

ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Κίνδυνοι από την έκθεση σε ακτινοβολία κατά την άσκηση του επαγγέλματος

Τριαντοπούλου Χ¹, Τσαπάκη Β²

1. Ιατρός Ακτινολόγος, επιμελήτρια Α', τμήμα Αξονικής Τομογραφίας, "Κωνσταντοπούλειο" Γενικό Νοσοκομείο Νέας Ιωνίας, Αθήνα
2. Ακτινοφυσικός, μονάδα ιατρικής φυσικής, "Κωνσταντοπούλειο" Γενικό Νοσοκομείο Νέας Ιωνίας, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιτυχής χρησιμοποίηση των ακτινολογικών μηχανημάτων στην ακτινολογία και η αναμφίβολη βοήθεια τους στη διάγνωση μιας πάθησης και στη θεραπεία του ασθενούς, κατέστησαν αναγκαία την όλο και μεγαλύτερη χρήση τους στον τομέα αυτό. Τα παλαιότερα χρόνια τα μηχανήματα αυτά περιορίζονταν στα ακτινολογικά τμήματα των Νοσοκομείων. Σήμερα τέτοιου τύπου μηχανήματα βρίσκονται είτε στο χειρουργείο (τύπου C-arm), όπου χρησιμοποιούνται από τους ορθοπεδικούς, ουρολόγους, αγγειοχειρουργούς, γαστρεντερολόγους, είτε σε Τμήματα επεμβατικής Καρδιολογίας και Ακτινολογίας, είτε ακόμα περιφέρονται στις διάφορες κλινικές (φορητά ακτινογραφικά μηχανήματα) για την διενέργεια επειγόντων ακτινογραφιών σε κλινήρεις ασθενείς. Στους χώρους αυτούς βρίσκονται εργαζόμενοι που δεν έχουν καμία ενημέρωση για τις συνέπειες της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και πως να προστατευτούν από αυτήν.

Σκοπός αυτού του άρθρου ήταν να αναφερθούν αναλυτικά οι βασικές αρχές της ακτινοβολίας και οι κίνδυνοι από αυτήν και να γίνουν γνωστοί οι βασικοί κανόνες προστασίας κατά τη εργασία σε χώρο όπου ενδέχεται να γίνει χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Λέξεις-Κλειδιά: Ακτινοπροστασία, ιοντίζουσα ακτινοβολία.

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑΣ

Χαρίκλεια Χ. Τριαντοπούλου
Διεύθυνση: 28^{ης} Οκτωβρίου 9,
15452 Π. Ψυχικό, Αθήνα
Τηλέφωνο: 210-6724225,
210-2711434,
6977551513

Fax: 210-2777288

e-mail: ctriantopoulou@gmail.com

REVIEW

Possible danger in staff occupationally exposed to radiation

Triantopoulou Ch¹, Tsapaki B²

1. MD, PhD, Consultant Radiologist, Computed Tomography department, "Konstantopouleion" General Hospital, Athens, Greece
2. Medical physicist, BSc, MSc, PhD Medical Physics Unit, "Konstantopouleion" General Hospital, Athens, Greece

ABSTRACT

The successful use of radiological equipment in Radiology and the undoubtful help in clinical diagnosis and patient treatment led to the increasing use of this type of equipment. In the old days, the X-ray systems were only found in the Radiological departments of a hospital. In recent years, these machines are used by orthopedic surgeons, angiologists, gastroenterologists in the surgery room, or by interventional radiologists and cardiologists in specialized departments. They are even moving between departments (mobile X-ray systems) for performing urgent radiographs in very ill patients. Apart radiological departments, the personnel is not trained or even informed about the ionizing radiation.

The main purpose of this review paper was to : (1) analyze in detail ionizing radiation, (2) to determine the dangers during its use, (3) to note down the main radiation protection rules and (4) finally to provide practical tools for best radiation protection in such hospital departments.

KEYS WORDS: Radiation protection, ionizing radiation.

CORRESPONDING AUTHOR

Charikleia C. Triantopoulou

9, 28th of October street,

15452 P. Psyhiko, Athens, Greece

Tel. +30 210 6724225,

+30 210 2711434,

+30 6977551513

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο άνθρωπος ανακάλυψε τις Ακτίνες X στα τέλη του 19ου αιώνα. Η ανάπτυξη μηχανημάτων που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία βρήκε πολλές εφαρμογές στην Ιατρική, γεγονός που οδήγησε στην ανάπτυξη της ιατρικής ειδικότητας της Ακτινολογίας. Παράλληλα όμως, άρχισαν να εμφανίζονται και τα πρώτα βλαβερά άμεσα αποτελέσματα όπως εγκαύματα και νεκρώσεις σε διάφορες περιοχές της επιφάνειας του ανθρώπινου σώματος, κυρίως από τους χρήστες τέτοιων

μηχανημάτων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη διαφόρων μέτρων για την προστασία από την ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η συστηματική έρευνα και μακροχρόνια μελέτη του πληθυσμού μετά το βομβαρδισμό των πόλεων Χιροσίμα και Ναγκασάκι έδωσε πολλά στοιχεία για την επίδραση της ακτινοβολίας X στον οργανισμό και τεκμηρίωσε την παρουσία απώτερων αποτελεσμάτων που λέγονται στοχαστικά και συμπεριλαμβάνουν την πιθανότητα ανάπτυξης διαφόρων μορφών καρκίνου από

τη χρήση των ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Όλα αυτά οδήγησαν στην εφαρμογή ρητών και αυστηρών κανόνων και μέτρων για την προστασία από τις ενδεχόμενες βλαβερές επιπτώσεις τους.

Η επιτυχής χρησιμοποίηση των ακτινολογικών μηχανημάτων στην ακτινολογία και η αναμφίβολη βοήθεια τους στη διάγνωση μιας πάθησης αλλά και η σαφής συνεισφορά στη θεραπεία του ασθενούς κατέστησαν αναγκαία την όλο και μεγαλύτερη χρήση τους στον τομέα αυτό. Έτσι η ανάπτυξη της τεχνολογίας οδήγησε στην ταχεία εξέλιξη μηχανημάτων που εκπέμπουν ακτινοβολία Χ που χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, όπως π.χ. ο Αξονικός Τομογράφος. Τα παλαιότερα χρόνια τα μηχανήματα αυτά περιορίζονταν στα ακτινολογικά τμήματα των Νοσοκομείων. Σήμερα όμως με την εξέλιξη της ιατρικής και των διαφόρων ιατρικών ειδικοτήτων καθώς και με την παραγωγή εξειδικευμένων μηχανημάτων για διαφορετικές ιατρικές εφαρμογές τέτοιου

τύπου μηχανήματα βρίσκονται είτε στο χειρουργείο (τύπου C-arm), όπου χρησιμοποιούνται από τους ορθοπεδικούς, ουρολόγους, αγγειοχειρουργούς, γαστρεντερολόγους, είτε σε Τμήματα επεμβατικής Καρδιολογίας και Ακτινολογίας, είτε ακόμα περιφέρονται στις διάφορες κλινικές (φορητά ακτινογραφικά μηχανήματα) από τους τεχνολόγους που χειρίζονται τέτοιου είδους μηχανήματα για την διενέργεια επειγόντων ακτινογραφιών σε κλινήρεις ασθενείς. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στα ακτινολογικά Τμήματα των Νοσοκομείων βρίσκονται συνήθως εργαζόμενοι που είναι ενημερωμένοι για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες, ενώ σε όλους τους υπόλοιπους χώρους βρίσκονται και εργαζόμενοι που δεν έχουν καμία ενημέρωση για τις συνέπειες της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και πως να προστατευτούν από αυτήν. Ο σκοπός επομένως αυτού του άρθρου είναι να αναφερθούν αναλυτικά οι βασικές αρχές ακτινοβολίας και οι κίνδυνοι από αυτήν και να γίνουν γνωστοί οι βασικοί κανόνες

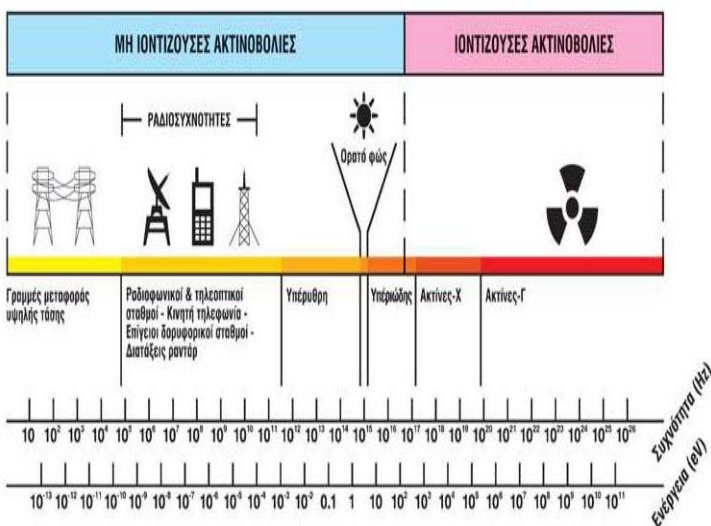
προστασίας κατά τη εργασία σε χώρο όπου ενδέχεται να γίνει χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας

ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η ακτινοβολία είναι μορφή ενέργειας η οποία εκπέμπεται από κάποια πηγή και διαδίδεται στο χώρο με μεγάλη ταχύτητα. Ο άνθρωπος δέχεται συνεχώς τέτοιου είδους ενέργεια τόσο από φυσικές πηγές όσο και από τεχνητές πηγές (εικόνα 1). Η ακτινοβολία αυτή επιδρά πάνω του κατά τρόπο πολύπλοκο, ανάλογα με το είδος, την έντασή και την ενέργεια που μεταφέρει.

Οι ακτινοβολίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

1. Ιοντίζουσα ακτινοβολία. Είναι το είδος της ακτινοβολίας που μεταφέρει πολύ υψηλή ενέργεια, εισχωρεί στον οργανισμό και είναι ικανή να προκαλέσει ιοντισμό, να διασπάσει χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες. Οι γνωστότερες ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες X που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην Ακτινολογία, οι ακτίνες γ που χρησιμοποιούνται στην Πυρηνική Ιατρική και οι σωματιδιακές ακτινοβολίες α, β, και γ. Η διεισδυτικότητά της ακτινοβολίας εξαρτάται από το είδος και την ενέργεια που μεταφέρει. Έτσι για παράδειγμα, τα σωματρία "α" σταματάνε σε ένα φύλλο χαρτιού, τα σωματρία "β" απαιτούν μερικά χιλιοστά plexiglass και οι ακτινοβολία X χρειάζεται μερικά χιλιοστά μολύβι, ή μερικά εκατοστά μπετόν ή τούβλου. Η ενέργεια ανά χιλιόγραμμο μάζας, καλείται δόση ακτινοβολίας, ενώ η πιθανότητα βλάβης



Εικόνα 1. Η εικόνα αυτή παρουσιάζει τις διαφορετικές πηγές ακτινοβολιών, το είδος τους και από πού προέρχονται.

του οργανισμού έχει άμεση εξάρτηση από τη δόση ακτινοβολίας.

2. Μη ιοντίζουσα ακτινοβολία. Είναι το είδος της ακτινοβολίας που μεταφέρει πολύ μικρότερη ενέργεια, ανίκανη να προκαλέσει ιοντισμό, ικανή όμως να προκαλέσει ηλεκτρικές, χημικές και θερμικές επιδράσεις στα κύτταρα, άλλοτε επικίνδυνες και άλλοτε όχι. Αυτό το άρθρο θα επικεντρωθεί στην ιοντίζουσα ακτινοβολία, οπότε δεν θα γίνει πλέον αναφορά στη μη ιοντίζουσα ακτινοβολία

ΠΗΓΕΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες χωρίζονται σε:

1. Ακτινοβολία από φυσικές πηγές.

Οι φυσικές πηγές είναι τα συστατικά του φλοιού της γης και η κοσμική ακτινοβολία.

Το έδαφος, το νερό και ο αέρας, περιλαμβάνουν και φυσικά ραδιενεργά στοιχεία, όπως π.χ. το ραδιενεργό κάλιο, το οποίο συγκεντρώνεται στη μυϊκή μάζα.

Υπάρχουν μηχανήματα που για να μετρήσουν την ποσότητα μυϊκής μάζας στον

άνθρωπο ανιχνεύουν την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το ραδιενεργό κάλιο σε διάφορα σημεία του σώματος. Η επιφάνεια της γης δέχεται συνεχώς κοσμική ακτινοβολία από τον ήλιο και άλλες αστρικές περιοχές βυθισμένες στο διάστημα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσό ακτινοβολίας που λαμβάνει ο άνθρωπος, από άποψη ραδιολογικών επιπτώσεων, είναι το φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο, το οποίο προέρχεται από το ουράνιο που υπάρχει στο έδαφος και τα πετρώματα της γης. Το συστατικό αυτό εγκλωβίζεται στους τοίχους των σπιτιών κατά την κατασκευή τους από τούβλα και μπετόν και ακτινοβολεί συνεχώς τον άνθρωπο. Για αυτό τον λόγο, θα πρέπει όλα τα σπίτια που είναι με αυτό τον τρόπο κατασκευασμένα να αερίζονται συχνά έτσι ώστε να μειώνεται η ποσότητα του ραδιενεργού ραδονίου στο εσωτερικό. Ουσιαστικά, δηλαδή, ο άνθρωπος ζει καθ'όλη τη ζωή του μέσα σε ένα ραδιενεργό περιβάλλον εξαιτίας όχι μόνον της τροφής του (φαγητό και νερό) και της αναπνοής του

αλλά απλά και μόνον λόγω της παραμονής του πάνω στη γη.

2. Ακτινοβολία από τεχνητές πηγές.

Οι ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλούς τομείς που αναφέρονται ονομαστικά παρακάτω:

- (α) στην ιατρική,
- (β) στη βιομηχανία (π.χ. ραδιογραφίες, ακτινοβολητές για αποστείρωση υλικών, συσκευές για έλεγχο ποιοτικών παραμέτρων, κ.λ.π.),
- (γ) στην παραγωγή ενέργειας,
- (δ) στη γεωργία,
- (ε) στην έρευνα και την εκπαίδευση.

Η αρμόδια Αρχή για όλα τα ζητήματα που αφορούν στις ακτινοβολίες στην Ελλάδα, ιοντίζουσες και μη, είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ).¹ Οι αρμόδιοι διεθνείς οργανισμοί είναι οι International Atomic Energy Agency και η International Commission on Radiological Protection.^{2,3}

Η ΕΕΑΕ είναι υπεύθυνη για την αδειοδότηση κάθε εργαστηρίου που χρησιμοποιεί ακτινοβολίες, καθώς και για οποιοδήποτε

άλλο ζήτημα που αφορά σε αυτές. Από τα πρόσφατα στοιχεία της ΕΕΑΕ, αυτή τη στιγμή είναι εγκατεστημένοι 33 γραμμικοί επιταχυντές, 14 μονάδες κοβαλτίου, 8 πηγές βραχυθεραπείας υψηλού ή χαμηλού ρυθμού δόσης και 5 ακτινοθεραπευτικά μηχανήματα παραγωγής ακτίνων Χ σε διάφορα ακτινοθεραπευτικά Τμήματα των Νοσοκομείων ή κλινικών της χώρας. Επίσης λειτουργούν, 188 εργαστήρια πυρηνικής ιατρικής με 147 γ-κάμερες για διάφορα σπινθηρογραφήματα, 3 PET/CT μηχανήματα, 30 θάλαμοι παραμονής ασθενών στους οποίους έχουν χορηγηθεί ραδιοϊσότοπα για θεραπευτικούς σκοπούς και 60 εργαστήρια RIA (Rare Isotope Accelerator). Τέλος, υπάρχουν 1200 ακτινοδιαγνωστικά εργαστήρια με, 1800 ακτινολογικά μηχανήματα, 180 αξονικούς τομογράφους, 220 μαστογράφους και 60 μηχανήματα επεμβατικής ακτινολογίας και καρδιολογίας. Είναι φανερό ότι η συχνότητα των ακτινολογικών διαδικασιών είναι τόσο μεγάλη που όλοι οι εργαζόμενοι θα πρέπει

να ενημερωθούν σωστά και με ακρίβεια για τους κινδύνους από τα μηχανήματα αυτά.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Η έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα βλαβερά αποτελέσματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Για πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, το αποτέλεσμα ενδέχεται να είναι η άμεση καταστροφή είτε κάποιων κυττάρων, είτε ολόκληρων οργάνων ή ακόμα και ολόκληρων συστημάτων του σώματος, γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει στο θάνατο του ανθρώπου. Είναι όμως σημαντικό να γνωρίζουμε ότι δόσεις που οδηγούν σε τέτοιου είδους άμεσων αποτελεσμάτων έχουν παρουσιασθεί μόνο σε μεγάλα ραδιολογικά ή πυρηνικά ατυχήματα και ποτέ κατά τη συνήθη χρήση ακτινολογικών μηχανημάτων για συνήθεις διαγνωστικές ακτινολογικές εξετάσεις. Άμεσα αποτελέσματα έχουν παρατηρηθεί και καταγραφεί επίσημα μόνον στις επεμβατικές πράξεις (αγγειοπλαστική, radiofrequency ablation, κ.λ.π.). Μάλιστα ο Αμερικανικός Οργανισμός Υγείας, Food and

Drug Administration (FDA), έχει συντάξει οδηγίες για την αποφυγή τέτοιων συμβάντων⁴ και έχει δημιουργήσει ένα αρχείο εθελοντικών καταγραφών τέτοιων αποτελεσμάτων κατά τις επεμβατικές πράξεις όπου έχουν μέχρι πρόσφατα καταγραφεί περίπου 100 περιστατικά με δερματικά ακτινολογικά τραύματα.⁵

Για σχετικά χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας, μικρότερες από αυτές που οδηγούν σε άμεσα αποτελέσματα, υπάρχει στατιστικά η πιθανότητα μελλοντικής εμφάνισης καρκίνου, της οποίας το μέτρο είναι ανάλογο της δόσης. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ακόμα και ένα φωτόνιο υψηλής ενέργειας αυξάνει την πιθανότητα αυτή. Εκτός όμως από την πιθανότητα εμφάνισης κάποιας μορφής καρκίνου, μεγάλη σημασία έχουν οι βλάβες που προκαλούνται στο γενετικό του υλικό του κυττάρου, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης. Τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα, δείχνουν ότι οι ακτινοβολίες

συγκαταλέγονται ανάμεσα στους 4000 και πλέον καταγεγραμμένους καρκινογόνους παράγοντες, - κατά κανόνα χημικά και φαρμακευτικά προϊόντα της σύγχρονης τεχνολογίας - που υπονομεύουν καθημερινά τη ζωή μας.¹ Στην κλίμακα επικινδυνότητας, οι ακτινοβολίες κατατάσσονται στους σχετικά ήπιους καρκινογόνους παράγοντες.

Ο κίνδυνος βλάβης της υγείας ενός ατόμου μετά από έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μετράται με τον όρο ενεργός δόση (E). Η E εξαρτάται από την απορροφούμενη ενέργεια, το είδος ακτινοβολίας και το είδος του ακτινοβολούμενου ιστού, ενώ η μονάδα μέτρησης της είναι το Sievert (Sv). Για να καταλάβει ο αναγνώστης σε απόλυτα μεγέθη τι δόση παίρνει ο άνθρωπος σε μία χώρα όπως στην Ελλάδα η οποία δεν είναι κοντά στους πόλους, όπου η δόση από την κοσμική ακτινοβολία είναι περισσότερη, θα αναφέρουμε τα παρακάτω νούμερα:

- Η μέση E που λαμβάνει ένας άνθρωπος από τεχνητές πηγές ραδιενέργειας είναι 0.31 mSv ετησίως. 1mSv είναι 0.001 Sv.

- Η μέση E που λαμβάνει ένας άνθρωπος από φυσικές πηγές ραδιενέργειας είναι 2.4 mSv ετησίως. Όπως φαίνεται από τις τιμές δόσεων η ακτινοβολία ετησίως από το περιβάλλον είναι περίπου 8 φορές μεγαλύτερη από τις τεχνητές πηγές.
- Η μέση E που λαμβάνει ένας άνθρωπος από μια τυπική ακτινογραφία θώρακος είναι περίπου 0.02 mSv. Άρα η μέση δόση από μία ακτινογραφία θώρακος είναι 120 φορές λιγότερη από τη αυτήν του περιβάλλοντος. Ο λόγος που επιλέχθηκε η ακτινογραφία θώρακος είναι διότι είναι η πιο συχνή διαγνωστική εξέταση.

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Όπως είναι πλέον φανερό, η ακτινοβολία περιβάλλοντος είναι αρκετά σημαντική και όχι αμελητέα όπως νομίζει ο κοινός πληθυσμός και μάλιστα πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που λαμβάνεται από τις τεχνητές πηγές. Επομένως πρέπει να γνωρίζουμε τους βασικούς κανόνες προστασίας από τις επιβλαβείς ακτινοβολίες, η

αλλιώς της ακτινοπροστασίας. Αντικείμενο λοιπόν της ακτινοπροστασίας είναι η παροχή υψηλής ασφάλειας στα άτομα που εκτίθενται σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες (εργαζόμενοι και κοινό), με παράλληλη επιδίωξη να διατηρηθούν τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση τους.

¹ Το πρόγραμμα που εφαρμόζει ένα κράτος στο πλαίσιο του συστήματος ακτινοπροστασίας βασίζεται στις ακόλουθες τρεις αρχές:

1. Αρχή της αιτιολόγησης: κάθε εφαρμογή που ενέχει έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, πρέπει να αποφέρει ικανοποιητικό όφελος στα εκτιθέμενα άτομα ή στο κοινωνικό σύνολο, έτσι ώστε να αντισταθμίζεται η πιθανή βλάβη την οποία αυτή μπορεί να προκαλέσει.

2. Αρχή της βελτιστοποίησης: όλες οι πηγές και τα μηχανήματα παραγωγής ακτινοβολιών πρέπει να προσφέρουν κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες λειτουργίας τους, την καλύτερη δυνατή προστασία και ασφάλεια, έτσι ώστε το μέτρο της ενεχόμενης έκθεσης, η πιθανότητα μη αναμενόμενης έκθεσης και ο αριθμός των εκτιθεμένων ατόμων, να είναι τόσο μικρά όσον αυτό είναι λογικά εφικτό,

λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες.

3. Αρχή των ορίων δόσεων: Οι ατομικές εκθέσεις σε ακτινοβολία, οι οφειλόμενες στο σύνολο των πηγών στα πλαίσια των εγκεκριμένων πρακτικών, πρέπει να υπόκεινται σε όρια δόσεων ή όρια κινδύνων, η υπέρβαση των οποίων θεωρείται μη αποδεκτή.

Οι κανόνες που διέπουν τη χρήση πάσης φύσεως ιοντίζουσας ακτινοβολίας στην Ελλάδα ενσωματώνονται στις παραγράφους του Κανονισμού Ακτινοπροστασίας, όπου αναφέρονται λεπτομερώς πώς πρέπει να κατασκευαστεί ένα εργαστήριο που θα κάνει χρήση τέτοιων μηχανημάτων, το προσωπικό και τον εξοπλισμό που θα πρέπει να διαθέτει ⁶. Σύμφωνα επίσης με τον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας⁶ η ατομική δοσιμέτρηση των επαγγελματικά εκτιθέμενων κατηγορίας Α (δηλαδή οι εργαζόμενοι αυτοί που ενδέχεται να υπερβούν τα 3/10 των ορίων δόσεων) είναι υποχρεωτική, ενώ συστήνεται για αυτούς της κατηγορίας Β (δεν ενδέχεται να υπερβούν τα 3/10 των ορίων δόσεων). Το ανώτερο όριο της

Ε που μπορεί να λαμβάνει ένας εργαζόμενος κατηγορίας Α είναι τα 20 mSv το χρόνο, ενώ για τον κοινό πληθυσμό το αντίστοιχο όριο είναι 1mSv, όπως αυτή τη στιγμή αναγράφονται στον Κανονισμό⁶. Οι εργαζόμενοι με ακτινοβολίες δεν πρέπει να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από την άσκηση των καθηκόντων τους σε σχέση με τους κινδύνους άλλων επαγγελμάτων.

Για να επιτευχθούν οι στόχοι της Ακτινοπροστασίας λαμβάνονται μέτρα τα οποία εξειδικεύονται ανάλογα με την πηγή της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Αυτά αφορούν τόσο στον τρόπο κατασκευής των μηχανημάτων (όπως μεταξύ άλλων η θωράκιση λυχνίας) όσο και στον τρόπο λειτουργίας τους (θωράκιση χώρων, ποιοτικός έλεγχος, εκπαίδευση των χειριστών, χρήση ποδιάς, κολάρου κλπ.). Όλο το επιστημονικό, τεχνικό και βοηθητικό προσωπικό που συμμετέχει στην άσκηση μιας οποιασδήποτε πρακτικής η οποία εγκυμονεί κίνδυνο από ιοντίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο και να συμβάλει στην εφαρμογή των κανονισμών

ακτινοπροστασίας. Η ΕΕΑΕ παρέχει εκπαίδευση στην ακτινοπροστασία στο βοηθητικό, τεχνολογικό, τεχνικό και επιστημονικό προσωπικό που απασχολείται στους διάφορους κλάδους των πυρηνικών Επιστημών.

Θα πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι οι συνήθεις ποδιές ακτινοπροστασίας και τα κολάρα θυρεοειδούς απορροφούν περίπου το 90% της ακτινοβολίας που δέχεται δευτερογενώς ο εργαζόμενος, ενώ αν μεσολαβεί θωράκιση από μολύβι ή άλλα υλικά η έκθεση των εργαζόμενων είναι μηδαμινή. Όταν δεν υπάρχει θωράκιση η δευτερογενής ακτινοβολία στο 1 m από τον ασθενή είναι χονδρικά 0.15 % της δόσης του ασθενή. Έτσι, όσο λιγότερη ακτινοβολία δέχεται ο ασθενής τόσο λιγότερο ακτινοβολείται και το προσωπικό που είναι εντός του ακτινολογικού θαλάμου.

Υπάρχουν στη διεθνή βιβλιογραφία πολλαπλές δημοσιεύσεις που αφορούν στη δόση της ακτινοβολίας που λαμβάνει το προσωπικό κατά τη διενέργεια ακτινολογικών εξετάσεων.

Φαίνεται ότι οι δόσεις είναι μεγαλύτερες ιδιαίτερα στις επεμβατικές πράξεις που χρησιμοποιούνται ακτίνες Χ, όπως οι αγγειογραφίες, οι στεφανιογραφίες, και η ενδοσκοπική παλίνδρομος χολαγγειοπαγκρεατογραφία (ERCP).^{7,8,9} Όλοι οι ειδικοί συμφωνούν, ότι απαιτείται λεπτομερής τήρηση των κανόνων ασφαλείας, χρήση των ακτινοπροστατευτικών μέσων και διαρκής εκπαίδευση του προσωπικού, ώστε να εξασφαλίζεται η χαμηλότερη δυνατή δόση για τους εργαζόμενους σε χώρους ακτινοβολίας.¹⁰ Γεγονός ωστόσο είναι ότι οι δόσεις που λαμβάνουν οι εργαζόμενοι σήμερα είναι πολύ χαμηλότερες από τα παλαιότερα χρόνια, όπου οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας δεν ήταν γνωστές και δεν υπήρχαν μέτρα ακτινοπροστασίας.¹¹ Επίσης υπάρχουν ειδικά άρθρα και διατάξεις που ορίζουν τους κανόνες ασφαλείας για γυναίκες εργαζόμενες που βρίσκονται σε κατάσταση εγκυμοσύνης με βάση δεδομένα δοσιμέτρησης.^{12,13} Ιδιαίτερα για το νοσηλευτικό προσωπικό τονίζεται η ανάγκη διαρκούς ενημέρωσης και συνεργασίας

για τη διασφάλιση κατάλληλων συνθηκών εργασίας και προάσπισης της υγείας.¹⁴

ΑΤΟΜΙΚΗ ΔΟΣΙΜΕΤΡΗΣΗ

Η ατομική δοσιμέτρηση των επαγγελματικά εκτιθέμενων σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες και η τήρηση του Εθνικού Αρχείου Δόσεων πραγματοποιείται από τα εξειδικευμένα εργαστήρια της Ελληνικής επιτροπής Ατομικής ενέργειας. Η δοσιμέτρηση γίνεται με το ατομικό δοσίμετρο, μία μικρή συσκευή που συνήθως τοποθετείται στο ύψος του στήθους και χρησιμοποιείται για την καταγραφή της δόσης που δέχεται ο εργαζόμενος (εικόνα 2).



Εικόνα 2: ατομικό δοσίμετρο τύπου TLD

Τα δοσίμετρα που χρησιμοποιούνται για τη δοσιμέτρηση του προσωπικού στην Ελλάδα είναι τα δοσίμετρα θερμοφωταύγειας (TLD). Τα προσωπικά δοσίμετρα φοριούνται έξω από τη ακτινοπροστατευτική μπλούζα καθώς θέλουμε να εκτιμηθεί η μέγιστη πιθανή έκθεση των ακάλυπτων τμημάτων του σώματος. Δοσίμετρο κάτω από τη μπλούζα ή σε άλλα σημεία του σώματος (π.χ. στα χέρια) χρησιμοποιείται μόνο σε περιπτώσεις που οι δόσεις είναι αρκετά μεγάλες και χρειάζεται να εκτιμηθεί η πραγματική δόση στα κρίσιμα όργανα ή στα άκρα που σε πολλές περιπτώσεις ενδέχεται να ακτινοβολούνται πολύ περισσότερο από ότι ο κορμός.

Σκοπός της ατομικής δοσιμέτρησης είναι η εκτίμηση της ενεργού ισοδύναμης δόσης για τον έλεγχο και τη μείωση της δόσης ακτινοβολίας στους εργαζόμενους, τη βελτίωση των πρακτικών και μεθόδων που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές και την παρακολούθηση των συστημάτων ακτινοπροστασίας. Επίσης αποτελεί ένα μέσο

πληροφόρησης της δόσης σε περίπτωση ατυχήματος.

Τα δοσίμετρα χορηγούνται κάθε μήνα από την ΕΕΑΕ. Τα αποτελέσματα ανακοινώνονται εγγράφως με ειδικά έντυπα. Το έντυπο αυτό αναφέρει επίσης τη συνολική ετήσια δόση αθροιστικά για κάθε εργαζόμενο. Για τη χορήγηση δοσιμέτρου σε κάποιον εργαζόμενο, επαγγελματικά εκτιθέμενο σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες θα πρέπει να συμπληρωθεί «αίτηση έναρξης ατομικής δοσιμέτρησης» που περιλαμβάνει στοιχεία σχετικά με τον εργαζόμενο. Τα κριτήρια για την έγκριση μιας αίτησης είναι καταρχήν η ορθή συμπλήρωση της με τα πλήρη στοιχεία του εργαζομένου, η ηλικία του (πάνω από 18 ετών) και η αναγκαιότητα δοσιμέτρησης του εργαζόμενου σύμφωνα με την ειδικότητά του και την περιγραφή των αρμοδιοτήτων του.

Θα πρέπει τέλος να επισημανθεί ότι το δοσίμετρο δεν προστατεύει, απλώς καταγράφει τη δόση που δέχεται ο εργαζόμενος.

ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΣ**ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ**

Πέρα από τους κανόνες ακτινοπροστασίας υπάρχουν και ορισμένες πρακτικές συμβουλές για όσους εργαζόμενους ενδέχεται να βρίσκονται σε περιβάλλον που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μηχάνημα ακτίνων X.

1. **Απόσταση:** Όσο πιο μακριά βρισκόμαστε από την πηγή ακτινοβολίας τόσο πιο ασφαλείς είμαστε.
2. **Χρόνος:** Όσο λιγότερο χρόνο διαρκεί η ακτινοβολήση τόσο μικρότερη δόση λαμβάνει τόσο ο ασθενής αλλά και το προσωπικό που βρίσκεται κοντά.
3. **Εξαρτήματα ακτινοπροστασίας:** Εάν υπάρχει ανάγκη για προστατευτικά πετάσματα, όπως στη περίπτωση μεγάλου αριθμού ακτινολογικών εξετάσεων, θα πρέπει να στεκόμαστε πίσω από αυτά.

Ακτινοφυσικός ιατρικής: Σε κάθε κλινική ή Νοσοκομείο, συνήθως εργάζεται ένας

τουλάχιστον ακτινοφυσικός ιατρικής είτε με πλήρη είτε με μερική απασχόληση. Κάθε εργαζόμενος με απορίες ως προς μια ακτινολογική διαδικασία ή για οποιοδήποτε θέμα που αφορά στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες και τη χρήση αυτών, θα πρέπει να απευθύνεται στον ακτινοφυσικό ιατρικής που είναι ο αρμόδιος για τέτοια ζητήματα. Όπως άλλωστε ορίζεται στον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας⁶, ο ακτινοφυσικός παρέχει συμβουλές ακτινοπροστασίας και έχει την ευθύνη για την τήρηση των Κανονισμών⁶ και την επιμόρφωση και εκπαίδευση των εργαζομένων ως προς την ακτινοπροστασία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διαθέσιμη πηγή διαδικτύου : www.eeae.gr
2. Διαθέσιμη πηγή διαδικτύου : www.iaea.org
3. Διαθέσιμη πηγή διαδικτύου : www.icrp.org
4. FDA. FDA Public Health Advisory: Avoidance of serious X-ray-induced skin injuries to patients during fluoroscopically guided procedures; 1994.
5. Balter S, Moses J. Managing patient dose in Interventional Cardiology. Cath Card Inter 2007; 70: 244-249.
6. Κανονισμός Ακτινοπροστασίας Υπ.Απ. 1014 (ΦΟΡ) 94, ΦΕΚ 216/Β, 6/3/01.
7. Morrish OW, Goldstone KE. An investigation into patient and staff doses from X-ray angiography during coronary interventional procedures. Br J Radiol. 2008 Jan; 81(961):35-45.
8. Shortt CP, Al-Hashimi H, Malone L, Lee MJ. Staff radiation doses to the lower extremities in interventional radiology. Cardiovasc Intervent Radiol. 2007 Nov-Dec; 30(6):1206-9.
9. Naidu LS, Singhal S, Preece DE, Vohrah A, Loft DE. Radiation exposure to personnel

- performing endoscopic retrograde cholangiopancreatography. *Postgrad Med J.* 2005 ;81(960):660-2.
10. 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.
11. Kotre CJ, Little BG. Patient and staff radiation doses from early radiological examinations (1899-1902). *Br J Radiol.* 2006;79(946):837-42.
12. Osei EK, Kotre CJ. Equivalent dose to the fetus from occupational exposure of pregnant staff in diagnostic radiology. *Br J Radiol.* 2001 ;74(883):629-37.
13. Damilakis J, Perisinakis K, Theocharopoulos N, Tzedakis A, Manios E, Vardas P, Gourtsoyiannis N. Anticipation of radiation dose to the conceptus from occupational exposure of pregnant staff during fluoroscopically guided electrophysiological procedures. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2005;16(7):773-80.
14. Jankowski CB. Radiation protection for nurses. Regulations and guidelines. *J Nurs Adm.* 1992;22(2):30-4.