3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Ανάπτυξη πειραματικού δοσιμετρικού πρωτοκόλλου για κλινικές εφαρμογές ακτινοθεραπείας με χρήση OSLDs οξειδίου του Βηρυλλίου και ακτινοβολητή $^{90}Sr/^{90}Y$

Κατερίνα Ζάχου,[1] Αλεξάνδρα Δρακοπούλου,[1] Πολύμνια Γλαμπεδάκη,[1] Παντελής Καραΐσκος,[1] Γεώργιος Κόλλιας,[2] Ελευθέριος Παππάς[1]

[1]Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Νοσοκομείο ΥΓΕΙΑ, Μαρούσι

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

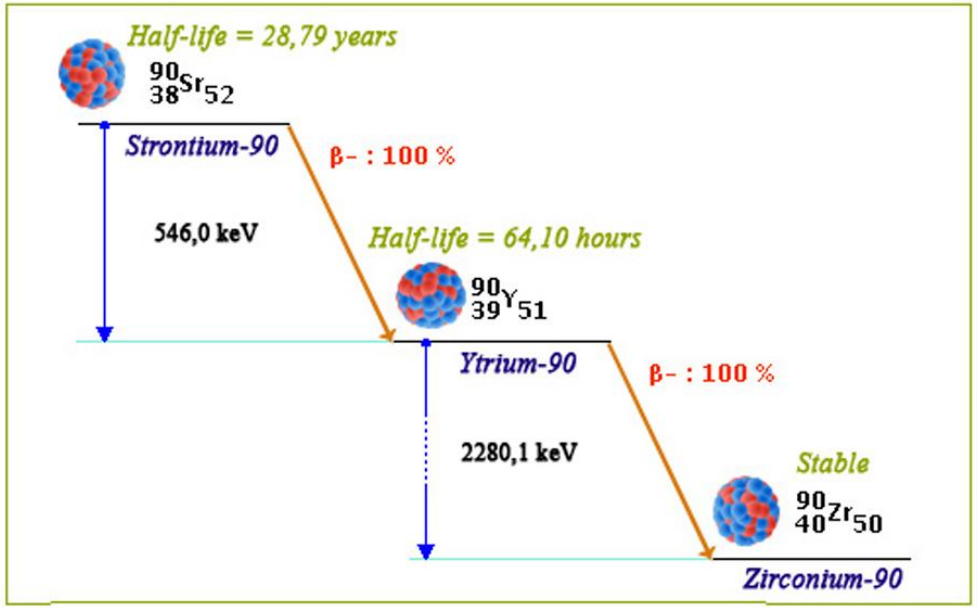
OSLDs BeO
Δοσίμετρα οπτικά διεγειρόμενης φωταύγειας, ενεργού όγκου οξειδίου του Βηρυλλίου (BeO)

Ακτινοβολητής $^{90}Sr/^{90}Y$
Καθαρός εκπομπός β^- ακτινοβολίας

Ερευνητικό ερώτημα

Μπορεί ένα σύστημα δοσιμέτρων φωτοφωταύγειας (OSLDs) BeO και ακτινοβολητή $^{90}Sr/^{90}Y$ να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για δοσιμετρικές εφαρμογές και επιβεβαίωση θεραπευτικών πλάνων;

Υπό ποιες προϋποθέσεις είναι δυνατό;



Στόχοι

1)Χαρακτηρισμός δοσιμέτρων & υπολογισμός διορθωτικών παραγόντων (AAPM TG-191)

Ευαισθησία, Γραμμικότητα, Απώλεια σήματος (ανά ανάγνωση, χρονική)

2)Βαθμονόμηση συστήματος

Βαθμονόμηση OSLDs με χρήση ακτινοβολητή ($^{90}Sr/^{90}Y$) → Προσδιορισμός δόσης/περιστροφή

3)Κλινική εφαρμογή

Ενδοκράνια Στερεοτακτική Ακτινοθεραπεία (SRT)
Σύγκριση μετρούμενων & υπολογιζόμενων δόσεων
Αξιολόγηση με δείκτη γ

Μέθοδοι & Υλικά

myOSLchip

BeO OSLDs

2 παρτίδες

$\rho = 2.85\ g/cm^3$

$4.65 \times 4.65 \times 0.5\ mm^3$



Reader & Software

Ανάγνωση δοσιμέτρων και καταγραφή μετρήσεων

Διαγραφή υπολοιπόμενου σήματος και καταχώρηση δοσιμέτρων



Bleacher

Διαγραφή σήματος δοσιμέτρων

LED (μπλε)



Ακτινοβολητής (IR-200)

Πηγή $^{90}Sr/^{90}Y$

33MBq

Περιστροφική λειτουργία (~2 περιστροφές ανά λεπτό)



Γραμμικός Επιταχυντής

Versa HD (Elekta)

Δέσμη φωτονίων 6MV

Χρήση ομοιώματος παράλληλων πλακών

RW3 (PTW)

Μέθοδοι

Ευαισθησία δοσιμέτρων

- 6MV: 0.5Gy
- Sr-90: 150στροφές

Γραμμικότητα

- 6MV: 0.5-26Gy
- Sr-90: 100-1000στροφές (<0.3Gy)

Απώλεια ανά ανάγνωση

- Sr-90: 150 στροφές (11 διαδοχικές αναγνώσεις)

Χρονική απώλεια σήματος (fading)

- Βραχυπρόθεσμη (150 στροφές, 10 λεπτά-48 ώρες)
- Μακροπρόθεσμη (100,500,1000 στροφές, 5-35 ημέρες)

Παράγοντας Gy/στροφή

- Cross calibration (6MV και $^{90}Sr/^{90}Y$)

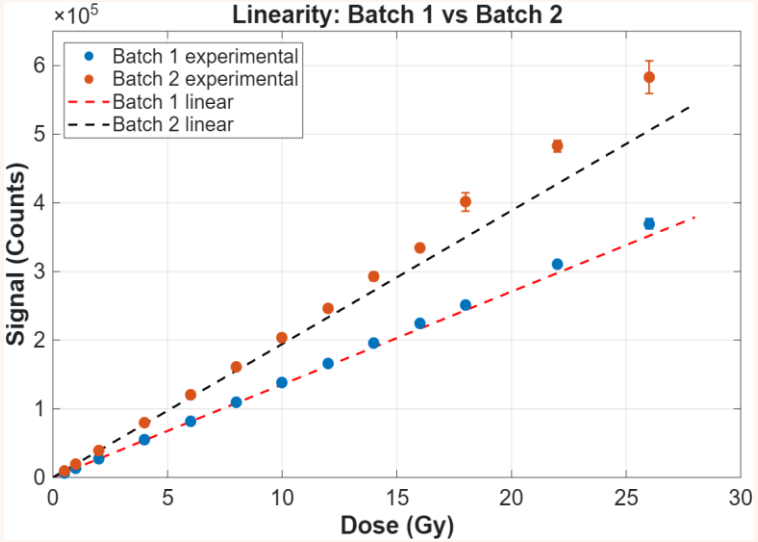
Κλινική εφαρμογή

- Αξιολόγηση πλάνου και σύγκριση αποτελεσμάτων για τις 2 ποιότητες δέσμης (6MV-$^{90}Sr/^{90}Y$)

Γενική Διαδικασία = ***Προετοιμασία*** ⇨ ***Ακτινοβόληση*** ⇨ ***Ανάγνωση*** ⇨ ***Ανάλυση μετρήσεων***

Αποτελέσματα

Γραμμικότητα (6MV)



Γραμμική Συμπεριφορά:
0-8Gy (batch#1), 0-2Gy (batch#2)
Υπεργραμμική στις υψηλότερες δόσεις

Γραμμικότητα (^{90}Sr/^{90}Y)

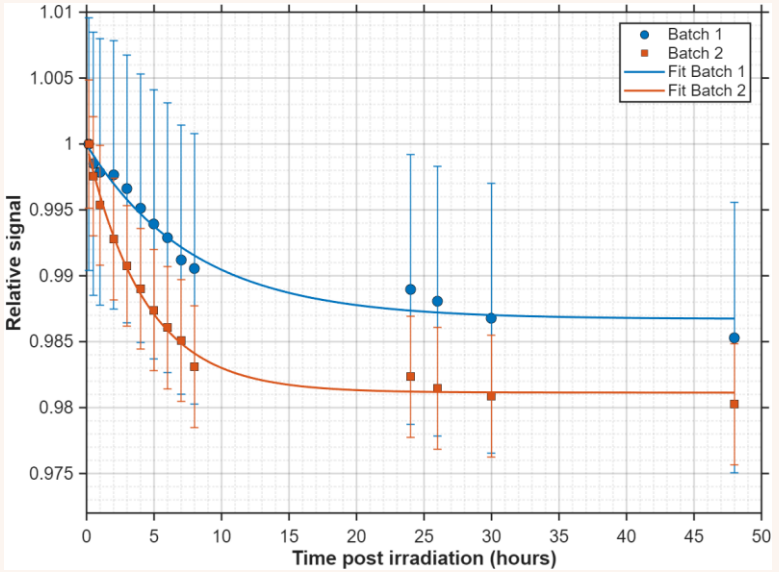
Γραμμική Συμπεριφορά σε όλο το εξεταζόμενο εύρος

Ευαισθησία δοσιμέτρων (ks,i)	Batch #1	Batch #2
6MV	1.037±0.219	1.006±0.080
^{90}Sr/^{90}Y	1.038±0.219	1.005±0.073

Απώλεια ανά ανάγνωση (depletion) (^{90}Sr/^{90}Y)	
Batch #1	1.6±0.6%
Batch #2	1.9±0.2%

Χρονική απώλεια σήματος

Βραχυπρόθεσμη: 10λεπτά-48ώρες
Στις 48 ώρες **~ 1-2%** (σε σχέση με τα 10 λεπτά)



Μακροπρόθεσμη: 5-35 ημέρες
Στις 35 ημέρες **~ 1%** (σε σχέση με την 5η ημέρα)

Παράγοντας Gy/στροφή

Batch #1: **0.229** ± 0.006 **mGy/στροφή**
Batch #2: **0.230** ± 0.003 **mGy/στροφή**

Κλινική εφαρμογή

Διαφορά συντελεστών βαθμονόμησης (N_{Dw}) για τις 2 ποιότητες δέσμης **(6MV & ^{90}Sr/^{90}Y): (1.03 % ± 1.3 %)**

Διαφορά Μετρούμενων και Υπολογιζόμενων Δόσεων

6MV: Μέση: **0.2%,** Διάμεσος: **0.7%**
^{90}Sr/^{90}Y: Μέση: **-0.9%,** Διάμεσος: **-0.3%**
Τυπικές αποκλίσεις **~3%**

Αξιολόγηση με δείκτη γ

Συγκρίσιμα αποτελέσματα για τις 2 ποιότητες δέσμης με καλύτερα αποτελέσματα για 6MV στα αυστηρότερα κριτήρια

Συμπεράσματα

- **Ευαισθησία Δοσιμέτρων:** Καλή συμφωνία των παραγόντων ευαισθησίας για τις 2 ποιότητες δέσμης (6MV – ^{90}Sr/^{90}Y), απουσία σημαντικών στατιστικών διαφορών
- **Γραμμικότητα:** Απόκλιση στις υψηλές δόσεις, απαιτούνται διορθωτικοί παράγοντες.
- **Απώλεια σήματος:** <2% ανά ανάγνωση και ~1–2% χρονική απώλεια σήματος στις 48 ώρες (βραχυπρόθεσμη) και ~1% στις 35 ημέρες (μακροπρόθεσμη)
- **Παράγοντας Gy/περιστροφή:** 0.230 mGy/περιστροφή θεωρώντας δόση αναφοράς από ποιότητα 6MV.
- **Συντελεστές Βαθμονόμησης:** Διαφορά ~1% μεταξύ των δύο δεσμών, εντός των αβεβαιοτήτων
- **Κλινική εφαρμογή:** Ικανοποιητική συμφωνία μετρούμενων και υπολογιζόμενων δόσεων & ίδια ποσοστά επιτυχίας (6MV-^{90}Sr) για χαλαρά κριτήρια (όπως 5%/2mm) και συστηματικά μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας για ND,w και ks,i καθορισμένα σε ποιότητα 6MV στα αυστηρότερα κριτήρια (όπως 3%/2mm).

Το σύστημα OSLDs (BeO) και ακτινοβολητή (^{90}Sr/^{90}Y) μπορεί να χρησιμοποιηθεί κλινικά, με βασικές προϋποθέσεις τον καθορισμό των απαραίτητων διορθωτικών παραγόντων (AAPM TG-191) και την κατάλληλη βαθμονόμησή του.

Βιβλιογραφία

S. F. Kry *et al.*, "AAPM TG 191: Clinical use of luminescent dosimeters: TLDs and OSLDs," *Med. Phys.*, vol. 47, no. 2, pp. e19–e51, Feb. 2020, doi: 10.1002/mp.13839.

A. Drakopoulou *et al.*, "Suitability of a BeO-based OSLD system for end-to-end remote dosimetry tests in SRS/SRT applications," *Physica Medica*, vol. 133, May 2025, doi: 10.1016/j.ejmp.2025.104975.

V. S. Semenishchev and A. V. Voronina, "Isotopes of strontium: Properties and applications," in *Handbook of Environmental Chemistry*, vol. 88, Springer Verlag, 2020, pp. 25–42. doi: 10.1007/978-3-030-15314-4_2.

Nicholas Williams, "Does the exposure to the radioisotope strontium-90, increase the risk of developing bone cancer in humans? An investigation of people residing next to the Techa River" *(Σχηματική αναπαράσταση ραδιενεργούς διάσπασης ^{90}Sr)*