

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΚΑΙ
ΚΛΙΝΙΚΗ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ
ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΑΠΕΙΛΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ατομική Δομή

Για να γίνει κατανοητή η αρχή της ραδιενεργούς διάσπασης, ακολουθεί σύντομη περιγραφή της δομής του ατόμου:

Το άτομο αποτελείται από ένα κεντρικό πυρήνα, ο οποίος περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του ατόμου, και ηλεκτρόνια τα οποία περιφέρονται γύρω από αυτόν καταναμημένα σε στοιβάδες. Ο πυρήνας συγκροτείται από δύο τύπους στοιχειωδών σωματίων τα οποία ονομάζονται πρωτόνια και νετρόνια^{1,2,3}.

1. Το πρωτόνιο είναι ένα σωματίδιο με θετικό ηλεκτρικό φορτίο ίσο με αυτό του ηλεκτρονίου κατ' απόλυτη τιμή. Το πρωτόνιο έχει μάζα 1836 περίπου φορές μεγαλύτερη από αυτή του ηλεκτρονίου.

2. Το νετρόνιο είναι ένα στοιχειώδες σωματίο, το οποίο δε φέρει ηλεκτρικό φορτίο. Η μάζα του είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή του ηλεκτρονίου και είναι ίση περίπου με το άθροισμα των μαζών του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου.

3. Τα ηλεκτρόνια είναι σωματίδια τα οποία φέρουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο.

Τα άτομα στη φυσική τους κατάσταση είναι ηλεκτρικά ουδέτερα. Αυτό γιατί το συνολικό φορτίο των ηλεκτρονίων τα οποία περιβάλλουν τον πυρήνα είναι ίσο με το συνολικό φορτίο του πυρήνα^{2,3,4}.

Ισότοπα

Άτομα τα οποία έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων αλλά διαφορετικό αριθμό νετρονίων ονομάζονται ισότοπα, δηλ. δύο ή περισσότερες μορφές του ίδιου στοιχείου, τα οποία έχουν τον ίδιο Ατομικό Αριθμό (Z), διαφορετικό Μαζικό Αριθμό (A), που όμως έχουν τις ίδιες χημικές ιδιότητες. Τα ισότοπα του ίδιου στοιχείου είναι δυνατόν να είναι ραδιενεργώς σταθερά ή ασταθή. Σαν παράδειγμα, το άτομο του υδρογόνου αποτελείται από τον πυρήνα ο οποίος περιλαμβάνει ένα πρωτόνιο, γύρω από τον οποίο περιστρέφεται ένα ηλεκτρόνιο. Αν προσθέσουμε δύο νετρόνια στον πυρήνα του υδρογόνου έχουμε το ισότοπο τρίτιο. Το υδρογόνο-1 είναι σταθερό, ενώ το υδρογόνο-3 ασταθές και κατά συνέπεια ραδιενεργό^{2,3}.

Ποια Νουκλίδια είναι ραδιενεργά

Όλα τα σταθερά ισότοπα των στοιχείων έχουν σταθερά προσδιορισμένο το λόγο του αριθμού των νετρονίων προς αυτόν των πρωτονίων. Όσο λοιπόν αυξάνει ο ατομικός αριθμός, αυξάνει και αυτός ο λόγος σύμφωνα με κάποιο καθορισμένο πρότυπο. Τα ισότο-

πα στα οποία ο λόγος αποκλίνει από αυτό το πρότυπο, είναι ασταθής^{3,4}.

Η πιο σταθερή κατάσταση του πυρήνα ονομάζεται θεμελιώδης. Όλα τα άλλα ασταθή ισότοπα αποτελούν διεγερμένες καταστάσεις και για να επανέλθουν στη θεμελιώδη, οφείλουν να απελευθερώσουν ενέργεια. Στη διαδικασία του μετασχηματισμού ενός ασταθούς πυρήνα, η εκπεμπόμενη ενέργεια γίνεται με τη μορφή σωματίων, όπως είναι τα σωματίδια-α ή σωματίδια-β και σε μερικές περιπτώσεις φωτόνια (σωματίδια-α). Αυτό αποτελεί τη διαδικασία της ραδιενεργού διάσπασης^{3,5}.

Χρόνος ημιζωής^{2,6}

Ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για να διασπασθούν οι μισοί πυρήνες μίας συγκεκριμένης ποσότητας ασταθών πυρήνων ονομάζεται χρόνος ημιζωής. Αυτός είναι διαφορετικός για κάθε πυρήνα και εξαρτάται από τη σχετική του αστάθεια. Οι τιμές του χρόνου ημιζωής κυμαίνονται από κλάσματα του εκατομμυριοστού του δευτερολέπτου, μέχρι δισεκατομμύρια χρόνια. Η ραδιενεργός διάσπαση ακολουθεί την εκθετική κατανομή:

$$N(t) = N_0 e^{-0.693t/\tau}$$

Όπου: N_0 είναι ο αρχικός αριθμός πυρήνων, $N(t)$ ο αριθμός των πυρήνων που απομένει μετά από χρόνο t και τ ο χρόνος ημιζωής.

Ενεργότητα^{2,6}

Η ενεργότητα με απλά λόγια είναι ο αριθμός των ατόμων τα οποία διασπώνται στη μονάδα του χρόνου. Η παλαιά μονάδα την οποία την συναντάμε ακόμη και σήμερα είναι το curie (Ci) προς τιμήν της Marie Curie. Το 1 Ci είναι ο αριθμός των διασπάσεων ενός γραμμαρίου ραδίου-226 (ή 3.7×10^{10} διασπάσεις) σε ένα δευτερόλεπτο.

Στο σύστημα SI η μονάδα που χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ενεργότητας είναι το becquerel (Bq), το οποίο ορίζεται σαν 1 ραδιενεργός διάσπαση το δευτερόλεπτο.

ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ιοντίζουσα είναι η ακτινοβολία, η οποία έχει ικανή ενέργεια ώστε κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασης με τα άτομα να απομακρύνει δέσμια ηλεκτρόνια από τις τροχιές τους, με αποτέλεσμα αυτά να παραμένουν ιοντισμένα. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία παρατηρείται σε δύο μορφές: σωματιδιακή και κυματική¹.

Η κυματική ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλής ενέργειας. Από όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, το οποίο περιλαμβάνει: θερμικά κύματα, ραδιοφωνικά κύματα, υπέρυθρο φως, ορατό φως, υπεριώδες φως, ακτίνες X και ακτίνες γ (μορφές που διαφέρουν μεταξύ τους στη συχνότητα και το μήκος κύματος), μόνο οι μορφές με μήκος κύματος μικρότερο των 100nm (ή με συχνότητα τουλάχιστον 3×10^{13} Hz)

αποτελούν ιοντίζουσα ακτινοβολία. Αυτές είναι οι ακτίνες Χ και οι ακτίνες $\gamma^{1,2,3}$.

Επιμέρους μορφές της ιοντίζουσας ακτινοβολίας

Η σωματιδιακή ακτινοβολία, η οποία συνίσταται από ατομικά ή υποατομικά σωματίδια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια κλπ), μεταφέρει την ενέργεια υπό τη μορφή κινητικής ενέργειας (τα σωματίδια έχουν μάζα) ^{1,2}.

Η σωματιδιακή-α και η σωματιδιακή-β είναι άμεσες ιοντίζουσες ακτινοβολίες, δεδομένου ότι φέρουν ηλεκτρικό φορτίο και έτσι αλληλεπιδρούν απ' ευθείας με τα ηλεκτρόνια των ατόμων με τη βοήθεια δυνάμεων Coulomb. Τα νετρόνια αποτελούν έμμεση ιοντίζουσα ακτινοβολία δεδομένου ότι αυτά δε φέρουν ηλεκτρικό φορτίο^{2,3}.

Σωματίδια-α ^{1,2,6}

Τα σωματίδια-α είναι πυρήνες ηλίου πλήρως ιονισμένοι. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχουν ηλεκτρόνια τα οποία να περιστρέφονται σε τροχιές γύρω από τον πυρήνα. Επειδή έχουν μεγάλη μάζα και διπλό θετικό φορτίο (δύο πρωτόνια), η εμβέλεια αυτών των σωματίων είναι μικρή και η προστασία από αυτά είναι εύκολη διότι είναι δυνατόν να απορροφηθούν από ένα φύλλο χαρτί. Αυτού του τύπου η διάσπαση που απελευθερώνει σωματίδια -α, συμβαίνει μόνο σε βαρείς πυρήνες με ατομικό αριθμό $Z > 83$, όπως για παράδειγμα στο ουράνιο, στο θόριο ή στο ράδιο.

Σωματίδια-β ^{1,2,6}

Τα σωματίδια-β είναι ηλεκτρόνια όπως αυτά των στοιβάδων του ατόμου, με τη διαφορά ότι εκπέμπονται από τον πυρήνα όταν αυτός μεταπίπτει από μία ασταθή κατάσταση σε μία σταθερή. Τέτοιες περιπτώσεις έχουμε σε πυρήνες με μεγάλο αριθμό νετρονίων. Για να μεταπέσουν στη σταθερή κατάσταση αυτά μετασχηματίζονται σε πρωτόνια, ενώ παράλληλα εκπέμπουν ένα ηλεκτρόνιο και ένα νεutrino. Σε πολλές περιπτώσεις πυρήνες που εκπέμπουν σωματίδια-β μεταπίπτουν σε επίσης ασταθείς καταστάσεις με συνέπεια να ακολουθήσει και επόμενη διάσπαση με την εκπομπή αυτή τη φορά ενός ή περισσότερων φωτονίων.

Ακτίνες Γάμμα, Ακτίνες-Χ ^{2,3,4,5}

Η εκπομπή από τον πυρήνα ακτίνων-γ αναπαριστά το μηχανισμό στον πυρήνα που απελευθερώνει ενέργεια. Η ενέργεια που εναποτίθεται στον πυρήνα δεν είναι πάντα αρκετή για την εκπομπή σωματίου, είναι όμως αρκετή για τη διέγερσή του σε άλλη ενεργειακή στάθμη. Συγκεκριμένα πρωτόνια και νετρόνια, τα οποία είναι διατεταγμένα σε στοιβάδες στον πυρήνα, ώστε το καθένα απ'αυτά να κατέχει μια διακριτή ενεργειακή στάθμη, διεγείρονται. Κατά την αποδιέγερση ώστε να βρεθούν πάλι σε σταθερή κατάσταση η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ακτινοβολία γάμμα.

Παρ' ότι η ακτινοβολία γάμμα και οι ακτίνες-Χ έχουν την ίδια φύση (φωτόνια) και κατά συνέπεια ιδιότητες, έχουν διαφορετική προέλευση. Αντίθετα από την ακτινοβολία γάμμα, η οποία παράγεται από τις αποδιεγέρσεις στον πυρήνα του ατόμου, οι ακτίνες-Χ παράγονται από τα ηλεκτρόνια τα οποία περιβάλλουν το άτομο. Η ενέργεια η οποία διεγείρει το άτομο, αναγκάζει τα ηλεκτρόνια να βρεθούν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες από τη θεμελιώδη. Κατά την αποδιέγερση των ηλεκτρονίων έχουμε την εκπομπή της ακτινοβολίας-Χ.

ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑΣ

Για την καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων της ακτινοβολίας στον άνθρωπο είναι απαραίτητη η αναφορά συνοπτικά στις μονάδες μέτρησης της ακτινοβολίας.

ΑΠΟΡΡΟΦΟΥΜΕΝΗ ΔΟΣΗ

Απορροφούμενη δόση είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από μια δέσμη ακτινοβολίας και απορροφάται από τη μονάδα μάζας των ιστών.

Μονάδα απορροφούμενης δόσης είναι το Gray $1\text{Gy} = 1\text{J/Kg}$ και $1\text{Gy} = 100\text{rad}$, την παλαιότερη μονάδα μέτρησης^{2,3,7}.

ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΟΣΗ

Η απορροφούμενη δόση δεν εκφράζει τις βιολογικές συνέπειες σε ένα ζωντανό οργανισμό, οι οποίες εξαρτώνται από τον τύπο της ακτινοβολίας (γ , x , νετρόνια, πρωτόνια κλπ). Κάθε τύπος ακτινοβολίας χαρακτηρίζεται από ένα παράγοντα ποιότητας ή βιολογικό παράγοντα (WQ). Έτσι οι βιολογικές συνέπειες για συγκεκριμένη δόση ακτινοβολίας εκφράζονται με την ισοδύναμη δόση, που ορίζεται το γινόμενο ($HT = \text{απορροφούμενη Δόση[Gy]} \times WQ$), και χρησιμοποιείται για να συγκρίνει τα βιολογικά αποτελέσματα διαφορετικών τύπων ακτινοβολίας σε έναν ιστό ή όργανο. Μονάδα μέτρησης της ισοδύναμης δόσης είναι το Sievert (Sv) και $1\text{Sv} = 100\text{rem}$ (roentgen equivalent man)^{2,3,7}.

ΕΝΕΡΓΟΣ ΔΟΣΗ (effective dose)

Είναι γνωστό ότι κάποιοι ιστοί ή όργανα είναι πιο ευαίσθητα στην ακτινοβολία σε σχέση με άλλα π.χ. θυρεοειδής αδένας. Άρα κάθε περιοχή του σώματος χαρακτηρίζεται από ένα δικό της παράγοντα κινδύνου ή παράγοντα βαρύτητας (Wt) που πολλαπλασιάζεται με την ισοδύναμη δόση ακτινοβολίας για τον συγκεκριμένο ιστό και εκφραζόμενη σε Sievert (Sv), ονομάζεται ενεργό ή βιολογικό ισοδύναμο δόσης ($E = \sum Wt \times HT$). Η ενεργός δόση χρησιμοποιείται για να μετρήσει τον κίνδυνο από την έκθεση στην ακτινοβολία στον άνθρωπο^{1,2,3,7}.

ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ

Η πρόκληση κακοηθειών στον άνθρωπο μετά από έκθεση στην ακτινοβολία έχει επιβε-

βαιωθεί με πολλούς τρόπους. Μια από τις πρώτες ενδείξεις ήταν η αυξημένη συχνότητα οστεοσαρκώματος σε εργάτες βιοτεχνιών που χρησιμοποιούν βαφές με ραδιενεργό Ra, πριν από τον Β' Παγκ. Πόλεμο. Από τότε μεγάλος αριθμός ερευνών έχει αποδείξει τόσο την αιτιολογική σχέση της ακτινοβολίας με την πρόκληση κακοθειών στον άνθρωπο και τα ζώα, όσο και την δοσοεξαρτώμενη επιδρασή της. Όσο αυξάνεται η δόση, αυξάνεται ανάλογα και ο κίνδυνος για καρκινογένεση.

Οι πιο συνηθισμένες μορφές καρκινοπαθειών για τις οποίες υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλούνται από ακτινοβολία είναι λευχαιμίες, καρκίνος μαστού, πνεύμονα, κακοήθεις όγκοι οστών, θυρεοειδούς, ήπατος, εντέρου και δέρματος⁴.

Γενικά θεωρείται ότι δεν υπάρχει δόση ακτινοβολίας κάτω από την οποία δεν υπάρχει κίνδυνος πρόκλησης βλάβης. Όσο μικρή και να είναι η ποσότητα ακτινοβολίας που απορροφά ένα κύτταρο πάντοτε δημιουργείται αυξημένη πιθανότητα πρόκλησης βλαβών. Πιστεύεται ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία προκαλεί την έναρξη της γένεσης του καρκίνου, μέσω χρωματοσωματικών ανωμαλιών και μετατοπίσεων των βάσεων του DNA, με αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται ογκογονίδια ή να απενεργοποιούνται ογκοκατασταλτικά γονίδια^{5,8}.

Η μέση δόση ακτινοβολίας, στην οποία εκτίθεται ένας μέσος άνθρωπος κάθε χρόνο από φυσικές πηγές (π.χ. κοσμική ακτινοβολία) είναι 1,25mSv. Σε πολλές περιοχές της γης η τιμή αυτή εικοσαπλασιάζεται^{4,5}.

ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Οι σύγχρονες αρχές ακτινοπροστασίας στηρίζονται στο διαχωρισμό των βιολογικών αποτελεσμάτων σε στοχαστικά και σε καθορισμένα. Η ακτινοπροστασία έχει σαν σκοπό την αποφυγή των καθορισμένων (μη στοχαστικών) αποτελεσμάτων, όπως αναφέρονται παρακάτω, στον άνθρωπο. Οι αρχές ακτινοπροστασίας έχουν σαν σκοπό τον έλεγχο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και διακρίνονται σε πρακτικές ακτινοπροστασίας και σε παρεμβάσεις^{1,2,3,4}.

Οι αρχές που διέπουν τις πρακτικές ακτινοπροστασίας συνοψίζονται στις παρακάτω^{2,3,4}:

Αρχή της Αιτιολόγησης: ο ασθενής δεν πρέπει να υποβάλλεται σε ακτινοβολήση εάν η ωφέλεια από την εξέταση αυτή δεν αντισταθμίζει τις βλάβες που προκαλεί η ακτινοβολήση.

Αρχή της Βελτιστοποίησης: Οποιαδήποτε έκθεση σε ακτινοβολία, να είναι τόσο χαμηλή, όσο είναι λογικά εφικτό, λαμβανομένων υπόψη των επικρατούντων οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών.

Αρχή ορίων Δόσεων: δεν επιτρέπεται υπέρβαση των νομοθετημένων ορίων δόσεων, εκτός ειδικών περιπτώσεων. Να σημειωθεί ότι η αρχή αυτή δεν ισχύει για τις Ιατρικές εφαρμογές.

Οι αρχές που διέπουν τις παρεμβάσεις ακτινοπροστασίας είναι^{2,3}:

α) Η παρέμβαση θα πρέπει να έχει περισσότερη ωφέλεια από βλάβη.

β) Η διάρκεια, η μορφή και η κλίμακα της παρέμβασης πρέπει να διέπονται από την αρχή της βελτιστοποίησης μεταξύ της μείωσης των δόσεων και του κόστους με την γενική έννοια.

ΟΡΙΑ ΔΟΣΕΩΝ

Τα όρια δόσεων για τους εργαζόμενους και για τον πληθυσμό γενικά αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα²:

Πίνακας 1²

Όρια δόσεων για στοχαστικά αποτελέσματα

	Όρια δόσεων	
	εργαζόμενοι*	γενικός πληθυσμός
Ενεργός δόση	20mSv/y (Μέσος όρος για 5έτη)	1mSv/y
Φακοί οφθαλμών	150mSv	15mSv
Δέρμα	500 mSv	50 mSv
Χέρια, πόδια	500 mSv	-

ΜΕΤΡΑ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Τρία είναι τα βασικά μέτρα Ακτινοπροστασίας:

- ✓ **Απόσταση:** απόσταση, τουλάχιστον 2 μέτρα, από την πηγή των ακτίνων-Χ ελαττώνει την έντασή τους ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης
- ✓ **Θωράκιση:** παρεμβολή κατάλληλης θωράκισης (με μπετόν και φύλλα μολύβδου πάχους 2 mm) μειώνει την έκθεση σε ακτινοβολία και
- ✓ **Χρόνος:** ελαχιστοποίηση του χρόνου παραμονής σε περιοχές με ακτινοβολία αποτελεί ένα ακόμα απλό μέτρο Ακτινοπροστασίας^{2,3,4,5}.

ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η επίδραση της ακτινοβολίας σε ένα υλικό έχει σαν άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της ενέργειας που περιέχεται σε αυτό.

Σύμφωνα με τη θεωρία της άμεσης επίδρασης της ακτινοβολίας επί των ιστών, θεωρείται ότι αυτή δρα κατευθείαν στους ιστούς προκαλώντας βιολογικές αλλοιώσεις⁴.

Σύμφωνα με τη θεωρία της έμμεσης επίδρασης η ακτινοβολία δρα πρώτα στο νερό που περιέχεται στους ιστούς, το οποίο ιονίζεται με αποτέλεσμα να ακολουθούν βιοχημικές αντιδράσεις μεταξύ ιόντων και ελευθέρων ριζών με απλά ή σύνθετα μόρια, όπως πρωτεΐνες, λίπη, ένζυμα, που έχουν σαν αποτέλεσμα βιολογικές βλάβες^{4,5}.

Τα βιολογικά αποτελέσματα της ακτινοβολίας διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Στοχαστικά είναι τα αποτελέσματα τυχαίας ή στατιστικής φύσεως και η δόση της ακτινοβολίας που απορροφάται, συνδέεται με την πιθανότητα εμφάνισής τους και όχι με το μέγεθος των συνεπειών. Με την αλληλεπίδραση ακτινοβολίας και βιολογικής ύλης, συμβαίνει μια αλληλουχία διαδικασιών, οι οποίες περιλαμβάνουν τρία στάδια: το φυσικό, το χημικό και το βιολογικό. Στο φυσικό στάδιο η ιοντίζουσα ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ύλη μέσω φυσικών μηχανισμών και αποδίδει ενέργεια στην ύλη, μέσω ιοντισμών και διεγέρσεων. Οι ιοντισμοί και οι διεγέρσεις προκαλούν ρήξη χημικών δεσμών και δημιουργία ελευθέρων ριζών π.χ. OH⁻, H⁻. Οι διαδικασίες αυτές αποτελούν το χημικό στάδιο. Στη συνέχεια ακολουθεί το βιολογικό στάδιο, με σκοπό την επιδιόρθωση των μοριακών βλαβών που εμφανίστηκαν στο χημικό στάδιο. Το χρονικό διάστημα της επιδιόρθωσης διαρκεί από 15 λεπτά- 1 ώρα ενώ ολοκληρώνεται σε 4 ώρες περίπου.^{4,5,9-11}

Σε υψηλές δόσεις ακτινοβολίας επέρχεται άμεσα θάνατος των αρχέγονων κυττάρων με αποτέλεσμα βλάβες ιστών και οργάνων τις πρώτες βδομάδες και μήνες μετά την ακτινοβολήση. Τα αποτελέσματα αυτά ονομάζονται πρώιμα και τέτοια είναι πχ. βλάβες στο αίμα, λύση της συνέχειας του δέρματος, απόπτωση των επιθηλιακών κυττάρων του λεπτού εντέρου^{4,5,9}.

Αργότερα (3μήνες-έτη) εμφανίζονται τα αψώτερα αποτελέσματα της ακτινοβολίας (καρκινογένεση).

1^ο Σωματικές Στοχαστικές Επιδράσεις

Οι αλληλεπιδράσεις αυτές είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας και ιστών. Οι επιδράσεις αυτές δημιουργούνται τυχαία και η σοβαρότητα τους εξαρτάται από την δόση της ακτινοβολίας, σε συνάρτηση με το νόμο των πιθανοτήτων. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος. Έτσι η πιθανότητα της εμφάνισης καρκίνου αυξάνει αναλογικά με τη δόση της ακτινοβολίας. Η βαρύτητα όμως του καρκίνου δεν εξαρτάται από τη δόση.

Στα σωματικά αποτελέσματα εμφανίζεται καρκινογένεση κάθε είδους και βράχυνση του χρόνου επιβίωσης περίπου 10 μέρες ανά rem (επιδημιολογικά ευρήματα στείρωσης, δερ-

ματίτιδας, καταρράκτη, λευχαιμίας, οστεΐτιδας)⁹⁻¹¹.

1^ο Γενετικές Στοχαστικές Επιδράσεις

Οι βλάβες αυτές είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας και γενετικών κυττάρων που βρίσκονται σε στάδιο αναπαραγωγής. Οι βλάβες αυτές είναι επίσης τυχαίες¹⁰.

Τα αποτελέσματα από την επίδραση της ακτινοβολίας στα κύτταρα εξαρτώνται από το είδος των κυττάρων και την φάση του κυτταρικού κύκλου στην οποία βρίσκονται την στιγμή της ακτινοβόλησης. Σύμφωνα με το νόμο των Bergonié και Tribondeau η ακτινοευαισθησία των κυττάρων είναι ανάλογη της μεταβολικής τους δραστηριότητας και αντιστρόφως ανάλογη της διαφοροποίησης των κυττάρων π.χ. τα κύτταρα του νευρικού ιστού (υψηλή διαφοροποίηση) είναι λιγότερο ακτινοευαίσθητα. Έχει βρεθεί ότι η μέση θανατηφόρος δόση ανά κύτταρο (D0) για τα κύτταρα των θηλαστικών είναι 1-2Gy^{10,11}.

Η ραδιοβιολογία έχει καταλήξει ότι το κρίσιμο σημείο που καθορίζει τον κυτταρικό θάνατο είναι η ακτινική βλάβη στο DNA. Η βλάβη αυτή οφείλεται σε θραύση σε μια εκ των δύο ελίκων ή και στις δύο έλικες του DNA. Από αυτές τις βλάβες, εκείνες που δεν επιδιορθώνονται πολλές ώρες μετά την ακτινοβόληση είναι αυτές του τύπου θραύσεως και των δύο ελίκων^{4,5}.

Η ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στη σειρά των βάσεων του DNA. Οι μεταβολές αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μεταλλάξεων¹².

2. ΣΩΜΑΤΙΚΕΣ ΜΗ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Η σοβαρότητα και η πιθανότητα εμφάνισης των βλαβών αυτών εξαρτώνται τόσο από τη δόση της ακτινοβολίας, όσο και από την διάρκεια της έκθεσης. Μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσουν πολύ λιγότερα συμπτώματα, αν δοθούν σε περιοδικά κλάσματα, ενώ ολόσωμη έκθεση σε μικρό χρονικό διάστημα προκαλεί την εμφάνιση του οξέος συνδρόμου από ακτινοβολία. Αυτό ανάλογα με τη δόση της ακτινοβολίας διακρίνεται σε:

α) Σύνδρομο Αιμοποιητικού Συστήματος

Ισοδύναμες δόσεις της τάξεως των 200-400rems προκαλούν αλλοιώσεις του αιμοποιητικού ιστού, οι οποίες έχουν άμεση συνέπεια στα κυτταρικά στοιχεία του περιφερικού αίματος: λευκοκύτταρα, ερυθροκύτταρα και αιμοπετάλια. Πρώτα βλάπτονται τα λεμφοκύτταρα (μέσα σε 24 ώρες), κατάσταση η οποία οδηγεί σε λεμφοπενία. Η επίδραση της ακτινοβολίας επί των άωρων μορφών των ερυθρών αιμοσφαιρίων, στον μυελό των οστών, οδηγεί σε απλαστική αναιμία. Τέλος η ελάττωση των αιμοπεταλίων στο αίμα έχει συνέπεια αιμορραγικές εκδηλώσεις. Έχει παρατηρηθεί ελάττωση της δυνατότητας πα-

ραγωγής εμμόρφων κυττάρων του αίματος μετά από εφάπαξ δόση 0,5Gy. Μόνιμη βλάβη παρατηρείται μετά από ολόσωμη ακτινοβολία με δόση 3-5Gy.^{4,5,12-14}

β) Σύνδρομο Γαστρεντερικού Συστήματος

Το σύνδρομο εμφανίζεται 4-6 εβδομάδες μετά από έκθεση σε ακτινοβολία (>7 Sv, 700rad). Οι ασθενείς αρχικά παρουσιάζουν έντονη ναυτία, εμέτους και διάρροια, ενώ μετά από λανθάνουσα περίοδο περίπου μίας εβδομάδας, εμφανίζονται έλκη στη στοματοφαρρυγγική κοιλότητα και αιμορραγίες σε όλο το μήκος του γαστρεντερικού συστήματος. Οι βλάβες οφείλονται στην καταστροφή των επιθηλιακών κυττάρων και εντερικών λαχνών κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα, τα οποία είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην επίδραση της ακτινοβολίας. Η λανθάνουσα περίοδος μεταξύ έκθεσης και εμφάνισης των συμπτωμάτων από το γαστρεντερικό είναι ενδεικτική της δόσης έκθεσης. Σε μεγάλη έκθεση (άνω των 10Sv) οι έμετοι μπορεί να εμφανιστούν σε 48-72 ώρες, γεγονός που αποτελεί κακό προγνωστικό σημείο. Οι ασθενείς είναι εξαιρετικά επιρρεπείς σε λοιμώξεις, λόγω της συνοδού καταστολής του μυελού, ενώ ηλεκτρολυτικές διαταραχές είναι συχνές λόγω των συμπτωμάτων από το γαστρεντερικό.^{5,12-14}

γ) Σύνδρομο Κεντρικού Νευρικού Συστήματος

Γενικά η ωριμότητα του νευρικού ιστού τον καθιστά ιδιαίτερα ανθεκτικό στην επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Η εμφάνιση του συνδρόμου ΚΝΣ υποδηλώνει ακτινοβολία με δόση >50Gy (5000rads) και έχει εξαιρετικά κακή πρόγνωση. Εμφανίζονται άμεσα ναυτία, εμετοί, απώλεια συνείδησης, υπόταση και σπασμοί. Το αγγειακό σύστημα του ΚΝΣ είναι πολύ ευαίσθητο στην ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να προκαλείται μείωση παροχής αίματος στον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό ή ακόμη και εξαγγείωση του εγκεφαλονωτιαίου υγρού, και άρα δευτερογενείς βλάβες του Κ.Ν.Σ. Εμφανίζεται εγκεφαλικό οίδημα και μείωση του ενδαγγειακού όγκου αίματος λόγω της αυξημένης διαπερατότητας των αγγείων. Θάνατος επέρχεται συνήθως σε 1-4 ημέρες^{4,13,14}.

Εκτός από τα ανωτέρω διακριτά σύνδρομα μετά από έκθεση σε ακτινοβολία, είναι δυνατό να εμφανιστούν βλάβες και σε άλλα συστήματα του ανθρώπινου οργανισμού¹³⁻¹⁶:

- στο **Αναπνευστικό σύστημα** (ακτινική πνευμονίτις, πνευμονική ίνωση: σε δόσεις 8-11Gy)
- στο **Ουροποιητικό σύστημα** (αλλοιώσεις του νεφρικού παρεγχύματος, όπως νεφρίτιδες πχ. μετά από δόση 14Gy, νέκρωση ιστών και ίνωση, νεφρική δυσλειτουργία και υπέρταση)
- στο **Γεννητικό σύστημα** (μπορεί να σταματήσει η ομαλή πορεία της σπερμιόγένεσης, ενώ η ολόσωμη ακτινοβολία με 10Gy προκαλεί μόνιμες βλάβες στους όρχεις και στις ωθήκες και μπορεί να προκληθεί παροδική ή μόνιμη στειρώση. Μόνιμη στειρότητα εμφανίζεται κυρίως σε γυναίκες ηλικίας άνω των 40 ετών και στο 1/3 των κοριτσιών όταν ακτινοβοληθούν με δόση 4Gy)

- στο **έμβρυο** (ιδιαίτερα στο πρώτο τρίμηνο της κύησης)
- στο **Ενδοκρινικό σύστημα**: παρατηρείται ελάττωση της έκκρισης ορισμένων βασικών ορμονών, όπως: οι ορμόνες του θυρεοειδούς, τα οιστρογόνα, η τεστοστερόνη, οι γοναδοτροπίνες, η αυξητική ορμόνη.
- στο **Δέρμα**: η πρόδρομη ακτινική βλάβη του δέρματος εμφανίζεται με ερύθημα, το οποίο μοιάζει με ηλιακό έγκαυμα και υποχωρεί σε 2 εβδομάδες. Η βλάβη αυτή εμφανίζεται μετά από δόση 6-8Gy ακτίνων x 250KVp. Είναι δυνατό η πρόδρομη βλάβη να διαρκέσει 1 μήνα περίπου και μετά να ακολουθήσει η απώτερη φάση μετά την οποία εγκαθίσταται ατροφία του επιθηλίου και εναπόθεση κολλαγόνου.

Πίνακας 2

Σχέση μεταξύ ισοδύναμης δόσης- αποτελέσματος μετά από οξεία έκθεση¹³

Ισοδύναμη Δόση -Sv (rem)	Αποτέλεσμα
0.005 (5)	Ασυμπτωματικός
0.1 (10)	Ασυμπτωματικός (ελάχιστη διαγιγνώσιμη δόση έκθεσης με κυτταρογενετικό έλεγχο)
0.5 (50)	Ασυμπτωματικός (μικρή καταστολή λευκοκυττάρων και αιμοπεταλίων)
1 (100)	15% εμφανίζει ναυτία και εμέτους μέσα σε 2 ημέρες από την έκθεση
2 (200)	Ναυτία και έμετοι στην πλειοψηφία των εκτεθέντων
4 (400)	Ναυτία, εμετοί και διάρροια μέσα σε 48 ώρες; σοβαρή καταστολή μυελού; 50% θνητότητα χωρίς θεραπεία
6 (600)	100% θνητότητα μέσα σε 30 ημέρες χωρίς θεραπεία; 50% θνητότητα με θεραπεία
7 (700)	Σύνδρομο Γαστρεντερικού; Επιβίωση σπάνια; Θάνατος μέσα σε 2-3 εβδ.
50 (5000)	Σύνδρομο ΚΝΣ; Θάνατος σε 24-72 ώρες

Διάγνωση οξέος συνδρόμου από ακτινοβολία

Η διάγνωση του συνδρόμου είναι δύσκολη και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως την ποσότητα της δόσης που έλαβε ο ασθενής, τη στιγμή που εμφανίστηκαν τα

συμπτώματα, το στάδιο που βρίσκεται ο ασθενής κ.α.

Το ιστορικό έκθεσης του ασθενούς μπορεί να δώσει πολλά στοιχεία για τη διάγνωση εσωτερικής ή/και εξωτερικής ρύπανσης. Ένας μετρητής Geiger ή άλλοι φορητοί μετρητές ακτινοβολίας μπορούν να βοηθήσουν άμεσα στη διάγνωση ύπαρξης εξωτερικής ρύπανσης από ραδιενεργό σκόνη.

Η διάγνωση εσωτερικής ρύπανσης (από εισπνοή και κατάποση ραδιενεργού σκόνης) είναι πιο δύσκολη. Ρινικά επιχρίσματα με θετικές μετρήσεις ραδιενέργειας συνήθως σημαίνουν εισπνοή ραδιενεργού σκόνης.

Γενικά συστήνεται να υποβάλλονται οι ασθενείς σε γενική εξέταση αίματος, άμεσα μετά την έκθεση (για μέτρο σύγκρισης) και μετά κάθε 6 ώρες, τουλάχιστον για 24 ώρες. Η πρώτη ένδειξη επίδρασης της ακτινοβολίας είναι η πτώση της απόλυτης τιμής των λεμφοκυττάρων. Εάν οι αρχικές τιμές των λευκών αιμοσφαιρίων και των αιμοπεταλίων κατά τον ίδιο χρόνο παρουσιαστούν παθολογικά χαμηλές, υπάρχει πιθανότητα η έκθεση να έχει πραγματοποιηθεί 3 έως 4 εβδομάδες προηγουμένως.

Στην περίπτωση της εσωτερικής ρύπανσης είναι απαραίτητες διαγνωστικές εξετάσεις για την ακριβή διάγνωση του ραδιονουκλιδίου και της χημικής μορφής του, χαρακτηριστικά που θα καθορίσουν και την πιο ειδική, αποτελεσματική θεραπεία. Για το σκοπό αυτό χρειάζονται ειδικές εξετάσεις και συμβουλή ειδικών από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Επίσης θα πρέπει να ακολουθήσει χρωμοσωμικός έλεγχος, για ανεύρεση τυχόν ανωμαλιών, έλεγχος σπέρματος, οφθαλμολογική εξέταση (για μέτρο σύγκρισης σε περίπτωση ανάπτυξης καταρράκτη) και πιθανότατα εξέταση αντιγόνων, λευκοκυττάρων (HLA), για την περίπτωση που ο ασθενής θα χρειαστεί μεταμόσχευση μυελού των οστών στο μέλλον.^{10,17-20}

Διαφορική διάγνωση των κακώσεων ακτινολογικής αιτιολογίας

Κατά τη διαφορική διάγνωση των κακώσεων ακτινολογικής αιτιολογίας, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα ακτινολογικής κάκωσης εάν ο ασθενής εμφανίζεται με:

- Περιγραφή κάποιων συνθηκών που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε έκθεση σε ακτινοβολία (π.χ. εργασίες ανακύκλωσης μετάλλων).
- Ναυτία, έμετο και ειδικά αν αυτά συνοδεύονται από ερύθημα, κόπωση, διάρροια ή άλλα συμπτώματα που δε μπορούν να αιτιολογηθούν από άλλους λόγους, όπως γαστρεντερικές λοιμώξεις, τροφική δηλητηρίαση ή και αλλεργία.
- Δερματικές αλλοιώσεις χωρίς πληροφόρηση για χημικό ή θερμικό έγκαυμα, ή τσίμπημα εντόμου, ή ιστορικό δερματικής πάθησης ή αλλεργίας, αλλά με παρουσία απολέπισης ή πτώσης των τριχών πέραν του ερυθήματος και τα οποία έχουν εμφανιστεί 3

έως 4 εβδομάδες προηγουμένως.

- Προβλήματα αιμορραγίας ή απολέπισης (όπως πετέχειες, ρινορραγία, αιμορραγία των ούλων) με ιστορικό ναυτίας και εμέτων 2 έως 4 εβδομάδες πριν.

Θεραπευτική Αντιμετώπιση Ασθενών, μετά από έκθεση σε ακτινοβολία

Πρώτες Βοήθειες και Σταθεροποίηση

Καμία βλάβη από ακτινοβολία δεν απαιτεί άμεσες διασωστικές ενέργειες. Οι ασθενείς πρέπει πρώτα να σταθεροποιηθούν σε σχέση με άλλους πιθανούς τραυματισμούς, οι οποίοι μπορεί να απειλούν άμεσα την ζωή.

Μετά τη σταθεροποίηση της κατάστασης του ασθενούς (βλέπετε αλγόριθμο στο τέλος του κειμένου), χρειάζεται άμεσα η διαπίστωση της ύπαρξης και ο καθορισμός του είδους της ραδιενεργού ρύπανσης (εσωτερική/εξωτερική)^{13,19,20}.

Απορρύπανση

Μην αγγίζετε οποιοδήποτε άγνωστο σε σας αντικείμενο που βρίσκεται την κατοχή του ασθενούς. Εάν αντιληφθείτε την ύπαρξη τέτοιου αντικειμένου, μετακινήστε το προσωπικό και τους άλλους ασθενείς σε διαφορετικό χώρο, μέχρις ότου προσδιοριστεί η ταυτότητά του από κάποιον ειδικό σε θέματα ακτινοπροστασίας.

Σε εξωτερική ρύπανση τα ρούχα πρέπει να απομακρυνθούν προσεκτικά και να τοποθετηθούν σε πλαστικές σακούλλες που κλείνουν ερμητικά. Η διαδικασία αυτή εξασφαλίζει το 70-90% της απορρύπανσης. Ο ασθενής πρέπει να πλυθεί με καταιωνισμό ή σφουγγάρι, με ιδιαίτερη προσοχή σε περιοχές όπως τα αυτιά, οι φυσικές δερματικές πτυχές και τα νύχια. Καλό είναι να αποφεύγεται το ξύρισμα και το πολύ τρίψιμο κατά τη διάρκεια του πλυσίματος. Οι διασώστες θα πρέπει να φορούν προστατευτικές στολές, γάντια, μάσκες, ποδονάρια και να ξεπλένονται σχολαστικά με νερό και σαπούνι μετά από κάθε επεξεύρηση για να αποτρέψουν τον κίνδυνο της δευτερογενούς ρύπανσης. Ο μετρητής Geiger και άλλοι μετρητές ραδιενέργειας μπορούν να βοηθήσουν στη διαπίστωση πληρότητας της απορρύπανσης των ασθενών, καθώς επίσης και στη μετέπειτα διαπίστωση της πλήρους απορρύπανσης του χώρου του νοσοκομείου.^{10,18-20}

Υποστηρικτική Θεραπεία

Η κατεξοχήν αντιμετώπιση ασθενών εκτεθέντων σε ραδιενέργεια είναι υποστηρικτική. Γενικά τα άτομα που έχουν εμφανίσει οξύ σύνδρομο από ακτινοβολία χρειάζονται υποστήριξη του αναπνευστικού και του κυκλοφορικού συστήματος, περιποίηση των εγκαυμάτων του δέρματος, καθώς και ψυχολογική υποστήριξη^{13,20,21}.

Τονίζουμε ότι χάπια ιωδίου δίδονται μόνο στη συγκεκριμένη περίπτωση πυρηνικού α-

τυχήματος στην οποία εμπλέκεται ραδιονουκλίδιο ιωδίου (κυρίως I^{131}). Στην περίπτωση αυτή τα χάπια σταθερού ιωδίου παρέχουν σταθερό ιώδιο, που προσλαμβάνεται από τον θυρεοειδικό ιστό και περιορίζει την πρόσληψη του ραδιονουκλιδίου και κατά συνέπεια τη συνεχή ακτινοβολή του. Λόγω του εξαιρετικά μικρού χρόνου ημιζωής του I^{131} η σύσταση για λήψη σταθερού ιωδίου αφορά μόνο άτομα που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 30 χιλιομέτρων από την περιοχή του πυρηνικού ατυχήματος, κριτήριο που δεν πληρείται από καμμία περιοχή στην ελληνική επικράτεια. Στην Ελλάδα τέτοια απόφαση λαμβάνεται μόνο μετά από σχετική σύσταση της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Ραδιενεργά υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή "βρώμικων βομβών" και συσκευών διασποράς ραδιενέργειας (Radiation Dispersion Devices- RDDs) δεν περιέχουν συνήθως ραδιονουκλίδια ιωδίου.

Μέχρι την ακριβή διάγνωση του είδους της εσωτερικής ρύπανσης (διάγνωση του ραδιονουκλιδίου που εμπλέκεται στη ρύπανση) είναι δυνατό να χορηγηθεί ενεργός άνθρακας συνοδευόμενος από αντιόξινα, ευδάτωση ή/και χορήγηση καθαρτικών για την αποτροπή απορρόφησης του ραδιονουκλιδίου από το γαστρεντερικό και την ενίσχυση της αποβολής του.

Ασθενείς με επιπτώσεις στο αιμοποιητικό βρίσκονται σε μέγιστο κίνδυνο 3-4 εβδομάδες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία, όταν οι κυτταρικές μορφές του αίματος βρίσκονται στο ναδίρ. Οι ασθενείς είναι τότε επιρρεπείς σε λοιμώξεις και αιμορραγίες. Αν δεν έχει επέλθει μόνιμη βλάβη του μυελού, οι ασθενείς αναρρώνουν με αργό ρυθμό^{13,19,20}.

Πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρόνος επιβίωσης ατόμων που έχουν εκτεθεί σε δόσεις LD50/60 ή σε ακόμα μεγαλύτερες δόσεις ακτινοβολίας, μπορεί να αυξηθεί με μεταμόσχευση συμβατού μυελού των οστών, συνεχή χορήγηση υγρών και ηλεκτρολυτών, χορήγηση αντιβίωσης και γενικά νοσηλεία σε άσηπτο περιβάλλον.^{19,21}

Σε περίπτωση που διαγνωστεί βλάβη ακτινικής αιτιολογίας, πρέπει να γνωστοποιήσετε αμέσως το γεγονός στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, στις αρμόδιες Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας και στους υπευθύνους ακτινοπροστασίας της υπηρεσίας σας.

**Για να αποστείλετε οποιοδήποτε δείγμα προς εξέταση ή για συμβουλές
επικοινωνήστε με την ΕΕΑΕ (210- 65 06 700)
www.eeae.gr
για να πληροφορηθείτε τη διαδικασία και να σας δοθούν οδηγίες**

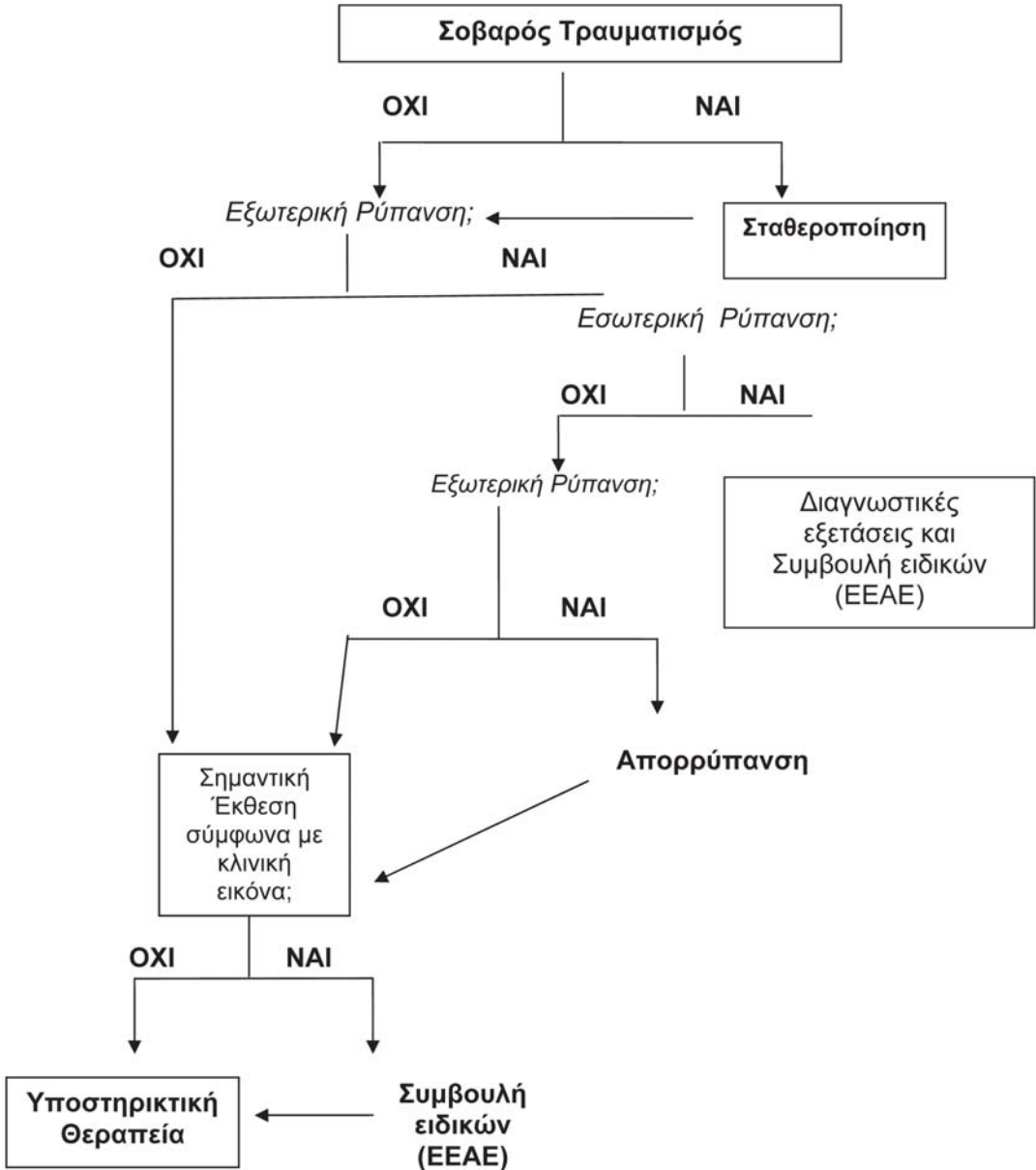
Μερικές συστάσεις για την ετοιμότητά σας

- Να υπάρχουν διαθέσιμοι οι αριθμοί τηλεφώνων της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής

Ενέργειας (210- 65 06 700), του Κέντρου Ελέγχου Ειδικών Λοιμώξεων (210- 88 99 000), των αρμόδιων υπηρεσιών του Υπουργείου Υγείας και Κοινωνικής Αλληλεγγύης και των υπευθύνων ακτινοπροστασίας της υπηρεσίας σας ή του νοσοκομείου σας (ενημερώνετε τακτικά τον τηλεφωνικό σας κατάλογο με τα σχετικά στοιχεία).

- Να εμπιστεύεστε μόνον τις έγκυρες πληροφορίες που προέρχονται από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας, το Κέντρο Ελέγχου Ειδικών Λοιμώξεων, την αρμόδια υπηρεσία του Υπουργείου Υγείας και τους υπευθύνους ακτινοπροστασίας της υπηρεσίας σας και να συμβάλλετε στην εφαρμογή των σχετικών τους συστάσεων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Αλγόριθμος Αντιμετώπισης Ασθενών μετά από έκθεση σε ακτινοβολία



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: Οδηγίες για το κοινό μετά από έκθεση σε ραδιολογικό συμβάν

Γενικές Πληροφορίες

- ✓ Είναι γνωστό ότι σήμερα γίνεται ευρεία χρήση πηγών ιοντίζουσας ακτινοβολίας (ραδιενέργειας) στην ιατρική, τη βιομηχανία, τη γεωργία και την έρευνα.
- ✓ Κατά τη χρήση τους, οι πηγές αυτές ενδέχεται να χαθούν, να κλαπούν ή γενικότερα να τεθούν εκτός του προβλεπόμενου ελέγχου, με αποτέλεσμα να τεθεί σε κίνδυνο η υγεία των ατόμων που θα έρθουν σε επαφή μαζί τους.
- ✓ Συχνά τα θύματα των συμβάντων αυτών δεν υποψιάζονται ότι εκτέθηκαν σε ιοντίζουσα ακτινοβολία.
- ✓ Τα κλινικά επακόλουθα ενός τέτοιου συμβάντος καλούνται πρώτοι να παρατηρήσουν παθολόγοι, δερματολόγοι, αιματολόγοι, λοιμωξιολόγοι ή ιατροί άλλων ειδικοτήτων, αλλά η διάγνωση δεν είναι πάντοτε προφανής.
- ✓ Οι αρμόδιες αρχές για την υγεία καθώς και το ιατρικό προσωπικό, οφείλουν να είναι ενημερωμένοι και προετοιμασμένοι για την αντιμετώπιση παρόμοιων συμβάντων.
- ✓ Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι μία κάκωση οφειλόμενη σε έκθεση σε ακτινοβολία δεν παρουσιάζει ειδικές ενδείξεις ή συμπτωματολογία.
- ✓ Ο συνδυασμός πάντως ορισμένων ενδείξεων ή συμπτωμάτων, μπορεί να είναι χαρακτηριστικός μιας βλάβης ακτινολογικής αιτιολογίας.

Οι παρακάτω συστάσεις προέρχονται από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) και βασίζονται στις αντίστοιχες συστάσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ).

Ποια είναι τα είδη των εκθέσεων σε ακτινοβολία που οφείλονται σε ραδιολογικό ατύχημα;

Η έκθεση σε ακτινοβολία από ένα ατύχημα μπορεί να διακριθεί σε:

➤ Εξωτερική έκθεση

- όλου του σώματος
- τοπική σε μεγάλα τμήματα του σώματος ή
- περιορισμένη σε μικρά τμήματα του σώματος

➤ Εσωτερική έκθεση που οφείλεται σε ρύπανση με ραδιενεργά υλικά που εισήλθαν στο σώμα μέσω της αναπνοής, του στόματος, του δέρματος ή κάποιας ανοικτής πληγής.

- ✓ Η έκθεση σε ακτινοβολία μπορεί χρονικά να είναι οξεία, παρατεταμένη ή επαναλαμβανόμενη.
- ✓ Τα αποτελέσματα της έκθεσης μπορεί να οφείλονται αποκλειστικά σε αυτή, ή να εμφανίζονται σε συνδυασμό με κακώσεις άλλης αιτιολογίας, όπως τραύματα, θερμικά εγκαύματα, κλπ.

Αναγνώριση βλάβης ραδιολογικής αιτιολογίας από τις κλινικές εκδηλώσεις

- ✓ Η έκθεση σε χαμηλά επίπεδα ακτινοβολίας δεν προκαλεί ανιχνεύσιμες βλάβες.
- ✓ Αντίθετα, η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας, οδηγεί σε βλάβες της υγείας οι οποίες με την πάροδο του χρόνου εξελίσσονται σε διαδοχικές, διακριτές φάσεις. Ο χρόνος εμφάνισης και η χρονική διάρκεια των φάσεων αυτών εξαρτάται από το μέγεθος της δόσης της ακτινοβολίας.

Μετά από ολόσωμη έκθεση σε υψηλά επίπεδα διεισδυτικής ακτινοβολίας, η συνήθης χρονική εξέλιξη των συμπτωμάτων, περιλαμβάνει:

- ✓ αρχικά μία πρόδρομη φάση με συμπτώματα όπως ναυτία, έμετο, κόπωση και πιθανώς πυρετό και διάρροια που ακολουθείται από μια λανθάνουσα περίοδο η διάρκεια της οποίας ποικίλλει.
- ✓ Ακολουθεί η περίοδος της ασθένειας, η οποία χαρακτηρίζεται από λοιμώξεις, αιμορραγικά και γαστρεντερικά συμπτώματα. Τα προβλήματα κατά τη φάση αυτή οφείλονται στην ανεπάρκεια των κυττάρων του αιμοποιητικού συστήματος και στην απώλεια των κυττάρων που επικαλύπτουν εσωτερικά το γαστρεντερικό σωλήνα.

Η τοπική έκθεση σε ακτινοβολία, ανάλογα με τη δόση, προκαλεί :

- ✓ βλάβες στην εκτεθείσα περιοχή με ερύθημα (κοκκίνισμα), οίδημα (πρήξιμο), ξηρά και υγρή απολέπιση, φλύκταινες, πόνο, νέκρωση, γάγγραινα ή πτώση των τριχών.
- ✓ Οι τοπικές δερματικές κακώσεις εξελίσσονται βραδέως - συνήθως μέσα σε εβδομάδες έως και μήνες - μπορεί να γίνουν πολύ οδυνηρές και είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν με τις συνήθεις θεραπευτικές αγωγές.

Η έκθεση τμήματος του σώματος προκαλεί συνδυασμό ποικίλων συμπτωμάτων σαν αυτά που προαναφέρθηκαν, το είδος και η σοβαρότητα των οποίων εξαρτάται από την έκταση της εκτεθείσας περιοχής του σώματος και την απορροφηθείσα από αυτή δόση. Πέραν αυτών όμως, μπορεί να εμφανιστούν και άλλα συμπτώματα, τα οποία να σχετίζονται με τη θέση των υποκειμένων ιστών και οργάνων που ακτινοβολήθηκαν.

Η εσωτερική ρύπανση με ραδιενεργές ουσίες, δεν προκαλεί συνήθως πρώιμα συμπτώματα, εκτός εάν η πρόσληψη της ραδιενεργού ουσίας ήταν πολύ μεγάλη, γεγονός που θεωρείται εξαιρετικά σπάνιο, για το οποίο όμως εάν συμβεί, η διάγνωση για τον ενδιαφερόμενο θα είναι συνήθως προφανής.

Έτσι οι παρακάτω συστάσεις αφορούν μόνο σε εκθέσεις που οφείλονται σε πηγές εξωτερικής ακτινοβολίας.

Ποιες είναι οι πληροφορίες που χρειάζεται ο γιατρός σας όταν υποψιάζεστε έκθεση σε ακτινοβολία;

► Μήπως βρήκατε ή ήρθατε σε φυσική επαφή με κάποιο μεταλλικό αντικείμενο; Αν ναι, πότε, πού και πώς;

► Μήπως είδατε κάποιο σήμα στο αντικείμενο, το περίβλημα ή τη συσκευασία του σαν αυτό;



► Μήπως κατά το ίδιο χρονικό διάστημα παρουσιάστηκαν παρόμοια με τα δικά σας συμπτώματα σε άτομα μέλη της οικογένειάς σας ή σε συναδέλφους σας;

► Μήπως γνωρίζετε πώς προκλήθηκε αυτή η κάκωση / βλάβη;

Τι εξετάσεις πρέπει να γίνουν σε άτομα που έχουν εκτεθεί σε ραδιενέργεια;

► Άτομο που φέρει κακώσεις ακτινολογικής αιτιολογίας δεν αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του θεράποντος ιατρού ή άλλων ατόμων.

► Άλλες κακώσεις ή βλάβες έχουν προτεραιότητα προς αντιμετώπιση, ανεξάρτητα αν υποψιάζεστε ή όχι έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία.

► Η έκθεση σε ακτινοβολία δεν προκαλεί πρώιμα συμπτώματα, τέτοια που να απειλούν άμεσα τη ζωή του ασθενούς.

► Αν διαπιστωθεί εξωτερική ρύπανση από "ραδιενεργό σκόνη", τα εκτεθέντα άτομα θα χρειαστεί να πλυθούν επισταμένα ΠΡΙΝ από την είσοδό τους σε οποιοδήποτε νοσηλευτικό χώρο.

► Θα χρειαστεί να γίνουν αρκετές εξετάσεις αίματος, οι οποίες μπορεί να χρειαστεί να επαναληφθούν τις επόμενες μέρες ή εβδομάδες, για να διαπιστωθεί η σοβαρότητα της έκθεσης.

Χρήσιμα Τηλέφωνα

Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενεργειας: 210 - 65 06 700

Κέντρο Ελέγχου Ειδικών Λοιμώξεων: 210 - 88 99 000

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Προυκάκης Χ.Χ.: Ιατρική Φυσική, Τόμος 1ος, Ιατρική Ακτινοφυσική .Β΄ Εκτύπωση, Εκδ. Γρ. Παρισιάνος, Αθήνα, 1983; 55-67, 74-97, 172-193, 100-114, 116-137, 145-170
- 2) Ψαρράκος Κ και Συν: Ιατρική Φυσική. Εκδ University studio Press Θεσ/νίκη 1997; 53-55, 95-121
- 3) Παπαβασιλείου Κ, Γουλιάμος Α.: Ακτινολογία, Βιβλίο 1ο , εκδ Γρ. Παρισιάνος, Αθήνα, 1987:3-13
- 4) Goaz P.W, White S.C: Oral Radiology, Principles and Interpretation, 3rd ed. Mosby, St. Louis 1994:1-23, 24-45, 51-65, 81-86,150-15,180-181, 200-201, 228-241, 242-255, 275-289.
- 5) White S.C., Pharcah M.I: Oral Radiology Principles and Interpretation, 4th ed. Mosby, St. Louis 2000: 2-20, 24-39, 47-50, 87-90, 125-127, 194-216, 223-237.
- 6) Bushberg JT et al: The essential physics of medical imaging, Baltimore, Williams and Wilikins 1994;5-30
- 7) Attix F.H: Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry, Wiley, 1986
- 8) McKinlay A.F: Thermoluminescence Dosimetry, Adam Hilger, Bustol, 1981
- 9) Χαραλάμπους Σ: Δοσιμετρία και βιολογικές επιπτώσεις των ακτινοβολιών, 8η έκδ, Θεσσαλονίκη 1985:15-45
- 10) Ma CM and Najum A.E: Bragg-Gray theory of in chamber dosimetry for photon beams Phys Med Biol. 36:413-428,1991
- 11) Mettler FA, Upton AC: Medical Effect of ionizing radiation. 2nd Ed, W.B. Saunders Company .1995:1-29, 47-50, 53-72, 73-105, 130-139
- 12) Richards A.G. and Webber R.L: Constructing phantom heads for radiation research Oral Surg 1963;16:683-690
- 13) Mettler FA, Royal HD, Drum DE: "Radiation Accidents", Chap. 90 in Pediatric Emergecny Medicine, Fleischer GR, Ludwig S editors, 4th ed, 2000, p 965-977
- 14) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR): Report to the General Assembly, Vienna,1994
- 15) International Commission on Radiation Units and Measurements: Radiation Dosimetry, x-rays and Gamma Rays with Maximum Energies between 0,6 and 50Mev. Report 14.Washington D.C.
- 16) International Commission on Radiological Protection (ICRP): 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP Pub No 60, Ann ICRP, 21 (1-3), Oxford, Pergamon Press,1991.
- 17) Webster EW:On the question of cancer induction by small x-ray doses, Garland Lecture AJR 137:647-666,1981
- 18) Committee on Biological Effects of ionizing Radiation (BEIR): Health effects of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington, DC National Academy Press, 1990
- 19) Μαργαρίτης Λ: Ραδιοβιολογία. Ακτινοβολίες και ζωή. Αθήνα, 1996

20) Βεργαλεκάκης Α. Κρητίδης Π. Οικονόμου Λ. και συν: Εμείς και η ραδιενέργεια. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης. Ηράκλειο, 1989.

21) Pantelias G.E: Radiation- induced cytogenetic damage in relation to changes in interphase chromosome conformation. Radiation Research 105:341-350, 1986

22) IAEA-WHO: Diagnosis and Treatment of Radiation injuries. Safety Report Series, No. 2, IAEA, Vienna, 1998

23) IAEA-WHO: planning the Medical Response to Radiological Accidents. Safety Report Series, No. 4, IAEA, Vienna, 1998

24) IAEA-ILO-WHO: Health Surveillance of Persons Occupationally Exposed to Ionizing Radiation. Safety Report Series, No. 5, IAEA, Vienna, 1998