



Ακτινοβολήση και ακτινοπροστασία ιατρών, τεχνολόγων και νοσηλευτών κατά την επαφή τους με ασθενείς που υποβάλλονται ή υποβλήθηκαν σε εξετάσεις με ιοντίζουσα ακτινοβολία

Κότσαλου Ειρήνη¹, Κότσαλος Αθανάσιος², Κουτής Χαρίλαος³

1. Πυρηνικός Ιατρός, Phd, Επιστημονικός συνεργάτης Τμήματος Δημόσιας Υγιεινής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (ΤΕΙ) Αθήνας, Ελλάδα
2. Καρδιοχειρουργός, Phd, Διευθυντής Καρδιοθωρακοχειρουργικής Κλινικής, Νοσοκομείο ΝΙΜΤΣ, Ελλάδα
3. Καθηγητής Υγιεινής, Επιδημιολογίας και Δημόσιας Υγείας, Εργαστήριο Επιδημιολογίας και Υγιεινής, Τμήμα Δημόσιας Υγιεινής, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (ΤΕΙ) Αθήνας, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εφαρμογές των ακτινοβολιών α , γ , και β στην Ιατρική δίνουν λύση σε καθημερινά διαγνωστικά και θεραπευτικά προβλήματα, όμως εκθέτουν τους λειτουργούς υγείας στον κίνδυνο της ακτινοβόλησης και των συνεπειών της.

Σκοπός : Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας σχετικά με τον κίνδυνο ακτινοβόλησης και τις οδηγίες ακτινοπροστασίας που πρέπει να ακολουθούν ιατροί, τεχνολόγοι και νοσηλευτές κατά την επαφή τους με ασθενείς που υποβάλλονται ή υποβλήθηκαν σε εξετάσεις με ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Υλικό και μέθοδος: Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε αναζήτηση ανασκοπικών και ερευνητικών μελετών κατά το χρονικό διάστημα 2000-2012, στην ηλεκτρονική βάση *PubMed* που αναφέρονταν στην ακτινοπροστασία και τον κίνδυνο ακτινοβόλησης λειτουργών υγείας, με τη χρήση λέξεων κλειδίων: ακτινοπροστασία, ακτινοβόληση, εργαζόμενοι υπηρεσιών υγείας, ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Αποτελέσματα: Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, επαγγελματικοί χώροι, όπως Ακτινολογικά εργαστήρια, Τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής, Επεμβατικά και Ακτινοθεραπευτικά Τμήματα οφείλουν να φέρουν ειδικές θωρακίσεις χώρων και μηχανημάτων για την αποφυγή της άσκοπης ακτινοβόλησης του προσωπικού και των επισκεπτών, αλλά και ειδικές σημάσεις για επισήμανση των ελεγχόμενων περιοχών. Κάθε εργαζόμενος (ιατρός, τεχνολόγος, νοσηλεύτης) σε χώρο με ιοντίζουσες ακτινοβολίες θα πρέπει να ακολουθεί τους προβλεπόμενους κανόνες ακτινοπροστασίας. Ο εργαζόμενος οφείλει εκτός από το να διατηρεί τη μέγιστη δυνατή απόσταση από την πηγή ακτινοβόλησης και να μειώνει τον χρόνο παραμονής κοντά στην πηγή ακτινοβόλησης, να φορά το ατομικό του δοσίμετρο και να χρησιμοποιεί όλα τα παρεχόμενα μέσα όπως, ακτινολογική ποδιά, συσκευές θωράκισης φιαλιδίων, λαβίδες, μολύβδινα γυαλιά, πετάσματα κλπ.

Συμπεράσματα: Λειτουργοί υγείας που νοσηλεύουν ή φροντίζουν ασθενείς που ακτινοβολήθηκαν θα πρέπει να ενημερώνονται από τον αρμόδιο ακτινοφυσικό για τα μέτρα ακτινοπροστασίας τους. Σε περίπτωση υπέρβασης του ετήσιου ανώτατου ορίου δόσης ακτινοβόλησης των εργαζομένων σε χώρους με ιοντίζουσα ακτινοβολία, σύμφωνα με την Νομοθεσία προβλέπεται άδεια ακτινοπροστασίας.

Λέξεις Κλειδιά: Ιοντίζουσα ακτινοβολία, ακτινοπροστασία, ιατροί, νοσηλευτές.

Υπεύθυνος αλληλογραφίας: Κότσαλου Ειρήνη, Ιπποκρήνης 37-39, ΤΚ 15773, Ζωγράφου, Αθήνα, Τηλ. 6974614067, Email: kotsiren@otenet.gr

Radiation exposure and radioprotection of physicians, technologists and nurses during their contact with patients who are or were subjected to studies with ionizing radiation

Kotsalou Eirini¹, Kotsalos Athanasios², Koutis Charilaos³

1. Nuclear medicine physician, Phd, Scientific collaborator in Department of Public Health, Technological Educational Institute (T.E.I.) of Athens, Greece
2. Cardiothoracic surgeon, Phd, Director of Cardiothoracic Surgery Department, NIMTS General Hospital, Greece
3. Professor of Hygiene, Epidemiology and Public Health, Laboratory of Epidemiology and Hygiene, Department of Public Health, NIMTS General Hospital, Greece

ABSTRACT

The applications of emission x- g- and b- rays in Medicine give solution to everyday diagnostic and therapeutic problems, but expose the Medical staff in radiation risk and its consequences.

Aim: The purpose of this article was the review of literature relating to the risk of radiation exposure and radiation protection instructions for doctors, technologists and nurses during their contact with patients who have or had performed studies using ionizing radiation.

Method and Material: The methodology of this study included bibliography research from both the review and the research literature, between 2000-2012 mainly in the *Pubmed* data base which referred radiation protection and risk of radiation exposure for practitioners of Medicine, using the key words: radioprotection, radiation exposure, practitioners of medicine, ionizing radiation.

Results: According to the literature, professional places such as Radiology laboratories, Nuclear Medicine departments, Invasive and Radiotherapy departments should carry special lead cover for surfaces and machines to prevent aimless radiation exposure of the staff and visitors, but also appropriate stamping of the restricted areas. Every worker (doctor, technologist, nurse) in place with ionizing radiation should follow the suggested radiation protection instructions. The worker is obliged, apart from maintaining the maximum possible distance from the source of radiation and the decrease of stay close to the radiation source, to carry his personal dosimeter and all the supplied means like, lightweight aprons, nippers and containers for small bottles, lead glasses, barriers, etc.

Conclusions: Functionaries of Medicine nursing and taking care radiated patients should be informed from the responsible physicist about the means of their radioprotection. In case of exceed of the maximum radiation dose for workers in places with ionizing radiation, according the current Low there is radiation protection days off.

Key words: Ionizing radiation, radiation protection, physicians, nurses.

Corresponding Author: *Kotsalou Eirini, Ippokrinis 37-39, BC 15773, Zografou, Athens, tel. 6974614067, Email: kotsiren@otenet.gr*

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνολογική ανάπτυξη στον 20^ο και 21^ο αιώνα έφερε μεγάλες ανακαλύψεις στον τομέα των επιστημών υγείας και νέες εφαρμογές τόσο σε διαγνωστικό όσο και θεραπευτικό επίπεδο. Η ευρεία χρήση των ακτινοβολιών χ, γ, και β στην Ιατρική σε συνδυασμό με την χρήση υπερσύγχρονων μηχανημάτων με ασύλληπτες δυνατότητες, δίνουν λύση σε καθημερινά διαγνωστικά και θεραπευτικά προβλήματα. Ωστόσο, γνωρίζοντας τις δυνητικές βλαπτικές επιδράσεις των ιοντιζουσών ακτινοβολιών σε βιολογικό επίπεδο, κρίνεται σκόπιμη η ενημέρωση των λειτουργών υγείας (ιατρών, νοσηλευτών, τεχνολόγων) για τους τρόπους ακτινοπροστασίας τους, κατά τη διάρκεια της

νοσηλείας και φροντίδας των ασθενών που υποβάλλονται σε εξετάσεις ή θεραπείες με ακτινοβολίες. Στην παρούσα ανασκόπηση γίνεται βραχεία ανάπτυξη των δυνητικών επιδράσεων των ακτινοβολιών αυτών στον ανθρώπινο οργανισμό και εκτενής αναφορά στους τρόπους ακτινοπροστασίας των λειτουργών υγείας (ιατροί, νοσηλευτές, τεχνολόγοι) που έρχονται σε επαφή με ασθενείς που έχουν υποβληθεί σε εξετάσεις με ιοντιζουσες ακτινοβολίες.

Ιοντιζουσες ακτινοβολίες: είναι οι ακτινοβολίες που με την ενέργειά τους προκαλούν ιοντισμούς στην ύλη. Ο ιοντισμός είναι η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από το άτομο ενός υλικού και η παραγωγή



κατιόντων. Σε αυτή τους την ιδιότητα οφείλονται οι βλαπτικές ιδιότητες της ακτινοβολίας στον άνθρωπο. Ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες-Χ, οι ακτίνες-γ, τα ηλεκτρόνια, τα πρωτόνια και τα νετρόνια. Οι δυο πρώτες χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως στην ιατρική απεικόνιση και η ακτινοβολία β έχει εφαρμογές στη θεραπεία.¹⁻³

Η επίδραση της ακτινοβολίας στον άνθρωπο εξαρτάται από: το είδος των σωματιδίων που τον ακτινοβολούν, το είδος ακτινοβολούμενου ιστού (πιο ευαίσθητος ο μυελός των οστών και ο αμφιβληστροειδής στα μάτια), το χρόνο ακτινοβολήσης (όσο μικρότερος τόσο καλύτερα), την απόσταση μεταξύ πηγής ακτινοβολήσης και ανθρώπου (όσο μεγαλύτερη τόσο καλύτερα) και την ενέργεια της ακτινοβολίας.¹⁻³

Οι εργαζόμενοι (ιατροί, τεχνολόγοι, νοσηλεύτες) σε Ακτινολογικά, Πυρηνικής Ιατρικής, Καρδιολογικά Επεμβατικά, Ακτινοθεραπευτικά Τμήματα θα πρέπει να γνωρίζουν ότι οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες επιδρούν στον πυρήνα των κυττάρων είτε με άμεσο τρόπο: δρώντας απευθείας στο DNA ή άλλα μεγαλομόρια (πρωτεΐνες, ένζυμα, RNA), είτε με έμμεσο τρόπο: αλληλεπιδρώντας με τα μόρια του νερού και προκαλώντας ιοντισμούς. Οι ιοντισμοί έχουν αποτέλεσμα τον σχηματισμό ελευθέρων ριζών που προσβάλλουν το DNA και προκαλούν θραύσεις στη διπλή έλικα. Αν αυτές οι

θραύσεις στο DNA διορθωθούν με τους εσωτερικούς μηχανισμούς του κυττάρου, τότε το κύτταρο θα επιζήσει χωρίς συνέπειες. Σε περίπτωση όμως μη αναστρέψιμων βλαβών το κύτταρο μπορεί να επιζήσει ως μεταλλαγμένο (*Απώτερα ή στοχαστικά αποτελέσματα ακτινοβολίας*) ή θα επέλθει κυτταρικός θάνατος (= *Άμεσα αποτελέσματα ακτινοβολίας σε μεγάλη ακτινική βλάβη*). Τα άμεσα αποτελέσματα αφορούν *άμεσες διαταραχές ή και θάνατο σε περίπτωση σοβαρών πυρηνικών ατυχημάτων*, σε κακό χειρισμό πολύ ισχυρών ραδιενεργών πηγών και στην ακτινοθεραπεία όπου απελευθερώνονται δόσεις πάνω από ένα ανώτατο όριο. Αντίθετα, στα απώτερα ή στοχαστικά αποτελέσματα αναφερόμαστε σε πιθανότητα εμφάνισης κακοήθειας συνήθως μετά από πολλά χρόνια (>20-30 έτη) είτε στο ίδιο το άτομο που εκτέθηκε στην ακτινοβολία είτε στους απογόνους.^{3,4-6}

Ακτινοβόληση και ακτινοπροστασία στα Ακτινολογικά Τμήματα

Το προσωπικό που εργάζεται σε ακτινολογικά τμήματα (γιατροί, τεχνολόγοι, νοσηλεύτες), θα πρέπει πάντα να φορά το **ατομικό δοσίμετρο** κατά την παραμονή τους εντός της ελεγχόμενης και επιβλεπόμενης περιοχής του εργαστηρίου. Η τοποθέτηση του γίνεται πάντα με βάση τις οδηγίες που το συνοδεύουν, δηλαδή σε περίπτωση που χρησιμοποιείται μολύβδινη ακτινολογική

ποδιά, το δοσίμετρο τοποθετείται πάνω από αυτή, είναι προσωπικό και πρέπει να μην αφήνεται πάνω στην μπλούζα μετά το πέρας της εργασίας σε χώρους που υπάρχουν ακτινοβολίες, διότι θα υπερεκτιμηθεί η δόση με την οποία ακτινοβολήθηκε ο εργαζόμενος. Τα δοσίμετρα ανανεώνονται μηνιαίως και οι δόσεις καταγράφονται σε ειδική βάση δεδομένων στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), ενώ τα αποτελέσματα κοινοποιούνται εγγράφως στον χώρο εργασίας όπου πρέπει να τηρείται το ανάλογο αρχείο. Το ισχύον ετήσιο όριο δόσης για τους εργαζόμενους είναι 20 mSv, όριο που είναι εξαιρετικά δύσκολο να ξεπεραστεί αν τηρούνται οι οδηγίες ακτινοπροστασίας.^{2,7-8} Άλλες μέθοδοι προστασίας και μείωσης της δόσης του προσωπικού είναι η **θωράκιση των τοίχων** του ακτινολογικού θαλάμου **με μόλυβδο ή σκυρόδεμα** και η κατασκευή από **μολυβδύαλο** (κρύσταλλος με ψήγματα μολύβδου) του **παραθύρου παρατήρησης** του ασθενή. Με αυτό τον τρόπο προφυλασσόμαστε από την ακτινοβολία σκέδασης από το σώμα του ασθενή και την ακτινοβολία διαρροής από την κεφαλή της ακτινολογικής λυχνίας. Ωστόσο, παρόλη τη θωράκιση περιμετρικά του ακτινολογικού θαλάμου ένα πολύ μικρό ποσοστό της ακτινοβολίας τη διαπερνά και διαχέεται στους γύρω χώρους (είναι φύσει αδύνατο να μηδενιστεί η ακτινοβολία που διέρχεται από ένα υλικό). Το επιτρεπτό επίπεδο

ακτινοβολίας στους χώρους γύρω από τον ακτινολογικό θάλαμο καθώς και οι αναλυτικές προδιαγραφές κατασκευής των επαγγελματικών χώρων καθορίζονται από τη σχετική νομοθεσία.^{2,7-9}

Όταν υπάρχει ανάγκη χρήσης φορητού συστήματος ακτινογράφησης, το προσωπικό που χειρίζεται το μηχάνημα θα πρέπει να φορά προστατευτική **ποδιά από μόλυβδο** (το δοσίμετρο έξω από την ποδιά) και **κολάρο προστασίας του θυρεοειδούς**, ενώ το καλώδιο ενεργοποίησης θα πρέπει να έχει μήκος > 2 m για την τήρηση **απόστασης** τόσο από τη λυχνία παραγωγής των ακτίνων Χ (ακτινοβολία διαρροής) όσο και από τον ασθενή (σκεδαζόμενη ακτινοβολία). Συνιστάται δε η απομάκρυνση του λοιπού υγειονομικού προσωπικού και η παραμονή πίσω από τσιμεντένιες κολόνες ή τοιχοποιία διατηρώντας πάντα τη μέγιστη δυνατή απόσταση από το μηχάνημα κατά τη διάρκεια της εξέτασης.¹⁰

Στην περίπτωση διενέργειας ακτινοσκόπησης ή αγγειογραφίας απαιτείται η παρουσία προσωπικού (ιατρικού, τεχνολογικού, νοσηλευτικού) εντός του θαλάμου σε αντίθεση με τις μη επεμβατικές ακτινοδιαγνωστικές διαδικασίες όπου το προσωπικό βρίσκεται στο χειριστήριο του ακτινολογικού θαλάμου πίσω από μολυβδύαλο. Το αποτέλεσμα είναι η μεγαλύτερη έκθεση του προσωπικού (σχεδόν τριπλάσια στην πρώτη περίπτωση), καθώς



κυρίως οι γιατροί δουλεύουν σε κοντινή απόσταση από τη λυχνία και οι ρυθμοί δόσης είναι της τάξης των mSv/hr. Εδώ απαιτείται η **χρήση ακτινολογικής ποδιάς από μόλυβδο** (0.25 - 0.5 mm Pb) και ειδικού **προστατευτικού του θυρεοειδή** από όλους τους παριστάμενους, καθώς η χρήση της ακτινολογικής ποδιάς φέρεται να μειώνει έως και 90% την έκθεση στα τμήματα του σώματος που καλύπτει, ενώ το κολάρο θυρεοειδούς μειώνει την έκθεση έως και 80% στο θυρεοειδή και τον οισοφάγο. Το δοσίμετρο πρέπει να τοποθετείται σε κάθε περίπτωση έξω από την ποδιά και μετά το πέρας της εξέτασης-επέμβασης να απομακρύνεται από αυτή. Επιπλέον, όταν πρόκειται για διενέργεια αγγειογραφίας, ενδείκνυται η χρήση **γυαλιών από μολυβδύαλο** για την προστασία των ακτινοευαίσθητων οφθαλμών και **πετάσματος εδάφους από μολυβδύαλο** για την τήρηση, όσο το δυνατόν, μεγαλύτερης απόστασης από τη λυχνία (η ένταση της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης).¹⁰⁻¹²

Ακτινοβολία και ακτινοπροστασία σε Τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής

Το προσωπικό (ιατροί, τεχνολόγοι, νοσηλεύτες) κατά τη διάρκεια της καθημερινής απασχόλησης του χειρίζεται ραδιενεργές πηγές και ακτινοβολείται από πηγές έξω από το σώμα του (εξωτερική

ακτινοβολία) ή μέσα σε αυτό (εσωτερική ακτινοβολία). Οι διαδικασίες που συμβάλουν στην ακτινοβολία του προσωπικού είναι: άνοιγμα συσκευασίας ραδιοϊσοτόπων, φύλαξη/αποθήκευση ραδιοϊσοτόπων, έκλυση γεννήτριας ^{99m}Tc, παρασκευή ραδιοφαρμάκων (ρ/φ), μέτρηση ενεργότητας ρ/φ, μεταφορά ρ/φ εντός του τμήματος, χορήγηση ρ/φ στον ασθενή, φροντίδα και νοσηλεία «θερμού» ασθενή, απεικόνιση του ασθενή, διαχείριση ραδιενεργών βιολογικών υγρών (ούρα, κόπρανα, αίμα), ατυχήματα.. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μείωσης της δόσης ακτινοβολίας του προσωπικού από τις ανωτέρω καθημερινές εργασίες: φύλαξη των ραδιοϊσοτόπων σε ειδικές **θωρακισμένες κρύπτες**, εργασία πίσω από **θωρακισμένη εστία εργασίας** με την παρεμβολή μολυβδύαλου, ειδική **θωράκιση γεννήτριας ^{99m}Tc**, **θωρακίσεις φιαλιδίων** που περιέχουν ρ/φ (μείωση δόσης έκθεσης κατά 500 φορές), παρασκευή των ρ/φ και χορήγηση στον ασθενή, με την χρήση **θωρακισμένων καλύπτρων συρίγγων** (μείωση ρυθμού ακτινοβολίας 100 φορές), χειρισμός φιαλιδίων με χρήση **λαβίδας, θωρακισμένοι κάδοι καταλοίπων**. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, ο ανωτέρω εξοπλισμός αποτελεί υποχρέωση του εργοδότη για την προστασία των εργαζομένων υγείας και την αποφυγή ατυχημάτων.⁹ Σε περιπτώσεις μόλυνσεως από

ραδιενεργό υλικό, συνιστάται πλύσιμο με άφθονο νερό, ειδικό σαπούνι, απομάκρυνση μολυσμένων ρούχων και απορρύπανση επιφάνειας σύμφωνα με τις οδηγίες. Τα περισσότερα ατυχήματα και η άσκοπη ακτινοβολήση οφείλονται στη βιασύνη του προσωπικού και την μη τήρηση των προβλεπόμενων ατομικών κανόνων ακτινοπροστασίας.¹³

Η ακτινοπροστασία του προσωπικού στα εργαστήρια Πυρηνικής Ιατρικής (Π.Ι) εξαρτάται από τη **θωράκιση** των χώρων, την **λειτουργική χωροταξία του Τμήματος** και την τήρηση των ατομικών μέτρων ακτινοπροστασίας, αλλά και από την **συνεργασία του ασθενή**, καθώς αυτός αποτελεί την ανοικτή πηγή ακτινοβολήσης και όχι το μηχάνημα (g-camera).

Έτσι, ο σχεδιασμός των τμημάτων είναι το πρώτο βήμα ακτινοπροστασίας του προσωπικού, καθώς εξασφαλίζει την ελάχιστη μετακίνηση του ασθενή μετά τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου και την αποφυγή της άσκοπης περιφοράς του στον διάδρομο. Εξάλλου, σε κάθε χώρο του εργαστηρίου όπου ενδέχεται η ύπαρξη πηγών ακτινοβολίας πρέπει να υπάρχει η σχετική **ενημερωτική σήμανση**.¹⁰⁻¹⁴

Οι εργαζόμενοι σε Τμήματα Π. Ι. κατά την επαφή τους με τον ασθενή (ανοικτή πηγή ακτινοβολήσης) θα πρέπει να διαχειρίζονται σωστά τους παράγοντες χρόνος και απόσταση. Δηλαδή, να μην χρονοτριβούν

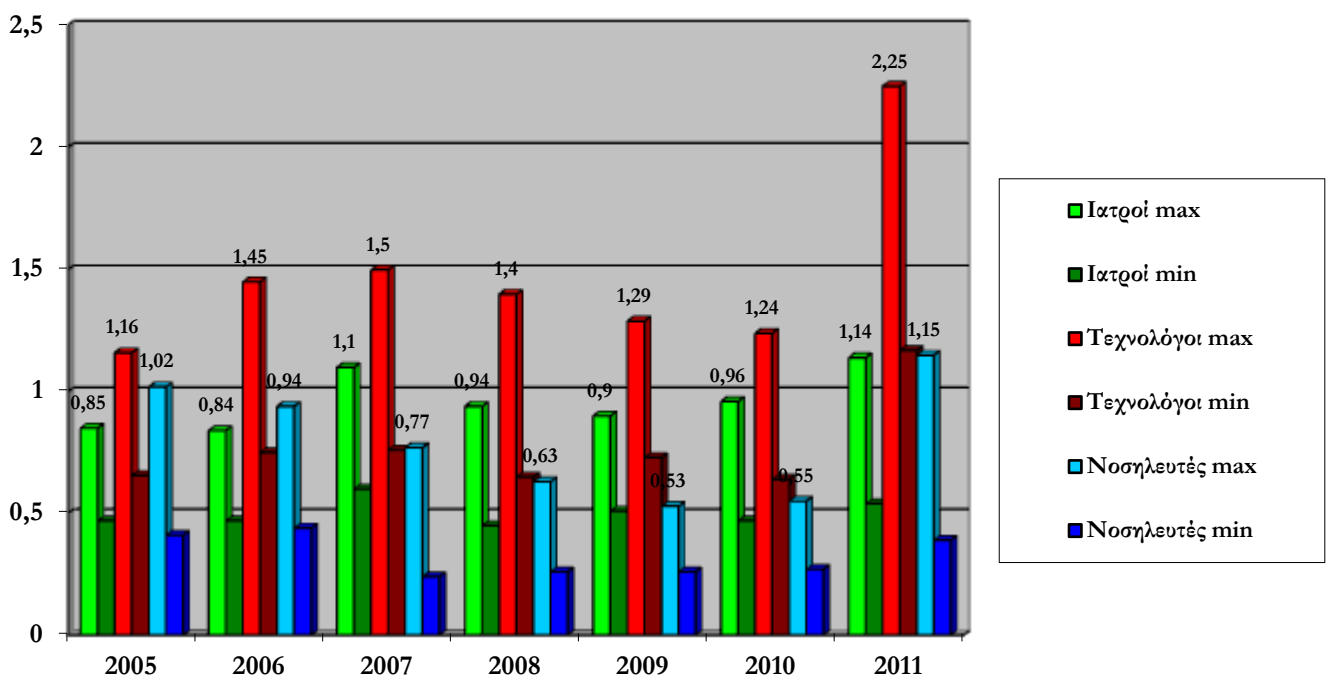
γιατί ακτινοβολούνται αναίτια, αλλά και να μην βιάζονται προς αποφυγή λάθους ή ατυχήματος. Επιπλέον, αξίζει να θυμούνται ότι ο ρυθμός δόσης είναι αντιστρόφως ανάλογος της απόστασης από την πηγή ακτινοβολήσης, δηλαδή μπορούν να συνδράμουν και να απαντούν σε απορίες του εξεταζόμενου τηρώντας τη μέγιστη δυνατή απόσταση. Αξίζει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό δόσης ακτινοβολήσης ο εργαζόμενος το δέχεται κατά τη διάρκεια της απεικόνισης λόγω της άμεσης επαφή το με τον ασθενή. Δηλαδή, οι δόσεις είναι πολύ χαμηλές (της τάξης του μSv) και γενικά η **μέση ετήσια δόση** ενός εργαζομένου σε τμήμα Π.Ι. δεν ξεπερνά τα **5 mSv** με ανώτατο όριο τα **20 mSv**.^{7,15}

Τα πιο **απλά ατομικά μέτρα ακτινοπροστασίας** του προσωπικού είναι η χρήση **απλής ιατρικής ποδιάς, τα γάντια μιας χρήσης και το προσωπικό δοσίμετρο**.¹⁶ Το δοσίμετρο δεν προστατεύει από την ακτινοβολία, αλλά ενημερώνει για τη δόση που έχουμε δεχτεί και συμβάλει στον εντοπισμό λαθών στην πρακτική μας έτσι ώστε να τη βελτιώσουμε. Για παράδειγμα, αν δυο εργαζόμενοι του ίδιου τμήματος έχουν μεγάλη διαφορά στην ετήσια δόση που κατέγραψαν τα δοσίμετρά τους σημαίνει ότι αυτός με τη μεγαλύτερη δόση κάνει λάθη ή δεν έχει βελτιστοποιήσει την τεχνική του. Στην περίπτωση των εργαζόμενων σε εργαστήρια Π.Ι. δεν συνιστάται η χρήση της



ακτινολογικής ποδιάς, διότι έχει αποδειχθεί ότι δεν συνεισφέρει ουσιαστικά στη μείωση της δόσης καθώς το πάχος της είναι κατάλληλο για ακτινοβολίες πολύ χαμηλότερης ενέργειας από αυτές που συναντώνται στην Π.Ι., ενώ η χρήση της δυσχεραίνει την ανάγκη ταχύτητας στο χειρισμό των ασθενών.

Όταν ένας ασθενής που υποβλήθηκε σε εξέταση με ραδιοϊσότοπα νοσηλεύεται σε κλινική, τότε θα πρέπει να ενημερωθεί το νοσηλευτικό προσωπικό που τον φροντίζει. Οι οδηγίες προς τους νοσηλευτές είναι ίδιες με αυτές που ακολουθεί το προσωπικό του τμήματος, δηλαδή παροχή της απαραίτητης φροντίδας χωρίς χρονοτριβή (χρόνος) και



Εικόνα: Απεικονίζονται τα επίπεδα (μέγιστη και ελάχιστη) της ετήσιας δόσης εργαζομένων (ιατρών, τεχνολόγων, νοσηλευτών) σε Τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής Νοσηλευτικών ιδρυμάτων ή διαγνωστικών εργαστηρίων στην Ελλάδα την τελευταία 7ετία.

Όπως γίνεται αντιληπτό από την ανωτέρω εικόνα, η μέση ετήσια δόση ακτινοβολήσης είναι ανάλογη του χρόνου επαφής με τους εξεταζόμενους και συνεπώς είναι μεγαλύτερη στους τεχνολόγους σε σχέση με τους ιατρούς και τους νοσηλευτές, πάντα όμως παραμένει πολύ μακριά από το ανώτατο προβλεπόμενο όριο των 20 mSv.⁷

τήρηση απόστασης όταν δεν είναι αναγκαία η επαφή με τον ασθενή (απόσταση). Το νοσηλευτικό προσωπικό θα πρέπει να φοράει **γάντια μιας χρήσης** κατά τον χειρισμό του ασθενή και των δειγμάτων του (αίμα, ούρα, κόπρανα κλπ), καθώς αυτά είναι ραδιενεργά για χρονικό διάστημα που εξαρτάται από το είδος του ρ/φ που χορηγήθηκε στον ασθενή.

Ο ακτινοφυσικός είναι υπεύθυνος για την ενημέρωση του προσωπικού για το χρονικό διάστημα που απαιτούνται οι ανωτέρω πρακτικές, αλλά και την αντιμετώπιση πιθανών ραδιομολύνσεων στην κλινική. Παρόλο που δίνονται οδηγίες για την τουαλέτα στους ασθενείς που αυτοεξυπηρετούνται, στην περίπτωση κατακεκλιμμένων ασθενών, το νοσηλευτικό προσωπικό φροντίζει τα ραδιενεργά ούρα που διοχετεύονται σε ουροσυλλέκτη να αδειάζονται στη λεκάνη, ενώ τα κόπρανα φυλάσσονται και παραδίδονται προς διαχείριση στον ακτινοφυσικό.^{9,16}

Στην περίπτωση που ένας ασθενής υποβληθεί σε θεραπεία με υψηλής ενεργότητας ραδιοϊσότοπα (πχ. Θεραπεία καρκίνου θυρεοειδούς με ¹³¹I), χρειάζεται η παραμονή του σε ειδικό θωρακισμένο θάλαμο νοσηλείας για μικρό χρονικό διάστημα (2-3 ημέρες). Το προσωπικό (ιατρικό, νοσηλευτικό, τραπεζοκόμοι, υπάλληλοι καθαριότητας) ενημερώνεται για την είσοδό του στο θάλαμο μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης με λήψη των κατάλληλων μέτρων ακτινοπροστασίας (μικρός χρόνος παραμονής εντός θαλάμου, μέγιστη δυνατή απόσταση από τον ασθενή, χρήση ειδικών γαντιών, ποδοναριών, ιατρικής ποδιάς). Σε περίπτωση ατυχημάτων (ραδιομόλυνση) καλείται άμεσα ο ακτινοφυσικός.¹⁶

Ακτινοβολία και ακτινοπροστασία σε Τμήματα Ακτινοθεραπείας

Η πλειοψηφία των ακτινοθεραπευτικών εφαρμογών πραγματοποιείται με γραμμικούς επιταχυντές που εκπέμπουν ακτινοβολία, κατά την εκπομπή της οποίας δεν βρίσκεται κανένας στο θάλαμο θεραπείας εκτός από τον ασθενή. Οι **θάλαμοι θεραπείας είναι θωρακισμένοι** με υλικά, όπως το σκυρόδεμα για την εξασθένιση των φωτονίων υψηλής ενέργειας και το ξύλο για την προστασία από τα παραγόμενα νετρόνια (για ενέργειες φωτονίων μεγαλύτερες των 16 MeV), ενώ έχουν διάταξη «λαβυρίνθου» για την μείωση της ακτινοβολίας του περιβάλλοντος χώρου.

Το **προσωπικό βρίσκεται εκτός του θωρακισμένου θαλάμου θεραπείας** και παρακολουθεί τον ασθενή μέσω κάμερας. Με τον τρόπο αυτό η δόση στο προσωπικό είναι ουσιαστικά μηδενική αρκεί να ακολουθούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας.. Κατά συνέπεια ο εργαζόμενος ακτινοβολείται μόνο αν εισέλθει στον θάλαμο θεραπείας σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης και ενώ η πηγή βρίσκεται εκτός θωράκισης, πχ σε εφαρμογές όπως βραχυθεραπεία και η τηλεθεραπεία με πηγές ⁶⁰Co. Η εντολή για την έξοδο της πηγής από τον θωρακισμένο χώρο και την ακτινοβολήση του ασθενή, όπως και η εντολή διακοπής της θεραπείας προκειμένου να εισέλθει κάποιος στο θάλαμο θεραπείας, δίδεται από κονσόλα χειρισμού που βρίσκεται έξω από το δωμάτιο θεραπείας. Σημειώνεται δε ότι αν για



οποιοδήποτε λόγο κάποιος ανοίξει την πόρτα στο δωμάτιο θωράκισης, ενεργοποιούνται **διακόπτες και αυτόματα συστήματα ελέγχου και ασφάλειας** στο θάλαμο χειρισμού και θεραπείας και η πηγή επιστρέφει αυτόματα στη θέση θωράκισης. Επειδή όμως καμιά θωράκιση δεν σταματά εντελώς την ακτινοβολία, καλόν είναι ο εργαζόμενος να τηρεί τους κανόνες της μέγιστης δυνατής απόστασης από την πηγή και την αποφυγή άσκοπης παραμονής στο θάλαμο θεραπείας.^{2,7,10}

Σε κάθε περίπτωση υπενθυμίζεται ότι ο εργαζόμενος σε ακτινοθεραπευτικό τμήμα πρέπει να φορά το **ατομικό του δοσίμετρο** σύμφωνα με τις οδηγίες που αναφέρθηκαν παραπάνω. **Ακτινολογική ποδιά** σε τμήματα ακτινοθεραπείας χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια εντοπιστικών ακτινογραφιών σε εφαρμογές βραχυθεραπείας ή ακτινογράφησης/ακτινοσκόπησης κατά την εξομοίωση. Το ισχύον ετήσιο όριο δόσης για τους εργαζόμενους σε χώρους με ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι 20 mSv. Πρακτικά, όμως οι τυπικές ετήσιες δόσεις του προσωπικού στα ακτινοθεραπευτικά τμήματα είναι ~ 1 mSv

Στην περίπτωση της βραχυθεραπείας με χρήση πηγών 125I που χρησιμοποιούνται ως μόνιμα εμφυτεύματα υπάρχουν ειδικά θωρακισμένες κρύπτες ή δοχεία φύλαξης εντός του τμήματος ακτινοθεραπείας μέσα στα οποία φυλάσσονται οι πηγές μέχρι την

εφαρμογή τους ή την απόρριψή τους. Ο χειρισμός των ραδιενεργών πηγών γίνεται με ειδικές λαβίδες πίσω από θωρακισμένα πετάσματα με παρεμβολή μολυβδύαλου, ενώ οι κινήσεις πρέπει να είναι προσχεδιασμένες για την ελαχιστοποίηση του χρόνου έκθεσης.^{2,7,10,17}

Νομοθεσία

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (άρθρο 66 παρ. 6 του νόμου 3984/27.6.2011. ΕΑΕΕ υπ' αρ. 263/26-01-2012):

«οι εργαζόμενοι σε υπηρεσίες υγείας του ιδιωτικού και δημόσιου τομέα, που εκτίθενται σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες και δοσιμετρούνται σύμφωνα με τον εκάστοτε ισχύοντα κανονισμό ακτινοπροστασίας με ατομικό δοσίμετρο σώματος:

- α) όταν η ετήσια αθροιστική δόση ακτινοβολίας που δέχονται μετρηθεί στο 25% του μέγιστου επιτρεπόμενου ορίου που θέτει ο Κανονισμός Ακτινοπροστασίας, τον αμέσως επόμενο μήνα δύνανται να λάβουν άδεια ακτινοπροστασίας είκοσι ενός (21) συνεχών ημερών,
- β) όταν η ετήσια αθροιστική δόση ακτινοβολίας που δέχονται μετρηθεί στο 50% του μέγιστου επιτρεπόμενου ορίου που θέτει ο Κανονισμός Ακτινοπροστασίας, τον αμέσως επόμενο μήνα υποχρεούνται να λάβουν

επιπρόσθετη άδεια ακτινοπροστασίας είκοσι ενός (21) συνεχών ημερών, γ) όταν η ετήσια αθροιστική δόση ακτινοβολίας που δέχονται μετρηθεί στο 75% του μέγιστου επιτρεπόμενου ορίου που θέτει ο Κανονισμός Ακτινοπροστασίας, τον αμέσως επόμενο μήνα υποχρεούνται να λάβουν επιπρόσθετη άδεια ακτινοπροστασίας σαράντα δύο (42) συνεχών ημερών....». 7,9,12,17

Συμπεράσματα

Λειτουργοί υγείας (ιατροί, νοσηλευτές, τεχνολόγοι) που εργάζονται σε Τμήματα Ακτινολογικά, Πυρηνικής Ιατρικής, Επεμβατικής Καρδιολογίας και Ακτινοθεραπείας ή που νοσηλεύουν ή φροντίζουν ασθενείς που υποβλήθηκαν ή υποβάλλονται σε εξετάσεις με ιοντίζουσες ακτινοβολίες θα πρέπει να ενημερώνονται από τον αρμόδιο ακτινοφυσικό τόσο για τα μέτρα ατομικής ακτινοπροστασίας τους, τη χρήση του κατάλληλου εξοπλισμού και τις πρακτικές που τους προστατεύουν από την αναίτια ακτινοβόληση. Σε περίπτωση υπέρβασης του ετήσιου ανώτατου ορίου δόσης ακτινοβόλησης των εργαζομένων σε χώρους με ιοντίζουσα ακτινοβολία, σύμφωνα με την Νομοθεσία προβλέπεται άδεια ακτινοπροστασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Cuaron JJ, Hirsch AE, Medich DC, Hirsch JA, Rosenstein BS. Introduction to radiation safety and monitoring. J Am Coll Radiol 2011; 8(4):259-64.
2. Georgiou E. Medical Physics: Diagnostic and therapeutic applications of radiation. 1st Edition. Athens. Pashalidis medical publications, 2009.
3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation New York. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR, 2008 report to the General Assembly with Scientific Annexes [Medline], available in <http://www.unscear.org/docs/reports/2008/11-80076 Report 2008 Annex D.pdf>.
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation New York. Hereditary Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2001 report to the General Assembly, with Scientific Annexes [Medline], available in <http://www.unscear.org/docs/reports/2006/07-82087 Report 2006 Web.pdf>.
5. Smeesters P. Radioprotection and medical practice: progress, distress and treats. Bull Mem Acad R Med Belg 2008;163(3-4):145-58.
6. Covens P, Berus D, Buls N, Clerinx P, Vanhavere F. Personal dose monitoring in hospitals: global assessment, critical



- applications and future needs. *Radiat Prot Dosimetry* 2007; 124(3):250-9.
7. Laboratory of Medical Physics – Medical School of Athens Kapodistrian University, International atomic energy agency. Radioprotection courses for technologists manipulating ionizing radiation devices - IAEA Training Material [Medline], available in <http://mpl.med.uoa.gr/wp-content/uploads/2011/03/ekpaideutiko-yliko-seminaria.pdf>.
8. Meghzifene A, Dance DR, McLean D, Kramer HM. Dosimetry in diagnostic radiology. *Eur J Radiol* 2010; 76(1):11-4.
9. Dimitropoulou E, Babatsikou F. Legislative frame of health and safety in the work. *Vima-Asklipiou* 2007; 6(4):1-7. [Article in Greek]
10. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103: Recommendations of the ICRP. *Annals of the ICRP* 2007; 37:2-4.
11. Carpeggiani C, Kraft G, Caramella D, Semelka R, Picano E. Radioprotection (un)awareness in cardiologists, and how to improve it. *Int J Cardiovasc Imaging* 2012; 28(6):1369-74.
12. Bor D, Olgar T, Onal E, Caglan A, Toklu T. Assessment of radiation doses to cardiologists during interventional examinations. *Med Phys* 2009; 36(8):3730-6.
13. National ministries of Economy, Health and Work. Radioprotection guidelines. FEK 2001, 216: 4343-4509 [Medline], available in www.yyka.gov.gr/.../1390-nomothesia-armodiiothtwn-ths-d-nshs-ygeionomikhs-mhxanikhs-kai-ygieinhs-periballontos?.
14. Nicol A, Robertson J, McCurrach A. Practical matters for the control of contamination in a nuclear medicine department. *J Radiol Prot* 2011; 31(1):141-6.
15. Sharp PF, Gemmell HG, Murray AD, Practical Nuclear Medicine. 5th Edition. New York -Springer 2005.
16. Cabral G, Amaral A, Campos L, Guimaraes MI. Investigation of maximum doses absorbed by people accompanying patients in nuclear medicine departments. *Radiat Prot Dosimetry* 2002; 101(1-4):435-8.
17. Baeza M. Accident prevention in day-to-day clinical radiation therapy practice. *Ann ICRP* 2012; 41(3-4):179-87.