



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»

MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Τίτλος ΜΔΕ :«Η ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ»- «IONIZING RADIATION IN CHILDREN AND THE ROLE OF A
HEALTH PROFESSIONAL»

Όνομα: Καφαντάρης Ευάγγελος

Αρ. μητρώου:20180434

Επάγγελμα ή Ιδιότητα: Τεχνολόγος Ακτινολόγος

Επιβλέπων καθηγητής ΜΔΕ :Στέφανος Τσιτομενέας , Ομότιμος Καθηγητής ΑΕΙ Πειραιά
Τεχνολογικού Τομέα

ΑΘΗΝΑ 2019



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»

MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθ. Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Τίτλος ΜΔΕ : «Η ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΚΑΙ Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΑ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ»- «IONIZING RADIATION IN CHILDREN AND THE ROLE OF A
HEALTH PROFESSIONAL»

Όνομα :Καφαντάρης Ευάγγελος

Αρ. μητρώου: 20180434

Επάγγελμα ή Ιδιότητα :Τεχνολόγος Ακτινολόγος

Τριμελής επιτροπή

Επιβλέπων καθηγητής ΜΔΕ: Στέφανος Τσιτομενέας, ομότιμος Καθηγητής ΑΕΙ Πειραιά
Τεχνολογικού Τομέα

Πρόεδρος καθηγητής ΜΔΕ :Νικόλαος Καβατζάς , Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Μέλος καθηγητής ΜΔΕ :Ανδρέας Χ.Λάζαρης, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2019

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός/ή συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	6
Περίληψη	7
Abstract	8
Εισαγωγή.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ.....	10
1 Ακτινοβολίες.....	10
1.1 Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες	11
1.2 Είδη Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας.....	12
1.2.1 Ακτινοβολία α.....	12
1.2.3 Ακτινοβολία γ.....	14
1.2.4 Νετρόνια.....	14
1.2.6. Ακτίνες χ.....	15
1.2.6.1 Φαινόμενο Compton.....	19
1.2.6.2. Φαινόμενο Δίδυμης γένεσης.....	21
1.2.6.3. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΑΙΔΙΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ.....	22
Κεφάλαιο 2. Ορισμός παιδικής ηλικίας.....	22
Κεφάλαιο 2.1 Βιολογική ανάπτυξη στην παιδική ηλικία.....	23
2.2 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις στον παιδικά.....	24
2.2.1 Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες και επιπτώσεις στα παιδιά.....	27
2.3 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις γενικότερα.....	30
2.3.1 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις στα κύτταρα.....	35
2.4 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και Δόση στον ασθενή.....	37
2.5 Ηλιακή ακτινοβολία και παιδικά.....	39
2.6 Ραδόνιο και παιδικά.....	44
Εικόνα 14 :Μέρη όπου υπάρχει το ραδόνιο, δηλαδή το έδαφος, ο εξωτερικός αέρας και τα οικοδομικά υλικά (Πηγή-Ανωγειανάκης,2009).....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Ακτίνες χ και παιδιά ο ρόλος του επαγγελματία της υγείας.....	47
3.1Ακτίνες χ.....	47
Παραγωγή ακτίνων χ.....	49
3.3 Ιδιότητες ακτίνων χ.....	50
3.4 Εφαρμογές ακτίνων χ στα νοσοκομεία και ακτινολογικά μηχανήματα	51
3.6 Βιολογικές επιδράσεις ακτίνων χ.....	54

3.7 Μέτρα πρόληψης από την πλευρά του κράτους για την αντιμετώπιση των βιολογικών επιπτώσεων από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες	56
3.8 Ακτινοπροστασία και ο ρόλος του επαγγελματία της υγείας	60
4) Συμπεράσματα.....	67
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	72
Βιβλιογραφία στα ελληνικά	74

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια για το μεταπτυχιακό πρόγραμμα με θέμα «Περιβάλλον και Υγεία. Διαχείριση περιβαλλοντικών δεμάτων με επιπτώσεις στην Υγεία»

Εδώ θα ήθελα να ευχαριστήσω όσους ασχολούνται με το μεταπτυχιακό αυτό πρόγραμμα γιατί μας δίνουν την ευκαιρία να καταλάβουμε καλύτερα το περιβάλλον και τις επιπτώσεις σε αυτό από την ανθρώπινη και μη παρέμβαση. Ευχαριστώ ιδιαιτέρως γιατί έλαβα γνώσεις που θα μου χρησιμέψουν αργότερα στο να γίνω χρήσιμος πολίτης στην κοινωνία και να συμβάλλω στην καλύτερη και μεγαλύτερη περιβαλλοντική συνείδηση των νεότερων γενιών στην χώρα μας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου οι οποίοι δεν έπαψαν να πιστεύουν σε μένα μα πάνω από όλα ένα μεγάλο ευχαριστώ στον ίδιο μου τον εαυτό για το κίνητρο και την αφοσίωση μου να συλλέγω καινούριες γνώσεις και εμπειρίες.

Περίληψη

Στην διπλωματική μου εργασία που έχει ως τίτλο «Ιοντίζουσα Ακτινοβολία, η επίδραση της στα παιδιά και ο ρόλος του επαγγελματία της Υγείας » θα αναφερθούμε στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες και τις επιδράσεις που προκαλούν στα παιδιά .

Είναι γνωστό ότι παντού γύρω μας υπάρχουν ιοντίζουσες ακτινοβολίες οι οποίες είτε προέρχονται από φυσικές πηγές όπως οι υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου είτε προέρχονται από τεχνητές πηγές όπως οι ακτίνες χ που παράγονται από την ακτινολογική λυχνία για παράδειγμα. Επιπλέον θα αναφερθούμε και σε άλλα είδη ακτινοβολίας όπως οι ακτίνες α και οι ακτίνες β και θα αναφερθούμε στις επιδράσεις που προκαλούν στον άνθρωπο αλλά και στα παιδιά ειδικότερα.

Οι επιδράσεις σε μεγάλο βαθμό οφείλονται στην διάρκεια της έκθεσης, στο είδος της ακτινοβολίας αλλά και την δόση που δέχτηκε ο ασθενής. Τα παιδιά είναι πολύ περισσότερο ευάλωτα στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες λόγω του γεγονότος ότι βρίσκονται σε φάση ανάπτυξης και τα κύτταρα τους διαιρούνται συνεχώς, με αποτέλεσμα να είναι περισσότερο ευάλωτα στις επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Περισσότερο από έναν ενήλικα του οποίου ο οργανισμός βρίσκεται ήδη σε πλήρη ωρίμανση.

Τέλος θα αναφερθούμε στον ρόλο του επαγγελματία της υγείας και συγκεκριμένα στους γιατρούς αλλά και στους τεχνολόγους ακτινολόγους που πραγματοποιούν τις εξετάσεις. Θα αναφερθούμε στην Ακτινοπροστασία των παιδιών όταν γίνεται η εξέταση στα μέτρα που λαμβάνει το ίδιο το κράτος αλλά και σε συγκεκριμένες εξετάσεις και πως μπορούμε σε αυτές να πετύχουμε την βέλτιστη ακτινοπροστασία για το καλό των ασθενών και των παιδιών συγκεκριμένα.

Λέξεις κλειδιά = Ιοντίζουσα ακτινοβολία, Ακτινοπροστασία, Παιδιά, Επαγγελματίες υγείας

Abstract

In my dissertation entitled "Ionizing Radiation, its effect on children and the role of the health professional" we will refer to ionizing radiation and the effects it causes on children.

It is known that all around us there are ionizing radiations which either come from natural sources such as the sun's ultraviolet rays or come from artificial sources such as x-rays produced by the radiological lamp for example. In addition, we will refer to other types of radiation such as α -rays and β -rays and we will refer to the effects they cause on humans and children in particular.

The effects are largely due to the duration of exposure, the type of radiation and the dose received by the patient. Children are much more vulnerable to ionizing radiation due to the fact that they are in a developmental phase and their cells are constantly dividing, making them more vulnerable to the effects of ionizing radiation. More than one adult whose body is already in full maturity.

Finally, we will refer to the role of the health professional and specifically to the doctors but also to the radiologists who carry out the examinations. We will refer to the Radiation Protection of children when the examination is done in the measures taken by the state itself but also in specific examinations and how we can achieve the optimal Radiation Protection for the benefit of the patients and the children in particular.

Key words= Ionizing radiation, Radiation protection, Children, Health professionals

Εισαγωγή

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι ακτινοβολία υψηλής ενέργειας που προκαλεί ιονισμό, δημιουργεί δηλαδή ιόντα διώχνοντας μέσα από τα άτομα ηλεκτρόνια. Επιπλέον η ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να διασπάσει δεσμούς μεταξύ χημικών ενώσεων. Όπως καταλαβαίνουμε η παρατεταμένη η μη έκθεση μας στην ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα στην υγεία μας. Υπάρχουν διάφορα είδη ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Όπως υπεριώδης ακτινοβολία, ακτίνες χ, ακτίνες γ, ακτινοβολία άλφα , ακτινοβολία βήτα, ακτινοβολία νετρονίων που έχει υψηλές ταχύτητες. (Ιστοσελίδα ΕΕΑΕ,2020)

Τα παιδιά ειδικότερα στα οποία τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται ταχύτερα (άρα είναι πιο ευάλωτα σε μεταλλάξεις η αλλοιώσεις DNA) λόγω του ότι ο οργανισμός τους βρίσκεται σε ανάπτυξη δηλαδή σχηματίζεται ακόμα, είναι πιο ευαίσθητα στις επιπτώσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και θα πρέπει οι γονείς να είναι ιδιαίτερα προσεχτικοί και να προστατεύουν όσο μπορούν τα παιδιά τους να μην εκτίθενται στην ιοντίζουσα ακτινοβολία.(Brody et al., 2007,)

Τέλος όσο αναφορά στους επαγγελματίες της υγείας θα πρέπει να τονίσουμε ότι ο ρόλος τους είναι αρκετά σημαντικός διότι ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού και παιδιών δέχεται ιοντίζουσα ακτινοβολία είτε για διαγνωστικούς είτε για θεραπευτικούς λόγους. Ο επαγγελματίας της υγείας θα πρέπει να τηρεί όλους τους κανόνες της Ακτινοπροστασίας και να δικαιολογεί την ιατρική πράξη για χάριν της οποίας θα ακτινοβοληθεί ο ασθενής. Η ακτινοβολήση του πληθυσμού και ιδιαίτερα των παιδιών στα οποία ο οργανισμός αναπτύσσεται ακόμα δεν θα πρέπει να είναι η εύκολη λύση, ούτε θα πρέπει να υποκαθιστά την κλινική εξέταση του ασθενούς αλλά θα πρέπει να γίνεται όταν κρίνεται απαραίτητη για την υγεία και την εν γένει θεραπευτική πορεία του ασθενούς.

Κλείνοντας λοιπόν την εισαγωγή η παρούσα διπλωματική θα κινηθεί πάνω σε τρεις θεματικούς άξονες. Πρώτον θα ασχοληθούμε με την ιοντίζουσα ακτινοβολία και τα είδη της. Δεύτερον αλλά σε συνάρτηση πάντα με το πρώτο θα αναλύσουμε τις επιπτώσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στα παιδιά και για ποιο λόγο πρέπει να είμαστε πιο προσεχτικοί με την έκθεση των παιδιών στην ιοντίζουσα ακτινοβολία. Τέλος θα αφιερώσουμε ένα πολύ σημαντικό μέρος στο να αναλύσουμε τη χρησιμότητα και το ρόλο του επαγγελματία της υγείας στην προστασία του συνόλου των ασθενών και ειδικότερα των παιδιών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Ι Ακτινοβολίες

Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο ακτινοβολία εννοούμε τη μετάδοση ενέργειας στο χώρο. Η μετάδοση αυτή μπορεί να γίνει με την μορφή σωματιδίων όπως για παράδειγμα ηλεκτρονίων. Μπορεί όμως να γίνει και με τη μορφή κυμάτων όπως για παράδειγμα τα ραδιοκύματα.

Οι Ακτινοβολίες γύρω μας είναι παντού καθώς υπάρχει ένα τεράστιο εύρος πηγών οι οποίες άλλες είναι τεχνητές όπως για παράδειγμα διαγνωστικά μηχανήματα ακτίνων χ που χρησιμοποιούνται στην ιατρική. Άλλες είναι φυσικές πηγές όπως για παράδειγμα ο ήλιος ο οποίος αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή ακτινοβολιών. Επιπλέον τα ραδιοϊσότοπα τα οποία υπάρχουν στον πλανήτη από τότε που σχηματίστηκε αποτελούν μια άλλη φυσική πηγή ακτινοβολίας. (ΕΕΑΕ,2020)

Ακόμη και στο νερό, στον αέρα υπάρχουν ραδιενεργά στοιχεία εκ της φύσεως. Κάποια από αυτά είναι το κάλιο, το ραδόνιο και το ουράνιο. Επιπλέον στην επιφάνεια της γης καταφθάνει ακτινοβολίας από τον ήλιο και μπορεί να φτάσει ακτινοβολία και από άγνωστες πηγές όπως για παράδειγμα αστρικές πηγές η και από το διάστημα. Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται **κοσμική ακτινοβολία**. Φυσικά ακτινοβολία μπορεί να δεχτούμε και διαμέσου των τροφών που καταναλώνουμε. (ΕΕΑΕ,2020)

Οι **ιοντίζουσες** ακτινοβολίες λοιπόν που δεχόμαστε εκτός από το **φυσικό περιβάλλον** προέρχονται και από **μη φυσικές πηγές**.

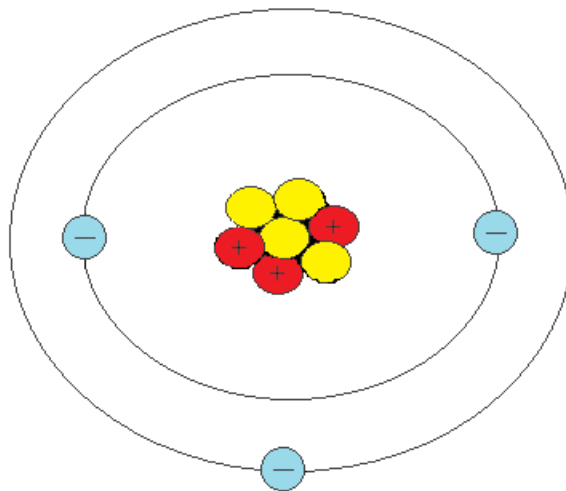
Δεχόμαστε λοιπόν ακτινοβολίες από τεχνητές πηγές όπως :

- ❖ Για ιατρικούς σκοπούς είτε αυτοί αφορούν την διάγνωση είτε τη θεραπεία του ασθενούς.
- ❖ Από τη βιομηχανία
- ❖ Από την προσπάθεια για παραγωγή ενέργειας όπως στα πυρηνικά εργοστάσια
- ❖ Τέλος από την γεωργία και την εκπαίδευση (ΕΕΑΕ,2020)

Οι **Ακτινοβολίες** χαρακτηρίζονται από δυο χαρακτηριστικά και βάση αυτά τις κατατάσσουμε. Το μήκος κύματος τους ή την συχνότητα που φέρουν και από την ενέργεια τους.

Βάση λοιπόν της ενέργειας τους αλλά και την αλληλεπίδραση που έχουν με την ύλη κατατάσσονται σε:

- **Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες**
- **Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες**(ΕΕΑΕ,2020)



Εικόνα 1: Περιγραφή δομής ενός ατόμου λιθίου (Πηγή-Πλουμιστάκης,2016)

1.1 Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες

Ιοντίζουσες είναι οι ακτινοβολίες που έχουν την δυνατότητα να φέρουν ενέργεια η οποία μπορεί να εισχωρήσει στην ύλη και να προκαλέσει ιονισμό στα άτομα. Επιπλέον μπορεί να διασπάσει τους χημικούς δεσμούς του οργανισμού και να προκαλέσει βλάβη στα κύτταρα του οργανισμού.

Στην πραγματικότητα λοιπόν οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες μπορεί να είναι ηλεκτρομαγνητικής φύσεως όπως τα φωτόνια, σωματιδιακής όπως για παράδειγμα τα σωμάτια α και β που προέρχονται μετά από διάσπαση ενός ραδιενεργού πυρήνα. Φυσικά υπάρχουν και τα νετρόνια που προέρχονται από τα πυρηνικά όπλα και τους πυρηνικούς αντιδραστήρες και είναι με τεχνητό τρόπο σχηματισμένα.

Οι επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό διαφέρουν ανάλογα με το είδος της ιοντίζουσας ακτινοβολίας, την ένταση της, το χρονικό διάστημα στο οποίο εκτέθηκε ο ανθρώπινος οργανισμός αλλά και την ενέργεια που φέρει η ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Σημειώνουμε λοιπόν πως η **Ιοντίζουσα Ακτινοβολία** είναι ικανή να προκαλέσει **βιολογικές βλάβες** στον ανθρώπινο οργανισμό.(ΕΕΑΕ,2020)

1.2 Είδη Ιοντίζουσας Ακτινοβολίας

- ✓ Ακτίνες χ
- ✓ Ακτίνες γ
- ✓ Ακτινοβολία α
- ✓ Ακτινοβολία β
- ✓ Νετρόνια
- ✓ Υπεριώδης Ακτινοβολία(ένα μέρος της) (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

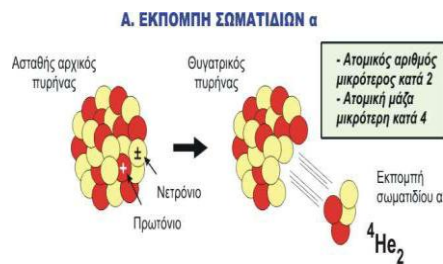
Εδώ αξίζει να σημειώσουμε ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία διακρίνεται σε :

- Απευθείας ιοντίζουσα ακτινοβολία : Την αποτελούν σωματίδια που είναι ενεργά φορτισμένα για παράδειγμα οι πυρήνες ηλίου από τις οποίες προέρχονται οι ακτίνες α .
- Έμμεση ιοντίζουσα ακτινοβολία : Είναι αυτή που περιλαμβάνει αφόρτιστα σωματίδια (νετρόνια, πρωτόνια). Όπως και η μη σωματιδιακού τύπου ακτινοβολίες (αυτές που περιέχουν φωτόνια) και σε αυτές περιλαμβάνονται ακτίνες χ και ακτίνες γ . (Πλουμιστάκης, 2016)

1.2.1 Ακτινοβολία α

Η ακτινοβολία α είναι μια μορφή ακτινοβολία η οποία αποτελείται από θετικά φορτισμένα σωματίδια. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να αποτελούνται από δύο πρωτόνια και από δύο νετρόνια. Η παραγωγή τους μπορεί να γίνεται από έναν πυρήνα μη σταθερού ατόμου. Τέτοια άτομα είναι για παράδειγμα το **ράδιο**. Η ακτινοβολία α και τα σωματίδια που την αποτελούν δεν έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα και αυτό συνεπάγεται από το γεγονός ότι πολλά υλικά δεν είναι διαπερατά από την ακτινοβολία α . Δηλαδή ένα κομμάτι χαρτιού και η ανθρώπινη επιδερμίδα είναι αδιαπέραστα από την ακτινοβολία α .

Η ακτινοβολία α μπορεί να εισχωρήσει στον οργανισμό είτε με την κατάποση είτε με την αναπνευστική οδό. Σε περίπτωση που αυτό γίνει τότε μπορεί να προκληθούν βλάβες εξαιτίας του γεγονότος ότι θα ακτινοβολούνται απευθείας εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου οργανισμού όπως για παράδειγμα οι πνεύμονες. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)



*Εικόνα 2: Στην εικόνα φαίνεται πως εκπέμπεται η ακτινοβολία α
(Πηγή-Δαλάκας,2015)*

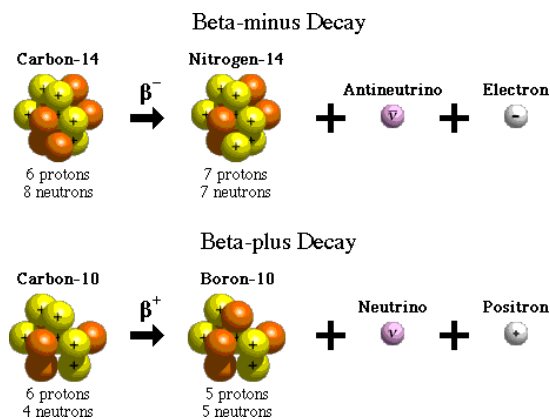
1.2.2 Ακτινοβολία β

Η ακτινοβολία β είναι σε αντίθεση με την ακτινοβολία α μια μορφή ακτινοβολία που προέρχεται από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Η ομοιότητα της με την ακτινοβολία α είναι ότι και οι δύο παράγονται από τον πυρήνα ασταδών ατόμων.

Η ακτινοβολία β σε αντίθεση με την ακτινοβολία α έχει μεγαλύτερη διεισδυτικότητα διότι μπορεί να διαπεράσει νερό το οποίο έχει πάχος μεταξύ 1 με 2 εκατοστά.

Τα παραγόμενα από τους ασταθείς πυρήνες σωματίδια β μπορούν να επηρεάσουν τις στοιβάδες στο δέρμα του ανθρώπου επηρεάζοντας το δέρμα του ανθρώπου. Αν η έκθεση είναι συνεχής μπορεί να προκληθούν κυτταρικές βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό ακόμα και εγκαύματα. Η έκθεση στην ακτινοβολία β μπορεί να οδηγήσει τα κύτταρα σε θάνατο η ακόμα και σε κάποια μετάλλαξη προκαλώντας μέχρι και καρκίνο.

Για **ακτινοπροστασία** από την ακτινοβολία β αρκεί και ένα στρώμα αλουμινίου πάχους λίγων χιλιοστών. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)



*Εικόνα 3: Στην εικόνα φαίνεται πως παράγεται η ακτινοβολία β
(Πηγή-Πλουμιστάκης, 2016)*

1.2.3 Ακτινοβολία γ

Η ακτινοβολία γ είναι στην ουσία ακτινοβολία ηλεκτρομαγνητική η οποία έχει αρκετά μεγάλη ενέργεια και συχνότητα.

Η ακτινοβολία γ είναι επί της ουσίας ακτινοβολία **φωτονίων** ορισμένης ενέργειας και διαφορετικής προελεύσεως. Η ακτινοβολία γ είναι παρόμοια με τα ραδιοκύματα και το φως.

Η ακτινοβολία γ έχει αρκετά μεγάλη διεισδυτικότητα και μπορεί να διαπεράσει το ανθρώπινο δέρμα .

Τρόποι **ακτινοπροστασίας** είναι φυσικά πίσω από τοίχους αλλά το κυριότερο μέσο **ακτινοπροστασίας** από την ακτινοβολία αυτή είναι ο **μόλυβδος**. Μόνο μέσω του μόλυβδου μπορεί να επέλθει πλήρη ακτινοπροστασία για αυτό το είδος της ακτινοβολίας

Αξίζει να σημειωθεί ότι ακτινοβολία γ παράγεται από τα περισσότερα **ραδιενεργά ισότοπα**. (Κωνστανταρόγιαννη, 2015)

1.2.4 Νετρόνια

Νετρόνια η αλλιώς ακτινοβολία νετρονίων είναι το είδος της ακτινοβολίας που παράγεται από τα σωματίδια των νετρονίων.

Το νετρόνιο είναι ένα βαρύ σωματίο και είναι ιδιαίτερα διεισδυτικό στην ύλη.

Το νετρόνιο δεν έχει ηλεκτρικό φορτίο από μόνο του και έτσι δεν προκαλεί απευθείας ιονισμό. Η πρόκληση ακτινοβολίας από το νετρόνιο μπορεί να γίνει όταν το νετρόνιο έρθει σε επαφή με άτομα άλλων υλικών. Τότε προκαλείται ιονισμός και παράγεται

ακτινοβολία. Η ακτινοβολία που θα προκύψει από την αλληλεπίδραση του νετρονίου με άτομα της ύλης θα προκαλέσει ακτινοβολία τύπου α, ακτινοβολία τύπου β, ακτινοβολία τύπου γ και ακτινοβολία τύπου χ.

Η ακτινοπροστασία από τα νετρόνια μπορεί να γίνει με σκυρόδεμα και άλλα υλικά. (Πλουμιστάκης, 2016)

1.2.5 Υπεριώδης ακτινοβολία

Υπεριώδης ακτινοβολία είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο και η οποία μεταδίδεται με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Η υπεριώδης ακτινοβολία επί της ουσίας βρίσκεται μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Ένα μέρος του φάσματος της έχει όση ενέργεια χρειάζεται για να προκαλέσει ιονισμό και να την κατατάξουμε σε ιοντίζουσα ενώ ένα άλλο μέρος της δεν έχει την απαιτούμενη ενέργεια για να προκαλέσει ιονισμό και προκαλεί άλλου είδους αντιδράσεις όπως είναι οι **φωτοχημικές**. (ΕΕΑΕ, 2020)

1.2.6. Ακτίνες χ

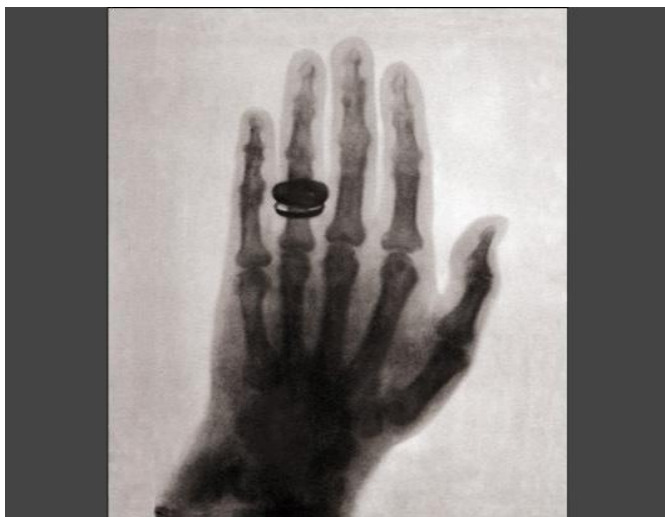
Ιστορική αναδρομή:

Ο **w.Roetgen** καθηγητής φυσικής στο πανεπιστήμιο Wursburg της Γερμανίας ανακάλυψε τις **ακτίνες χ**, των οποίων η ικανότητα ήταν να απεικονίζουν κόκαλα μέσα σε ζωντανούς οργανισμούς δηλαδή και σε ανθρώπους. Πολλά χιουμοριστικά εξώφυλλα των εφημερίδων της εποχής κυκλοφόρησαν για τις ακτίνες χ. Υπήρξε όμως και ένας πραγματικός φόβος, ο φόβος της έλλειψης ιδιωτικότητας εξαιτίας των ακτινογραφιών. Γνώριζαν όμως πάρα πολύ καλά ότι οι ακτινογραφίες με ακτίνες χ δεν θα υπονόμευαν την ιδιωτικότητα των ίδιων των ασθενών ούτε κανενός άλλου.

Οι ακτινογραφίες ήταν στην πραγματικότητα χρήσιμες για **διαγνωστικούς λόγους** αλλά και για **φυσικές έρευνες**. (Hessenbruch, A., 2000)

Μέχρι το 1920 η οι ακτινογραφίες είχαν γίνει ρουτίνα και τότε ως εξέλιξη των ακτίνων χ, αναπτύχθηκε η **ακτινοθεραπεία**, με την ανάπτυξη των σωλήνων των ακτίνων χ. Ο σωλήνας των κλασσικών ακτινολογικών μηχανημάτων δεν ήταν σταθερός. Το βασικότερο πρόβλημα όμως ήταν ότι δεν έφταναν όλα τα ηλεκτρόδια με την ίδια ταχύτητα. Με την ανάπτυξη των σωλήνων έγινε η εικόνα από τις ακτινογραφίες πολύ πιο σταθερή. Τέλος ένα καλό της ακτινοθεραπείας ήταν η περεταίρω ανάπτυξη ανιχνευτών ακτινοβολίας. (Brecher R. and Brecher E, 1969)

Η ακτινοθεραπεία λοιπόν το 1920, βοήθησε στη θεραπεία καρκίνων όπως του μαστού και της μήτρας. Επειδή λοιπόν οι ασθενείς έρχονταν και θεραπεύονταν σε πολλές περιπτώσεις γρήγορα, οδηγήθηκαν τα εργαστήρια της εποχής στην ανάγκη να χρησιμοποιούνται πλέον βοηθοί των ιατρών στο τεχνικό κομμάτι και οι γιατροί ασχολούνταν πλέον μόνο κομμάτι της διάγνωσης. (Hessenbrunsh A, 2000)



Εικόνα 4: Στην εικόνα αυτή απεικονίζεται η πρώτη ακτινογραφία που έγινε το 1895 και είναι το χέρι της γυναίκας του w.Roetgen

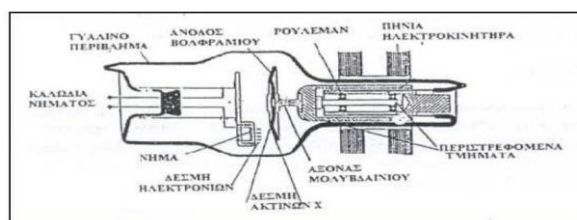
Οι ακτίνες χ λοιπόν είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία έχουν μήκος κύματος μεταξύ 0.01 nm και 10 nm. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αυτό είναι 10^4 φορές μικρότερο από το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στην ορατή ακτινοβολία. Η παραγωγή τους γίνεται όταν ηλεκτρόνια τα οποία έχουν επιταχυνθεί προσκρούσουν στην ύλη, είναι μια διαδικασία που θα αναφερθούμε παρακάτω αναλυτικότερα. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε ότι οι ακτίνες χ δεν είναι ακίνδυνες για τον άνθρωπο, καθώς όταν αλληλεπιδρούν με τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού μπορούν να τα καταστρέψουν. Αυτήν την ιδιότητα τους εκμεταλλευόμαστε στην Ακτινοθεραπεία. Φυσικά οι ακτίνες χ χρησιμοποιούνται και στην λήψη απλών ακτινογραφιών όπως στην απλή ακτινογραφία θώρακος αλλά και σε άλλες εξετάσεις. (Κωνστανταρόγιαννη, 2015)

Α) Τρόπος παραγωγής ακτίνων χ : Οι ακτίνες χ παράγονται επί της ουσίας με τεχνητό τρόπο όταν ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται με ταχύτητα, τα οποία έχουν επιταχυνθεί δια μέσου διαφορών δυναμικού χιλιάδων volt. Η παραγωγή των ακτίνων χ

γίνεται όταν τα ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται με ταχύτητα πέσουν πάνω σε μεταλλικό στόχο. Τα ηλεκτρόνια αυτά αλληλεπιδρούν είτε με τα ηλεκτρόνια των υλικών της ανόδου που βρίσκονται περιφερειακά είτε με διάφορα ηλεκτρικά πεδία. Το βολφράμιο είναι το συνηθέστερο υλικό που χρησιμοποιείται. Τώρα αξίζει να σημειώσουμε ότι μόνο το 1% της ενέργειας που διαδέχονται τα ηλεκτρόνια εν τω συνόλω παράγει ακτίνες χ, το υπόλοιπο μέρος της ενέργειας που παράγεται μετατρέπεται σε θερμότητα και χάνεται. (Τσερανίδου, 2017)

Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε ότι ένας μηχανισμός που παράγει ακτίνες χ αποτελείται από:

- ❖ Το μέρος το οποίο παράγονται τα ηλεκτρόνια και λέγεται **κάθοδος**
- ❖ Το μέρος που αποκτούν ταχύτητα τα ηλεκτρόνια και λέγεται **χώρος υψηλού κενού**
- ❖ Ένα μέρος το οποίο περιστρέφεται για λειτουργικούς λόγους (για αποφυγή της ύπαρξης υπερθέρμανσης) και εκεί παράγονται οι ακτίνες χ. Το μέρος αυτό λέγεται **άνοδος**.
- ❖ Τέλος ένα γυάλινο περίβλημα το οποίο αποτελείται από **μόλυβδο για** λόγους θωράκισης και το οποίο έχει σύστημα ψύξεως (Παπάζογλου, 2014)



Εικόνα 5: Εικόνα περιστρεφόμενης λυχνίας ακτίνων-χ

(Πηγή-Παπάζογλου, 2014)

B) Ακτινοπροστασία

Οι **ακτίνες χ** όπως αναλύσαμε και προηγουμένως έχουν την δυνατότητα να καταστρέφουν κύτταρα άρα λοιπόν είναι επικίνδυνες για τον άνθρωπο.

Όταν λοιπόν έγινε αντιληπτή η επικινδυνότητα τους ελήφθησαν μέτρα και το πρώτο από όλα ήταν η ασπίδα από μόλυβδο , η μολύβδινη ποδιά για παράδειγμα που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Η ακτινοπροστασία λοιπόν εξελίχτηκε και έκτοτε υπάρχουν έλεγχοι και ένα αυστηρό πλαίσιο για το πώς θα γίνεται η θωράκιση στα ακτινολογικά εργαστήρια, με την έννοια της δόσης να έχει τον κεντρικό ρόλο. Το 1928 εκλέχτηκε μια διεθνής επιτροπή για την ακτινοπροστασία. Πριν από αυτό η κοινότητα των ραδιολόγων είχε συμφωνήσει και εξελίξει αρχές και οδηγίες που στόχο είχαν όχι μόνο την ακτινοπροστασία των ασθενών αλλά και του προσωπικού που εργαζόταν στον κλάδο της ραδιολογίας. Το 1950 η έννοια της **μέγιστης επιτρεπόμενης δόση** υπερίσχυσε της **δόσης ανοχής**. Έκτοτε έχουν δημιουργηθεί πολλοί οργανισμοί για την ακτινοπροστασία και για την ασφάλεια των ασθενών και του προσωπικού. (Brodsky et al, 1995; Bushong, 1995, p. 69 Health physics)

Τέλος θα αναφέρουμε επιγραμματικά τις αρχές της Ακτινοπροστασίας τις οποίες θα αναλύσουμε σε επόμενο κεφάλαιο.

Οι αρχές της Ακτινοπροστασίας είναι λοιπόν :

- 1) Η αρχή της αιτιολόγησης
- 2) Η αρχή της βελτιστοποίησης
- 3) Η αρχή της εφαρμογής των ορίων της δόσης (ICRP,2007)

Γ) Μηχανήματα παραγωγής ακτίνων χ

Υπάρχουν πολλά μηχανήματα παραγωγής ακτίνων χ όπως για παράδειγμα

- ❖ Ακτινολογική λυχνία(κλασσική ακτινολογία απεικόνιση οστών)
- ❖ Αξονικός τομογράφος
- ❖ Μαστογράφος
- ❖ Μηχανήματα ακτινοθεραπείας κτλ. (Παπάζογλου,2014)



Εικόνα 6: Μηχάνημα αξονικού τομογράφου(Πηγή-Παπάζογλου,2014)

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι οι ακτίνες χ χρησιμοποιούνται είτε για :

- Διαγνωστικούς σκοπούς.*
- Θεραπευτικούς σκοπούς. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)*

*Οι ακτίνες χ λοιπόν υπήρξαν μια μεγάλη ανακάλυψη που επέτρεψε για πρώτη φορά να μπορούμε να δούμε το εσωτερικό του ασθενούς χωρίς να χρειάζεται να ανοίξουμε για να δούμε το εσωτερικό του ασθενούς χειρουργικά. Αυτή λοιπόν ήταν η αρχή της **κλασσικής ακτινολογίας** που επικεντρώνεται στα οστά. Στη συνέχεια ανακαλύφθηκαν και άλλες μέθοδοι απεικόνισης και δημιουργήθηκαν νεότερα μηχανήματα όπως ο **αξονικός τομογράφος**. Επιπλέον βρέθηκε τρόπος απεικόνισης **μαλακών μορίων** με τον **μαγνητικό τομογράφο** για παράδειγμα. Η χρήση όμως των ακτίνων χ εκτός από διαγνωστικούς σκοπούς μπορεί να γίνει και θεραπευτικούς σκοπούς όπως στην ακτινοθεραπεία η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε όλα τα στάδια αντιμετώπισης του καρκίνου.*

Όλα αυτά τα επιτεύγματα και οι ανακαλύψεις δεν πρέπει να μας κάνουν να ξεχνάμε ότι οι ακτίνες χ είναι ιονίζουσες ακτινοβολίες οι οποίες μπορούν ανάλογα με την συχνότητα , την ένταση και τον οργανισμό στόχο στον οποίο χρησιμοποιούνται να προκαλέσουν βιολογικές επιδράσεις και βλάβες. Διαφορετικό αντίκτυπο έχει μια ακτινογραφία σε έναν οργανισμό ενήλικα και διαφορετική σε ένα παιδί αλλά αυτά θα αναλυθούν περαιτέρω στη συνέχεια.

*Πρέπει λοιπόν να είμαστε αρκετά προσεκτικοί στ χρήση των ακτίνων χ και να λαμβάνονται όλα τα μέτρα **ακτινοπροστασίας** από τους επαγγελματίες της υγείας.*

1.2.6.1 Φαινόμενο Compton

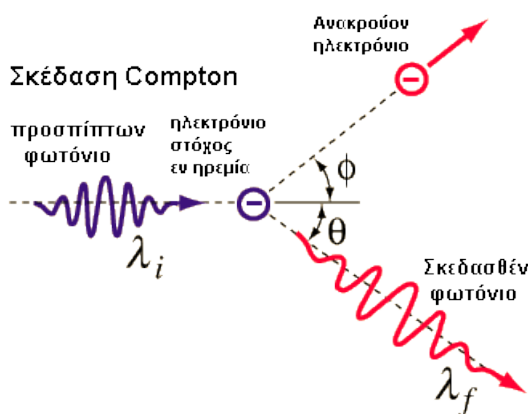
*Ιστορική αναδρομή: Το 1922 ο Compton κάνοντας πειράματα ανακάλυψε πως η σκέδαση των ακτίνων χ από ηλεκτρόνια δεν ήταν εφικτό να κατανοηθούν με τους όρους της κλασσικής φυσικής. Με την έως τότε άποψη αν οι ακτίνες χ έπεφταν πάνω σε ένα ηλεκτρόνιο θα του προκαλούσαν ταλάντωση. Εν συνεχεία το ηλεκτρόνιο θα παρήγαγε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Η οποία θα είχε άμεση συνάρτηση με τον **χρόνο** και την **ένταση** που εκτέθηκε το ηλεκτρόνιο στην ακτινοβολία αυτή. Σύμφωνα με τα πειράματα*

φαινόταν όμως πως η σκεδαζόμενη ακτινοβολία είχε άμεση συνάφεια μόνο με την γωνία σκέδασης. Η εξήγηση αυτή ήταν φυσικά ανεπαρκής. (Τσετσίλα.2012)

Το **φαινόμενο Compton** είναι το φαινόμενο στο οποίο ένα φωτόνιο μαζί με ένα ηλεκτρόνιο όταν αλληλεπιδρούν το φωτόνιο δίνει ένα μέρος της δικής του ενέργειας στο ηλεκτρόνιο Compton το οποίο στη συνέχεια απομακρύνεται από το άτομο. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα φωτόνιο καινούριο το οποίο όμως έχει μειωμένη ενέργεια σε σχέση με την ενέργεια του φωτονίου του αρχικού(του προσπίπτοντος). (Παπάζογλου,2014)

Το φωτόνιο το οποίο μετά την αλληλεπίδραση έχει μικρότερη ενέργεια από το αρχικό διότι μεγάλο μέρος της ενέργειας που είχε εξαρχής απορροφήθηκε κατά τη σύγκρουση του με τα ηλεκτρόνιο που είχε φύγει από την αρχική του θέση μέσα στο άτομο. Το φωτόνιο λοιπόν έχει πάρει άλλη κατεύθυνση από την αρχική του πορεία λόγω της πρόσκρουσης με το ηλεκτρόνιο. Η αλλαγή αυτή πορείας λέγεται **σκέδαση**.

Το φωτόνιο βέβαια που προέκυψε μετά την πρόσκρουση συνεχίζει να κινείται όμως έχει σκεδαστεί και έχει χάσει μέρος της αρχικής ενέργειας του σε σχέση με το φωτόνιο το αρχικό. (Παπάζογλου, 2014)



Εικόνα 7.Φαινόμενο Compton

(Πηγή- Δαλάκας, 2015)

Για να συμβεί το φαινόμενο Compton θα πρέπει η ενέργεια του φωτονίου να είναι αρκετά μεγαλύτερη από το ηλεκτρόνιο το οποίο βρίσκεται σε τροχιά. Άρα λοιπόν καθώς μεγαλώνει η ενέργεια του φωτονίου αυξάνονται οι πιθανότητες να συμβεί το φαινόμενο

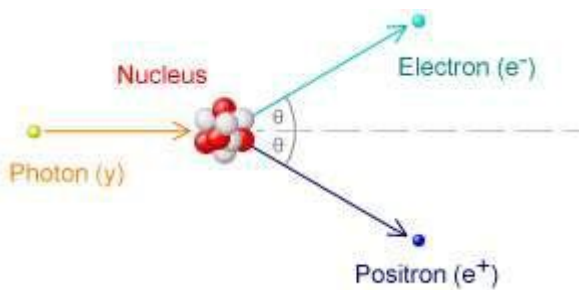
Compton. Στις υψηλές ενέργειες λοιπόν δεν θα ήταν λάθος να πούμε πως υπερσχύει το φαινόμενο Compton.

Άρα ανακεφαλαιώνοντας το φαινόμενο Compton αφορά τη σκέδαση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πάνω σε σωματίδια τα οποία είναι φορτισμένα(κυρίως τα ηλεκτρόνια).

Η αναφορά στο φαινόμενο Compton γίνεται διότι είναι ένα φαινόμενο πολύ συχνό στις διαγνωστικές και θεραπευτικές εξετάσεις που γίνονται με τις ακτίνες χ και καλό είναι να γνωρίζουμε την ύπαρξη του για να λαμβάνονται όλα τα μέτρα **ακτινοπροστασίας** από τους επαγγελματίες της υγείας τόσο για τους ίδιους όσο και για τους ασθενείς.

1.2.6.2. Φαινόμενο Δίδυμης γένεσης

Το φαινόμενο της διδύμους γένεσης είναι ένα φαινόμενο στο οποίο ένα φωτόνιο το οποίο είναι συνήθως υψηλής ενέργειας διεισδύει στον πυρήνα του ατόμου. Πιθανόν αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση ενός ζεύγους ηλεκτρονίων με συνέπεια την εξαφάνιση του προσπίπτοντος φωτονίου. Η μη ύπαρξη πλέον του φωτονίου και η εμφάνιση του ζεύγους ηλεκτρονίων ονομάζεται φαινόμενο της διδύμου γενέσεως. (Δαλάκας, 2015)

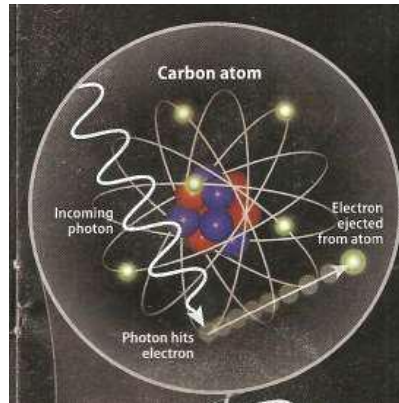


Εικόνα 8:Περιγραφή φαινομένου της διδύμου γένεσης
(Πηγή-Δαλάκας,2015)

1.2.6.3. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο είναι το φαινόμενο στο οποίο έχουν αλληλεπίδραση μεταξύ τους ένα φωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο. Κατά την αλληλεπίδραση αυτή το φωτόνιο δαπανά την ενέργεια του όλη και αποκόπτει το ηλεκτρόνιο από το άτομο. Από αυτή τη σύγκρουση ένας μέρος της ενέργειας του φωτονίου χάνεται και ένα άλλο γίνεται κινητική

ενέργεια του ηλεκτρονίου που διασπάστηκε από τον πυρήνα του ατόμου στον οποίο βρισκόταν. Στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο λοιπόν η ακτινοβολία απορροφάται ολοκληρωτικά. (Δαλάκας,2015)



Εικόνα 9: Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (Πηγή-Δαλάκας,2015)

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε λοιπόν να ορίσουμε ότι το **φωτοηλεκτρικό φαινόμενο** συμβαίνει περισσότερο στις **χαμηλές ενέργειες**, το φαινόμενο **Compton** παρουσιάζεται στις **μεσαίες ενέργειες** και το φαινόμενο της διδύμου γένεσης παρουσιάζεται στις **υψηλές ενέργειες**.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΠΑΙΔΙΑ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

Κεφάλαιο 2. Ορισμός παιδικής ηλικίας

Ορισμός : Όταν αναφερόμαστε στη λέξη **παιδί** εννοούμε τον ανθρώπινο οργανισμό από την γέννηση μέχρι την **εφηβεία** του. Πρακτικά αναφερόμαστε σε ανθρώπους είτε αγόρια είτε κορίτσια. Η παιδική ηλικία χωρίζεται σε δύο στάδια το **προλειτουργικό** και το **λειτουργικό**. Πρακτικά με τον όρο παιδική ηλικία ορίζουμε τα ανθρώπινα όντα από 5 έως και 12 -14 ετών όπου εκεί τελειώνει πρακτικά η μέση παιδική ηλικία. Αν θέλαμε να δώσουμε έναν μέσο όρο της μέσης παιδικής ηλικίας θα εννοούσαμε παιδιά από 6 έως 12 ετών. Σαν πρώιμη παιδική ηλικία εννοούμε τα παιδιά από 1 έως 6 ετών. (Γιαγκίδης και Μουντάνος, 2016)

Κεφάλαιο 2.1 Βιολογική ανάπτυξη στην παιδική ηλικία

Η παιδική ηλικία είναι εξορισμού μια περίοδος **αδιάλειπτης εξέλιξης** και συνεχούς **ανάπτυξης** τόσο σε **νοητικό** όσο και σε **βιολογικό** επίπεδο. Στην πραγματικότητα η παιδική ηλικία αποτελεί μια πάρα πολύ σημαντική περίοδο στην περεταίρω εξέλιξη του ανθρώπινου οργανισμού και εκεί βρίσκονται τα θεμέλια για την ανάπτυξη και την υγεία του παιδιού στο μέλλον. Η κάθε παρεμβολή είτε σε **ψυχολογικό** είτε σε **σωματικό** επίπεδο μπορεί να επηρεάσει την περεταίρω ανάπτυξη και την υγεία του παιδιού ως ενήλικα στο μέλλον. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα πως η ανάπτυξη των παιδιών στην παιδική ηλικία αποτελεί κρίσιμη περίοδο για την περεταίρω ανάπτυξη του ανθρώπινου οργανισμού τόσο σε επίπεδο **ψυχολογίας** όσο και σε επίπεδο **υγείας**. (Γιαγκίδης και Μουντάνος, 2016)

Στην πραγματικότητα **ανάπτυξη** θεωρούμε ένα άθροισμα λειτουργιών που προέρχονται από το βιολογικό σύστημα και στοχεύουν στην ωριμότητα του ανθρώπινου οργανισμού, οι οποίες έχουν συσχέτιση τόσο με **περιβαλλοντικούς** παράγοντες όσο με **διατροφικούς** και **γονιδιακούς**. Έτσι λοιπόν ένας ανθρώπινος οργανισμός για να αναπτύσσεται σωστά πρέπει όλα αυτά που αναφέραμε να συνδυάζονται χωρίς παρεμβολές. Θα πρέπει επίσης να τονίσουμε ότι όταν εννοούμε ανάπτυξη στα παιδιά δεν εννοούμε μόνο **σωματική** αλλά και **ψυχολογική**. (Γιαγκίδης και Μουντάνος, 2016)

Αξίζει να σημειώσουμε ότι σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των παιδιών παίζει η τεστοστερόνη για τα αγόρια και τα οιστρογόνα για τα κορίτσια. Υπάρχουν βέβαια και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν όπως

- Αυξητική ορμόνη
- Υπόφυση
- Θυρεοειδής και παραθυρεοειδής αδένες
- Επινεφρίδια
- Πάγκρεας
- Ωοθήκες
- Όρχεις (Γιαγκίδης και Μουντάνος, 2016)

Στην πραγματικότητα κατά την παιδική ηλικία ο ανθρώπινος οργανισμός αναπτύσσεται ταχύτερα κατά συνέπεια οι κυτταρικές διαιρέσεις είναι περισσότερες από ότι σε έναν ενήλικα. Αποτέλεσμα αυτών είναι ο **ανθρώπινος οργανισμός** κατά την **παιδική ηλικία** να είναι ποιο ευάλωτος σε αλλαγές όπως η διατροφή ή σε **εξωγενείς παράγοντες** όπως οι υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου και οι υπόλοιπες ιοντίζουσες ακτινοβολίες όπως οι ακτίνες χ. (Brody et al., 2007)

Αν δεν δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους εξωγενείς παράγοντες λόγω της αυξημένης κυτταρικής διαίρεσης που παρατηρείται στα παιδιά μπορεί να υποστούν μεταβολές μη αναστρέψιμες όπως για παράδειγμα ο καρκίνος. (Brody et al 2007)

Το μέγεθος της βλάβης θα εξαρτηθεί από την χρονική διάρκεια την οποία τα παιδιά εκτίθενται στην ακτινοβολία, τη δόση την οποία θα λάβουν, το είδος της ακτινοβολίας και το αν η ακτινοβολία είναι χρόνια ή οξεία, όπως τέλος πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η έκταση του πεδίου που θα ακτινοβοληθεί όπως και το όργανο που θα ακτινοβοληθεί. (Μελίδης,2014)

Οδηγούμαστε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να είμαστε πολύ προσεχτικοί με την έκθεση των παιδιών στους εξωγενείς παράγοντες και ιδιαίτερα στην έκθεσή τους στις **ιοντίζουσες ακτινοβολίες**.

2.2 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις στον παιδιά

ΓΕΝΙΚΑ

Λίγο μετά την ανακάλυψη των ακτίνων χ έγινε γνωστή η βλαπτική τους επίδραση στους ιστούς και στα κύτταρα του ανθρωπίνου σώματος, όταν ο οργανισμός μας εκτίθεται σε **υψηλές δόσεις ακτινοβολίας**. Η ζημιά που μπορεί να δημιουργηθεί χωρίζεται σε δύο κατηγορίες στις **γενετικές** και τις **σωματικές**.

Οι **σωματικές** μπορεί να είναι είτε μακροπρόθεσμες όπως ένας καρκίνος είτε σε σύντομο διάστημα όπως ένα έγκαυμα.

Οι **γενετικές** μπορεί να παρουσιασθούν στους απογόνους και σχετίζονται με μεταλλάξεις των γενετικών κυττάρων. (Παπάζογλου,2014)

Υπάρχουν κύτταρα στον ανθρώπινο οργανισμό που αναπαράγονται γρηγορότερα και είναι πιο ευαίσθητα την ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Τέτοια κύτταρα είναι αυτά του :

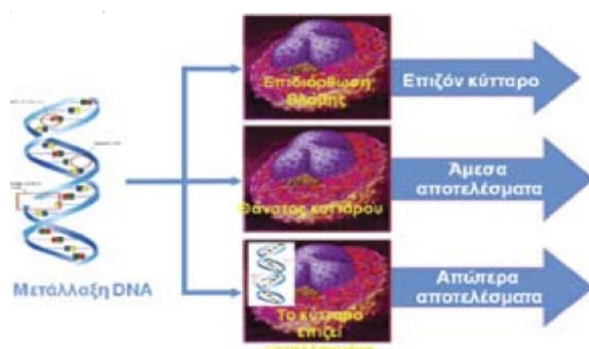
- ❖ Επιθηλίου
- ❖ Μυελού των οστών
- ❖ Δέρματος
- ❖ Γαστρεντερικού
- ❖ Αιμοποιητικού συστήματος (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Φυσικά έχουν γίνει μελέτες για την βλάβη που προκαλεί η ιοντίζουσα ακτινοβολία στο γενετικό υλικό. Πλέον είναι αποδεδειγμένο πως η ιοντίζουσα ακτινοβολία προκαλεί ζημιές στο κύτταρο, αφού έχει τη δυνατότητα να διασπάσει το γενετικό υλικό του κυττάρου δηλαδή το **DNA** του. Ανάλογα με την έκταση της βλάβης αν είναι **μικρή** ή **μεγάλη** το κύτταρο αντιδρά αναλόγως. Αν η βλάβη είναι μικρή για παράδειγμα το κύτταρο μπορεί να επιδιορθώσει τη βλάβη που έχει υποστεί από μόνο του, με τους ειδικούς μηχανισμούς επιδιόρθωσης που διαθέτει. Αν η βλάβη που έχει υποστεί το κύτταρο από την ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι μεγαλύτερη τότε το κύτταρο μπορεί να πεθάνει σε απευθείας ή άλλες φορές σε δεύτερο χρόνο. Αν τα κύτταρα που θα καταστραφούν είναι λίγα σε αριθμό πιθανώς δεν θα υπάρξει κάποια επίπτωση στον οργανισμό. Αν όμως είναι περισσότερα μπορεί να δημιουργηθούν βλάβες ακόμα και σε όργανα του ανθρώπινου οργανισμού. Αξίζει να σημειώσουμε ότι επηρεάζονται περισσότερο τα κύτταρα των οργάνων που διαιρούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα όπως τα επιθηλιακά. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Έτσι εξηγούνται διάφορα συμπτώματα που προκαλούνται από την ιοντίζουσα ακτινοβολία και περιλαμβάνουν τα εξής :

- Ναυτία
- Εμετοί
- Διάρροιες
- Πυρετός
- Πονοκέφαλος
- Πολυοργανική ανεπάρκεια και τέλος
- Θάνατος (Τσιτομενέας,2018)

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό οι **βιολογικές επιπτώσεις** από την ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι πολλές και ποικίλουν ανάλογα με την **χρονική διάρκεια της έκθεσης** και την **δόση** που έλαβε ο οργανισμός.(Μελίδης ,2014)



Εικόνα 10: Μετάλλαξη του DNA (Πηγή-Παπάζογλου,2014)

Βέβαια οφείλουμε να προσθέσουμε ότι αν δεχτεί χαμηλές δόσεις ιοντίζουσας ακτινοβολίας το κύτταρο μπορεί να ανακάμψει. Κάποιες φορές όμως η ζημιά που προκαλείται από την χαμηλή δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας δεν αποκαθίσταται η αποκαθίσταται εν μέρει αποτέλεσμα το κύτταρο να υποστεί ζημιά. Οι ζημιές μπορεί να οδηγήσουν σε βλάβες που θα φανούν βραχυπρόθεσμα όπως η δημιουργία κάποιου είδους καρκίνου η μακροπρόθεσμα όπως μια μεταφορά της ζημιάς στους απογόνους. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας οι επιδράσεις στον μέσο ανθρώπινο οργανισμό από δόση είναι οι εξής:

- ❖ 100 $\mu\text{Sv/h}$ – Αυξημένη πιθανότητα βλάβης
- ❖ 100.000 $\mu\text{Sv/h}$ - Εμετός, ναυτία
- ❖ 1.000.0000 $\mu\text{Sv/h}$ – Αυξημένη πιθανότητα καρκίνου
- ❖ 10.000.000 $\mu\text{Sv/h}$ – Βλάβες ζωτικών οργάνων και θάνατος σε λίγες ώρες(Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Φυσικά αυτά τα όρια είναι για τους ενήλικες ανθρώπους για τα παιδιά προφανώς ισχύουν πολύ μικρότερα όρια.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι δεν υπάρχει όριο ασφαλούς δόσης και έκθεσης στην ιοντίζουσα ακτινοβολία για τους ζώντες οργανισμούς.

Άρα λοιπόν οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας είτε είναι βιολογικές είτε δερμικές η αδερμικές μας δείχνουν ότι πρέπει να λαμβάνονται μέτρα και να τηρούνται τα δεσμοδετημένα όρια ασφαλείας. (Τσιτομενέας,2018)

Τέλος θα επαναλάβουμε μεγάλο ρόλο παίζει και η ευαισθησία των ιστών και των κυττάρων στα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού που ακτινοβολούνται δεν είναι για όλα τα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού η ίδια. Άλλα έχουν μεγαλύτερη ακτινοευαισθησία και άλλα μικρότερη. Για παράδειγμα το δέρμα δεν είναι τόσο ακτινοευαίσθητο όσο οι πνεύμονες.

2.2.1 Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες και επιπτώσεις στα παιδιά

Στην πραγματικότητα τα παιδιά αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία από τους ενήλικες ανθρώπους και τους λόγους αυτούς θα τους εξηγήσουμε παρακάτω.

Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι πιθανόν να δημιουργήσουν καρκίνο σε αυτόν που της δέχεται (UNSCEAR, 2006).

Επίσης πρέπει να επισημάνουμε ότι για συγκεκριμένη δόση τα παιδιά έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να αναπτύξουν καρκίνο από ότι έχει ένας ενήλικας.(UNSCEAR, 2013)

Αναγνωρίζοντας το **υψηλότερο ρίσκο για τα παιδιά** στην έκθεση στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να πούμε ότι είναι ποιο ευαίσθητα στο να αναπτύξουν καρκίνους όπως ο καρκίνος του δέρματος ,η λευχαιμία, του στήθους, του εγκεφάλου και του θυροειδή αδένου. (UNSCEAR, 2013)

Αυτό **πρώτον** συμβαίνει διότι τα όργανα και οι ιστοί οι οποίοι εξελίσσονται μεγαλώνουν και αναπτύσσονται είναι ποιο ευαίσθητοι (όπως στα παιδιά) από αυτούς που είναι ήδη **ανεπτυγμένοι**.(όπως στους ενήλικες)

Δεύτερον οι επιδράσεις της ακτινοβολίας οι οποίες οδηγούν σε κακοήθεια μπορεί να διαφέρουν και κάποιες από αυτές μπορεί να κάνουν χρόνια να φανούν μέχρι και δεκαετίες. Υπάρχει δηλαδή η **λανθάνουσα περίοδο**. Λανθάνουσα περίοδος είναι η περίοδος που θα χρειαστεί για να εκδηλώσεις την ασθένεια και στην συγκεκριμένη περίπτωση την **καρκινογένεση**. Βέβαια εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι η περίοδος αυτή έχει σχέση και με τον τύπο του καρκίνου.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η **λευχαιμία** η οποία κάνει να φανεί τουλάχιστον 10 έτη σε ορισμένες περιπτώσεις και περισσότερο. Άρα υπάρχει διαφορά και στον τύπο του καρκίνου. Η λευχαιμία έχει μικρότερη περίοδο από ότι άλλες σταθερές καρκινογενέσεις. (Brody et al., 2007)

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι ένα βρέφος η ένα παιδί έχει μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής για να εμφανίσει τις ογκογόνες επιδράσεις της ακτινοβολίας από ότι ένας ενήλικας 35 ετών η ένας μεσήλικας 50 ετών.

Τα κύτταρα αυτών και οι ιστοί είναι πλήρως ανεπτυγμένα και ως εκ τούτου επηρεάζονται λιγότερο. Επίσης έχουν μικρότερο προσδόκιμο ζωής για να παρουσιάσουν την ογκογόνο επίδραση από την ιοντίζουσα ακτινοβολία. (Brody et al., 2007)

Ως εκ τούτου μια επίδραση από την ιοντίζουσα ακτινοβολία που έχει 30 έτη λανθάνουσα περίοδο είναι ποιο πιθανόν να συμβεί σε ένα δεκάχρονο παιδί που έχει πολύ μεγάλο προσδόκιμο ζωής από ότι σε έναν πενήντα ετών που έχει πολύ μικρότερο προσδόκιμο ζωής.

Προκύπτει λοιπόν αβίαστα το συμπέρασμα ότι οι νεότερες ηλικίες και κυρίως τα παιδιά έχουν αυξημένο ρίσκο να εμφανίσουν καρκινογένεση ως αποτέλεσμα της έκθεσης στην ιοντίζουσα ακτινοβολία από ότι οι μεγαλύτεροι σε ηλικία.

Τα παιδιά λοιπόν τα οποία **βιολογικά** βρίσκονται σε φάση ανάπτυξης συνεχώς άρα ένα μεγάλο μέρος από τα κύτταρα τους πολλαπλασιάζονται , αντιμετωπίζουν μεγαλύτερες επιπτώσεις από την ιοντίζουσα ακτινοβολία εξαιτίας και ενός ακόμα παράγοντα. Πολλά από τα κύτταρα τους είναι **αδιαφοροποίητα** για παράδειγμα τα **βλαστοκύτταρα** με αποτέλεσμα κάποιες φορές όταν δεχθούν παραπάνω δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας να ανασταλεί προσωρινά η μόνιμη η ωρίμανση τους όπως για παράδειγμα τα ερυθρά αιμοκύτταρα. Επίπτωση όλων αυτών μπορεί να είναι ο **καρκίνος** ο οποίος εξαιτίας της φάσης στην οποία βρίσκεται ο παιδικός οργανισμός δηλαδή συνεχώς αναπτυσσόμενος μπορεί να οδηγήσει σε πολύ **χαμηλό προσδόκιμο επιβίωσης**. (Brody et al., 2007)

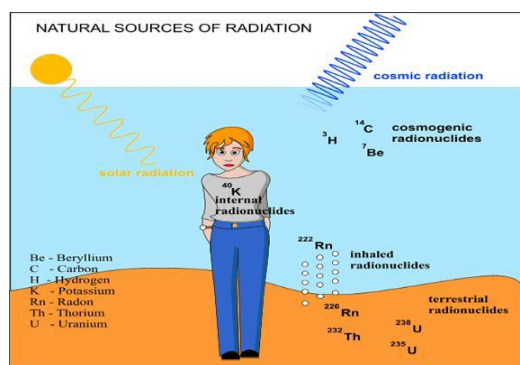
Ένας άλλος πολύ **σημαντικός παράγοντας** λοιπόν που επηρεάζουν είναι το **είδος** της ακτινοβολίας διότι διαφορετική επίδραση έχουν οι ακτίνες α και διαφορετική οι ακτίνες χ ,όπως και η **δόση που απορροφήθηκε** από τον παιδικό οργανισμό. Τέλος **το όργανο** που ακτινοβολήθηκε όπως και το **πόσο μεγάλο μέρος του σώματος** ακτινοβολήθηκε. Σημαντική φυσικά είναι ο ρυθμός με τον οποίο ακτινοβολήθηκε ο οργανισμός. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Όλες αυτές οι **επιπτώσεις** πρέπει να μας κάνουν να σκεφτούμε σοβαρά την **ακτινοπροστασία των παιδιών** από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες αλλιώς οι συνέπειες τόσο για τα ίδια τα παιδιά όσο και για τους απογόνους τους μπορεί να είναι μη αναστρέψιμες.

Πηγές ιοντίζουσων ακτινοβολιών για τα παιδιά

Αρχικά πρέπει να πούμε ότι οι ιονίζουσες ακτινοβολίες παράγονται είτε από **φυσικές πηγές** είτε από **τεχνητές πηγές**.

Φυσική πηγή ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι η **κοσμική ακτινοβολία** και το μεγαλύτερο μέρος κοσμικής ακτινοβολίας η γή το δέχεται από τον ήλιο που είναι φυσικά η μεγαλύτερη φυσική πηγή **ιονίζουσας ακτινοβολίας**. Άλλες φυσικές πηγές ακτινοβολίας μπορούν να προέλθουν από **πετρώματα στο έδαφος** όπως για παράδειγμα τα **ορυκτά του ουρανίου**. Άλλες φυσικές πηγές είναι τα πετρώματα από το θόριο αλλά και το ραδόνιο στο οποίο θα αναφερθούμε σε κεφάλαιο ξεχωριστά. Όλοι είμαστε εκτεθειμένοι στις ιονίζουσες ακτινοβολίες που παράγονται από τις φυσικές πηγές όπως **σωματίδια α, β και γ**. (Μαγγέλης,2011)



Εικόνα II: Φυσικές πηγές ιονίζουσας ακτινοβολίας

(Πηγή-Παπάσογλου,2014)

Οι **τεχνητές πηγές** ιονίζουσας ακτινοβολίας ανακαλύφθηκαν τον 19^ο αιώνα και αφορούν τον κλάδο της απεικόνισης , της διάγνωσης και της θεραπείας. (Μαγγέλης,2011)

Μηχανήματα τεχνητών πηγών ακτινοβολίας ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι η ακτινολογική λυχνία, το μηχάνημα της ακτινοθεραπείας ο αξονικός τομογράφος και ο μαστογράφος. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Οι **ακτίνες χ** χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα **διαγνωστικών** εξετάσεων όπως οι ακτινογραφίες θώρακος για παράδειγμα (Hessenbruch, A, 2000, p. Science as public sphere : X-rays between spiritualism and physics), επιπλέον χρησιμοποιούνται και σε **θεραπευτικές** εξετάσεις όπως η **ακτινοθεραπεία**. (Brecher R and Brecher E, 1969)

Οι **ακτίνες χ** όπως και οι **ακτίνες γ** δεν επιδρούν άμεσα δηλαδή παράγουν ιονισμό όταν έρθουν σε επαφή με τον στόχο και στη συγκεκριμένη περίπτωση με τον οργανισμό των παιδιών. Οι ακτίνες χ μπορεί να παραχθούν από τον αξονικό τομογράφο για

παράδειγμα ή για τον έλεγχο των βαλιτσών στο αεροδρόμιο. Όπως καταλαβαίνουμε η έκθεση των παιδιών στην ιοντίζουσα ακτινοβολία υπάρχει σε πολλούς τομείς της καθημερινότητά τους. Ανάλογα με την δόση που έχει λάβει το παιδί μπορεί να προκληθεί ένα μικρό έγκαυμα αν η δόση είναι μικρή μέχρι και θάνατο αν η δόση είναι μεγάλη και η έκθεση συνεχής. Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι σε μικρές δόσεις δεν μπορεί να δημιουργηθεί βλάβη στον ανθρώπινο οργανισμό. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Στο κρίσιμο ερώτημα που θέτουν πολλοί λοιπόν μέχρι πόση ακτινοβολία μπορεί να δεχτούν τα παιδιά η απάντηση θα δοθεί σε επόμενο κεφάλαιο παρακάτω και σε αυτό το κρίσιμο ερώτημα θα μας βοηθήσει η Βιοφυσική και η Ακτινοβιολογία.

Η δόση σε συνάρτηση με το ρυθμό που δέχεται τη δόση ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να προκαλέσουν διάφορα συμπτώματα όπως ναυτία, εμετό, αυξημένη πιθανότητα κάποιας ασθένειας και άλλα.(Κωνστανταρόγιαννη,2015, p.1.3). Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα στις επιδράσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας (Brody et al 2007, p.ionizing radiation)κάνει απαραίτητο το να είμαστε πολύ προσεκτικοί με την έκθεση των παιδιών είτε στις φυσικές είτε στις τεχνητές πηγές ακτινοβολίας.

Τέλος θα πρέπει να σημειώσουμε ότι στην πραγματικότητα δεν υπάρχει όριο ασφαλούς δόσης ούτε όρια ασφαλούς έκθεσης για τους ζώντες οργανισμούς και για τα παιδιά φυσικά. (Τσιτομενέας,2018)

2.3 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις γενικότερα

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες όπως οι ακτίνες χ και γ από τη φύση μεταφέρουν ενέργεια και προκαλούν ιονισμό εκεί που προσπίπτουν σε έναν ζώντα οργανισμό ή ένα οικοσύστημα. Εδώ θα παρουσιάσουμε τις επιπτώσεις και τις αλληλεπιδράσεις που προκύπτουν όταν έρθουν σε επαφή με έναν ζώντα οργανισμό και συγκεκριμένα με τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι επιδράσεις ποικίλουν και θα προσπαθήσουμε παρακάτω να τις προσδιορίσουμε και να τις ορίσουμε. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Για αρχή πρέπει να πούμε ότι οι ακτινοβολίες προέρχονται είτε από φυσικές πηγές ήλιος, ραδόνιο είτε από τεχνητές πηγές ακτινολογική λυχνία, πυρηνική ενέργεια. (Μαγγέλης,2011)

Οι επιδράσεις ποικίλουν και μπορεί να είναι

- Θερμικές
- Αδερμικές
- Βιολογικές
- Λειτουργικές(Τσιτομενέας,2018)

Για όλες αυτές τις επιδράσεις , επιπτώσεις πρέπει να λαμβάνονται αυστηρά μέτρα **ακτινοπροστασίας** στα οποία θα αναφερθούμε αργότερα σε επόμενο κεφάλαιο.

Ιδιαίτερη σημασία και προσοχή πρέπει να δοθεί σε ένα πολύ σημαντικό πράγμα το οποίο τα επαναλαμβάνουμε συχνά.

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ότι δεν προσδιορίζονται μέχρι σήμερα όρια ασφαλούς έκθεσης για τους ζώντες οργανισμούς ούτε και για τα παιδιά φυσικά. (Τσιτομενέας,2018)

Σύμφωνα με κάποιες έρευνες μέχρι σήμερα δεν έχουν αποδεχτεί και πιθανότητα δεν πρέπει να υπάρχουν επιπτώσεις σε έναν ζώντα οργανισμό και στον ανθρώπινο από ασθενή ακτινοβολία. Στα παιδιά βέβαια που είναι πιο ευαίσθητα όρια αντοχής του οργανισμού τους είναι πιο χαμηλά από έναν ενήλικα άνθρωπο και κατά συνέπεια πρέπει να είμαστε πιο προσεχτικοί. Δηλαδή μικρότερες δόσεις όταν πραγματοποιείται μια εξέταση με ιοντίζουσες ακτινοβολίες.(Brody et al., 2007). Η ολιγόλεπτη έκθεση βέβαια σε ισχυρή δόση η έκθεση σε πολλές πηγές μαζί μπορεί να έχει μη αναστρέψιμες βλάβες και να προκληθούν βιολογικά και λειτουργικά αποτελέσματα. (Τσιτομενέας,2018)

Παρακάτω θα δούμε κάποιους ορισμούς που θα μας βοηθήσουν να καταλάβουμε τις επιδράσεις της **ιοντίζουσας ακτινοβολίας** σε έναν ζώντα οργανισμό.

1) Ατρωσία είναι στην πραγματικότητα η πιθανότητα αβλαβούς ακτινοδόλησης που σε έναν ζώντα οργανισμό χαρακτηρίζει τη βιολογική του αντοχή στην ακτινοβολία.

2)Τρωτότητα χαρακτηρίζουμε την πιθανότητα βλάβης που έχει ως χαρακτηριστικό κάθε ζώντας οργανισμός η ένα οικοσύστημα.

3) Επικινδυνότητα χαρακτηρίζουμε την πιθανότητα βλάβης εξαιτίας των συνθηκών ακτινοδόλησης ενός ζωντανού οργανισμού η φυσικού η τεχνητού συστήματος.

4) Διακινδύνευση ορίζουμε τη συνδυασμένη πιθανότητα να υπάρξει λειτουργική η και βιολογική βλάβη από την προσληφθείσα ακτινοβολία από έναν ζώντα οργανισμό η από

ένα οικοσύστημα από την τρωτότητα και την επικινδυνότητα.(Τσιτομενέας,2018, ρ. Ανάλυση της διακινδύνευσης)

Για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες η διακινδύνευση αναλύεται και ορίζεται στις εξής δύο φάσεις .Τον προσδιορισμό και την αξιολόγηση της διακινδύνευσης.

Η αξιολόγηση της διακινδύνευσης είναι επί της ουσίας η αξιολόγηση της ποσοτικής και ποιοτικής αξίας του κινδύνου που έχει σχέση με μια ειδική κατάσταση και απειλή που είναι αναγνωρισμένη.

Ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου γίνεται με υπολογισμό της διακινδύνευσης που συναρτάται με το μέγεθος της πιθανής απώλειας η βλάβης και την πιθανότητα ότι αυτή η βλάβη θα υπάρξει.

Επειδή όμως υπάρχει δυσκολία στην εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων ασφαλείας και επειδή υπάρχει μεγάλο κόστος συνήθως οδηγούμαστε στην αποδεκτή διακινδύνευση η οποία ισούται με έναν κίνδυνο ο οποίος είναι κατανοητός και ανεκτός. (Τσιτομενέας,2018)

Οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες τις

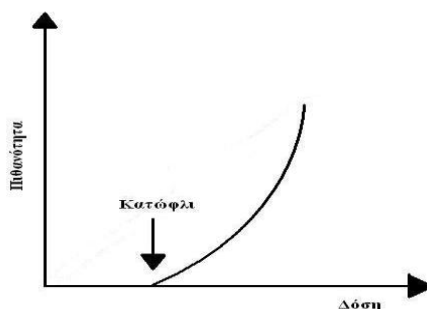
- ✓ Στοχαστικές
- ✓ Αιτιοκρατικές

i) Στοχαστικές επιδράσεις είναι οι επιδράσεις που δημιουργούνται από χρόνια η χαμηλή έκθεση και τα αποτελέσματα αυτής είναι στοχαστικά.

Τα στοχαστικά αποτελέσματα είναι κάποιες επιδράσεις που έχουν συμβεί τυχαία κάτω από ένα όριο δόσης. Παραδείγματα στοχαστικών αποτελεσμάτων είναι η υπερεαυαισθησία, οι επιπτώσεις στην φυσιολογία, λευχαιμίες, γενετικές αλλαγές και κάποιες κυτταρικές μεταλλάξεις. (Τσιτομενέας,2018)

ii) Αιτιοκρατικές είναι οι επιδράσεις που δημιουργούνται έπειτα από υψηλή έκθεση σε έναν ζώντα οργανισμό και κάποια από αυτά είναι τα εγκαύματα , η κακή διάθεση και ο θάνατος σε ορισμένες περιπτώσεις.

Οι αιτιοκρατικές επιδράσεις δημιουργούν αιτιοκρατικά αποτελέσματα τα οποία στην ουσία είναι οι σίγουρες επιδράσεις πάνω από ένα συγκεκριμένο όριο δόσης και όσο αυξάνεται η δόση και η τιμή της αυξάνονται και οι επιπτώσεις. Κάποιες επιπτώσεις μπορεί να είναι ναυτία, κοκκίνισμα του δέρματος ,διάρροιες και καρκίνος. (Τσιτομενέας,2018)



Εικόνα 12: Εδώ βλέπουμε αποτελέσματα μη στοχαστικά η καθορισμένα (Πηγή-Μελίδης,2014)

Επιπλέον πρέπει να γνωρίζουμε ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία έχει ενέργεια ικανή να δημιουργήσει αλληλεπίδραση με την ύλη . Η αλληλεπίδραση μπορεί να περιλαμβάνει ιονισμό ατόμων. Μπορεί να περιλαμβάνει και διάσπαση κάποιων χημικών δεσμών. Όταν λοιπόν αλληλεπιδράσει με έναν ζώντα οργανισμό μπορεί να προκαλέσει επιπτώσεις σε αυτόν τόσο στα κύτταρά του όσο και στα όργανα του. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει βιολογικές επιδράσεις όταν ένας ζωντανός οργανισμός ακτινοβολείται και να υπάρξουν αλλαγές σε **βιολογικό επίπεδο**. Οι αλλαγές αυτές χωρίζονται σε 3 στάδια.

- Φυσικό στάδιο
- Χημικό στάδιο
- Βιολογικό στάδιο το οποίο μπορεί να κρατήσει από λίγα λεπτά έως και πολλά έτη. (Μαγγέλης,2011)

Το φυσικό και το βιολογικό στάδιο έχουν μελετηθεί εκτενώς ενώ στο χημικό είναι ακόμα υπό διερεύνηση.

A) Φυσικό στάδιο

Στο στάδιο αυτό η ιοντίζουσα ακτινοβολία διεισδύει στην ύλη και προκαλεί ιονισμό με συνέπεια τη δημιουργία ιόντων και διεγέρσεων. Η ενέργεια που μπαίνει στον στόχο έχει άμεση συνάρτηση με το είδος της ακτινοβολίας και την ευθύγραμμη μετάδοση ενέργειας.

Όταν η ακτινοβολία διαπερνά τον ζώντα οργανισμό η την ύλη δημιουργούνται ιονισμοί που είναι το κύριο κομμάτι αυτού του σταδίου. Το πόσοι ιονισμοί έχουν παραχθεί εξαρτάται από την ευθύγραμμη μετάδοση ενέργειας η οποία σαν μέγεθος συμβάλλει στην μέτρηση των ιονισμών που προκαλεί μια ακτινοβολία διαπερνώντας τη ύλη η τον ζώντα οργανισμό. Ακτινοβολίες με υψηλή ευθύγραμμη μετάδοση ενέργειας προκαλούν πολλούς ιονισμούς και διεγέρσεις. Το αντίθετο συμβαίνει με τις ακτινοβολίες που έχουν χαμηλό δείκτη μετάδοσης ενέργειας.

Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το εύρος των ιονισμών διότι μέσω της επίδρασης αυτής υπάρχει η δημιουργία η διάσπαση χημικών δεσμών. (Μαγγέλης,2011)

B) Χημικό στάδιο

Ένας ζωντανός οργανισμός αποτελείται από 60%-80% νερό. Άρα με τα ιόντα που έχουν δημιουργηθεί από την ακτινοβολία και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια συντελούνται μέσα στον οργανισμό που αποτελείται κυρίως από νερό η ραδιόλυση του νερού και η υδρόλυση.

Με την αλληλεπίδραση αυτή δημιουργούνται ρίζες υδροξυλίου και υδρογόνου . Οι συνεχείς αυτές αλληλεπιδράσεις μπορούν παράγουν H_2 O_2 ή και να δημιουργηθούν και άλλες ελεύθερες ρίζες. Ακόμη ελεύθερες ρίζες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με μόρια ελεύθερων ριζών και να δημιουργηθούν πολύ δραστικές ελεύθερες ρίζες. (Κότσας,2016)

Οι επιπτώσεις αυτές που δημιουργούνται με την ιοντίζουσα ακτινοβολία στον οργανισμό είναι έμμεσες σε αντίθεση με τις βλάβες που δημιουργούνται από τον απευθείας ιονισμό των ατόμων. Μια άμεση βλάβη της ιοντίζουσας ακτινοβολίας μπορεί να είναι βλάβες στο DNA το οποίο με τη σειρά του δημιουργεί βλάβες στα κύτταρα. (Μαγγέλης,2011)

Γ) Βιολογικό στάδιο

Στο βιολογικό στάδιο το οποίο έχει άμεση σχέση με τα προηγούμενα μελετάται η επίδραση της ακτινοβολίας στους έμβιους πολυκύτταρους οργανισμούς .

Σε αντίθεση με το φυσικό και χημικό στάδιο το βιολογικό στάδιο μπορεί να κρατήσει από ένα μικρό χρονικό διάστημα έως γενεές ολόκληρες. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην πολυπλοκότητα των βιολογικών συστημάτων.

Αν για παράδειγμα υπάρξει έλλειψη ενός ενζύμου μπορεί να επηρεαστεί η συνολική λειτουργία ενός οργανισμού. Η έλλειψη λοιπόν μακρομορίων ή κυττάρων όσο πιο πολύπλοκα γίνονται τα επίπεδα δομής ενός ζώντα οργανισμού μπορεί να είναι πολλαπλασιαστικά.

Ο οργανισμός βέβαια έχει μηχανισμούς επιδιόρθωσης της βλάβης όμως αυτό διαφέρει από οργανισμό σε οργανισμό. (Μαγγέλης,2011)

Παράγοντες που επηρεάζουν είναι

- Η ένταση της ακτινοβολίας
- Η διάρκεια της έκθεσης
- Καθώς και ακτινευαισθησία του οργάνου ή του ιστού

2.3.1 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και επιδράσεις στα κύτταρα

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία ως γνωστόν μεταφέρει ενέργεια .Η ενέργεια αυτή είναι ικανή να προκαλέσει βλάβες στους ιστούς , στα όργανα και στα κύτταρα ενός ανθρώπινου οργανισμού. Τα παιδιά φυσικά και τα κύτταρα τους τα οποία είναι σε φάση συνεχών διαιρέσεων και αναπτύσσονται με ταχύτητα είναι περισσότερο **ακτινοευαίσθητα**. (Brody et al., 2007)

Τα κύτταρα ως γνωστόν αποτελούν ένα αναπόσπαστο και βασικό συστατικό για τον κάθε οργανισμό και για αυτό οι επιδράσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας(μια ακτινοβολίας που έχει την ικανότητα να μεταφέρει ενέργεια) αρχίζουν από τα κύτταρα του οργανισμού μας. Παρακάτω θα μελετήσουμε τις επιδράσεις της ιονίζουσας ακτινοβολίας στα κύτταρα ενός ανθρώπινου οργανισμού,

Οι βλάβες που μπορεί να προκαλέσει η ιονίζουσα ακτινοβολία στα κύτταρα είναι είτε άμεσες είτε έμμεσες. (Μαγγέλης ,2011)

Κυτταρική δομή και λειτουργία

Πριν όμως αναφερθούμε στις βλάβες καλό θα ήταν να πούμε κάποια βασικά πράγματα για τη λειτουργία και τη δομή του κυττάρου. Στο σώμα υπάρχουν κύτταρα διαφόρων ειδών που το καθένα εξυπηρετεί συγκεκριμένο σκοπό και λειτουργία. Τα κύτταρα αναπτύσσονται, ρυθμίζουν ξεχωριστές λειτουργίες στο ανθρώπινο σώμα και αναπαράγονται φυσικά. Ένα κύτταρο διαθέτει συστατικά οργανικά και ανόργανα. Δηλαδή ένα κύτταρο μπορεί να αποτελείται από υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες και από νουκλεϊνικά οξέα όπως το **DNA** και το **RNA**. Φυσικά το κύτταρο όπως και ο ανθρώπινος οργανισμός αποτελείται κυρίως από νερό. Στον **πυρήνα** του κυττάρου όπου βρίσκεται το **DNA** και το **RNA** εκτελούνται οι βασικές λειτουργίες του κυττάρου όπως ο πολλαπλασιασμός του. Είναι λοιπόν σημαντική η λειτουργία του για τον οργανισμό μας. (Πλουμιστάκης,2016)

Οι βλάβες λοιπόν που προκαλούνται από την ιονίζουσα ακτινοβολία είναι είτε **έμμεσες** είτε **άμεσες**.

Άμεση επίδραση είναι η δράση της ακτινοβολίας στο **DNA** του κυττάρου η σε άλλα μεγαλομόρια του κυττάρου όπως οι πρωτεΐνες, τα ένζυμα η το **RNA** του κυττάρου. Μπορεί δηλαδή με την επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας από ένα ιόν για παράδειγμα να επηρεαστεί μια πρωτεΐνη του κυττάρου με αποτέλεσμα οι δεσμοί που την αποτελούν να επηρεαστούν και να καταστούν μη λειτουργικοί. Ένας άλλος τρόπος να επηρεάσει με άμεσο τρόπο η ιονίζουσα ακτινοβολία το κύτταρο είναι να προσβληθεί ένα ένζυμο του κυττάρου με συνέπεια η σύνδεση πρωτεϊνών να μην γίνει σωστά και να μην παραχθεί κάποιο εξαιρετικής σημασίας για το κύτταρο συστατικό. (Πλουμιστάκης,2016)

Έμμεση επίδραση μπορεί να είναι η δράση της ακτινοβολίας στα μόρια του νερού που υπάρχουν μέσα στο κύτταρο με αποτέλεσμα τη δημιουργία **ελευθέρων ριζών** μέσα στο κύτταρο, πρέπει να σημειώσουμε ότι οι ελεύθερες ρίζες είναι αρκετά **δραστικές**. Η δραστηριότητα οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελούν αποτέλεσμα ραδιόλυσης του νερού που είναι και το βασικό συστατικό μέσα στο κύτταρο. Οι ελεύθερες ρίζες μπορεί να προκαλέσουν ζημιά στο **DNA** του κυττάρου με αποτέλεσμα το σπάσιμο ελίκων του **DNA**. Κάποια από το σπασίματα επιδιορθώνονται από το κύτταρο και κάποια άλλα όχι. Αν δεν διορθώσει το κύτταρο τη ζημιά που προκλήθηκε από τις ελεύθερες ρίζες μπορεί να μεταλλαχθεί το κύτταρο η ακόμα και να θανατωθεί. (Πλουμιστάκης,2016)

Αποτέλεσμα λοιπόν της επίδρασης της ιονίζουσας ακτινοβολίας στο κύτταρο μπορεί να είναι :

- ❖ Το σπάσιμο μια έλικας
- ❖ Το σπάσιμο διπλής έλικας
- ❖ Απώλεια βάσεων
- ❖ Αλλαγή βάσεων
- ❖ Σπάσιμο κάποιων δεσμών υδρογόνου που μπορεί να αλλάξουν μόνιμα τη δομή του **DNA**

- ❖ Επηρεασμός των οργανικών βάσεων (οξειδωση, υδρόλυση)
- ❖ Ενδομοριακή ή διαμοριακή σύνδεση DNA (Μαγγέλης, 2011)

Εδώ πρέπει να πούμε ότι η δράση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στα κύτταρα μπορεί να προκαλέσει βλάβες υποθανατηφόρες, θανατηφόρες ή βλάβες δυνητικά θανατηφόρες.

Συνοψίζοντας τα κύτταρα αποτελούν την βασική μονάδα και τη βασική δομή ενός έμβιου οργανισμού. Οι έμμεσες επιπτώσεις είναι οι ιονισμοί που δημιουργούνται μέσα στον οργανισμό και οι άμεσες αυτές που επηρεάζουν το DNA του κυττάρου και στις αλλοιώσεις που προκαλούνται μέσω αυτής στο γενετικό υλικό. (Μαγγέλης, 2011)

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία προκαλεί πολλές παρενέργειες στο κύτταρο και αυτές εξαρτιούνται από την χρονική περίοδο που εκτέθηκε ο οργανισμός και από το σύνολο της δόσης.

Τα παιδιά καλό είναι να μην εκτίθενται και αν κριθεί απαραίτητο να ληφθούν όλα τα μέτρα προστασίας διότι τα κύτταρά τους αναπαράγονται διαρκώς και συνεπώς είναι ποιο ευαίσθητα στις επιδράσεις της ακτινοβολίας. (Brody et al., 2007)

2.4 Ιοντίζουσες ακτινοβολίες και Δόση στον ασθενή

Ως γνωστόν οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες προκαλούν ιονισμό και έχουν βιολογικές και όχι μόνο επιδράσεις στους ζώντες οργανισμούς και κατά συνέπεια και στον ανθρώπινο οργανισμό. (Μαγγέλης, 2011)

Υπάρχουν φυσικές πηγές ακτινοβολίας όπως ο ήλιος και οι υπεριώδεις ακτίνες του για παράδειγμα όπως επίσης υπάρχουν και οι τεχνητές πηγές ακτινοβολίας όπως οι ακτινολογικές λυχνίες για παράδειγμα που παράγουν ακτίνες χ οι οποίες χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για διάγνωση και για θεραπεία. (Μαγγέλης, 2011)

Ένα εξαιρετικής σημασίας στοιχείο για οποιαδήποτε επίδραση της ακτινοβολίας στους ζωντανούς οργανισμούς και στον παιδικό οργανισμό όπως μελετάμε εδώ είναι το χρονικό διάστημα που διαρκεί η επίδραση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες ορίζουμε «τον ρυθμό της ισοδύναμης δόσης που έχει ως μονάδα την ισοδύναμη δόση μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα».

A) Δόση ακτινοβολίας

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που πρέπει να γνωρίζουμε είναι η απορροφούμενη δόση η δόση ακτινοβολίας. Όταν μια δέσμη φωτονίων εισέρχεται σε ένα υλικό και εναποθέτει

ενέργεια αλυσιδωτά δημιουργείται μια αλληλεπίδραση. Η απορροφηθείσα ενέργεια ανά μονάδα μάζας ονομάζεται δόση. Η απορροφούμενη δόση έχει ως μονάδα μέτρησης το 1 Gry. (Ανδρέου,2016)

Β) Έκθεση ακτινοβολίας

Έκθεση ακτινοβολίας ορίζεται «Το άθροισμα των ηλεκτρικών φορτίων όλων των ιόντων που έχουν παραχθεί μέσα σε ένα στοιχειώδη όγκο αέρα μάζας»

Η έκθεση είναι ένα μέγεθος που χρησιμοποιείται για τις ιοντίζουσες ακτίνες χ και γ.(Ανδρέου,2016)

Γ) Kerma

Kerma θα μπορούσαμε να πούμε ότι εκφράζει την κινητική ενέργεια η οποία μεταφέρεται από αφόρτιστα σωμάτια για παράδειγμα τα νετρόνια σε φορτισμένα σωμάτια. Η οποία μετράται ανά μονάδα μάζας του ακτινοβολούμενου υλικού.

Μονάδα μέτρησης ορίζεται το **Gy**.

Πρέπει να τονίσουμε ότι οι εξετάσεις που πραγματοποιούνται για διαγνωστικό σκοπό στα νοσοκομεία και χρησιμοποιούμε ακτίνες χ και γ δεν είναι εντελώς αβλαβής για τον ανθρώπινο και δη για τον παιδικό οργανισμό. Αν δεν ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα μπορεί να προκληθούν βιολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. (Ανδρέου,2016)

Δ) Ισοδύναμη δόση οργάνου ή ιστού

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία ακόμα και αν δοθεί σε μια συγκεκριμένη δόση σε ένα συγκεκριμένο βιολογικό υλικό είναι δυνατό να δράσει διαφορετικά. Για αυτό το λόγο έχει οριστεί ως **ισοδύναμη δόση**.

Ισοδύναμη δόση ορίζουμε λοιπόν η απορροφούμενη δόση από έναν ιστό η όργανο σε συνάρτηση με το συντελεστή στάθμισης και την ποιότητα και το είδος της ακτινοβολίας. (Ανδρέου,2016)

Ε) Ενεργός δόση

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε ότι δεν έχουν όλα τα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού την ίδια ευαισθησία στην ακτινοβολία. Άλλα είναι περισσότερο ευαίσθητα και άλλα λιγότερο.

Σαν ενεργό δόση ορίζουμε λοιπόν «το άθροισμα των γινομένων της ισοδύναμης δόσης από εξωτερική και εσωτερική ακτινοβολία σε όλους τους ακτινευαίσθητους ιστούς επί τον παράγοντα βαρύτητας τους».

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε την ευαισθησία του κάθε ιστού ή οργάνου για λόγους ακτινοπροστασίας του ασθενή.

Είναι περιττό να σημειώσουμε ότι τα παιδιά και τα όργανα ή οι ιστοί τους οι οποίοι βρίσκονται σε ανάπτυξη είναι πολύ περισσότερο ακτινευαίσθητα σε σύγκριση με αυτά ενός ενήλικα. (Ανδρέου, 2016)

ΣΤ) Dose area product

Το *Dap* χρησιμοποιείται σαν έννοια για να βοηθήσει στην εκτίμηση της δόσης που λαμβάνει ο ασθενής στη διάρκεια μιας επεμβατικής διαδικασίας ή κατά τη διάρκεια της τέλεσης μιας εξέτασης με ακτίνες χ ή γ .

Το *Dap* ορίζεται ως «το γινόμενο της επιφάνειας μια διατομής της δέσμης ακτίνων χ και τον μέσο όρο του *air Kerma* πάνω από αυτή τη διατομή.

Ως μονάδα μέτρησης ορίζεται το $\text{Gy} \cdot \text{cm}^2$.

Τέλος πρέπει να σημειώσουμε ότι η ενεργός δόση και η ισοδύναμη δόση χρησιμοποιούνται για τις χαμηλές ενέργειες.

Για τις υψηλές δόσεις ορίζεται η σχετική βιολογική δραστηριότητα που ορίζεται «το πηλίκο της δόσης σε *rad* ακτίνων χ , προς τη δόση σε *rad* ακτινοβολία που προκαλεί το ίδιο βιολογικό αποτέλεσμα με τις ακτίνες χ ».

Η τιμή αυτή μπορεί να επηρεαστεί από το βιολογικό αποτέλεσμα, το μέγεθος της δόσης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας καθώς και από άλλους αστάθμητους παράγοντες.

Άρα δεν είναι ίδια για την κάθε ακτινοβολία. (Ανδρέου, 2016)

2.5 Ηλιακή ακτινοβολία και παιδιά

Ο ήλιος αποτελεί την βασικότερη φυσική πηγή ιοντίζουσων ακτινοβολιών η οποία εκπέμπει ιοντίζουσα ακτινοβολία συνεχώς και σε μεγάλη ένταση. Οι ακτίνες του ήλιου εκκινούνται σε όλο το φάσμα ιοντίζουσων ακτινοβολιών με τιμές στοιχειώδους ενέργειας $1\text{KeV} < W < 100\text{GeV}$.

Ποιο συγκεκριμένα ο ήλιος εκπέμπει ακτίνες χ και γ με σωματίδια και ιόντα τα οποία έχουν πολύ μεγάλη στοιχειώδη ενέργεια.

Τα σωματίδια της ηλιακής ακτινοβολίας τα οποία είναι φορτισμένα είναι τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια. Τα σωματίδια αυτά εκπέμπουν συνεχώς και με ταχύτητες που διαφέρουν και με διαφορετική ένταση και ενέργεια. (Τσιτομενέας,2018)

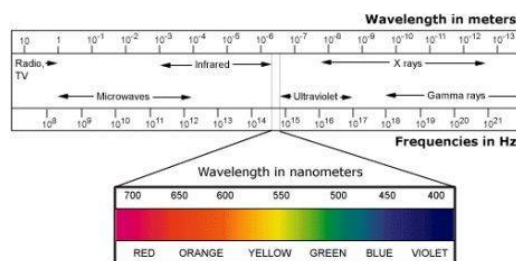
Ηλιακή υπεριώδης ακτινοβολία

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί στην πραγματικότητα ένα μέρος του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Το φάσμα της περιλαμβάνει

- ❖ Μικροκύματα
- ❖ Υπέρυθρη ακτινοβολία
- ❖ Ορατό φως
- ❖ Υπεριώδης ακτινοβολία
- ❖ Ακτίνες χ
- ❖ Ακτίνες γ (Σακουφάκη,2017)

Η υπεριώδης ακτινοβολία παράγεται από τις μεταβολές της ενέργειας των ηλεκτρονίων στα άτομα και στα μόρια. Μπορεί να είναι μιας μορφής ιοντίζουσας ακτινοβολίας διότι μπορεί να προκαλέσει διάσπαση μορίων άρα καθίσταται επικίνδυνη στους ζώντες οργανισμούς και κατά συνέπεια στα παιδιά.(Σακουφάκη,2017)



Εικόνα 13: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα της υπεριώδους ακτινοβολίας

(Πηγή-Μάμαλου,2018)

Αξίζει να σημειωθεί ότι στην γη καταφτάνει περίπου το 5% της ηλιακής ακτινοβολίας και αποτελεί την κύρια φυσική πηγή έκθεσης των παιδιών και των ενηλίκων ανθρώπων παρά την μικρή έντασή της.

Η ακτινοβολία UV-A : Η ενέργεια της φτάνει μέχρι τα 400 nm και αποτελεί το 6% που δέχεται η επιφάνεια της γης. Ένα μικρό μέρος της ακτινοβολίας αυτής απορροφάται από το ατμοσφαιρικό όζον. Την καλοκαιρινή περίοδο τις ώρες που έχει ήλιο το 80% αυτής της ακτινοβολίας καταφτάνει στην επιφάνεια της γης. Ωστόσο δεν συντρέχει λόγος ανησυχίας διότι οι επιπτώσεις που προκαλούνται από την UV-A ακτινοβολία είναι αρκετά μικρότερες συγκρινόμενες με την UV-B και UV-C. Οι επιπτώσεις από την UV-A ακτινοβολία περιορίζονται στη φωτογήρανση του δέρματος μετά από παρατεταμένη έκθεση. (Μπακαμήτσου,2019)

Η ακτινοβολία UV-B: Η ενέργεια της φτάνει σε εύρος από τα 290nm έως τα 320nm. Εξαιτίας της απορρόφησης της από το όζον μόνο ένα μικρό μέρος της φτάνει στην επιφάνεια της γης. Οι επιπτώσεις από την ακτινοβολία αυτή είναι δερματικά προβλήματα όπως εγκαύματα , πρόωγη γήρανση στο δέρμα και μπορεί ακόμα να προκληθεί μέχρι και καρκίνος. Επιπλέον προκαλούν και οφθαλμικά προβλήματα όπως επιπεφυκίτιδα και φωτοκερατίτιδα. Οι UV-B είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες επιπτώσεις. Βέβαια δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε ένα καλό από την έκθεση στην UV-B το οποίο είναι η παραγωγή της βιταμίνης D η οποία βοηθά για τον σχηματισμό στα κόκκαλα του ανθρώπινου σώματος.(Σακουφάκη,2017 ; Μπακαμήτσου,2019)

Η ακτινοβολία UV-C: Η ενέργεια της κυμαίνεται στο κενό 100nm-280nm έχει μεγάλη επικινδυνότητα για τους έμβιους οργανισμούς και προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις σε αυτούς. Η απορρόφηση της από το όζον και το οξυγόνο είναι μεγάλη και πρακτικά ένα πολύ μικρό μέρος αυτής φτάνει στην επιφάνεια της γης. Παράγεται από τεχνητές πηγές και έχουν προκληθεί μέσω αυτής πολλές μεταλλάξεις εργαστηριακά. (Σακουφάκη,2017)

Παράγοντες που επιδρούν στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας.

Υπάρχουν έξι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση και τη δράση της υπεριώδους ακτινοβολίας και ως συνέπεια τις επιπτώσεις από αυτή.

1) Η ώρα μέσα στη μέρα

Το πρωί από τις 11 ως της 1 παράγεται το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας που θα προκληθεί μέσα στη μέρα γύρω στο 30%. Το καλοκαίρι από της 9 ως τις 3 παράγεται το 70%. Τα παιδιά τότε καλό είναι να μην εκτίθενται στο ήλιο. (Σακουφάκη,2017)

2) Ποια εποχή μέσα στο χρόνο.

Σε περιοχές με εύκρατο κλίμα παίζει σημαντικό ρόλο στην ένταση της κυρίως στην UV-B ακτινοβολία. Αλλαγές στην ένταση της παρατηρούνται κοντά στον ισημερινό. (Σακουφάκη,2017)

3) Γεωγραφικό πλάτος

Όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος τόσο μειώνεται η ροή και η ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας. (Diffey, 1992)

4) Καιρικές συνθήκες

Ένας επιπλέον παράγοντας που παίζει ρόλο στην ροή της υπεριώδους ακτινοβολίας είναι οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν δηλαδή η ατμοσφαιρική ρύπανση , η νέφωση και η υγρασία που υπάρχει στην ατμόσφαιρα.

Τα σύννεφα για παράδειγμα όταν είναι μαύρα ή όταν έχουν μεγάλο πάχος μπορούν να εξασθενήσουν την ιοντίζουσα ακτινοβολία. Τα μαύρα σύννεφα της βροχής επίσης. (Σακουφάκη,2017)

5) Η αντανάκλαση της επιφάνειας

Αν για παράδειγμα στην επιφάνεια υπάρχει άμμος, χιόνι διαφοροποιείται η σκεδαζόμενη ακτινοβολία αναφερόμαστε στην UV-B. Το γρασίδι σκεδάζει ένα μικρό μέρος αυτής σε αντίθεση με την άμμο που σκεδάζει περίπου το 25% αυτής. Άρα στην παραλία χωρίς προστασία κάποιος δέχεται και την ακτινοβολία από τον ήλιο και τη σκεδαζόμενη από την άμμο. Το χιόνι από την άλλη μπορεί να αντανάκλασει το 95 % για αυτό χρειάζεται προσοχή όταν είμαστε εκτεθειμένοι να προστατευόμαστε.

Ακόμη το νερό αντανάκλα περίπου το 75% της ηλιακής ακτινοβολίας έτσι όταν το παιδί είναι στη θάλασσα και κάνει μπάνιο δέχεται την ακτινοβολία από τον ήλιο άμεσα και την σκεδαζόμενη από το νερό έμμεσα και δεν είναι μια μικρή ποσότητα οπότε χρειάζεται μεγάλη προσοχή. (Σακουφάκη,2017)

6) Το υψόμετρο

Το υψόμετρο παίζει σημαντικό ρόλο στην ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας καθότι τα συστατικά της ατμόσφαιρας που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου

εξασθενούν όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο ως εκ τούτου έχουμε αύξηση των εγκαυμάτων όσο μεγαλύτερο είναι το υψόμετρο.

Παρατηρείται ότι κάποιος παθαίνει ευκολότερα έγκαυμα το χειμώνα παρά το καλοκαίρι αν δεν έχει την κατάλληλη προστασία.

Η UVR αυξάνεται 10% ανά 100 μέτρα από την επιφάνεια της γης. (Diffey, 1992)

Επιπτώσεις Ηλιακής ακτινοβολίας

Οι επιπτώσεις της ηλιακής ακτινοβολίας εξαρτώνται από παράγοντες που προαναφέραμε όπως το υψόμετρο , οι καιρικές συνθήκες και άλλα και ανάλογα με τον βαθμό έκθεσης μας στον ήλιο υπάρχουν και βιολογικές επιπτώσεις όπως :

- ❖ Ηλιακά εγκαύματα
- ❖ Ατοπία
- ❖ Φωτοδερματίτιδα
- ❖ Διάφοροι τύποι καρκίνου δέρματος (μελάνωμα)
- ❖ Φωτογήρανση
- ❖ Πτερύγιο
- ❖ Οφθαλμολογικά προβλήματα όπως καταρράκτης
- ❖ Καρκίνος στους οφθαλμούς όπως ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα του επιπεφυκότα και του κερατοειδούς χιτώνα του οφθαλμού.
- ❖ Επανενεργοποίηση του επιχέλίου έρπητα.

Όλα αυτά μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεχτικοί με την έκθεση μας στον ήλιο ειδικά τα παιδιά στα οποία το δέρμα είναι πιο λεπτό από αυτό που έχουν οι ενήλικες και δεν έχει συνηθίσει . Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα όπως αντηλιακό , γυαλιά ηλίου, μειωμένος χρόνος έκθεσης στον ήλιο για να μην υπάρξει κάποια βιολογική επίπτωση.

Φυσικά η ακτινοβολία από τον ήλιο έχει και πολλά θετικά όπως η δημιουργία καλής ψυχικής διάθεσης, θετική επίδραση στο αυτόνομο νευρικό σύστημα, ενεργοποίηση του σχηματισμού μελανίνης, πηγή θερμότητας, μείωση της πιθανότητας να προσβληθεί ο οργανισμός από ασθένειες λόγω βακτηρίων και μυκητιάσεων, βοήθεια στον σχηματισμό της βιταμίνης. Τέλος βοηθά στην θεραπεία κάποιων μορφών φυματίωσης. (Σακουφάκη,2017)

Συμπεραίνουμε λοιπόν από τα όσα αναφέρθηκαν είναι ότι η ηλιακή ακτινοβολία έχει ορισμένα οφέλη, όμως ένα μέρος αυτής δηλαδή το μέρος του φάσματος της που εκπέμπει ακτίνες χ και γ , σε συνδυασμό με την εκπομπή ιόντων και σωματιδίων με

υψηλές τιμές στοιχειώδους ενέργειας μπορεί να προκαλέσουν βιολογικές επιπτώσεις στους ζώντες οργανισμούς. (Τσιτομενέας,2018)

Μέτρα πρόληψης από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου

Επειδή λοιπόν ο άνθρωπος και τα παιδιά φυσικά εκτίθενται στην υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου καθώς μεγάλη ποσότητα αυτής υπάρχει παντού στο περιβάλλον πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας όπως η χρήση αντηλιακών και η χρησιμοποίηση γυαλιών που προστατεύουν από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες του ήλιου. (Μπακαμήτσου,2019)

Άλλα μέτρα πρόληψης είναι :

- Η μη έκθεση μας στον ήλιο από τις 10π.μ ως τις 4 μ.μ
- Βαμβακερά και ρούχα που καλύπτουν όλο το σώμα μας για να προστατευθούμε από την ακτινοβολία
- Το να φοράμε καπέλο και γυαλιά ηλίου
- Να μην εκθέτουμε τον εαυτό μας σε επιφάνειες όπως το νερό και το χιόνι που είναι αντανakλαστικές
- Η σωστή πληροφόρηση (Μπακαμήτσου,2019)

Για τα παιδιά επειδή όπως έχουμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο είναι ποιο ευάλωτα στις καρκινογενέσεις και στις ιονίζουσες ακτινοβολίες του ήλιου θα πρέπει να είμαστε ποιο προσεχτικοί.

2.6 Ραδόνιο και παιδιά

Εισαγωγή

Στον πλανήτη μας υπάρχουν οι **φυσικές πηγές** ακτινοβολιών όπως για παράδειγμα η κοσμική ακτινοβολία που έχει ικανότητα διεισδυτική μεγαλύτερη από τις ακτίνες χ, η οποία είτε αντανakλάται είτε απορροφάται από το έδαφος. Το γήινο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και φυσικά υπάρχει και η ακτινοβολία από το έδαφος από τα πετρώματα του εδάφους και σε αυτά φυσικά ανήκει και το **ραδόνιο** στο οποίο θα αναφερθούμε παρακάτω. (Ανωγειανάκης,2008)

Φυσικά υπάρχουν και οι **τεχνητές πηγές** που εκπέμπουν ιονίζουσα ακτινοβολία όπως τα ιατρικά μηχανήματα όπως για παράδειγμα ο αξονικός τομογράφος και άλλες τεχνητές πηγές όπως οι πυρηνικοί αντιδραστήρες.(Ανωγειανάκης,2008,p.2.6)

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες προκαλούν φυσικά **βιολογικές επιδράσεις** στους ζώντες οργανισμούς όπως η βλάβη στο **DNA** του κυττάρου και η δημιουργία ελευθέρων ριζών μέσα στο κύτταρο. (Ανωγειανάκης,2009)

Ραδόνιο

Γενικά

Θα ξεκινήσουμε τονίζοντας ότι η έκθεση μας στις φυσικές πηγές ακτινοβολίας είναι συνεχής και ο ανθρώπινος οργανισμός μπορεί να δέχεται την ιονίζουσα ακτινοβολία που προέρχεται από φυσικές πηγές χωρίς προβλήματα τις περισσότερες φορές. Το θέμα με το ραδόνιο είναι ότι βρίσκεται συναντάται στο χώμα αρκετά συχνά λόγω ότι προέρχεται από τη φυσική αποσύνθεση του ουρανίου. Φυσικά το ραδόνιο συναντάται στον αέρα και στο έδαφος. Υψηλότερες συγκεντρώσεις υπάρχουν φυσικά εκεί που υπάρχει περισσότερο ουράνιο.

Τα κυριότερα προβλήματα που προκαλεί το ραδόνιο στη σημερινή εποχή οφείλονται στο γεγονός ότι ο άνθρωπος περνάει μεγάλο μέρος τη ημέρας του στο σπίτι πλέον. Ακόμη οφείλεται στο γεγονός ότι λόγω της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας πολλές φορές δεν υπάρχει σωστός αερισμός του χώρου.

Αυτό έχει οδηγήσει στο να είναι το ραδόνιο η μεγαλύτερη φυσική πηγή έκθεσης στην ιονίζουσα ακτινοβολία και να είναι η 2^η αιτία για καρκίνο του πνεύμονα στους ανθρώπους πίσω φυσικά από το κάπνισμα. (Ανωγειανάκης,2009)

Ιδιότητες ραδονίου

Το **ραδόνιο** όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή μας ανήκει στις **φυσικές πηγές** ακτινοβολίας και είναι μια πηγή ακτινοβολίας που προέρχεται από το **έδαφος**. Είναι ένα **αέριο ραδιενεργό** το οποίο απελευθερώνεται μετά από τη **διάσπαση του ουρανίου** που υπάρχει στο έδαφος και συναντάται κυρίως σε **γρανιτικά πετρώματα**. Είναι ένα **ευγενές αέριο** το οποίο είναι **άχρωμο, άγευστο και χωρίς οσμή**. Συναντάται λόγω του βάρους του κυρίως στα ισόγεια και στα υπόγεια κάθε κτιρίου. (Ανωγειανάκης,2009)

Το ποιο σταθερό ισότοπο του ραδονίου είναι το ραδόνιο 222 και έχει χρόνο ημιζωής 3,8 ημέρες. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία που παράγεται από το ραδόνιο και τα ισότοπα του είναι μια από τις κυριότερες πηγές έκθεσης του ανθρώπου σε ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Όταν το ραδόνιο διασπάται δημιουργούνται σωματίδια α τα οποία όταν δράσουν άμεσα με τον πνεύμονα μέσω της αναπνοής μπορεί να προκαλέσουν μέχρι και καρκίνο των πνευμόνων. Μόνο όσοι καπνίζουν κινδυνεύουν περισσότερο να νοσήσουν από καρκίνο του πνεύμονα. Το πρόβλημα στον πνεύμονα αξίζει να σημειωθεί ότι το προκαλούν τα θυγατρικά του ραδονίου περισσότερο παρά το ίδιο το ραδόνιο. (Ανωγειανάκης,2009)

Που συναντάμε το ραδόνιο

Τα επίπεδα συγκέντρωσης ραδονίου στον αέρα της υπαίθρου είναι αρκετά μικρά. Ωστόσο όταν το ραδόνιο εισχωρήσει στο κτίριο από τον αέρα ή το έδαφος αν υπάρξουν ρωγμές στο κτίριο μπορεί να βρεθεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις και να αποτελέσει κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων. Το ραδόνιο πολλές φορές συναντάται και στα οικοδομικά υλικά από τα οποία έχει κατασκευαστεί το κτίριο το οποίο διαμένουμε. Φυσικά μπορεί να εισέλθει στο σπίτι μέσω ρωγμών των τοίχων, των φρεατίων αλλά και από άλλα σημεία. Στα υπόγεια υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση από ότι στους πάνω ορόφους ενός κτιρίου. Στον πλανήτη μας περίπου 50.000 άνθρωποι πεθαίνουν από το ραδόνιο ένα νούμερο διόλου ευκαταφρόνητο. Αυτό συμβαίνει διότι σε σχέση με παλαιότερα οι άνθρωποι περνάνε πολύ περισσότερο χρόνο στο σπίτι τους σε σχέση με τα παλαιότερα χρόνια και δεν γίνεται σωστός εξαερισμός στον χώρο ειδικά τον χειμώνα. Ένα ακόμη πρόβλημα με το ραδόνιο είναι ότι δεν δίνει συμπτώματα που μπορεί να δώσουν άλλες ασθένειες όπως πονοκέφαλος ή σωματική κόπωση. (Ανωγειανάκης,2009)

Τρόποι αντιμετώπισης της συγκέντρωσης ραδονίου στα σπίτια

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τις βλαπτικές επιδράσεις που προκαλεί το ραδόνιο θα πρέπει να λάβουμε κάποια μέτρα για τον περιορισμό του κινδύνου αυτού.

Πρώτον αν βρούμε τα σημεία εισόδου του ραδονίου να τα κλείσουμε.

Δεύτερον θα πρέπει ο χώρος να αερίζεται καλύτερα το οποίο σημαίνει ότι θα μένουν τα παράθυρα ανοιχτά πολλές φορές και το χειμώνα.

Τρίτον να έχει ρυθμιστεί από τον κατασκευαστή του κτιρίου σύστημα αερισμού.

Τέταρτον τα υλικά που χρησιμοποιούμε στην οικοδομή ενός κτιρίου να μην είναι ραδιενεργά.(Ανωγειανάκης,2009)

Είναι πολύ σημαντικά αυτά τα μέτρα για να μειωθούν οι βλαπτικές επιδράσεις του ραδονίου που μπορεί να προκαλέσει καρκίνο στους πνεύμονες.

Ραδόνιο και επιδράσεις στα παιδιά

Τα παιδιά είναι από τη φύση τους πιο ευαίσθητα στην έκθεση στις ιονίζουσες ακτινοβολίες και πιο συγκεκριμένα στο ραδόνιο. Ακόμη τα παιδιά που μόλις γεννήθηκαν και αυτά που δεν έχουν πάει ακόμα σχολείο περνάνε σχεδόν όλη την ημέρα τους μέσα στο σπίτι. Στην πραγματικότητα τα παιδιά σε σχέση με έναν ενήλικα μπορεί υπό τις ίδιες συνθήκες μέσα σε ένα περιβάλλον εσωτερικό ή εξωτερικό να δεχτούν μεγαλύτερη δόση εξαιτίας δύο παραγόντων. Ο πρώτος παράγοντας είναι η φυσιολογία τους και ο

δεύτερος παράγοντας η συμπεριφορά τους. Ποιο συγκεκριμένα τα παιδιά έχουν μη ώριμο ανοσοποιητικό σε σχέση με τους ενήλικες. Ακόμη η επιφάνεια τους είναι μεγαλύτερη κατά αναλογία σε σύγκριση με τον όγκο που έχουν στο σώμα τους. Επιπλέον θεωρούνται ένας πληθυσμός περισσότερο τρωτός στους μεγάλους κινδύνους. (Μογα, 2004)

Για όλους αυτούς τους λόγους θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα προστασία κατά του ραδονίου ώστε να ελαττωθούν ή αν γίνεται να εξαλειφθούν οι επιπτώσεις του στα παιδιά.



Εικόνα 14 :Μέρη όπου υπάρχει το ραδόνιο, δηλαδή το έδαφος, ο εξωτερικός αέρας και τα οικοδομικά υλικά (Πηγή-Ανωγειανάκης,2009)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. Ακτίνες χ και παιδιά ο ρόλος του επαγγελματία της υγείας

3.1Ακτίνες χ

Γενικά για τις ακτίνες χ

Οι **ακτίνες χ** παράγονται είτε από τη φύση δηλαδή με **φυσικό τρόπο** από τον ήλιο για παράδειγμα(Τσιτομενέας,2018,p. Ιονίζουσες Ακτινοβολίες) είτε με **τεχνητό τρόπο** από μηχανήματα για ιατρικούς σκοπούς όπως η ακτινολογική λυχνία.(Κωνστανταρόγιαννη,2015). Είναι στην ουσία ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος 10nm ως 0,01nm και παράγονται όταν ηλεκτρόνια με μεγάλη ταχύτητα έρδουν σε σύγκρουση με την ύλη. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Έχει βρεθεί ότι ένα μεγάλο ποσοστό της έκθεσης του πληθυσμού οφείλεται στις **ακτίνες χ**, το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών χρησιμοποιείται με σκοπό τη διάγνωση, γύρω στο 75-90%. Ευάλωτες στη χρήση των **ακτίνων χ** είναι περιοχές όπως ο μυελός των οστών και οι γονάδες. Φυσικά και τα έμβρυα κατά την κύηση για ευνόητους λόγους. (Μελίδης,2014)

Οι **ακτίνες χ** χρησιμοποιούνται γενικά σε τομείς όπως η ακτινοδιάγνωση, η πυρηνική ιατρική, η ακτινοθεραπεία και η βραχυθεραπεία αλλά και σε διάφορους άλλους σκοπούς. (Μελίδης,2014)

Έχουμε αναφερθεί εκτενώς σε προηγούμενα κεφάλαια για την βλαβερή επίδραση των ακτίνων χ στον ανθρώπινο οργανισμό που οφείλεται στην ικανότητα τους να σπάνε χημικούς δεσμούς με συνέπεια τη ζημιά βασικών για τη σωστή λειτουργία του κυττάρου πρωτεϊνών και άλλων συστατικών. Οι βλάβες που θα προκληθούν στο κύτταρο άλλες φορές μπορεί να είναι θανατηφόρες και άλλες όχι λόγω του γεγονότος ότι οι οργανισμοί επιδιόρθωσης του κυττάρου μπορεί να διορθώσουν τη ζημιά. Οι συνέπειες από την ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να είναι άμεσες ή έμμεσες. **Άμεση επίδραση** μπορεί να είναι η θανάτωση του κυττάρου και **έμμεση επίδραση** μπορεί να είναι η παραγωγή ελεύθερων ριζών. Η ζημιά που θα προκαλέσουν οι ακτίνες χ εξαρτώνται από την ενέργεια που απορροφάται από τον οργανισμό, από την ακτινοβολία που έχει δεχτεί ο οργανισμός και κυρίως το είδος της και τέλος από ποιος ιστός ακτινοβολείται. (Μελίδης,2014)

Τα αποτελέσματα μπορεί να είναι **όψιμα** δηλαδή να εμφανίζονται μετά από αρκετούς μήνες ή και χρόνια ακόμα. Μπορεί να είναι **πρώιμα** όταν εμφανίζονται μετά από 1-2 εβδομάδες έως το πολύ 2 μήνες. Οι βλάβες μπορεί να είναι σωματικές όπως αιματολογικές αλλοιώσεις, η καταρράκτης στα μάτια. Μπορεί να είναι και γενετικές των οποίων τα αποτελέσματα είναι κληρονομικά και οφείλονται στην επίδραση της ακτινοβολίας στο γενετικό υλικό του κυττάρου. Δηλαδή δημιουργούνται ξαφνικές αλλαγές στα γονίδια ή τα χρωμοσώματα του ανθρώπου. Τέλος τα βιολογικά αποτελέσματα της ιονίζουσας ακτινοβολίας και των ακτίνων χ στην ύλη μπορεί να είναι είτε **στοχαστικά** είτε **μη στοχαστικά-καθορισμένα**. (Μελίδης,2014)

Χρήση Ακτίνων χ

Οι ακτίνες χ χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς κατά κύριο λόγο **διαγνωστικούς** και σε ορισμένες περιπτώσεις για **θεραπευτικούς** όπως για παράδειγμα στην

ακτινοθεραπεία. Έχουν σωθεί πολλές ζωές εξαιτίας των ακτίνων χ. Βασικά χρησιμοποιούνται διαπερνώντας το δέρμα και απεικονίζουν τα οστά αλλά και διάφορες άλλες ανατομικές περιοχές, αυτή είναι η διαγνωστική τους χρήση. Η θεραπευτική τους χρήση γίνεται για να σκοτώσουν έναν καρκινικό ιστό ή να τον περιορίσουν και απαλείψουν τον πόνο του ασθενούς.(Πλουμιστάκης,2016) Τέλος πρέπει να πούμε ότι η ανακάλυψη τους είναι αρκετά μεγάλη διότι πριν από την ανακάλυψη τους για να δεις ένα οστό έπρεπε να καταφύγεις σε ανοιχτό χειρουργείο. Η ανακάλυψη τους λοιπόν ήταν κομβικής σημασίας.

Παραγωγή ακτίνων χ

Η παραγωγή των ακτίνων χ γίνεται με τεχνητό τρόπο από τα ακτινολογικά μηχανήματα. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Το φάσμα των ακτίνων χ είναι πολύπλοκο και αυτό διότι αποτελείται από συνεχές φάσμα στο οποίο παρατηρείται μικρό μήκος κύματος πάνω στο οποίο κάθεται το γραμμικό φάσμα. Ο λόγος των διαφορετικών αυτών φασμάτων οφείλεται στο ότι οι ακτίνες χ παράγονται και εκπέμπονται με διαφορετικό τρόπο. (Μελίδης,2014)

Παράγοντες που επηρεάζουν το φάσμα των ακτίνων χ είναι :

- Το ρεύμα και η τάση της λυχνίας
- Το υλικό του στόχου
- Το πάχος από το φίλτρο της λυχνίας (Μελίδης,2014)

Η παραγωγή ακτίνων χ γίνεται όταν ηλεκτρόνια τα οποία έχουν επιταχυνθεί όταν προσκρούσουν με το υλικό της ανόδου του μεταφέρουν όλη τους την αρχική ενέργεια ή ένα μέρος αυτής. Με ένα ποσοστό της ενέργειας τους ή με όλη την ενέργεια τους διεγείρουν τα άτομα από το υλικό της ανόδου. Αποτέλεσμα αυτού είναι τα ηλεκτρόνια να μεταφέρονται σε ενεργειακές τροχιές υψηλότερης ενέργειας. Τότε δημιουργείται μια οπή εξαιτίας της διέγερσης αυτής στην τροχιά που ήταν πριν το ηλεκτρόνιο. Ύστερα με κάποιες άλλες διεργασίες που προκύπτουν παράγεται ταυτόχρονα και ένα φωτόνιο η ενέργεια του οποίου θα είναι καθορισμένη εξαιτίας του ότι η ενέργεια που θα υπάρχει σε ένα άτομο θα είναι συγκεκριμένη. Τέλος η ενέργεια του ηλεκτρονίου που προκαλεί τη διέγερση πρέπει να είναι μεγάλη και για αυτό το λόγο το ηλεκτρόνιο επιταχύνεται με μεγάλη διαφορά δυναμικού. (Τσερανίδου,2017)

Η εικόνα εμφανίζεται διότι οι ακτίνες χ έχουν διαφορετική απορρόφηση στα κόκκαλα για παράδειγμα και διαφορετικής τους ιστούς, όταν εισέρχονται μέσα σε αυτό. Ποιο συγκεκριμένα υπάρχουν όργανα και ιστοί που δεν απορροφούν σε μεγάλο βαθμό την ιονίζουσα ακτινοβολία και ονομάζονται ακτινοδιαφανή. Ενώ υπάρχουν άλλα μέρη του

ανθρώπινου σώματος όπως τα κόκκαλα του ανθρώπου που είναι ακτινοσκιερά. Η διαφορετική απορρόφηση στην ακτινολογική εικόνα φαίνεται με τους τόνους του γκρι που διαφέρουν. Στον αντίποδα άσπρο χρώμα ανήκει στα οστά και το μαύρο χρώμα στον αέρα. Με αυτόν λοιπόν τον τρόπο παράγεται η ακτινολογική εικόνα. (Ανδρέου,2016)

3.3 Ιδιότητες ακτίνων χ

Ως γνωστόν οι ακτίνες χ ανήκουν στις ionίζουσες ακτινοβολίες και όταν έρχονται σε επαφή με ζωντανούς οργανισμούς αλληλεπιδρούν παράγοντας ionισμούς. (Μελίδης,2014)

Υπάρχουν οι μαλακές ακτίνες χ που έχουν ένταση 120ev-12keV και οι σκληρές ακτίνες χ που έχουν ένταση 12-120 keV. (Μελίδης,2014)

Το κατά πόσο θα απορροφηθούν εξαρτάται από τρεις παράγοντες

- Τον ατομικό αριθμό
- Την πυκνότητα των ιστών
- Την διεισδυτικότητα της δέσμης.

Οι ακτίνες χ ανήκοντας στις ionτίζουσες ακτινοβολίες και όντας μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουν τις εξής ιδιότητες :

- ❖ Προκαλούν ionισμό στα άτομα στα οποία προσκρούουν
- ❖ Διεγείρουν η μετατοπίζουν ηλεκτρόνια

Κάποιες άλλες ιδιότητες που έχουν

- ❖ Δεν έχουν οσμή
- ❖ Δεν είναι ορατές
- ❖ Δέχονται επίδραση από ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και το ακολουθούν χωρίς παρέκκλιση
- ❖ Προκαλούν φωσφορισμό
- ❖ Διεισδύουν σε βάθος στα υλικά που προσκρούουν (Μελίδης,2014)

Αυτές είναι ορισμένες ιδιότητες των ακτίνων χ όπως έχουν οριστεί ως σήμερα.

3.4 Εφαρμογές ακτίνων χ στα νοσοκομεία και ακτινολογικά μηχανήματα

Ακτινολογική λυχνία : Η ακτινολογική λυχνία είναι εκεί που γίνονται οι ακτινογραφίες στα νοσοκομεία εκεί πραγματοποιούνται οι περισσότερες διαγνωστικές εξετάσεις στους ασθενείς και στα παιδιά κατά επέκταση. Είπαμε προηγουμένως πως παράγεται η ακτινοβολία χ στην άνοδο και ανάλογα με το σημείο του σώματος που θα προσκρούσουν θα έχουν διαφορετική απεικόνιση. Άλλη απεικόνιση στα οστά και άλλη στα μαλακά μέρη για παράδειγμα. Τα οστά απορροφούν περισσότερο από τους ιστούς διότι έχουν μεγαλύτερο ατομικό αριθμό. Έτσι λοιπόν όταν ανάμεσα στην ακτινολογική λυχνία ακτίνων και στην κασέτα που πλέον είναι είτε πλήρως ψηφιακή είτε ψηφιοποιημένη τοποθετήσουμε έναν ασθενή τότε θα βγάλουμε μια ακτινολογική εικόνα δηλαδή μια ακτινογραφία από την οποία θα μπορούσε ο γιατρός πολλών ειδικοτήτων να αντλήσει πληροφορίες όπως για παράδειγμα παθολόγος, καρδιολόγος, ορθοπαιδικός και γιατροί πολλών άλλων ειδικοτήτων. (Μελίδης,2014)

Ακτινοσκοπικό μηχάνημα : Το ακτινοσκοπικό μηχάνημα έχει περίπου ίδια λειτουργία με την ακτινολογική λυχνία με μόνη διαφορά ότι έχει ενσωματωμένο ενισχυτή εικόνας που επιτρέπει να βλέπουμε την ακτινογραφία και την εικόνα σε πραγματικό χρόνο. Εφαρμόζεται στην καρδιοχειρουργική ή στην γαστρεντερολογία για να βλέπουμε τα όργανα εσωτερικά σε πραγματικό χρόνο. Δεν ενδείκνυται η χρήση της ακτινοσκόπησης για την τέλεση απλών ακτινογραφιών διότι η δόση για τον ασθενή ανεβαίνει και για λόγους ακτινοπροστασίας δεν προτιμάται. (Μελίδης,2014)



Εικόνα 15: Ακτινοσκοπικό μηχάνημα (Πηγή-Παπάζογλου,2014)

Αξονικός τομογράφος : Ο αξονικός τομογράφος μας παρέχει την δυνατότητα να βλέπουμε ανατομικά κομμάτια από το εσωτερικό του ασθενούς δισδιάστατα και τρισδιάστατα. Στον αξονικό τομογράφο χρησιμοποιούμε πηγή ακτίνων χ που παράγει τη δέσμη αποκλίνουσα σε μορφή βεντάλιας. Όταν έρθουν σε επαφή με το ανθρώπινο σώμα και το διαπεράσουν προσκρούουν σε μια διάταξη ανιχνευτών οι οποίοι μετράνε την ακτινοβολία που απορροφήθηκε και στέλνουν στον κεντρικό υπολογιστή την εικόνα ο οποίος επεξεργάζεται τις πληροφορίες που του έδωσαν οι ανιχνευτές.

Η αξονική μας δίνει μεγαλύτερη ευκρίνεια καθώς βλέπουμε την ανατομική δομή δισδιάστατα και τρισδιάστατα και συνεπώς μπορούμε να δούμε κάποιες ανωμαλίες που στην απλή ακτινογραφία δεν θα μπορούσαμε να δούμε. Βρίσκει εφαρμογές σε όλες σχεδόν τις ειδικότητες και είναι εξέταση εκλογής λόγω της μεγάλης ευκρίνειας που παράγει.

Όμως αυτό δεν είναι δίχως κόστος καθότι ο ασθενής με την αξονική δέχεται πολύ μεγάλη δόση και ειδικά στα παιδιά η αξονική θα ήταν καλό να αποφεύγεται και να αποτελεί την ύστατη λύση και επιλογή.

Πανοραμικός : Στο ακτινολογικό αυτό μηχάνημα η λυχνία και το φιλμ βρίσκονται αντιδιαμετρικά τοποθετημένα πάνω σε έναν βραχίονα οποίος περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή στο ύψος της οδοντοστοιχίας. Χρησιμοποιείται αποκλειστικά για την απεικόνιση των δοντιών του ασθενούς.



Εικόνα 16: Μηχάνημα πανοραμικού (Πηγή-Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Φυσικά υπάρχουν και άλλα ακτινολογικά μηχανήματα όπως :

- Ψηφιακός μαστογράφος
- Ψηφιακός αγγειογράφος (Μελίδης, 2014)

Όμως αναφερθήκαμε σε αυτά που έχουν μεγαλύτερη χρήση από ασθενής παιδιά.

3.5 Δόση στις ακτινολογικές εξετάσεις

Οι εξετάσεις με ακτίνες χ αντιπροσωπεύουν γύρω στο 60-70% των διαγνωστικών εξετάσεων με ιατρικό σκοπό που γίνονται στα νοσοκομεία. Οι δόσεις που σχετίζονται με τις εξετάσεις αυτές είναι χαμηλές σε σύγκριση με άλλες εξετάσεις όπως οι αξονικές τομογραφίες και οι εξετάσεις με ραδιοφάρμακα. Το 2006 μετρήθηκε 0.3 mSv για τις εξετάσεις με ακτινογραφία και 0.4 mSv για εξετάσεις με επεμβατικές διαδικασίες για τον γενικό πληθυσμό. (NCRP, 2009)

Οι εξετάσεις αυτές μπορεί να φαίνονται απλές για τους ασθενείς και στις περισσότερες περιπτώσεις μπορεί να μην έχουν επιπτώσεις όμως δεν παύουν να είναι εξετάσεις από ιοντίζουσες ακτίνες χ. (Πλουμιστάκης, 2016)

Στα παιδιά όπως και στους ενήλικες ασθενείς πραγματοποιούνται ακτινογραφίες σε όλα τα μέρη του σώματος ανάλογα τι θα ζητηθεί από τον θεράποντα ιατρό.

Πραγματοποιούνται ακτινογραφίες

- ❖ Θώρακος
- ❖ Κοιλίας
- ❖ ΝΟΚ
- ❖ Κρανίου
- ❖ ΟΜΣΣ
- ❖ ΘΜΣΣ
- ❖ Άκρων χεριών
- ❖ Άκρων ποδών
- ❖ Μηριαίου
- ❖ Λεκάνης

- ❖ Γονάτων
- ❖ Άκρου ποδός
- ❖ Πηχεοκαρπική
- ❖ Βραχιονίου
- ❖ Αντιβραχίου
- ❖ Ώμου
- ❖ Αγκώνα
- ❖ ΑΜΣΣ

Οι λήψεις μπορεί να γίνουν είτε σε **face** λήψη είτε σε **profile** λήψη και τα στοιχεία διαφέρουν αλλά όχι σημαντικά από την face η την profile λήψη. Αντίστοιχες εξετάσεις πραγματοποιούνται στην αξονική τομογραφία. Όπως αντιλαμβανόμαστε το εύρος των εξετάσεων είναι πολύ μεγάλο και για αυτό το λόγο πρέπει να λαμβάνονται όλα τα μέτρα ακτινοπροστασίας.

Μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται όταν οι εξετάσεις πραγματοποιούνται στα παιδιά διότι έχουν μεγάλο προσδόκιμο ζωής και άρα περισσότερο χρόνο να φανούν τα όποια αποτελέσματα και επιπτώσεις της ακτινοβολίας. (Brody et al 2007)

Η δόση καθορίζεται από κάποια βασικά μεγέθη όπως η **απορροφούμενη δόση**, η **έκθεση**, η **ενεργός δόση** και από άλλους παράγοντες. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι υπάρχουν ιστοί με μεγαλύτερη ευαισθησία που θα επηρεαστούν περισσότερο από κάποιους άλλους αν δεχτούν την ίδια δόση. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι ο αιμοποιητικός ιστός που θα επηρεαστεί περισσότερο από ότι η ακτινοβόληση του δέρματος για παράδειγμα. Άρα λοιπόν κάποιοι ιστοί είναι περισσότερο ευαίσθητοι στην ακτινοβολία από κάποιους άλλους. (Πλουμιστάκης,2016)

Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται δηλαδή τα **kv**, **mas**, **ma** δεν είναι ίδια για τον κάθε ασθενή διότι υπάρχουν διαφορετικοί τύποι σώματος για τον κάθε ασθενή και ο τεχνολόγος πράττει και θάζει τα στοιχεία με σκοπό το **βέλτιστο διαγνωστικό αποτέλεσμα και τη μικρότερη δόση για τον ασθενή**.

3.6 Βιολογικές επιδράσεις ακτίνων χ

Οι ακτίνες χ ως γνωστόν ανήκουν στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες και χρησιμοποιούνται πλέον σε καθημερινή βάση στις εξετάσεις παιδιών στα νοσοκομεία.

Πρέπει λοιπόν να γνωρίζουμε τι βιολογικές επιπτώσεις προκαλούν στον ανθρώπινο οργανισμό, πόσο μάλλον στα παιδιά που είναι περισσότερο ευαίσθητα από τον ενήλικα άνθρωπο. (Moya, 2004). Όταν οι ακτίνες χ διαπεράσουν έναν ιστό μερική ή ολόκληρη η ενέργεια τους μεταφέρεται σε οποιοδήποτε μόριο έρδει πρώτο σε επαφή. Εν συνεχεία το μόριο αυτό αλληλεπιδρά η προκαλείται ιονισμός. Εξαιτίας της δυνατότητας των ιοντίζουσων ακτινοβολιών να διασπούν με τυχαίο τρόπο χημικούς δεσμούς δημιουργούνται βιολογικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Αν η ποσότητα της ακτινοβολίας που θα δεχθεί ο οργανισμός είναι μεγάλη τότε κάποια μεγαλομόρια που είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία του κυττάρου αλλοιώνονται. Όπως για παράδειγμα νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες. Σε περίπτωση που το κύτταρο δεν επιδιορθώσει τις βλάβες (συνήθως συμβαίνει στις υψηλές ενέργειες) του τότε μπορεί να επιζήσει αλλά να τροποποιηθεί. Αυτές είναι λοιπόν οι δυο επιδράσεις της ακτινοβολίας που οδηγούν σε διαφορετικό αποτέλεσμα η κάθε μία. (Πλουμιστάκης, 2016)

Η δημιουργία ζευγών ιόντων ευθύνεται για την ενέργεια που προσλαμβάνει ο οργανισμός και το κύτταρο συγκεκριμένα. Τα συσσωματώματα τα οποία είναι ιονισμοί οι οποίοι συνήθως περιλαμβάνουν διπλά η τριπλά γεγονότα και σπανίως μονά.

Αυτοί είναι οι λόγοι που οι ακτίνες χ έχουν βιολογικές επιδράσεις στους ζώντες οργανισμούς.

Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η ενεργός δόση είναι το κριτήριο για να μετρήσουμε το αν υπάρχει κίνδυνος βλάβης για τον οργανισμό.

Η ενεργός δόση εξαρτάται από 3 παράγοντες :

- Από το πόση συνολικά ενέργεια δέχτηκε ο οργανισμός
- Από το είδος της ακτινοβολίας
- Αν ο ιστός που ακτινοβολήθηκε είναι ακτινοευαίσθητος η όχι. Στην ουσία από το είδος του ιστού που ακτινοβολήθηκε.

Για να υπάρξουν βιολογικές επιπτώσεις αρκούν από μερικά ms έως και ώρες. Τέλος είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι βιολογικές επιπτώσεις από την ακτινοβολία χ είναι είτε άμεση είτε έμμεση.

Άμεση επίδραση είναι ο ιονισμός των μεγαλομορίων που οδηγεί σε ιονισμό, διέγερση και σε ορισμένες περιπτώσεις διάσπαση.

Έμμεση επίδραση είναι όταν τα μεγαλομόρια των κυττάρων δεν δέχονται την ακτινοβολία άμεσα αλλά την δέχονται έμμεσα από άλλα ιονισμένα η διεγερμένα κύτταρα

είτε με φυσικό είτε με χημικό τρόπο. Είτε με τον σχηματισμό και τις επιπτώσεις από τις ελεύθερες ρίζες.(Πλουμιστάκης,2016)

Βλάβη	Συμπτώματα	Δόση κατωφλίου	Χρόνος εκδήλωσης
Σύνδρομο αιμοποιητικού συστήματος	Λεμφοπενία, αιμορραγία, αναιμία	2 Gy	24 ώρες
Σύνδρομο γαστρεντερικού συστήματος	Ναυτία, εμετός, διάρροια, έλκη, εντερική αιμορραγία	7 Gy	3-10 ημέρες
Σύνδρομο κεντρικού νευρικού συστήματος	Εγκεφαλικό οίδημα, μείωση του ενδοαγγειακού όγκου αίματος	50 Gy	Θάνατος σε 1-4 ημέρες

Εικόνα 17:Καθορισμένα αποτελέσματα που εμφανίζονται σε σύντομο χρόνο από την ιονίζουσα ακτινοβολία (Πηγή-Παπάσογλου,2014)

Αρα συνοψίζοντας οι βιολογικές επιπτώσεις των **ακτίνων χ** μπορεί να είναι ένα απλό ερύδημα στο δέρμα, ή καταρράκτης στα μάτια. Μπορεί όμως να είναι ο καρκίνος και η λευχαιμία.(Μελίδης,2014,p.1.5.6). Η **βλάβη** και το μέγεθος αυτής θα εξαρτηθεί από πολλούς παράγοντες. Κάποιοι εξ αυτών είναι το είδος της ακτινοβολίας και ο ρυθμός που γινόταν η έκθεση του ανθρώπινου οργανισμού, αν δηλαδή η έκθεση ήταν χρόνια η οξεία. Η δόση που έχει απορροφηθεί από τον οργανισμό και η κατανομή της δόσης αυτής στους ιστούς. Τέλος θα εξαρτηθεί από το πόσο μεγάλη η μικρή ήταν η περιοχή που ακτινοβολήθηκε όπως και το ποια περιοχή του σώματος ακτινοβολήθηκε καθώς δεν έχουν όλοι οι ιστοί την ίδια ευαισθησία. (Μελίδης,2014)

Για τους λόγους αυτούς η **Ακτινοπροστασία** των ασθενών και των παιδιών ασθενών κρίνεται απαραίτητη. Συν ότι τα παιδιά είναι περισσότερο ευαίσθητα στις επιπτώσεις της ακτινοβολίας όπως έχουμε αναλύσει και προηγουμένως. (Μογυα, 2004)

3.7 Μέτρα πρόληψης από την πλευρά του κράτους για την αντιμετώπιση των βιολογικών επιπτώσεων από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες

Όπως είναι γνωστό οι ιονίζουσες ακτινοβολίες προέρχονται από **φυσικές πηγές** όπως η κοσμική ακτινοβολία και από **τεχνητές πηγές** όπως οι διαγνωστικές εξετάσεις με ακτίνες χ. (Μελίδης,2014)

Οι βιολογικές και λειτουργικές επιδράσεις των ιοντίζουσων ακτινοβολιών επιβάλλουν να υπάρχουν μέτρα προστασίας και φυσικά μετρήσεις, ανίχνευση και περιοριστικοί κανόνες στην χρήση των ακτίνων χ ακόμα και αν αυτές είναι στα πλαίσια διαγνωστικών ή θεραπευτικών εξετάσεων.

Οι καταστροφικές για την υγεία του παιδικού οργανισμού και κατά συνέπεια του ανθρώπινου οργανισμού φαίνονται από τις βιολογικές επιδράσεις που προκαλούνται από τη χρήση ατομικής βόμβας για παράδειγμα ή από την παρατεταμένη έκθεση στον ήλιο.

Αυτά έχουν οδηγήσει σε όρια βλαπτικής έκθεσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι βιολογικές επιδράσεις από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι αθροιστικές. Βασικό ρόλο παίζει και η διάρκεια έκθεσης και εδώ πρέπει να τονίσουμε για ακόμη μια φορά ότι δεν υπάρχουν όρια ασφαλούς έκθεσης, όπως επίσης η ενέργεια που δεχτήκαμε και το είδος της ακτινοβολίας που δέχτηκε ο ανθρώπινος οργανισμός. (Κωνστανταρόγιαννη, 2015). Έχει διαπιστωθεί ότι σε πληθυσμό 10.00 ανθρώπων που εκτίθενται σε 1 rem ιοντίζουσας ακτινοβολίας για ολόκληρη ζωή θα πεθάνουν 5-6 άνθρωποι. Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες λοιπόν προκαλούν εκτός από καρκινογένεση, τερατογένεση και κυτταρικές μεταλλάξεις.

Τα παιδιά είναι η πλέον ευάλωτη κοινωνική ομάδα εξαιτίας του ατελούς σχηματισμού των δομών, της συνεχούς παραγωγής νέων κυττάρων και διαίρεσης που είναι ποιο εύκολο να υποστούν βλάβη διότι είναι ποιο ευπαθή. Άλλωστε έχει αποδειχτεί ότι οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες δημιουργούν βαρύτερη βλάβη σε αναπτυσσόμενους οργανισμούς. (Brody et al., 2007)

Όλες αυτές οι επιπτώσεις μας έχουν οδηγήσει να λάβουμε μέτρα είτε αυτά είναι μέτρα ακτινοπροστασίας που ακολουθούνται πιστά από τους επαγγελματίες υγείας είτε μέτρα που λαμβάνει το ίδιο το κράτος για την προστασία του πληθυσμού από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Μέτρα που λαμβάνονται από το κράτος

Το κράτος για να προστατεύσει τους πολίτες του λαμβάνοντας υπόψιν και έχοντας ως βάση τις γνώσεις που έχουμε ως τώρα για τις επιδράσεις των ακτινοβολιών οι οποίες έχουν επιδράσεις είτε στοχαστικές είτε αιτιοκρατικές. Ζητά την γνώμη των ειδικών και θεσπίζει μέτρα που αφορούν :

- Την προσωπική προστασία
- Την πολυεπίπεδη ελαχιστοποίηση της έκθεσης με τρόπο πρακτικό και συγκεκριμένο.

Τα μέτρα ασφαλείας που έχουν διεδνή εφαρμογή και εφαρμόζονται και στην χώρας μας από το κράτος για να περιοριστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις και για να υπάρξει

ασφάλεια για την δημόσια υγεία, αλλά και για να υπάρξει είτε άδεια είτε να υπάρξει έλεγχος στις περιοχές που υπάρχει ακτινοβολία, είναι οι 3 αρχές ακτινοπροστασίας που πρέπει να εφαρμόζονται αυστηρά από όλους τους επαγγελματίες της υγείας είναι τα εξής:

- Αιτιολόγηση
- Οριοθέτηση
- Βελτιστοποίηση (Τσιτομενέας, 2018)

Αιτιολόγηση(justification)

Η αρχή της αιτιολόγησης συνίσταται στο γεγονός ότι πρέπει να αποδεικνύεται το όφελος για την κοινωνία, για μια εγκατάσταση ή μια χρήση ακτινοβολίας. Πρέπει δηλαδή το όφελος από την εγκατάσταση αυτή και από την χρήση ακτινοβολίας να είναι μεγαλύτερο από βλάβες περιβαλλοντικές που τυχόν προκληθούν και από κινδύνους που τυχόν θα προκύψουν.

Ένα τυπικό παράδειγμα αιτιολόγησης είναι η εγκατάσταση ενός πυρηνικού αντιδραστήρα σε σεισμογενή περιοχή. Ένα άλλο παράδειγμα είναι αιτιολόγηση πριν τη διενέργεια εξέτασης με ακτίνες χ για ιατρικούς σκοπούς.(Τσιτομενέας,2018)

Οριοθέτηση (limitation)

Θα πρέπει να εφαρμόζονται κάποια αποδεκτά όρια τα οποία θα είναι διαφορετικά σε αυτούς που είναι επαγγελματίες υγείας και διαφορετικά για τον γενικό πληθυσμό, σημειώνοντας βέβαια ότι δεν αποτελούν αποδεκτά όρια ασφαλείας. Επιβλεπόμενη περιοχή είναι κάθε χώρος με 0,1 έως 0,3 του ορίου. Ελεγχόμενη περιοχή κάθε χώρος με 0,3 και πάνω από το όριο.

Ένα παράδειγμα οριοθέτησης είναι να υπάρχουν όρια αποδεκτά για την ένταση κάθε ακτινοβολίας που προέρχεται από τον άνθρωπο αφού υπάρξει μια εγκεκριμένη σύγκριση. Άλλο ένα παράδειγμα είναι η οριοθέτηση σε περιοχές που έχει υπάρξει μόλυνση από ραδιενέργεια. (Τσιτομενέας,2018)

Βελτιστοποίηση (Optimization)(ALARA-As Low as Reasonably Achievable)

Θα πρέπει με την εγκατάσταση και τη χρήση να επιτυγχάνεται ο σκοπός της εφαρμογής θα πρέπει όμως η επιβάρυνση του περιβάλλοντος και της υγείας να περιορίζεται η να ελαχιστοποιείται. (Τσιτομενέας,2018)

Είναι στην πραγματικότητα μέτρα συνετής αποφυγής σε ευρύτερο επίπεδο για παράδειγμα :

- Νομοθεσία πολιτείας
- Αδειοδότηση εφαρμογών
- Κανονισμοί εργασίας κτλ.

Ένα παράδειγμα βελτιστοποίησης είναι η τοποθέτηση πυρηνικών σταθμών σε περιοχές χωρίς κατοίκους και ένα άλλο παράδειγμα βελτιστοποίησης είναι τα ραδιενεργά κατάλοιπα να εναποδέτονται σωστά χωρίς να προκαλούν περιβαλλοντικές επιπτώσεις ή να περιορίζονται στο ελάχιστο.(Τσιτομενέας,2018)

Επειδή οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι μεγάλες θα αναφέρουμε και τα μέτρα από την υπηρεσία ατομικής ενέργειας για τους πυρηνικούς σταθμούς οι οποίοι ανήκουν στις τεχνητές πηγές ακτινοβολίας.

Τα μέτρα είναι τα εξής :

- ❖ Υπευθυνότητα για να είμαστε ασφαλείας
- ❖ Ο ρόλος της κυβερνήσεως
- ❖ Αρχηγία και διοίκηση για να είμαστε ασφαλείς
- ❖ Αιτιολόγηση των εγκαταστάσεων και των δραστηριοτήτων
- ❖ Βελτιστοποίηση της προστασίας
- ❖ Περιορισμός ρίσκων ατομικά
- ❖ Προστασία της τωρινής γενεάς και των επόμενων γενεών
- ❖ Αποτροπή ατυχημάτων
- ❖ Επείγουσα ετοιμότητα και ευθύνη για τυχόν περιστατικά
- ❖ Προστατευτικές ενέργειες για να μειώσουν τον κίνδυνο που υπάρχει η είναι δυνητικός. (Τσιτομενέας,2018)

Αυτά είναι λοιπόν τα μέτρα που λαμβάνονται από το κράτος για την προστασία τόσο των επαγγελματιών υγείας όσο και των ασθενών για την αποφυγή των βλαπτικών επιδράσεων για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

3.8 Ακτινοπροστασία και ο ρόλος του επαγγελματία της υγείας

Μετά την ανακάλυψη τους από τον w.Roentgen οι ακτίνες χ χρησιμοποιήθηκαν ευρέως στην ιατρική και συνεπώς και στα νοσοκομεία. Επειδή όπως αναλύσαμε και σε προηγούμενα κεφάλαια οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι πολλές και σε διάφορα επίπεδα δημιουργήθηκε η ανάγκη να ληφθούν μέτρα για την προστασία των ασθενών αλλά και του ίδιου του προσωπικού δηλαδή των επαγγελματιών της υγείας. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Ακτινοπροστασία

Η Ακτινοπροστασία έχει ως πρωταρχικό της στόχο την προστασία από την βλαπτική επίδραση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας των ανθρώπων του γενικού πληθυσμού αλλά και του προσωπικού του νοσοκομείου το οποίο δέχεται περισσότερο τις επιδράσεις από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες λόγω της έκθεσης του σε αυτές. Στην πραγματικότητα η ακτινοπροστασία έχει ως πρωταρχικό μέλημα να δώσει ένα σύστημα με μεγάλη ασφάλεια, έτσι ώστε να συνεχίζεται απρόσκοπτα η χρήση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας ελαττώνοντας βλαβερά αποτελέσματα αυτής στους τομείς της υγείας που χρησιμοποιείται ευρέως αλλά και σε άλλους τομείς όπως η βιομηχανία ή σε άλλους τομείς όπως η ενέργεια. (Παπάζογλου,2014)

Οι βλαβερές επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας οφείλονται στο γεγονός ότι μεταφέρουν ενέργεια και μέσω αυτής προκαλούνται ιοντισμοί που προκαλούν περεταίρω επιδράσεις στο ανθρώπινο σώμα. Στόχος και βασική αρχή της ακτινοπροστασίας και κάθε συστήματος ακτινοπροστασίας είναι η χρήση από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι το θετικό πρόσημο να υπερβαίνει το αρνητικό. (Παπάζογλου,2014)

Η χρησιμότητα της Ακτινοπροστασίας φαίνεται από το γεγονός ότι ιδρύθηκε επιτροπή ακτινοπροστασίας η **IRCP** το 1928. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως πρέπει να αναφέρουμε ξανά πώς σε κάθε σύστημα ακτινοπροστασίας καλούνται να εφαρμοστούν 3 αρχές η αρχή της αιτιολόγησης, η αρχή της βελτιστοποίησης και τέλος η αρχή των ορίων των δόσεων. (Παπάζογλου,2014)

ΔΕΑ(Διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς)

Ένας πολύ βασικός παράγοντας ακτινοπροστασίας είναι τα διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς. Είναι πολύ βασικός παράγοντας διότι είναι τα επίπεδα δόσης που δέχονται οι ασθενείς και οι εξεταζόμενοι σε εξετάσεις ακτινοδιαγνωστικές ή σε εξετάσεις με ραδιοφάρμακο. Είναι πολύ σημαντική διότι τα διαγνωστικά επίπεδα αυτά δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι πάνω από τα όρια. Δεν θα είναι πάνω από τα όρια αν εφαρμόζονται σωστά οι τεχνικές και οι πρακτικές των εξετάσεων. Σε περίπτωση που τα όρια δεν έχουν τηρηθεί πρέπει να δούμε το λόγο και την αιτία.

Στα διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς εφαρμόζουμε και την αρχή της βελτιστοποίησης, η οποία έχει ως βασικό στόχο στο να δεχτεί ο ασθενής την κατώτερη δυνατή δόση αλλά να υπάρχει μια εικόνα(ακτινογραφία) ή μια εξέταση (με ραδιοφάρμακα) η οποία θα είναι ποιοτική και διαγνώσιμη. Τα διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς αναθεωρούνται συχνά και αφορούν φυσικά εξετάσεις τόσο στην κλασσική ακτινολογία όσο και στην πυρηνική ιατρική αλλά και στους ασθενείς φυσικά. (Παπάζογλου,2014)

Τα όρια φυσικά μεταξύ του προσωπικού του νοσοκομείου και του γενικού πληθυσμού διαφέρουν. Για τους επαγγελματίες της υγείας η ενεργή δόση είναι από 20mSv ως 50mSv και 5 συνεχόμενα έτη δεν πρέπει να ξεπερνάμε το φράγμα των 100. Ενώ για τους ασθενείς και για το γενικό κοινό η ενεργός δόση κατά έτος δεν πρέπει να ξεπερνάει το 1mSv με όλες τις εξετάσεις συμπεριλαμβανομένου. Βέβαια στα παραπάνω δεν συνυπολογίζονται διαγνωστικές ή θεραπευτικές εξετάσεις για ιατρικούς σκοπούς. (Παπάζογλου,2014)

Για να πετύχουμε τη κατώτερη δυνατή δόση και να εφαρμόσουμε την αρχή της βελτιστοποίησης θα πρέπει να μειώσουμε τη δόση χωρίς βέβαια η εξέταση να είναι μη διαγνώσιμη. Η εφαρμογή των 3 αρχών ακτινοπροστασίας πρέπει φυσικά να γίνεται από όλους αλλά κυρίως από τους γιατρούς που παραπέμπουν τους ασθενείς αλλά και αυτούς που κάνουν την διάγνωση. Από τους τεχνολόγους και τους χειριστές που έχουν την άμεση ευθύνη για την πραγματοποίηση της εξέτασης με ιονίζουσες ακτινοβολίες θεραπευτικής ή διαγνωστικής. Αλλά και από τους Ακτινοφυσικούς που δρούν συμβουλευτικά αλλά είναι και υπεύθυνη για την Ακτινοπροστασία. (Παπάζογλου,2014)

Ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου και οι αρχές ακτινοπροστασίας για τους ασθενείς και τον ίδιο τον επαγγελματία της υγείας

Ο τεχνολόγος ακτινολόγος είναι επιφορτισμένος να εκτελεί τις εξετάσεις που απαιτείται η χρήση ιοντίζουσων ακτινοβολιών. Κάθε εξέταση για να πραγματοποιείται θα πρέπει να υπάρχει η μέγιστη ακτινοπροστασία για τον ασθενή και για τον ίδιο τον εργαζόμενο. (Παπάζογλου,2014)

Για την προστασία του ίδιου του τεχνολόγου θα πρέπει να εφαρμόζονται χωρίς παρέκκλιση 3 αρχές οι οποίες όμως ισχύουν και για τους πολίτες αν βρεθούν εν γνώσει τους σε περιοχή που υπάρχει ραδιενεργός πηγή κοντά.

- Πρώτον θα πρέπει να επιδιώκεται η όσο το δυνατόν μικρότερη διάρκεια έκθεσης στην ακτινοβολία
- Θα πρέπει να επιδιώκεται η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από την πηγή ακτινοβολίας. Εδώ εφαρμόζουμε το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης
- Θα πρέπει να υπάρχουν προστατευτικές ασπίδες ή μολύβδινες ποδιές για τη μείωση της έκθεσης σε οποιαδήποτε μορφή ακτινοβολίας (Τσιτομενέας,2018)

i)Μικρότερη διάρκεια έκθεσης.(Less spent near source less radio received)

Όσο πιο λίγο εκτίθεται κάποιος στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες τόσο λιγότερη δόση θα πάρει και συνεπώς αυτό είναι καλό για την υγεία του ίδιου του εργαζομένου.

ii)Μεγαλύτερη απόσταση από την πηγή μικρότερη δόση λαμβάνεται(Greater distance from source less radiation received)

Όσο μεγαλύτερη απόσταση έχει αυτός που χειρίζεται το μηχάνημα από εκεί που ακτινοβολεί τόσο μικρότερη θα είναι η δόση που θα λάβει. Εδώ ακολουθείται ο νόμος του αντιστρόφου του τετραγώνου της απόστασης που διατυπώθηκε από τον Coulomb.

Δηλαδή όπως το διατύπωσε ο Coulomb «Κάθε σημειακό ηλεκτρικό φορτίο ασκεί δύναμη σε κάθε άλλο σημειακό ηλεκτρικό φορτίο. Το μέτρο της δύναμης είναι ανάλογο του γινομένου των φορτίων που αλληλεπιδρούν και αντιστρόφως ανάλογο με το τετράγωνο της μεταξύ τους απόστασης»

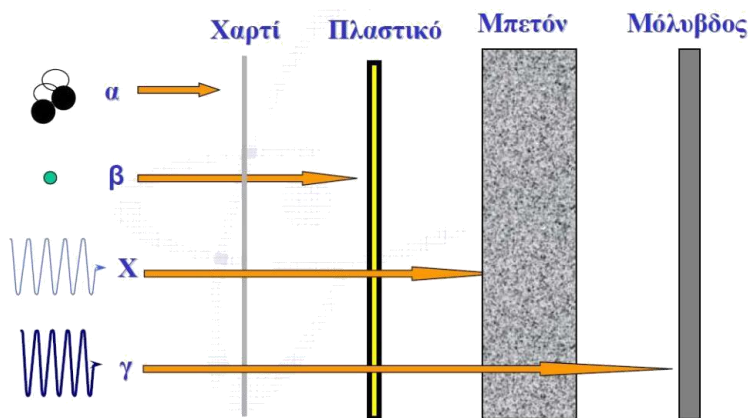
Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι όσο μεγαλύτερη απόσταση έχει κάποιος από την πηγή της ακτινοβολίας τόσο μικρότερη δόση θα λάβει.

iii)Χρήση προστατευτικών μέσων για τη μείωση της δόσης που δέχεται κάποιος(Behind shielding from source less radiation received)

Για την πραγματοποίηση εξετάσεων για τις λήψεις που γίνονται είτε αυτές αφορούν το κλασσικό ακτινολογικό είτε αυτές αφορούν την πυρηνική ιατρική είτε αφορούν οποιαδήποτε εξέταση θα πρέπει να υπάρχει προστατευτικός τοίχος.

Ειδικότερη αναφορά πρέπει να κάνουμε στις εξετάσεις που γίνονται επί κλίνης δηλαδή στον θάλαμο των ασθενών η στις μονάδες ειδικής νοσηλείας των νοσκομείων Μεθ, Μαφ εκεί η χρήση προστατευτικού πετάσματος για τον τεχνολόγο ακτινολόγο είναι απαραίτητη για την ακτινοπροστασία του. Είτε με κάποιο πέτασμα είτε με μολύβδινη ποδιά διότι ο μόλυβδος εξασθενεί την ιοντίζουσα ακτινοβολία και άρα είναι ένα υλικό που ακτινοπροστατεύει. (Παπάζογλου,2014)

Είναι σημαντικό οι γυναίκες που εργάζονται στους χώρους αυτούς και είναι πιθανόν έγκυες. Αν ακτινοβοληθεί το έμβρυο μπορεί να υπάρξουν τυχόν βλάβες είτε στην ενδομήτριο είτε στη μετέπειτα ζωή του και για αυτό το λόγο μπορούμε να η ετήσια δόση να περιοριστεί στα 2mSv. Έτσι δεν θα προσλάβει δόση ικανή να βλάψει την υγεία του.



Εικόνα 18: Θωράκιση για τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες

(Πηγή-Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Ακτινοπροστασία ασθενούς από τον τεχνολόγο ακτινολόγο

Ο τεχνολόγος ακτινολόγος είναι αυτός που βάση νόμου πραγματοποιεί στα νοσοκομεία η στα διαγνωστικά κέντρα τις εξετάσεις με ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Η ακτινοπροστασία είναι το σημαντικότερο ζήτημα όπως επίσης και η εξέταση να είναι διαγνωστική. Μεγάλη σημασία πρέπει να δίνεται στην εξέταση ενός παιδιού η μιας γυναίκας που είναι έγκυος. (Κωνστανταρόγιαννη,2015)

Πρώτα από όλα θα πρέπει να εξηγείται στον ασθενή για ποιο λόγο γίνεται εξέταση και ποια χρησιμότητα έχει. Μετά θα πρέπει να δίνεται στον ασθενή να καταλάβει ποια ακριβώς θα είναι η στάση του σώματος του και που ακριβώς πρέπει να πάει για να γίνει η εξέταση. Το πώς θα επικοινωνήσουμε με τον ασθενή είναι πολύ σημαντικό διότι ο ασθενής θα έχει άγχος λόγω της ιοντίζουσας ακτινοβολίας που έχει η εξέταση. Ο τεχνολόγος θα πρέπει να μιλήσει στον ασθενή με ευγένεια και ειλικρίνεια ώστε να φύγει το άγχος από τον ασθενή και η εξέταση να πραγματοποιηθεί με ακρίβεια. Είναι πολύ σημαντικό να αποφεύγεται αν δεν χρειάζεται για ιατρικούς σκοπούς η επανάληψη μιας εξέτασης διότι έτσι ο ασθενής θα πάρει παραπάνω ακτινοβολία. Γι αυτό το λόγο είναι σημαντικό να μιλήσουμε στον ασθενή και να επικοινωνήσουμε σε αυτόν τι θέλουμε να κάνει ούτως ώστε η εξέταση να είναι διαγνωστική και να αποφευχθεί η επανάληψή της.

Δεύτερο και σημαντικότερο μέτρο που πρέπει να πάρει ο τεχνολόγος είναι ο περιορισμός του πεδίου ακτινοβολήσης και αυτό θα γίνει με τον περιορισμό των διαφραγμάτων στην ακτινολογική λυχνία. Αυτό είναι μέγιστης σημασίας για κάθε ακτινολογική εξέταση. **Ο περιορισμός δηλαδή των διαφραγμάτων.** Η ποιότητα της εικόνας γίνεται καλύτερη και ποιοτικότερη διότι υπάρχει περιορισμός της ακτινολογικής δέσμης στο μικρότερο πεδίο που χρειάζεται να απεικονιστεί συνεπώς υπάρχει ποιοτικότερη εικόνα. Ακόμη όσο μεγαλύτερο πεδίο ακτινοβολούμαι τόσο μεγαλύτερη θα είναι η σκεδαζόμενη ακτινοβολία άρα θα ακτινοβολούνται περιοχές που δεν χρειάζεται να ακτινοβοληθούν. (Μελίδης, 2014)

Μια άλλη παράμετρος είναι το πάχος του ασθενούς και το μέγεθος το είδος της λήψης που θα πραγματοποιηθεί. Όσο πιο παχύς είναι ένας ασθενής τόσο περισσότερα είναι τα στοιχεία που πρέπει να χρησιμοποιηθούν και όταν εννοούμε στοιχεία εννοούμε τα kV και τα mAs . Για να είναι ποιο διαγνωστική η εξέταση σε έναν ασθενή πρέπει να αυξηθούν τα kV δηλαδή η δόση στον ασθενή ούτως ώστε να είναι η εικόνα που θα ληφθεί διαγνωστική. Ακόμη στις πλάγιες λήψεις επειδή η δέσμη της ακτινοβολίας έχει να διαπεράσει μεγαλύτερος πάχος ιστών η δόση θα αυξηθεί σημαντικά για υπάρξει μια διαγνωστική εικόνα. Άρα οι πλάγιες λήψεις επιβαρύνουν σημαντικά τον ασθενή και γίνονται μόνο αν η χρησιμότητα του είναι μεγάλη δηλαδή κριθούν απαραίτητες για την τελική διάγνωση. (Παπάζογλου,2014)

Ακόμη πολύ σημαντική είναι η χρήση των σωστών στοιχείων για την λήψη της εξέτασης δηλαδή τα kV , mas , mAs . Τα kV ρυθμίζουν το πόση ενέργεια θα παραχτεί από τα φωτόνια που εκπέμπονται, η αύξηση τους θα οδηγήσει σε μετατόπιση του φάσματος και άρα σε υψηλότερες ενέργειες. Είναι πολύ σημαντικό να ρυθμιστούν σωστά λοιπόν από τον τεχνολόγο ακτινολόγο. Ακόμη ένα πολύ βασικό στοιχείο είναι τα mAs τα οποία είναι στην ουσία το γινόμενο του ρεύματος που εκπέμπεται από τη λυχνία και του χρόνου ακτινοβολίας. Είναι πολύ σημαντική η σωστή χρήση τους διότι μια αλλαγή στο ρεύμα και ενώ όλα τα άλλα είναι ίδια μπορεί να προκαλέσει διπλάσια παραγωγή ακτίνων x , η οποία θα έχει προέλθει από το διπλασιασμό των φωτονίων η οποία θα επηρεάσει το φάσμα γενικότερα. Για αυτό είναι πού σημαντική η σωστή χρήση των kV και των mAs από τον τεχνολόγο ακτινολόγο. (Μελίδης, 2014)

Φυσικά σε παιδιά, έγκυες, νεότερους ανθρώπους και όχι μόνο θα πρέπει να τοποθετούμε προστατευτικές ποδιές ή προστατευτικά στις ευαίσθητες περιοχές ή στα γεννητικά όργανα για παράδειγμα αν δεν ζητείται λήψη που απαιτείται το πεδίο και ακτινοβολία κατά συνέπεια να πάει εκεί.

Ακτινοπροστασία στα παιδιά

Τα παιδιά είναι μια ομάδα πληθυσμιακή που χρειάζονται παραπάνω προστασία από ότι οι ενήλικες ασθενείς ως εκ τούτου πρέπει να δίνετε η πρόποσα σημασία. Τα παιδιά είναι περισσότερο ευαίσθητα σε σχέση με τους ενήλικες 3 φορές ορισμένες φορές και 2 φορές. Δηλαδή μια δόση που θα δοθεί σε έναν ενήλικα θα πρέπει να λάβουμε υπόψιν ότι είναι για το παιδί δύο ή τρεις φορές πιο επικίνδυνη. (Μογιά, 2004) Κόμη τα παιδιά έχουν επειδή θα ζήσουν πολύ περισσότερο από ότι ένας μεγαλύτερης ηλικίας άνθρωπος και περισσότερη από ότι ένας μεσήλικας άρα έχουν **μεγαλύτερο προσδόκιμο επιβίωσης** κινδυνεύουν πολύ περισσότερο να εμφανίσουν τις βλαπτικές επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Άρα έχουν πολύ μεγαλύτερη πιθανότητα από έναν άνθρωπο μέσης ηλικίας και ακόμα μεγαλύτερη από έναν γέρο άνθρωπο να εμφανίσουν κάποια στιγμή στη ζωή του κάποιο είδος καρκίνου που θα οφείλεται στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες. (Brody et al., 2007).

Όπως είναι φυσικό με αυτά τα δεδομένα θα πρέπει να σταθμίζεται το όφελος για να γίνει μια εξέταση δηλαδή αν προσφέρει περισσότερα από ότι αφαιρεί. (Παπάζογλου, 2014). Επίσης θα πρέπει η ακτινοπροστασία κατά τη διάρκεια της εξέτασης να είναι στο μέγιστο βαθμό και όταν λέμε μέγιστο βαθμό εννοούμε. Να μην γίνονται περιττές λήψεις δηλαδή μόνο στο σημείο που υπάρχει ο πόνος ή η ένδειξη και μόνο αν κριθεί αναγκαίο να προχωρούμε σε περεταίρω απεικονιστικές-διαγνωστικές

ακτινογραφίες.Ακόμη να γνωματεύονται πρώτα οι face λήψεις και μετά αν κριθεί αναγκαίο να γίνεται και η profile λήψη η οποία λόγω της θέσης του παιδιού-ασθενούς θα έχει παραπάνω στοιχεία άρα και μεγαλύτερη δόση για το παιδί. Επιπλέον τα πεδία ακτινοβολήσης θα πρέπει να είναι μόνο στο ανατομικό θέμα που θέλουμε να απεικονίσουμε και όχι περισσότερο ανοιχτά. Με τον περιορισμό των πεδίων επιτυγχάνουμε αφενός καλύτερη απεικονιστική ευκρίνεια και αφετέρου καλύτερη ακτινοπροστασία καθώς μειώνεται η σκεδαζόμενη και άρα η συνολική δόση που θα λάβει το παιδί. Σε κάποια νοσοκομεία όπως αυτό στο οποίο εργάζομαι υπάρχει μηχανήμα που έχει παιδιατρικά πρωτόκολα και επιπλέον η δέσμη του μηχανήματος μπορεί να περιοριστεί και να υπάρχει ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια και ακτινοπροστασία στην εξέταση που θα πραγματοποιηθεί. Θα ήταν χρήσιμο να υπάρχουν μηχανήματα με παιδιατρικά πρωτόκολα σε όλα τα νοσοκομεία.Προφανώς τα στοιχεία που θα χρειαστεί να βάλει ο τεχνολόγος ακτινολόγος ακόμα και όταν δεν υπάρχει μηχανήμα με παιδιατρικά πρωτόκολα θα πρέπει να είναι σαφώς μικρότερα από αυτά που θα βάλουμε σε έναν ενήλικα καθώς το παιδί είναι στην ανάπτυξη και άρα περισσότερο ευάλωτο στην επίδραση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Συνεπώς χαμηλότερα στοιχεία δηλαδή kv,mas άρα χαμηλότερη δόση για το παιδί με αποτέλεσμα περιορισμός ως και μηδενισμός των βλαπτικών επιδράσεων της ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Φυσικά δεν πρέπει να παραλείψουμε και την τοποθέτηση ακτινοπροστατευτικών στα ευαίσθητα σημεία του παιδιού όπως για παράδειγμα γονάδων και προστατευτικά θυροειδούς. Μπορούμε για παράδειγμα αν δουλεύουμε σε χώρο με ανεπαρκή προστατευτικά μέσα να τοποθετήσουμε μια μολύβδινη ποδιά έτσι ώστε να αποφύγουμε περεταίρω επιβάρυνση του παιδιού.

Επιπλέον στο **τεχνικό κομμάτι της εξέτασης** στις παιδιατρικές εξετάσεις το αντιδιαχυτικό διάφραγμα που χρησιμοποιείται σε ενήλικες και βελτιώνει την απεικόνιση ,στα παιδιά έχει διαπιστωθεί ότι δεν βοηθά ιδιαίτερα και αυξάνει και τουλάχιστον δύο φορές τη δόση που δέχεται το παιδί στο δέρμα του. Μπορούμε λοιπόν να οδηγηθούμε με ασφάλεια στο συμπέρασμα ότι στις εξετάσεις που διενεργεί ο τεχνολόγος ακτινολόγος στα παιδιά το αντιδιαχυτικό διάφραγμα (grid) (Μελίδης,2014)μπορεί και πρέπει να αφαιρείται. Ένα επιπλέον τεχνικό κομμάτι που πρέπει να προσεχτεί για την ακτινοπροστασία του παιδιού είναι και η **απαγόρευση χρήσης της ακτινοσκόπησης** στα παιδιά. Η ακτινοσκόπηση χρησιμοποιείται σε πολύ συγκεκριμένες εξετάσεις αλλά σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για τη διευκόλυνση απεικόνισης σε μια λήψη. Είναι μια ενέργεια που αυξάνει κατά πολύ τη δόση στο παιδί ασθενή και πρέπει να αποφεύγεται.

Ακόμη πρέπει να εξηγήσουμε στους γονείς του παιδιού τους ενδεχόμενους κινδύνους από μία τέτοια εξέταση με ειλικρίνεια και μετά με την σύμφωνη γνώμη τους να

προχωρήσουμε στην εξέταση. Στην ίδια την εξέταση πρέπει με ήρεμο και σαφή τρόπο να επικοινωνήσουμε στο παιδί τι θέλουμε από αυτό έτσι ώστε να μην αγχωθεί ή δεν καταλάβει τι ακριβώς ζητάμε από αυτό. Μετά θα προχωρήσουμε στην εξέταση με προσοχή και υπευθυνότητα.

Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι ο σκοπός της εξέτασης είναι να είναι διαγνωστική για να μην οδηγηθούμε σε επανάληψη της εξέτασης και έτσι υπάρξει μεγαλύτερη του αναμενομένου επιβάρυνση για το παιδί-ασθενή. (Παπάζογλου,2014)

Είναι πολύ σημαντικό ότι πλέον οι ακτινογραφίες έχουν γίνει από αναλογικές σε ψηφιακές και αυτό έχει πολλά σημαντικά οφέλη. Η ψηφιακή ακτινογραφία υπερέχει της κλασσικής ακτινογραφίας διότι έχει μειωμένη δόση σε σχέση με αυτή πράγμα που βοηθά στην ακτινοπροστασία του παιδιού. Επίσης η ψηφιακή ακτινογραφία μπορεί να γίνει καλύτερη επεξεργασία αυτής δηλαδή να ρυθμιστεί η αμαύρωση, η αντίθεση της και η σκιαγραφική της αντίθεση. Τέλος με την ψηφιακή ελαττώνεται και ο χρόνος εξέτασης. (Μελίδης,2014)

Τέλος όπως σε όλες τις εξετάσεις με ιοντίζουσες ακτινοβολίες θα πρέπει να ακολουθούμε τους κανόνες της οριοθέτησης , της βελτιστοποίησης και της αιτιολόγησης για να πραγματοποιήσουμε την εξέταση. Τα μέτρα θα ληφθούν από τον τεχνολόγο ακτινολόγο ο οποίος είναι επιφορτισμένος με την ακτινοπροστασία του παιδιού/ασθενούς και του υπόλοιπου προσωπικού και ασθενών χωρίς να εξαιρείται και ο ίδιος /ίδια που πραγματοποιεί την εξέταση. (Παπάζογλου,2014)

4) Συμπεράσματα

Φτάνοντας στο τέλος της παρούσας διπλωματικής στην οποία δόθηκε βάση στις επιδράσεις που έχουν ιοντίζουσες ακτινοβολίες στα παιδιά δίνοντας φυσικά βάση και τις επιπτώσεις γενικότερα στους ανθρώπους και στα έμβια όντα οδηγηθήκαμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

Παντού γύρω στη φύση υπάρχουν ακτινοβολίες και δεχόμαστε ιοντίζουσες ακτινοβολίες καθημερινά είτε το αντιλαμβανόμαστε είτε όχι. Τα παιδιά δυστυχώς επειδή τα κύτταρά τους διαιρούνται συνεχώς σίγουρα ποιο γρήγορα από ένα ενήλικα έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να επηρεαστούν από τις βλαπτικές επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Σε αυτό συμβάλλει και το γεγονός ότι τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο προσδόκιμο επιβίωσης και έτσι είναι περισσότερο ευάλωτα στο να φανούν οι επιδράσεις των ιοντίζουσων ακτινοβολιών στο μέλλον. (Brody et al., 2007)

Τι είναι όμως αυτές οι περίφημες ιοντίζουσες ακτινοβολίες από πού εκπέμπονται και τι προκαλούν στον ανθρώπινο και δη στον παιδικό οργανισμό.

Ας τα πάρουμε όμως από την αρχή οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες υπάρχουν παντού γύρω μας στη φύση άρα εκπέμπονται φυσικά. Η μεγαλύτερη πηγή της ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι ο ήλιος. Ο ήλιος είναι η μεγαλύτερη πηγή ιοντίζουσων ακτινοβολιών και εκπέμπει σε τερατώδεις εντάσεις. Ειδικότερα εκπέμπει ακτίνες α και ακτίνες γ μαζί με σωματίδια και ιόντα που έχουν εξαιρετικά υψηλές πηγές στοιχειώδους ενέργειας. Είναι αυτονόητο ότι τα παιδιά τις ώρες αιχμής το χειμώνα και ειδικά τις ώρες αιχμής το καλοκαίρι θα πρέπει να αποφεύγουν την έκθεση στον ήλιο διότι οι επιδράσεις μπορεί να ποικίλουν από ένα απλό έγκαυμα μέχρι ακόμα και καρκίνο του δέρματος. (Τσιτομενέας, 2018)

Μια άλλη φυσική πηγή ιοντίζουσων ακτινοβολιών είναι το ραδόνιο το οποίο εκπέμπεται από πετρώματα που περιέχουν ουράνιο και τόσο το ίδιο το ραδόνιο αλλά κυρίως τα παράγωγα του μπορούν να προκαλέσουν λόγω της εκπομπής σωματιδίων α , τα οποία αν και δεν έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα εντούτοις μπορεί να διεισδύσουν στο δέρμα και από εκεί στους ιστούς των πνευμόνων και να προκαλέσουν καρκίνο στους πνεύμονες. Είναι πολύ σημαντικό να καταλάβουμε την επικινδυνότητα του ραδονίου διότι το ίδιο είναι άχρωμο, άγευστο και άοσμο και προκαλεί αν έχουμε έκθεση για μεγάλο διάστημα καρκίνο στους πνεύμονες. Είναι πολύ σημαντικό λοιπόν για να αποφύγουμε τις βλαπτικές επιδράσεις να αερίζουμε το χώρο, να βάλουμε σύστημα αυτόματου εξαερισμού, να κλείσουμε τυχόν ρωγμές που υπάρχουν και να κάνουμε μέτρηση ιδίως αν μένουμε ισόγειο, γιατί εκεί παρουσιάζεται περισσότερο, αν έχουμε διαρροή ραδονίου στο σπίτι μας. Τα παιδιά φυσικά είναι περισσότερο ευάλωτα από έναν ενήλικα και για αυτό πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή. (Ανωγειανάκης, 2009)

Τι είναι όμως οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι εκείνες που έχουν αρκετά μεγάλη ενέργεια ώστε να ιονίσουν την ύλη μέσω της μεταφοράς ενέργειας στα ηλεκτρόνια και τον εξαναγκασμό της απομάκρυνσής τους από τα άτομα.

Στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες ανήκουν οι ακτινοβολίες α , οι ακτινοβολίες β και τέλος οι ακτινοβολίες γ και χ που έχουν παρόμοια δράση.

Τα **σωματίδια α** δεν είναι πολύ διεισδυτικά ωστόσο μπορούν να διαπεράσουν το δέρμα και να προκαλέσουν ζημιά αφού θα ακτινοβολούν εσωτερικά όργανα όπως οι πνεύμονες. Τα σωματίδια α μπορούν να εισέλθουν ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αναπνοής ή της κατάποσης.

Τα **σωματίδια β** είναι περισσότερο διεισδυτικά από τα σωματίδια α διότι μπορούν να διαπεράσουν και νερό με πάχος 1-2 εκ. Προκαλούν βλάβες στα εσωτερικά όργανα και στο δέρμα προκαλώντας εγκαύματα αλλά κυρίως μπορούν να επιδράσουν με τα κύτταρα του ανθρώπινου οργανισμού και να προκαλέσουν μετάλλαξη αυτών που μπορεί να οδηγήσει σε καρκινογένεση.

Η **ακτινοβολία γ και χ** έχουν παρόμοια δράση έχουν αρκετά μεγάλη συχνότητα και είναι αρκετά διεισδυτικές και για την προστασία από το είδος της ακτινοβολίας αυτής χρειάζεται ο μόλυβδος. (Πλουμιστάκης,2016)

Φυσικά υπάρχουν και οι τεχνητές πηγές παραγωγής ακτίνων χ όπως ο αξονικός τομογράφος για παράδειγμα που χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς αλλά θα έρθουμε εκεί λίγο αργότερα. (Ανωγειανάκης,2009)

Οι επιδράσεις από την ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι πολλές και οι βιολογικές επιπτώσεις μεγάλες. Βασικό κριτήριο αποτελεί η ενεργός δόση που έλαβε ο έμβιος οργανισμός όπως επίσης η συχνότητα , η ένταση και το είδος της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι δεν υπάρχει όριο ασφαλούς έκθεσης μόνο όριο ανεκτούς δόσης και αυτό διότι δεν έχει αποδειχτεί ότι οι πολύ μικρές δόσεις δεν προκαλούν προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Οι επιδράσεις μπορεί να είναι θερμικές, αδερμικές , βιολογικές. Οι βιολογικές επιδράσεις χωρίζονται στο φυσικό , στο χημικό και στο βιολογικό στάδιο. Το βιολογικό στάδιο που μπορεί να κρατήσει από πολύ λίγο δηλαδή μερικά δεύτερα εως και χρόνια θα αναφέρουμε εδώ.

Οι βιολογικές επιδράσεις θα είναι συνάρτηση της έντασης της ακτινοβολίας, του χρόνου που εκτέθηκε ο οργανισμός και της ευαισθησίας των οργάνων στην ακτινοβολία καθώς κάποια όργανα είναι περισσότερα ευαίσθητα από κάποια άλλα. (Πλουμιστάκης,2016)

Όταν η ιοντίζουσα ακτινοβολία διαπεράσει το δέρμα και φτάσει στο εσωτερικό του οργανισμού δημιουργεί ιονισμούς που αυτοί με τη σειρά τους άμεσα δημιουργούν ζημιά στα κύτταρα του οργανισμού και στα μακρομόρια των κυττάρων. Άρα δημιουργείται μια άμεση βλάβη και ύστερα δημιουργείται μια έμμεση βλάβη διότι τα κύτταρα τότε θα παράγουν ελεύθερες ρίζες οι οποίες με τη σειρά τους θα βλάψουν το DNA του κυττάρου.

Οι βλάβες αυτές άλλες φορές θα αντιμετωπιστούν επιτυχώς και το κύτταρο θα επανέλθει πλήρως και άλλες φορές θα αναρρώσει μερικώς και θα δημιουργηθεί κάποια ανωμαλία στον πολλαπλασιασμό του. Φυσικά κάποιες φορές το κύτταρο δεν θα καταφέρει να επιδιορθώσει τη ζημιά και θα πεθάνει. Ανάλογα με τα κύτταρα που θα πεθάνουν θα έχουμε και τα ανάλογα προβλήματα. (Πλουμιστάκης,2016)

Είναι προφανές ότι τα παιδιά λόγω του μεγάλου προσδόκιμου επιβίωσης είναι πιθανότερο να αναπτύξουν κάποιες βλάβες από την ιοντίζουσα ακτινοβολία.(Brody et al.,2007) συν ότι είναι ποιο ευαίσθητα από τη φύση τους στις ιονίζουσες ακτινοβολίες. (Μoya, 2004)

Οι ακτίνες χ και ο ρόλος του επαγγελματία της υγείας

Οι ακτίνες χ οι οποίες ανακαλύφθηκαν στο 1895 από τον w.Roentgen έκτοτε χρησιμοποιούνται σε όλες τις εκφάνσεις της ιατρικής είτε αφορά τη διαγνωστική ιατρική που η συνηθέστερη εξέταση είναι μια ακτινογραφία θώρακος είτε αυτή αφορά θεραπευτικούς σκοπούς όπως για παράδειγμα η ακτινοθεραπεία που χρησιμοποιείται στη θεραπεία είτε για σκοπούς ίασης είτε για σκοπούς παρηγορητικούς.(Hessenbruch,2000, ; Brecher R and Brecher E,1969)

Οι ακτίνες χ ανήκουν στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες και έχουν όπως όλες οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες το χαρακτηριστικό ότι μεταφέρουν ενέργεια στην ύλη που θα προσκρούσουν και προκαλούν ιονισμούς με ότι αυτό συνεπάγεται για την υγεία του παιδιού . Επίσης οι ακτίνες χ δεν έχουν οσμή, δεν είναι ορατές και διεισδύουν σε βάθος στον οργανισμό που θα αλληλεπιδράσουν(Μελίδης,2014). Όπως αναφέραμε και πριν έτσι προκαλείται ζημιά στα κύτταρα του παιδιού τα οποία είτε θα μεταλλαχτούν είτε θα πεθάνουν. Ζημιά οι ακτίνες χ μπορεί να προκαλέσουν και στο DNA του κυττάρου. Πρέπει να πούμε ότι οι επιδράσεις των ακτίνων χ μπορεί να είναι και αδρυστικές πράγμα που αποτελεί ένα ακόμη θέμα με τη χρήση τους. Τέλος κάποιες από τις επιδράσεις τους μπορεί να είναι λανθάνουσες και κάποιες ανώδυνες. (Πλουμιστάκης,2016)

Για όλους αυτούς τους λόγους επικινδυνότητας των ακτίνων χ δεσπίστηκαν από το παγκόσμιο οργανισμό υγείας κανόνες ακτινοπροστασίας και το κράτος τους εφαρμόζει. (Παπάζογλου,2014)

Οι κανόνες αυτοί βοηθούν ιδιαίτερα στην προστασία των παιδιών όπως θα δούμε και ποιο κάτω διότι είναι τα περισσότερα ευάλωτα .Θα πρέπει να υπάρχει αιτιολόγηση για να γίνει μια εξέταση με ιοντίζουσες ακτίνες χ. Δηλαδή το όφελος για να γίνει μια ακτινογραφία σε ένα παιδί θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από τους πιθανούς κινδύνους.

Ακόμη θα πρέπει να υπάρχει οριοθέτηση δηλαδή να υπάρχουν κάποια αποδεκτά όρια ,άλλα για τον πληθυσμό και άλλα για τους επαγγελματίες υγείας, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι όρια ασφαλείας. Τέλος θα να υπάρχει βελτιστοποίηση για να γίνει μια εξέταση δηλαδή με την εγκατάσταση να πραγματοποιείται ο σκοπός της εξέτασης αλλά να μην παίρνει και ο ασθενής μεγάλη δόση. (Παπάζογλου,2014) Είναι δεδομένο πως οι κανόνες ακτινοπροστασίας στο θάλαμο η όπου πραγματοποιείται η εξέταση είναι αρμοδιότητα του τεχνολόγου ακτινολόγου.

Δεν πρέπει να παραλείψουμε να πούμε ότι σε ένα νοσοκομείο οι κανόνες ακτινοπροστασίας για το προσωπικό και για τους ασθενείς είναι αρμοδιότητα του κράτους.

Ειδικά για τα παιδιά τα οποία είναι τα πλέον ευάλωτα διότι τα κύτταρά τους διαιρούνται με μεγαλύτερο ρυθμό και συνεπώς είναι πιο ευάλωτα σε τυχόν βλάβες. Αλλά και εξαιτίας του μεγάλου προσδόκιμου επιβίωσης που έχουν άρα και μεγαλύτερο χρόνο να εμφανίσουν βλαπτικές επιδράσεις από την ιοντίζουσα ακτινοβολία (Brody et al.,2007)θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή από τον τεχνολόγο που πραγματοποιεί την εξέταση αλλά και από αυτούς που ζητάνε εξετάσεις(Παπάζογλου,2014) και αυτό σημαίνει ότι ο μεν τεχνολόγος όταν η εξέταση έχει ζητηθεί θα πρέπει να περιορίσει τα kv και τα mas τόσο ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη από πλευράς στοιχείων ακτινοπροστασία αλλά και να γίνει η εξέταση όπως οφείλεται για να είναι διαγνωστική. Ακόμη θα πρέπει να υπάρξει σμίκρυνση του πεδίου της δέσμης για να καταφέρουμε να περιορίσουμε την ακτινοβολία στα σημεία ενδιαφέροντος για την εξέταση αλλά και να αποφευχθεί η σκεδαζόμενη ακτινοβολία (φαινόμενο Compton) η οποία προκαλεί περεταίρω επιβάρυνση στο παιδί. Ακόμη στα ευαίσθητα όργανα του παιδιού στα γεννητικά όργανα για παράδειγμα η στους θυροειδείς αδένες . Φυσικά θα πρέπει με ήρεμο και σαφή τρόπο να εξηγηθεί στο παιδί η διαδικασία της εξέτασης για να είναι ήρεμο και η εξέταση να γίνει σωστά πράγμα που θα μας κάνει να ολοκληρώσουμε την εξέταση επιτυχώς. Είναι αυτονόητο ότι αυτοί που πραγματοποιούν την εξέταση θα πρέπει να ελέγχονται για να φανεί αν όντως γίνεται σωστά η εξέταση και τηρούνται όλα τα μέτρα ακτινοπροστασίας που επιβάλλονται.

Είναι πολύ σημαντικό επειδή οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες βρίσκονται παντού γύρω μας είτε στη φύση είτε στο βιομηχανοποιημένο αστικό περιβάλλον όπου ζει το μεγαλύτερο μέρος της ανθρωπότητας συνεπώς και τα παιδιά. Είναι σημαντικό να υπάρχει ενημέρωση για τις βιολογικές επιδράσεις και τις συνέπειες από την συνεχή έκθεση όπως επίσης και να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ακτινοπροστασίας που είναι δεσπισμένα παγκοσμίως για την προστασία των παιδιών που είναι τα περισσότερο ευάλωτα.

Είναι καθήκον όλων μας και ιδιαίτερα εμάς των επαγγελματιών της υγείας για την υγεία των παιδιών μας και των μελλοντικών γενεών.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Brecher, R. and Brecher, E. (1969) The Rays: A History of Radiology in the United States and Canada, Baltimore: Williams and Wilkins

Hessenbruch, A. (2000) Calibration and work in the x-ray economy, 1896–1928. Social Studies of Science 30, 397–420

Brodsky, A., Kathren, R. L., & Willis, C. A. (1995). History of the medical uses of radiation: regulatory and voluntary standards of protection. Health physics, 69(5), 783-823.

Brody, A. S., Frush, D. P., Huda, W., & Brent, R. L. (2007). Radiation risk to children from computed tomography. Pediatrics, 120(3), 677-682.

Bushong, S. C. (1995). History of Standards, Certification, and Licensure in Medical Health Physics. Health physics, 69(5), 824-836.

Diffey BL. Stratospheric ozone depletion and the risk of non melanoma skin cancer in a British population. Phys Med Biol, 1992 . 37:2267-2279

Hessenbruch, A. (2000) Science as public sphere: X-rays between spiritualism and physics. In Wissenschaft und Öffentlichkeit in Berlin, 1870–1930, pp. 89–126, Stuttgart: Franz Steiner Verlag; see p. 114

International Commission on Radiological Protection The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP 2007;37:1–332.

Moya, J.; bearer, C.F.; Etzel, R.A. Children's behavior and physiology and how it affects exposure to environmental contaminants. Pediatrics 2004, 113, 996–1006. [[Google Scholar](#)]

National Council on Radiation Protection and Measurements. Ionizing radiation exposure of the population of the United States. Bethesda, MD: NCRP; Report 160; 2009.

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). Sources, Effects and

Risks of Ionizing Radiation: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR

2013 Report to the General Assembly with Scientific Annexes; UNSCEAR: Vienna, Austria, 2013.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).2006. Annex A: Epidemiological studies of radiation and cancer. In: UNSCEAR Report 2006, Effects of Ionizing Radiation, Vol. I. New York:United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), United Nations.Available: http://www.unscear.org/docs/reports/2006/07-82087_Report_Annex_A_2006_Web_corr.pdf [accessed 20 July 2020]. Google Scholar

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation).2013. Annex B: Effects of radiation exposure of children. In: UNSCEAR Report 2013, Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation, Vol. II. New York:United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), United Nations. Available: http://www.unscear.org/docs/reports/2013/UNSCEAR2013Report_AnnexB_Children_13-87320_Ebook_web.pdf [accessed 20 July 2020]. Google Scholar

Βιβλιογραφία στα ελληνικά

Ανδρέου, Κ. (2016). Δόση ακτινοβολίας και παράγοντες που την επηρεάζουν κατά την διενέργεια επεμβατικών καρδιολογικών πράξεων (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών

Ανωγειανάκης, Γ. (2009). Ραδόνιο και περιβαλλοντικές επιπτώσεις.(Πτυχιακή εργασία). Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Γιαγκίδης, Γ., & Μούντανος, Κ. (2016). Μελέτη ενδοκυττάριου υγρού και ανάπτυξης σε παιδιά ηλικίας 8–11 ετών. (Πτυχιακή εργασία).ΤΕΙ Κρήτης

Δαλάκας, Α. (2015). Μοντελοποίηση συστήματος διπλής δέσμης ακτίνων–Χ και–γ για τη μη καταστροφική ανίχνευση παράνομων ουσιών.(Διατριβή). ΤΕΙ Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης

ΕΕΑΕ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Ανακτήθηκε στις 1/4/20 από: <https://eeae.gr/%CE%BC%CE%B5-%CE%BC%CE%B9%CE%B1-%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%AC/%CE%BC%CE%B1%CE%B8%CE%B1%CE%AF%CE%BD%CE%BF%CF%85%CE%BC%CE%B5-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B9%CF%82-%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AF%CE%B5%CF%82>

Κωνστανταρόγιαννη, Ε. Α. (2015). Διερεύνηση του Γνωστικού Υπόβαθρου και των Στάσεων των Επαγγελματιών Υγείας σε Χώρους με Ιοντίζουσα Ακτινοβολία. (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία).Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Κότσας, Β. (2016). Ανίχνευση βλαβών DNA με προσομοιωτικούς τρόπους Monte Carlo μετά από έκθεση σε χαμηλές δόσεις ιοντίζουσας ακτινοβολία.(Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Μαγγέλης, Α. Κ. (2011). Σύγκριση χημικά επαγόμενη ακτινοευαισθητοποιητικής δράσης δύο κινολινικών παραγώγων σε καρκινικά κύτταρα A431 (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Μάμαλου, Μ. (2018). ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ, ΟΖΟΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ. (Διπλωματική εργασία). Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο

Μελίδης, Η. (2014). Διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς: ένα πολύτιμο εργαλείο στην Ακτινοδιαγνωστική. Καθορισμός διαγνωστικών επιπέδων αναφοράς για τα ακτινογραφικά συστήματα και το μαστογράφο του 424 ΓΣΝΕ (No. GRI-2014-12035). (Διπλωματική εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Μπακαμήτσου, Σ. (2019). Η υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία και οι επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία: περίπτωση καρκίνου του δέρματος–μελάνωμα. (Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Παπάξογλου, Ε. (2014). Δοσιμετρία των Ακτίνων Χ & Τα Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς στην Επεμβατική Ακτινολογία (No.GRI-2014-11933).(Πτυχιακή εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πλουμιστάκης, Ι. (2016). Δοσιμετρία ακτινοβολίας.(Διπλωματική εργασία). ΤΕΙ Κρήτης

Σακουφάκη, Μ. (2017). Σχεδιασμός και εφαρμογή προγράμματος αγωγής Υγείας για την πρόληψη των συνεπειών από την Ηλιακή ακτινοβολία σε μαθητές πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης αγροτικού πληθυσμού (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Παθολογίας. Κλινική Α'Δερματικών και Αφροδισίων Νόσων). (Διατριβή). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τσερανίδου, Σ. (2017). Δόση από ακτινοβολία σε παιδιατρικούς ασθενείς στην επεμβατική καρδιολογία.(Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τσέτσιλα, Μ. Β. Μ. (2012). Κρυπτογραφία και κβαντικοί υπολογιστές (Διπλωματική εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τσιτομενέας Σ. (2018) (4^η έκδοση): Ακτινοβολίες, επιδράσεις, αρχές διαχείρισης, μέτρα προφύλαξης: ΕΝΩΣΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ