3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Βαθμονόμηση EBT4 film και δοσιμετρικός χαρακτηρισμός δύο επίπεδων σαρωτών για κλινική δοσιμετρία σε απαιτητικές εφαρμογές Ακτινοθεραπείας

Νικόλαος Λιακόπουλος,[1] Αλεξάνδρα Δρακοπούλου,[1] Παντελής Καραΐσκος,[1] Γεώργιος Κόλλιας,[2] Έφη Κουτσουβέλη,[2] Ελευθέριος Π. Παππάς[1]

[1]Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

[2]Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Νοσοκομείο ΥΓΕΙΑ, Μαρούσι, Αττική

30, 31 ΟΚΤ + 1 ΝΟΕ
2026

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
- ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ, ΛΑΡΙΣΑ

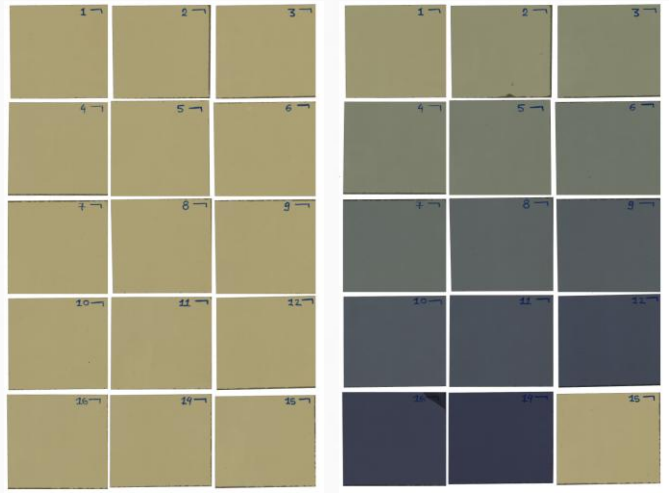
Οργάνωση

ΕΦΙΕ
Ένωση Φυσικών Ιατρικής Ελλάδος

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΟΛΛΕΓΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ

Εισαγωγή

- Τα ραδιοχρωμικά film αποτελούν έναν αξιόπιστο δοσιμετρικό εργαλείο στην εξωτερική ακτινοθεραπεία και τον ποιοτικό έλεγχο κλινικών εφαρμογών
- Τα GafChromic EBT4 film (Εικ. 1) σε συνδυασμό με επίπεδους σαρωτές χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές κλινικής δοσιμετρίας
- Η ανάπτυξη αξιόπιστων δοσιμετρικών πρωτοκόλλων προϋποθέτει την εκτίμηση των πειραματικών αβεβαιοτήτων που αφορούν τις εν λόγω εφαρμογές
- **Σκοπός:**
  - Βαθμονόμηση EBT4 film σε δόσεις σχετικές με συμβατική Ακτινοθεραπεία και Στερεοτακτική Ακτινοθεραπεία (Πίνακας 1)
  - Δοσιμετρικός χαρακτηρισμός δύο επίπεδων σαρωτών
  - Σύγκριση και αξιολόγηση πρωτοκόλλων σάρωσης για εφαρμογές κλινικής δοσιμετρίας



Εικ. 1: EBT4 films πριν και μετά την ακτινοβόληση

Film	Dose (Gy)
1	0,5
2	1
3	1,5
4	2
5	2,5
6	3
7	4
8	5
9	6
10	7
11	8
12	10
13	12
14	15
15	0

Πίνακας 1: Αρίθμηση film και δόση (Gy) για τον σχεδιασμό της καμπύλης βαθμονόμησης

Μέθοδοι & Υλικά

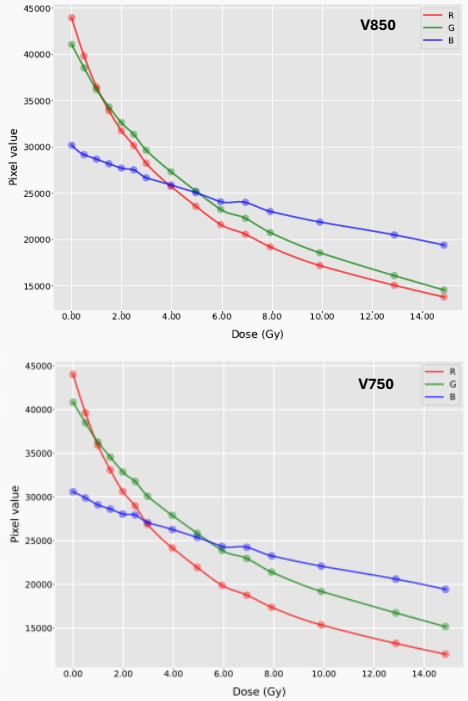
- Ακτινοβόληση film με κλινικό γραμμικό επιταχυντή 6MV και ψηφιοποίηση με τους σαρωτές EPSON V850 Pro και V750 Pro (Εικ. 2-3)
- Εξαγωγή καμπύλων βαθμονόμησης με χορηγούμενες δόσεις μεταξύ 0-15Gy (Εικ. 4)
- Αξιολόγηση φαινομένων που επηρεάζουν την απόκριση των σαρωτών:
  - Πλευρική Ανομοιόμορφη Απόκριση (Lateral Response Artifact, LRA)
  - Κατεύθυνση σάρωσης (Scanning orientation)
  - Επίδραση χρόνου προθέρμανσης σαρωτή (warm-up effect)
  - Επίπεδα θορύβου σαρωτή (scanner noise)
  - Επίδραση πηγής φωτός στην αμαύρωση film (influence of scanner lamp on film)
  - Επιρροή υποβάθρου φωτός στην απόκριση (Ambient Light Contamination, ALC)
- Εφαρμογή πρωτοκόλλου για δόσεις αναφοράς και κλινικά πλάνα Στερεοτακτικής Ακτινοθεραπείας



Εικ. 2: EPSON V850 Pro



Εικ. 3: EPSON V750 Pro



Εικ. 4: Καμπύλες βαθμονόμησης στα τρία κανάλια (RGB) των σαρωτών V850 και V750 αντιστοίχως

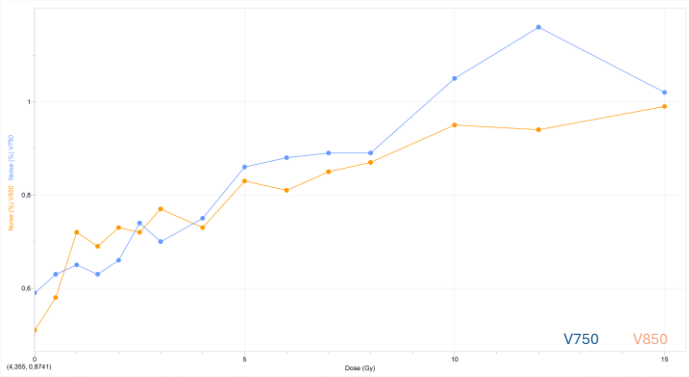
Αποτελέσματα

Χαρακτηρισμός και σύγκριση επίπεδων σαρωτών

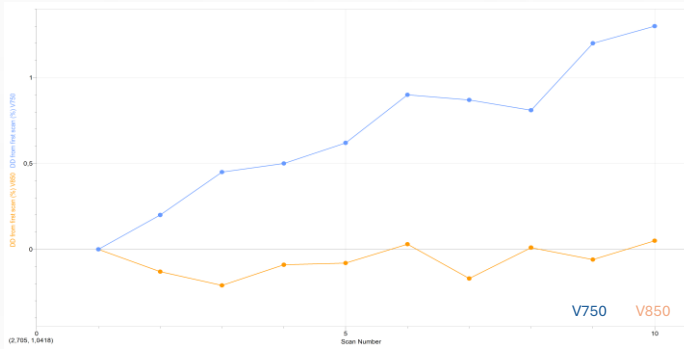
- Ο V750 παρουσίασε υψηλότερη δοσιμετρική ευαισθησία καθώς και επίπεδα θορύβου (Εικ. 5) σε σχέση με τον V850
- Χαμηλότερη επίδραση στο LRA αλλά και στην κατεύθυνση σάρωσης ανέδειξε ο V750
- Η επίδραση του warm-up effect ήταν μηδαμινή στον V850 ωστόσο στον V750 ανέδειξε αποκλίσεις έως και 1,4% (Εικ. 6)
- Το ALC και η επίδραση πηγής φωτός στην αμαύρωση του film παρουσίασαν αμελητέα επίδραση και στους δύο σαρωτές

Κλινική εφαρμογή πρωτοκόλλου

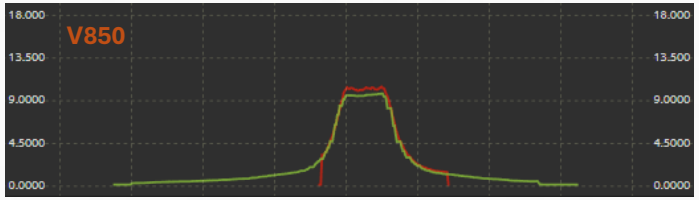
- Η σύγκριση των μετρούμενων προφίλ δόσης με το TPS ανέδειξε αρχική υπεροχή του V750 (Εικ. 7-8)
- Η εφαρμογή LRA correction παρουσίασε σημαντική βελτίωση των υπολογισμένων προφίλ δόσης του V850 (Εικ. 9-10)



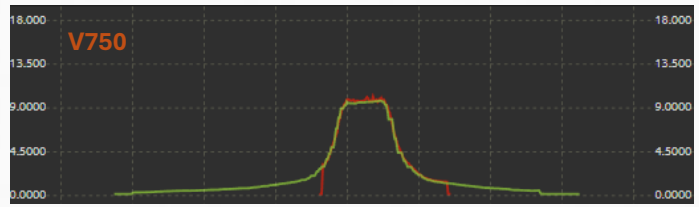
Εικ. 5: Αναπαράσταση επιπέδων θορύβου των δύο σαρωτών



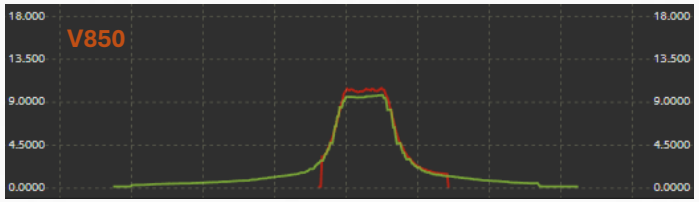
Εικ. 6: Επίδραση warm-up effect στους δύο σαρωτές



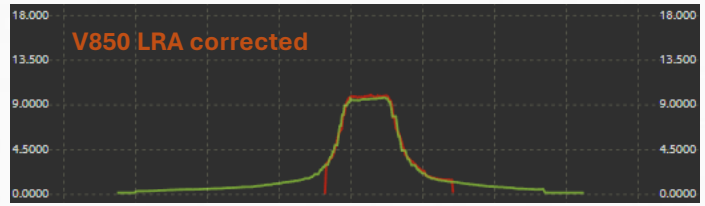
Εικ. 7: Προφίλ δόσης film (κόκκινο) και TPS (πράσινο) στον V850



Εικ. 8: Προφίλ δόσης film (κόκκινο) και TPS (πράσινο) στον V750



Εικ. 9: Προφίλ δόσης χωρίς LRA correction στον V850



Εικ. 10: LRA corrected προφίλ δόσης στον V850

Συμπεράσματα

- Αναπτύχθηκε πρωτόκολλο βαθμονόμησης και σάρωσης ραδιοχρωμικών EBT4 film για δύο επίπεδους σαρωτές
- Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα σαρωτών, παρατηρήθηκαν διαφορές στην δοσιμετρική τους ευαισθησία (Εικ. 11) καθώς και στην εξάρτησή τους σε ορισμένα φαινόμενα ή artifact. Σημαντική διαφορά καταγράφηκε στην ομοιογένεια της λάμπας άρα και στην ανάγκη για LRA διόρθωση (Πίνακες 2-3)
- Οι δύο σαρωτές δύναται να επιφέρουν κλινικά αποδεκτά επίπεδα πειραματικών αβεβαιοτήτων μέτρησης της αμαύρωσης
- Η αξιόπιστη δοσιμετρία προϋποθέτει την εφαρμογή τυποποιημένων διαδικασιών σάρωσης και κατάλληλων διορθώσεων προσαρμοσμένων στον κάθε σαρωτή



Εικ. 11: Σύγκριση καμπύλων βαθμονόμησης μεταξύ των δύο σαρωτών

Scanner	Film	Reference Dose (Gy)	Experimental Dose (Gy)	Difference (%) from Ref. Value
V850	1	2	2,02±0,03	1,5
	2	6	6,07±0,07	1,55

Πίνακας 2: Δοσιμετρικά αποτελέσματα για τον V850 χωρίς LRA correction

Scanner	Film	Reference Dose (Gy)	LRA corrected Dose (Gy)	Difference (%) from Ref. Value
V850	1	2	2,02±0,03	1,5
	2	6	5,99±0,06	-0,17

Πίνακας 3: Δοσιμετρικά αποτελέσματα για τον V850 με LRA correction

Βιβλιογραφία

- Devic, S., Tomic, N., & Lewis, D. (2016). Reference radiochromic film dosimetry: Review of technical aspects. In *Physica Medica* (Vol. 32, Number 4, pp. 541–556). Associazione Italiana di Fisica Medica
- Miura, H., Ozawa, S., Okazue, T., Enosaki, T., & Nagata, Y. (2023). Characterization of scanning orientation and lateral response artifact for EBT4 Gafchromic film. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 24(8).
- Niroomand-Rad, A., Chiu-Tsao, S. T., Grams, M. P., Lewis, D. F., Soares, C. G., Van Battum, L. J., Das, I. J., Trichter, S., Kissick, M. W., Massillon-JL, G., Alvarez, P. E., & Chan, M. F. (2020). Report of AAPM Task Group 235 Radiochromic Film Dosimetry: An Update to TG-55. Medical Physics, 47(12), 5986–6025.
- Paelinck, L., De Neve, W., & De Wagter, C. (2007). Precautions and strategies in using a commercial flatbed scanner for radiochromic film dosimetry. Physics in Medicine and Biology, 52(1), 231–242.
- Lárraga-Gutiérrez, J. M., García-Garduño, O. A., Treviño-Palacios, C., & Herrera-González, J. A. (2018). Evaluation of a LED-based flatbed document scanner for radiochromic film dosimetry in transmission mode. *Physica Medica*, *47*, 86–91. https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.02.010