

## APLICAȚII ALE DOZIMETRIEI PRIN TERMOLUMINESCENȚĂ ÎN DOMENIUL MEDICAL

Monica ZECIU DOLHA, Alida TIMAR GABOR, Daniela CONSTANTIN, Constantin COSMA

*Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului*

**Abstract: Termoluminescent dosimetry applications in medical field.** Thermoluminescence (TL) dosimetric methods have been applied for dose measurements in interventional cardiology. The dose received by medical staff (two physicians) as well as by four patients during the coronary procedure from the Cardiac Chatterization and Interventional Cardiology Laboratory, Heart Institute „Niculae Stăncioiu”, Cluj-Napoca has been measured using ultra-sensitive TL dosimeters LiF:Mg, Cu, P (Code MCP-N, produced by TLD Poland). The calibration (integral signal as function as given dose) of the dosimeters has been performed using a Cobalt-60 gamma source. The response was found to be linear, the goodness of fit being  $R^2=0.998$ . For these dosimeters the determined sensitivity was  $0.424\pm 0.009 \mu\text{C}/\text{mGy}$  for our dosimetric system (Harshaw 3500 TLD Reader, respectively MCP-N TL dosimeters). For the medical staff monitored the doses received during a single intervention was below our detection limit while in the case of the patients doses ranging from  $0.29\pm 0.04 \text{ mGy}$  to  $1.04\pm 0.04 \text{ mGy}$  have been determined. Our results indicated that TL dosimetry is a suitable method for measurements in interventional cardiology. Its advantages are that this method is a cheap, fast, and easy to implement.

**Key words:** thermoluminescence, dosimeter, X ray, glow curve.

### Introducere

Fenomenul de termoluminescență se referă la emisia radiației optice de către anumite materiale (în general cristaline), care au fost în prealabil iradiate, în timpul încălzirii lor, emisie luminoasă diferită de radiația de corp negru. În cadrul fenomenului de termoluminescență pot fi delimitate două faze și anume faza de iradiere și faza de încălzire. În momentul iradierii o parte din electronii din banda de valență primesc suficientă energie pentru a trece în banda de conducție, dar în această stare delocalizată nu este permisă acumularea lor, concentrația de electroni din această bandă trebuind să fie cvasistaționară, așa că o parte dintre aceștia vor cădea înapoi în banda de valență, în timp ce o altă parte pot fi capturați de către defectele caracteristice cristalului localizate în banda interzisă. Același fenomen este suferit și de golurile din banda de valență care pot fi la rândul lor capturate. Stocarea corespunde unei stări metastabile a cristalului. În conformitate cu principiul de excluziune al lui Pauli, o capcană nu poate acomoda mai mult de doi electroni, iar electronii din aceste capcane se supun unei distribuții de tip Maxwell-Boltzmann, astfel încât probabilitatea de a părăsi capcanele datorită agitației termice este dată de adâncimea lor. Stimularea prin încălzire duce la relaxarea sistemului cristalin în starea inițială de echilibru. Prin expunerea acestuia la lumină sau căldură electronii sunt eliberați din capcane și pot trece în banda de conducție, de unde pot fi recapturați de către capcane, dar pot totodată efectua și un alt tip de tranziții permise, constând în recombinarea însoțită de emisie fonică cu goluri capturate în nivele energetice numite centrii de luminescență. Lungimea de undă a luminescenței emise depinde de tipul centrului de luminescență unde a avut loc recombinarea. Principiul dozimetriei TL constă în existența unei proporționalități între catitatea de lumină emisă de către cristal și doza fizică absorbită de acesta. Ca și exemple des utilizate în dozimetria TL ar fi LiF, CaF<sub>2</sub>, CaSO<sub>4</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, BeO, dar și cristalele de cuarț (SiO<sub>2</sub>), feldspatii, carbonatul de calciu, acestea din urmă încadrându-se în categoria materialelor naturale [1, 3].

Cristalele TL de tip LiF: Mg, Cu, P sunt dozimetrele cele mai des utilizate, folosite în monitorizarea mediului datorită sensibilității lor ridicate, care permite utilizarea acestora pe o scară largă de studii de mediu [2, 3].

Afecțiunile cardiace rămân unele dintre cele mai des întâlnite afecțiuni care conduc la creșterea mortalității în rândul populației. Cardiologia intervențională (CI) este o tehnică terapeutică și de diagnostic care permite accesul în interiorul inimii sau prin vasele coronariene utilizând catetere inserate prin vasele de sânge. Vizualizarea și ghidarea dispozitivelor inserate prin arterele

principale ale vaselor de sânge, dar și achiziția de imagini de înaltă calitate se realizează utilizând razele X (fluoroscopie și radiografie). Datorită avantajelor acestei tehnici față de chirurgia clasică (tehnică minim invazivă, risc scăzut, costuri mici etc.) frecvența utilizării acestei tehnici a crescut în ultimii ani [4]. Personalul medical (cei care prepară diferite produse farmaceutice radioactive, medicii care efectuează intervențiile amintite), dar și restul personalului medical care intră în contact cu pacientul „radioactiv” este expus la radiații [5].

Printre tehnicile CI se numără angiografia și angioplastia (CA/PTCA), implantări de defibrilatoare și peacemakere (PM/ICD) etc., cele din urmă utilizând dozele cele mai ridicate (până la valori de  $350 \text{ Gy/cm}^2$ ) [4]. Conform ICRP (International Commission on Radiological Protection) și Directivei CE 96/29/EURATOM 1996 s-a stabilit o limită de 500 mSv pentru cea mai expusă zonă a corpului uman mediat pe o arie de  $1 \text{ cm}^2$  [6].

În studiul nostru am monitorizat pacienți cărora li s-a efectuat tehnica de coronarografie. Această procedură este o metodă diagnostică de explorare invazivă a anatomiei vaselor inimii prin injectarea intracoronară directă de substanță de contrast radio-opacă sub control radiologic [7, 8].

## **Materiale și metode**

Dozimetrele utilizate sunt de tipul MCP-N (TLD Poland), fiind granule termoluminescente ultra sensibile, elementul chimic Li din componența lor având abundența izotopică naturală, respectiv Li 6 7.5% și Li 7 92 % și fac parte din cele mai recente descoperiri în domeniul radioprotecției, fiind utilizate cu succes în special în dozimetria medicală.

S-a măsurat nivelul de radiații X cu ajutorul dozimetrelor de tip LiF:Mg, Cu, P pe care îl primește pe de o parte pacientul, iar, pe de altă parte, personalul medical în timpul efectuării unor tehnici de coronarografie. Dozimetrele s-au citit utilizând echipamentul Harshaw 3500 TLD Reader, iar datele au fost prelucrate folosind soft-ul WinREMS (Thermo Electron Corporation RM&P Ohio, SUA).

S-au utilizat dozimetre noi, nefolosite și au fost puse în pliculețe de plastic închise. Procedura experimentală a constat în alegerea unui set de 32 de dozimetre identice, care nu au mai suferit în prealabil iradiere.

S-au monitorizat 4 pacienți și 2 medici (Institutul Inimii “Niculae Stăncioiu”, Cluj-Napoca, Laboratorul de cateterism cardiac/cardiologie intervențională). În cazul medicilor, pliculețele cu dozimetre au fost puse pe deasupra șorțului de plumb. În cazul pacienților dozimetrele au fost aplicate în zona inimii. Toate pliculețele au rămas în zona de interes până ce ultima manevră ce ține de intervenție a fost finalizată. Ulterior au fost duse în laborator și citite cu aparatul Harshaw 3500 TLD.

Profilul de temperatură setat pentru citire a fost următorul: regiunile de interes : ROI 1: 0-50, ROI 2: 50-120, ROI 3: 120-155, ROI 4: 155-200. Temperatura de preîncălzire de  $20^\circ\text{C}$  timp de 10 secunde cu o rata de creștere a temperaturii de  $5^\circ\text{C}/\text{sec}$ . Temperatura maximă de încălzire a fost de  $220^\circ\text{C}$  în timp de 60 secunde. Timpul la care dozimetrul a fost menținut la temperatura maximă: 20 secunde.

## **Rezultate**

Figura 1 evidențiază curba de strălucire pentru unul din dozimetrele utilizate. Profilul de citire a fost realizat cu o temperatură care a pornit de la  $20^\circ\text{C}$  până la  $220^\circ\text{C}$ , având o viteză de citire de  $5^\circ\text{C}/\text{sec}$  în timp de 1 minut. Semnalul util a fost înregistrat în regiunea de interes ROI 3, în care se poate observa peakul dozimetric.

Dozimetrele au fost iradiate la sursa de  $^{60}\text{Cobalt}$  cu o activitate a sursei de  $\sim 5 \text{ Ci}$  și un debit al dozei de  $1,2 \text{ mGy/s}$ . Dozimetrele au fost iradiate timp de 10, 20, 30, 40, 60, 80 și 100 secunde. Fiecărei pastile i s-a citit intensitatea semnalului luminos. Curba de calibrare (figura 2) a evidențiat o sensibilitate a dozimetrului de  $424 \mu\text{C}/\text{Gy}$ .

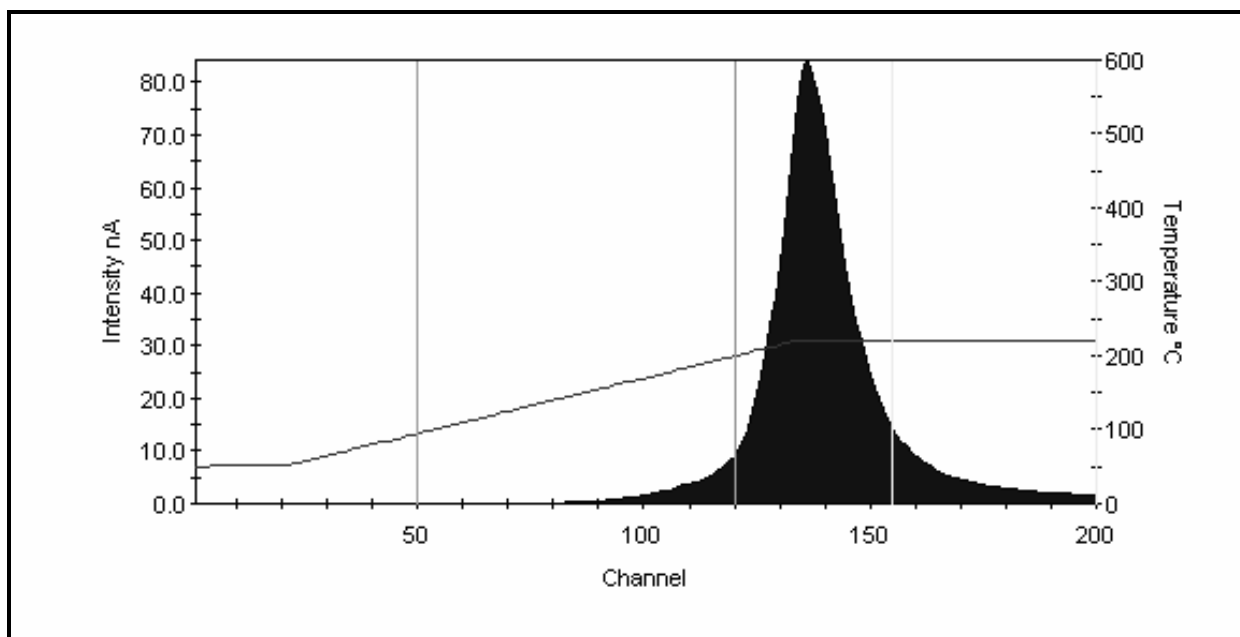


Fig. 1. Curbă de strălucire pentru dozimetru expus – pacient 1.

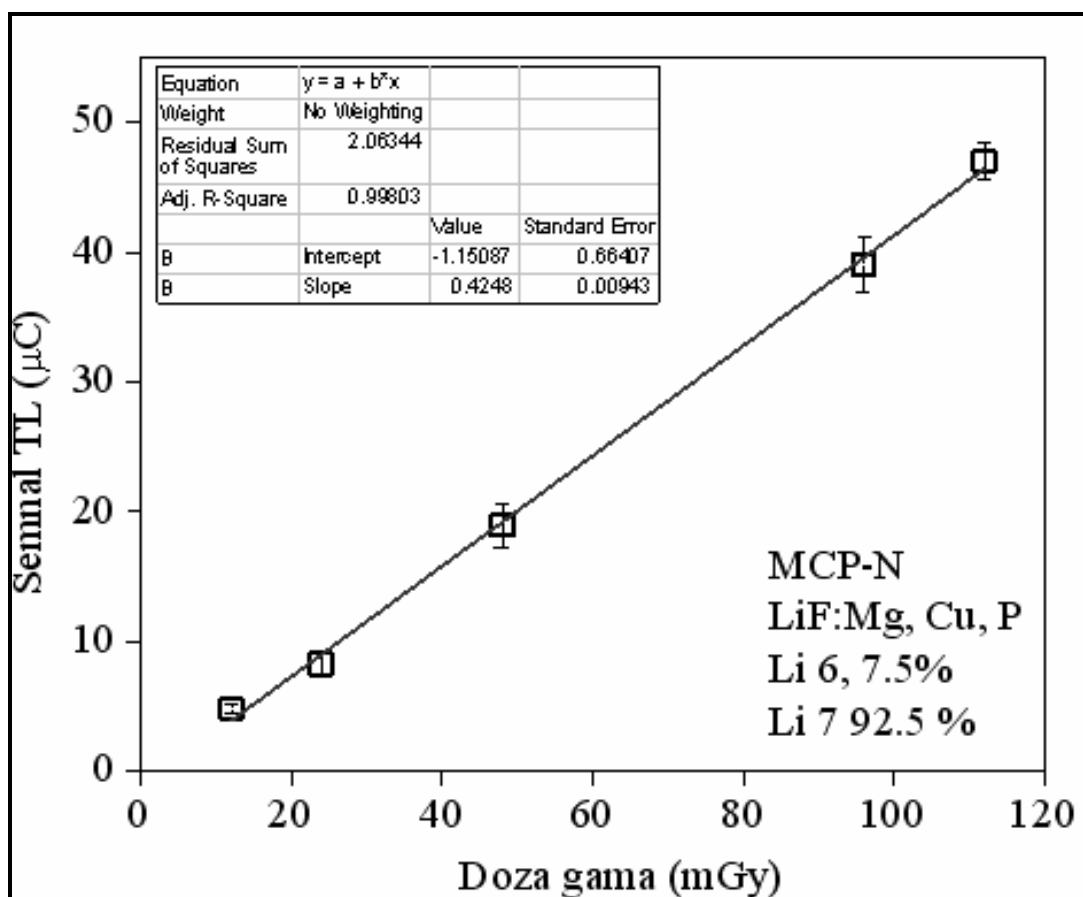


Fig. 2. Curba de calibrare a detectorului MCP-N iradiat la  $^{60}\text{Co}$ .

Tabelul 1 prezintă valorile semnalelor citite pentru pacienți respectiv medicii monitorizați.

**Tabelul 1**  
Semnale citite pentru medici/pacienți

PACIENT 1	Nr. crt.	Semna l citit (nC)	Semnal citit mediu (nC)	Deviația standard (nC)	Eroarea standard (nC) NÎ 68%	Semnal net (nC)	Eroare relativă (nC)	Doza (mGy)	Eroarea absolută (mGy) NÎ 68%
PACIENT 1	1	688	741	74	53	306	53	0.72	0.13
	2	793							
PACIENT 2	1	845	877	25	13	442	15	1.04	0.04
	2	867							
	3	895							
	4	898							
PACIENT 3	1	752	740	40	20	305	21	0.72	0.05
	2	780							
	3	742							
	4	685							
PACIENT 4	1	511	577	31	16	122	17	0.29	0.04
	2	576							
	3	561							
MEDIC 1	1	450.9	422	28	16	-	-	-	-
	2	419.3							
	3	395.5							
MEDIC 2	1	473	450	30	15	-	-	-	-
	2	422							
	3	479							
	4	428							

### Discuții

Rezultatele obținute în cazul monitorizării medicilor în cursul unei singure intervenții nu se disting de fondul dozimetrelor. Însă, dozimetria TLD este o metodă des utilizată în cazul efectuării de măsurători integrate, prin urmare metoda poate fi folosită cu succes pentru măsurători în ceea ce privește dozele primite de personalul medical în cursul unor perioade mai extinse de timp (spre exemplu o lună). Expunerea profesională poate deveni o problemă doar atunci când doza anuală este mai mare de 20 mSv.

Pentru pacienți valorile semnalelor luminoase s-au distins de fondul natural. Dozele obținute au fost destul de ridicate (cu un maxim de 1.04 mGy, dar în limite normale), dar, ținând cont de principiul A.L.A.R.A. (As Low As Reasonably Achievable) care prevede ca dozele încasate de individ să se mențină la un nivel cât mai scăzut cu putință și având în vedere necesitatea efectuării intervențiilor de acest tip (la indicație medicală), dozele găsite se justifică.

### Concluzii

Răspunsul semnalului luminescent în funcție de doza obținută a fost unul linear ( $R^2=0.998$ ). Totodată s-a putut observa o bună reproductibilitate a dozimetrelor. Pentru pacienți, dozele măsurate au fost tipice pentru intervențiile cardiologice. Metoda este utilă și se poate aplica cu

succes în monitorizarea personalului medical, cu precizarea extinderii studiului pe o perioadă mai îndelungată de timp.

### **Bibliografie**

1. Oncescu M., Panaitescu I., 1992 - *Dozimetria și ecranarea radiațiilor roentgen și gamma*, Ed. Academiei Române, București
2. Furetta C., Pao-Shan W., 1998 - *Operational Thermoluminescence Dosimetry*, World Scientific Publishing
3. Cosma C., Timar A., Benea V., Pop I., Jurcut T., Ciorba D., 2008 - *Using natural luminescent materials and highly sensitive sintered dosimeters MCP-N (LiF:Mg,Cu,P) in radiation dosimetry*, Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 10:574
4. Donadille L. et al., 2011 - *Staff eye lens and extremity exposure in interventional cardiology: Results of the ORAMED project*, Radiation Measurements, pag 1
5. Sudbrock. F. et al., 2011 - *Dose and dose rate measurements for radiation exposure scenarios in nuclear medicine*, Radiation Measurements, pag 1
6. Carnicer A. et al., 2011 - *The use of different types of thermoluminescent dosimeters to measure extremity doses in nuclear medicine*, Radiation Measurements, pag 1
7. Grosz G., Grosz A., 2007 - *Iradierea medicală: beneficii, riscuri, limite*, Conexiuni medicale, nr.1-2, pag 9
8. Capâlneanu R., 2010 - *Lecțiuni clinice de cardiologie pentru rezidenți*, Editura Media Med Publicis, București, pag 39

### **Date de contact**

Monica ZECIU (DOLHA): Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, e-mail: zeciu\_mony@yahoo.com

Alida Iulia GABOR: Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, e-mail: alida\_timar@yahoo.com

Daniela CONSTANTIN: Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, e-mail: daniela.constantin1@gmail.com

Constantin COSMA: Universitatea Babeș-Bolyai din Cluj-Napoca, Facultatea de Știința și Ingineria Mediului, e-mail: constantin.cosma@ubbcluj.ro

