/projects/814_IONRAD_PMB.pdf.
 23. SMALL, W.; BERIWAL, S.; DEMANES, D.J.; DUSENBERY, K.E.; EIFEL, P.; ERICKSON, B.; JONES, E.; ROWND, J.J.; DE LOS SANTOS, J.F.; VISWANATHAN, A.N.; et al. American Brachytherapy Society Consensus Guidelines for Adjuvant Vaginal Cuff Brachytherapy after Hysterectomy. In: *Brachytherapy*. 2012, 11, pp. 58–67.
 24. DYKE, P.; WHITWORTH, R. An Introduction to Rigid Body Dynamics. In: *Guide to Mechanics*. In: *Palgrave Mathematical Guides*. 2001. Palgrave, London. [citat 01.11.2024] Disponibil la: https://doi.org/10.1007/978-1-4039-9035-8_10.

25. SHUSTER, M. D. A Survey of Attitude Representations. In: *The Journal of the Astronautical Sciences*. 1993, 41(4), pp. 439-517.
26. MCMAHON, STEPHEN JOSEPH. The linear quadratic model: usage, interpretation and challenges. In: *Physics in medicine and biology*. 2018, vol. 64, [citat 02.11.2024] Disponibil la: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30523903/>.
27. STATISTICAL RADIOBIOLOGY. [citat 05.11.2024] Disponibil la: <https://oncologymedicalphysics.com/statistical-radiobiology/>.
28. BEYZADEOGLU, M.; OZYIGIT, G.; EBRULI, C. RADIOBIOLOGY. In: *Basic Radiation Oncology*. 2022. Springer, Cham. [citat 09.11.2024] Disponibil la: https://doi.org/10.1007/978-3-030-87308-0_2.
29. TANNOCK, I. F., et al. The Biological Effective Dose: A New Approach to Dosing in Radiotherapy. In: *Clinical Oncology*. 2008, 20(2), pp. 83-89.
30. Eye Physics. *Models of Tumor Control Probability*. 2024. [citat 21.11.2024] Disponibil la: <https://www.eyephysics.com/TDF/Models.htm>.
31. GONZÁLEZ, J. A.; PÉREZ, R. Algoritmos para el Cálculo de Dosis en Brahiterapia. In: *Actas del Congreso de Física Médica*. 2018. pp. 34-39. Madrid: Asociación Española de Física Médica.
32. VU, C.C.; BLAS, K.G.; LANNI, T.B.; GUSTAFSON, G.S.; KRAUSS, D.J. Cost-Effectiveness of Prostate Boost with High-Dose-Rate Brachytherapy versus Intensity-Modulated Radiation Therapy in the Treatment of Intermediate-High Risk Prostate Cancer. In: *Brachytherapy*. 2018, 17, pp. 852–857.
33. RIVARD, M. J.; VENSELAAR, J. L. M.; BEAULIEU, L. *Brachytherapy Physics*. 2015, 2nd ed. New York: Springer.
34. DEVIC, S.; PODGORSAK, E. B.; SEUNTJENS, J. *Technical Aspects of High Dose Rate Brachytherapy Afterloading Systems*. 2014, Boca Raton, FL: CRC Press.
35. S. LLOYD; K.M. ALEKTIAR; S. NAG; Y.J. HUANG; C.L. DEUFEL; F. MOURTADA; D.K. GAFFNEY. Intraoperative high-dose-rate brachytherapy: An American Brachytherapy Society consensus report. In: *Brachytherapy*. 2017, vol. 16, Issue 3, pp. 446-465. ISSN 1538-4721. [citat 22.11.2024] <https://doi.org/10.1016/j.brachy.2017.01.001>.

36. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Standards and Codes of Practice in Medical Radiation Dosimetry*. 2002, Vienna Austria. [citată 23.11.2024] Disponibil la: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1153/cd/p1153_1.pdf.
37. KAPSCH, R.-P.; EKLUND, K. *Precision and Performance: Advanced Electrometer Specifications in Radiation Dosimetry*. 2019, Berlin: Springer.
38. TANDERUP, K.; LINDEGAARD, J. C. *Brachytherapy and Afterloading System Design: Calibration and Dosimetry Techniques*. 2020, Cham: Springer.
39. PATEL, S; RASMUSSEN, K. *Position Verification and Quality Assurance in Brachytherapy: Ensuring Treatment Accuracy and Safety*. 2019, New York: Springer.
40. SHARPE, M. B.; DEVIC, S. *Calibration and Quality Assurance in Brachytherapy: Ensuring Precision and Safety*. 2020, New York: Springer.
41. FIJUTH, J. Educational Corner Brachytherapy in Paediatric Malignancies—Review of Indications. *J. Contemp.* In: *Brachyther.* 2010, 2, 81–83.
42. AKHAVANALLAF, A.; MOHAMMADI, R.; SHIRI, I.; SALIMI, Y.; ARABI, H.; ZAIDI, H. Personalized Brachytherapy Dose Reconstruction Using Deep Learning. In: *Comput. Biol. Med.* 2021, 136, 104755.
43. CORDUN, O.; BUZDUGAN, A. Analyze of Quality Assurance (QA) of brachytherapy evolution from GammaMedplus to Bravos System.p. 45-46. **Award-winning abstract**. In: "Electronics, Communications and Computing (IC ECCO-2024)", Chişinău, The 13th International Conference on Electronics, Communications and Computing (IC ECCO-2024). The Conference Programme and Abstract book: Chisinau, October 17-18, 2024, Eds. Dumitru Ciorbă [et al.]; Chişinău, Tehnica UTM, 2024,225 p. ISBN 978 9975 64 480-8 (PDF). [citată 10.01.2025] Disponibil la: <https://ecco.utm.md/wp-content/uploads/2024/12/IC-ECCO-2024-AbstractBookBN.pdf>.