3° Πανελλήνιο Συνέδριο
Ιατρικής Φυσικής

27° Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο
Ακτινολογίας

Αξιολόγηση ενός νέου ειδικά σχεδιασμένου προσαρμογέα για δοσίμετρο φακού του οφθαλμού για την εκτίμηση της δόσης Hp(3) σε εκτιθέμενους εργαζόμενους σε επεμβατικές διαδικασίες.

Κυράνος, Γ., Ασκούνης, Π., Μποζιάρη, Α., Καραγιάννη, Σ., Κυργιάκου, Χ., Παπαδομαρκάκη, Ε., Σταματοπούλου, Ε. & Καραμπέτσος, Ε.

Τμήμα Δοσιμετρίας & Βαθμονομήσεων, Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, Πατριάρχου Γρηγορίου Ε & Νεαπόλεως 27, 15341, Αγία Παρασκευή, 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

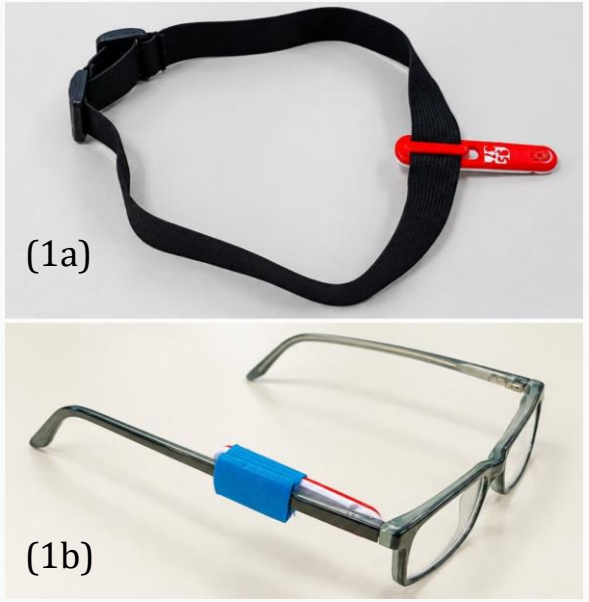
Το Εργαστήριο Δοσιμετρίας του Τμήματος Δοσιμετρίας και Βαθμονομήσεων (ΤΔΒ) της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) παρέχει υπηρεσίες ατομικής δοσιμέτρησης σε παραπάνω από 12000 εργαζόμενους. Η δοσιμέτρηση γίνεται σε μηνιαία βάση χρησιμοποιώντας δοσίμετρα θερμοφωταύγειας και το εργαστήριο είναι διαπιστευμένο κατά ISO 17025. Την τελευταία δεκαετία, στο πλαίσιο της εναρμόνισης με τις διεθνείς οδηγίες, το ΤΔΒ ενσωμάτωσε στις παρεχόμενες υπηρεσίες του το δοσίμετρο φακού του οφθαλμού (ΔΦΟ), με σκοπό την εκτίμηση της ισοδύναμης δόσης βάθους 3 mm (Hp(3)) των εκτιθέμενων εργαζομένων, ιδιαίτερα όσων εμπλέκονται σε ακτινοσκοπικά καθοδηγούμενες επεμβατικές πράξεις.

Το δοσιμετρικό υλικό (LiF: Mg, Cu, P) του ΔΦΟ βρίσκεται στο εσωτερικό ενός ειδικού πλαστικού καλύμματος το οποίο φοριέται από τον εργαζόμενο στο κεφάλι μέσω μια ελαστικής κορδέλας πλησίον του οφθαλμού. Η παραπάνω διάταξη παρουσιάζει διάφορες λειτουργικές προκλήσεις όπως η ασταθής ή μη αντιπροσωπευτική θέση του δοσιμέτρου, η δυσφορία του χρήστη, η αδυναμία συμβατότητας με τα κλασσικά γυαλιά ακτινοπροστασίας καθώς και η πιθανή θωράκιση του δοσιμέτρου από το κεφάλι του εργαζομένου όταν αυτό στρέφεται σε μεγάλες γωνίες.

Σκοπός

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω δυσλειτουργιών το ΤΔΒ σχεδίασε ένα πρωτοποριακό και ευέλικτο πλαστικό κάλυμμα το οποίο μπορεί να φορεθεί είτε μέσω της ελαστικής κορδέλας (Εικόνα 1α) ή ενσωματωμένο απ' ευθείας στα γυαλιά ακτινοπροστασίας μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου προσαρμογέας (Εικόνα 1β). Τα παραπάνω πλαστικά εξαρτήματα σχεδιάστηκαν μέσω ειδικού λογισμικού (CAD) και κατασκευάζονται στο ΤΔΒ με χρήση τρισδιάστατου εκτυπωτή εναπόθεσης τηγμένου υλικού (FDM 3D printer).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η αξιολόγηση της νέας αυτής διάταξης. Εξετάζεται πειραματικά η λειτουργία των δύο εναλλακτικών διατάξεων, οι μετρήσεις των οποίων συγκρίνονται με τις αντίστοιχες μετρήσεις δοσιμετρικών υλικών αναφοράς που είναι τοποθετημένα πάνω στο μάτι, ώστε να αξιολογηθεί η ακρίβεια και η αντιπροσωπευτικότητα της κάθε διάταξης.



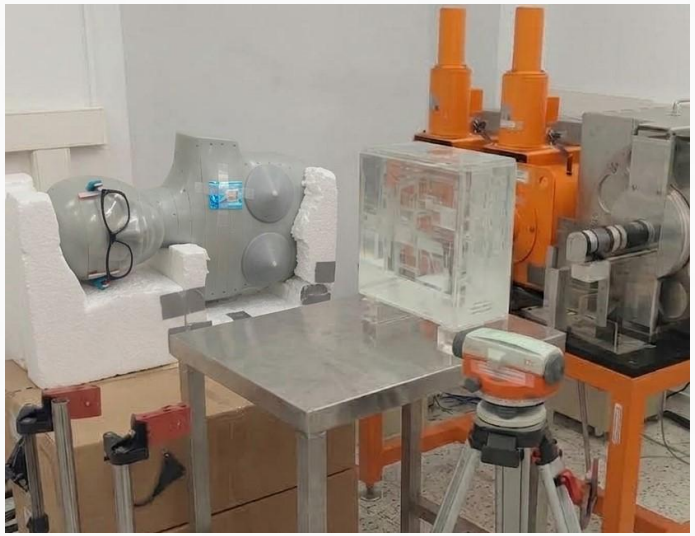
Εικόνα 1: Δοσίμετρο φακού του οφθαλμού αναρτημένο σε ελαστική κορδέλα (1α) και στα γυαλιά ακτινοπροστασίας μέσω του του ειδικού προσαρμογέα (1β).

Μέθοδοι & Υλικά

Πειραματική Διάταξη: Για την προσομοίωση του σώματος και του κεφαλιού του θεράποντα ιατρού χρησιμοποιήθηκε ένα ειδικό ανθρωπόμορφο ομοίωμα. Αντίστοιχα για τον ασθενή χρησιμοποιήθηκε το συμβατικό κατασκευασμένο από Plexiglass και γεμισμένο με νερό ορθογώνιο ομοίωμα. Η διάταξη των δυο παραπάνω ομοιωμάτων ως προς τη θέση της λυχνίας είναι τέτοια ώστε να μοιάζει στη διάταξη μιας ακτινοσκοπικά καθοδηγούμενης χειρουργικής επέμβασης (Εικόνα 2).

Σε κάθε σειρά ακτινοβολήσεων τοποθετήθηκαν: 2 ΔΦΟ στην ελαστική κορδέλα (αριστερά και δεξιά), 2 ΔΦΟ στα γυαλιά ακτινοπροστασίας εσωτερικά και εξωτερικά (αριστερά και δεξιά) και 2 μεμονωμένες παστίλιες στα μάτια του ιατρού (αριστερά και δεξιά) ως δοσίμετρα αναφοράς.

Η γωνιακή απόκριση αξιολογήθηκε σε διάφορες γωνίες προβολής, περιστρέφοντας το κεφάλι του ιατρού σε σχέση με τη θέση της οθόνης (θεωρούμε ότι η οθόνη βρίσκεται στα αριστερά), όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε μια σειρά ακτινοβολήσεων με απλά γυαλιά (χωρίς προστασία), ώστε, να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα της θωράκιση των γυαλιών ακτινοπροστασίας.



Εικόνα 2: Πειραματική διάταξη που προσομοιώνει μια ακτινοσκοπικά καθοδηγούμενη διαδικασία, Αποτελείται από το ανθρωπομορφικό ομοίωμα ιατρού, το ομοίωμα ασθενούς και τη δέσμη ακτινών x.

Συνθήκες ακτινοβόλησης: Όλες οι ακτινοβολήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Βαθμονομήσεων του ΤΔΒ της ΕΕΑΕ με χρήση δέσμης ακτινών x ποιότητας W-110. Η απόσταση λυχνίας-ασθενή ήταν όσο το δυνατόν κοντινότερη και η απορροφούμενη δόση στον ασθενή ορίστηκε στα 100 mSv. Όλες οι καταγραφόμενες τιμές αντιπροσωπεύουν τον μέσο όρο των τιμών από 5 επαναλήψεις.

Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 1:

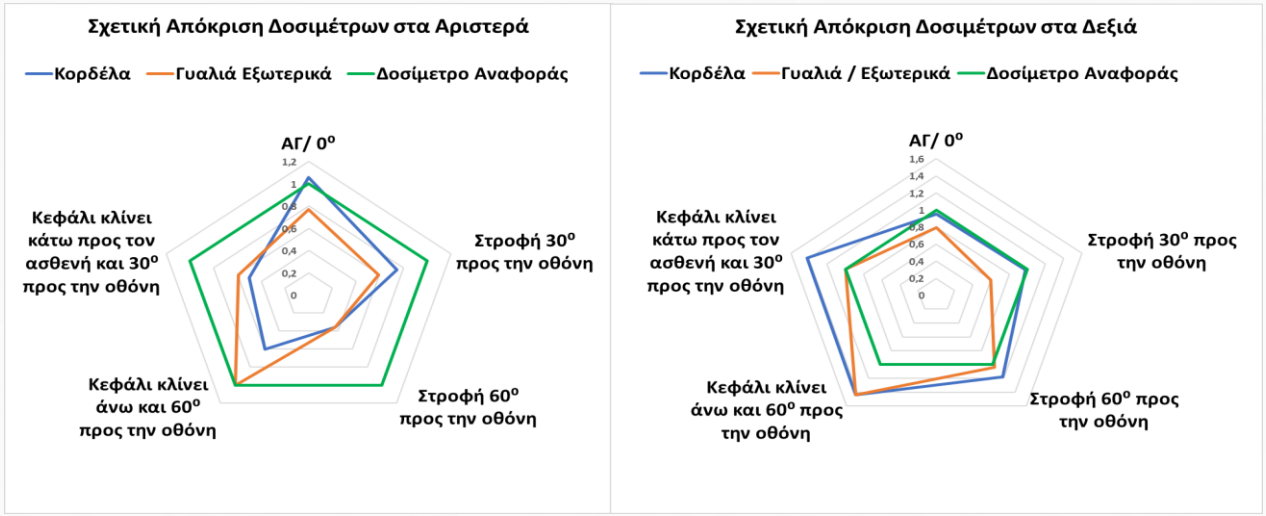
- Οι δόσεις αναφοράς σε 0^0 με ή χωρίς γυαλιά ακτινοπροστασίας διαφέρουν ελάχιστα λόγω του ότι η σκεδαζόμενη ακτινοβολία φτάνει στον φακό του οφθαλμού μέσω περιφερειακών κενών μεταξύ του σκελετού των γυαλιών και του δέρματος. Όταν το κεφάλι γέρνει προς τα κάτω, οι δόσεις μειώνονται σημαντικά.
- Οι δόσεις στα γυαλιά ακτινοπροστασίας εσωτερικά (αριστερά/δεξιά) καταγράφουν πολύ χαμηλή σχετική απόκριση στις περισσότερες γωνίες, γεγονός που υποδηλώνει ότι πρόκειται για θέση με μεγαλύτερη προστασία. Εξαίρεση αποτελεί όταν το κεφάλι γέρνει προς τα κάτω (προς τον ασθενή) όπου η δόση στα γυαλιά ακτινοπροστασίας εσωτερικά ανταποκρίνεται σχεδόν πλήρως στην τιμή αναφοράς.
- Σύμφωνα με τις μέσες τιμές, οι δόσεις στα γυαλιά ακτινοπροστασίας εξωτερικά δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στη σχετική απόκριση σε σύγκριση με τα δοσίμετρα στην κορδέλα σε όλες τις γωνίες προβολής που εξετάστηκαν.

Πίνακας 1: Σχετική απόκριση της δόσης του ΔΦΟ στην ελαστική κορδέλα (Κ) και στα γυαλιά ακτινοπροστασίας (Γ) προς το δοσίμετρο αναφοράς (Μ) υπό διαφορετικές γωνίες προβολής.

Θέση		Εσ/Εξ	ΑΓ/ 0^o		ΑΓ / Στροφή 30^o προς την οθόνη		ΑΓ / Στροφή 60^o προς την οθόνη		ΑΓ / Κεφάλι κλίνει κάτω προς τον ασθενή		ΑΓ / Κεφάλι κλίνει άνω και 60^o προς την οθόνη		ΑΓ / Κεφάλι κλίνει κάτω προς τον ασθενή και 30^o προς την οθόνη		Μέση τιμή από όλες τις γωνίες προβολής		Συμβατικά γυαλιά / 0^o	
			Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση	Hp(3)	Απόκριση
Κ	Α		0,37	1,06	0,29	0,74	0,05	0,36	0,32	3,56	0,03	0,60	0,16	0,50	0,20	1,14	0,35	0,78
	Δ		0,37	0,95	0,41	0,98	0,33	1,18	0,20	2,00	0,23	1,44	0,37	1,42	0,32	1,33	0,30	0,71
Γ	Α	Εσ	0,11	0,31	0,05	0,13	0,12	0,86	0,09	1,00	0,08	1,60	0,04	0,13	0,08	0,67	0,28	0,62
	Α	Εξ	0,27	0,77	0,23	0,59	0,05	0,36	0,23	2,56	0,05	1,00	0,19	0,59	0,17	0,98	0,26	0,62
	Δ	Εσ	0,05	0,13	0,10	0,24	0,06	0,21	0,09	0,90	0,09	0,56	0,07	0,27	0,08	0,39		
	Δ	Εξ	0,31	0,79	0,25	0,60	0,29	1,04	0,28	2,80	0,23	1,44	0,26	1,00	0,27	1,28		
Μ	Α		0,35		0,39		0,14		0,09		0,05		0,32		0,22		0,45	
	Δ		0,39		0,42		0,28		0,10		0,16		0,26		0,27		0,42	

Αποτελέσματα

- Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3, όταν το δοσίμετρο φοριέται στην πλευρά προς την οποία περιστρέφεται το κεφάλι (σε μεγαλύτερες γωνίες προβολής), γίνεται υποεκτίμηση σε σύγκριση με την αντίθετη πλευρά, λόγω της αυτοπροστασίας του κεφαλιού.



Εικόνα 3: Γράφημα ραντάρ της σχετικής απόκρισης, χωρίς να περιλαμβάνονται οι τιμές των δοσιμέτρων που είναι ενσωματωμένα εσωτερικά των γυαλιών μέσω προσαρμογέα.

Συμπεράσματα

Η αντιπροσωπευτικότητα της τοποθέτησης των δοσιμέτρων είναι δυναμική και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη γωνία προβολής του κεφαλιού του ιατρού σε σχέση με τον ασθενή.

Αν και οι μέσες τιμές δόσης παρουσιάζουν καλή συμφωνία ως προς τις μετρήσεις τόσο για τα ΔΦΟ στην κορδέλα όσο και για τα ΔΦΟ στα γυαλιά όταν τοποθετείται εξωτερικά, οι μεμονωμένες μετρήσεις διαφέρουν λόγω των απροστάτευτων κενών γύρω από τα γυαλιά ακτινοπροστασίας.

Θα χρειαστεί μελλοντική πειραματική εργασία ώστε να αξιολογήσουν επιπλέον γωνίες προβολής, όπως επίσης και για να ενσωματωθεί συμπληρωματικός εξοπλισμός ατομικής προστασίας όπως κολλάρο θυρεοειδούς και ακτινοπροστατευτική ποδιά.