



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΟΠΤΙΚΗΣ & ΟΠΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ ΚΑΙ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΑΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ»**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΣΥΓΓΟΥΝΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Dr. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΑΙΓΙΟ, ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΤΟΜΙΑ ΤΟΥ ΟΦΘΑΛΜΟΥ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ- ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1. :ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.2. :ΜΗ ΙΟΝΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΟΦΘΑΛΜΟ.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.1. :ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΟ ΙΣΤΟ ΚΑΙ ΤΑ ΟΠΤΙΚΑ ΜΕΣΑ.....	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.2. :ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗΣ ΛΟΓΩ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ..	40
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	48
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	50

ΠΡΟΛΟΓΟΣ-ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις βαθιές μου ευχαριστίες και τον αμέριστο σεβασμό στους σεβαστούς καθηγητές και καθηγήτριες της Σχολής Οπτικής και Οπτομετρίας Α.Τ.Ε.Ι. Αιγίου, που μου δίδαξαν αυτά τα οποία έμαθα και που μου έδωσαν την ευκαιρία να φτάσω στην ημέρα αυτή που παρουσιάζω την Πτυχιακή μου Εργασία.

Η εργασία αυτή με βοήθησε να διευρύνω το πεδίο των γνώσεών μου σχετικά με την επίδραση του περιβάλλοντος στο οποίο ζούμε στον ανθρώπινο οφθαλμό.

Συνοπτικά, η εργασία περιλαμβάνει την ανάπτυξη γνώσεων όσον αφορά την ανατομία του οφθαλμού, πραγματεύεται πληροφορίες σχετικές με την ιονίζουσα και τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία ενώ γίνεται εκτενέστερη ανάλυση σχετικά με τις βλάβες που προκαλούνται από αυτές στον ανθρώπινο οφθαλμό.

Ο στόχος της εργασίας είναι να ενημερώσει αλλά και να επαγρυπνίσει όλους μας σχετικά με τους κινδύνους που ελλοχεύουν από την έκθεση του ανθρώπινου οφθαλμού σε ακτινοβολίες αλλά και από την έκθεσή του στον ήλιο χωρίς προστασία.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την προσφορά των γνώσεών τους και την υποστήριξή τους, τον κύριο Βλαχόπουλο Γεώργιο για το ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα που πρότεινε και μου δόθηκε η ευκαιρία να ασχοληθώ με αυτό και τις οδηγίες του.

Τέλος, ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή Dr.Κουτσογιάννη Κωνσταντίνο που με τις συμβουλές, τη στήριξη και το ενδιαφέρον του βοήθησε ώστε να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή με θέμα «Η επίδραση ιονίζουσας και μη ιονίζουσας ακτινοβολίας στην υγεία του ανθρώπινου οφθαλμού» πραγματεύεται το πώς μπορεί να επηρεάσουν οι ακτινοβολίες,ιονίζουσες και μη ιονίζουσες,υπεριώδεις και υπέρυθρες τον ανθρώπινο οφθαλμό,γιατί τον επηρεάζουν,με ποιους τρόπους αλλά και ποια είναι τα μέτρα προστασίας που μπορεί να λάβει ο άνθρωπος για να προστατευτεί από αυτές.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφεται η ανατομία του οφθαλμού και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η όραση.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται η φύση των ιονιζουσών και μη ιονιζουσών ακτινοβολιών,η χρήση τους από τον άνθρωπο,οι φυσικές και τεχνητές πηγές τους και τα συστήματα ακτινοπροστασίας για τον περιορισμό των βλαβών που προκαλούν.

Στο τρίτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας γίνεται εκτενής αναφορά των βλαβών που προκαλούνται από την ακτινοβολία σε όλο το οπτικό σύστημα και τα διαθλαστικά του μέσα.

Από την εργασία προκύπτει ως συμπέρασμα ότι για τις βλάβες στον οφθαλμό δεν ευθύνεται μόνο η υπέρυθρη ακτινοβολία ,όπως θεωρείτο μέχρι τώρα,αλλά και η υπεριώδης όπως επίσης και η θερμική επίδραση του ηλίου.

Τα συμπεράσματα αυτά μας είναι χρήσιμα ώστε να είμαστε ενήμεροι για το πώς μπορούμε να προστατεύουμε τους οφθαλμούς μας σωστά ώστε να μην υποκείμεθα τις επιβλαβείς επιδράσεις της ακτινοβολίας.

ABSTRACT

This diploma thesis under the subject “The effect of ionizing and non ionizing radiation on the human eye’s health” is about how ionizing,non ionizing,ultraviolet and infrared radiation affect the human eye,how they affect it,in what ways and what are the protection meters that people can protect themselves with from the irradiance.

Chapter 1 describes the anatomy of the eye and the way human vision works.

Chapter 2 describes the nature of ionizing and non ionizing radiations,the ways people use them,their natural and artificial sources and the irradiance protection systems for the limitations of the damages they cause.

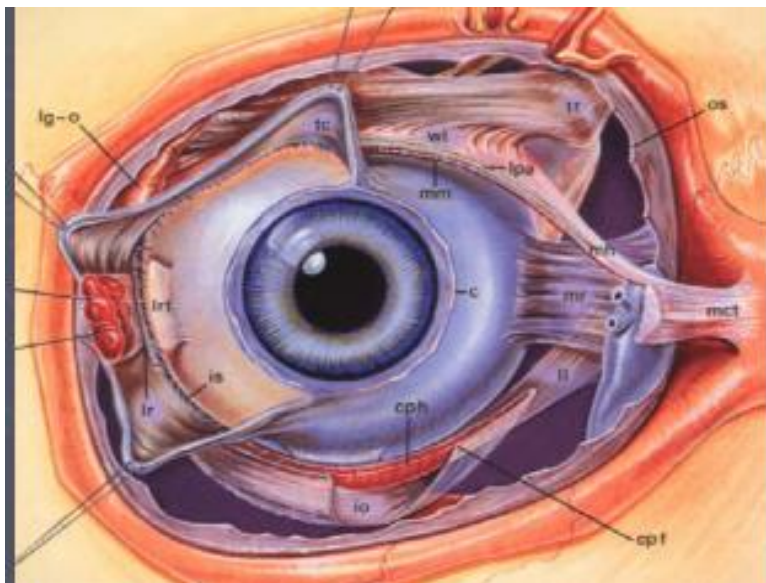
Chapter 3 is the last chapter and analyzes the damages that radiation causes on all the ocular system and its refractive instruments.

From the diploma thesis it comes as a conclusion that the damages on the human eye are not caused only from infrared radiation,which was known as a fact until now, but from ultraviolet radiation as well and also from the thermal effect of the sun.

These conclusions are useful to us so that we are of knowledge of how we are able to protect our eyes in the proper ways and not be subjected to the harmful effects of radiation.

Κεφάλαιο 1^ο : Ανατομία του Οφθαλμού

Ο ανθρώπινος οφθαλμός αποτελεί κλειστό όργανο και μοιάζει με κοίλη σφαίρα που έχει κατά μέσο όρο διάμετρο 24 mm (κυμαίνεται μεταξύ 21 και 26 mm). Ο οφθαλμός είναι τοποθετημένος σε μία κοιλότητα που συνίσταται από οστά, η οποία ονομάζεται κόγχος (Εικόνα 1) και περιβάλλεται από λίπος. Η στήριξη και η κίνηση του οφθαλμού γίνεται από τους οφθαλμικούς μύες, οι οποίοι είναι 6, 4 ορθοί (άνω, κάτω, έσω και έξω) και 2 λοξοί (άνω και κάτω). Μέσα στον κόγχο πορεύεται και ο ανελκτήρας μυς του βλεφάρου.



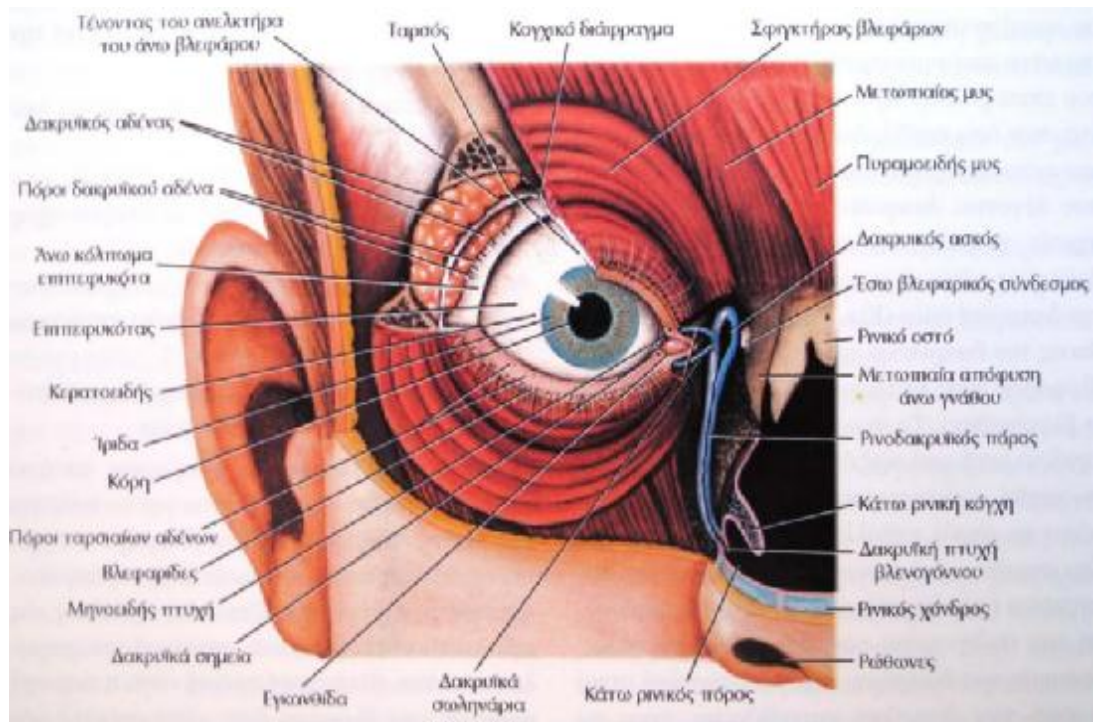
Εικόνα 1: Οφθαλμικός κόγχος. Πηγή: <http://www.med.auth.gr/>

Το μάτι είναι ένας στρογγυλός βολβός, που το τοίχωμά του αποτελείται από τρεις χιτώνες. Ο εξωτερικός είναι ο σκληρός χιτώνας (το ασπράδι του ματιού), ο δεύτερος είναι ο χοριοειδής χιτώνας (αγγειώδης) και ο τρίτος, ο εσωτερικός, είναι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας (οπτικός). Το μπροστινό μέρος του σκληρού χιτώνα είναι διαφανές και ονομάζεται κερατοειδής χιτώνας.

Η οπτική αντίληψη είναι αποτέλεσμα της ανατομίας του οφθαλμού, η οποία παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Η εικόνα 2, δείχνει μια σχηματική αναπαράσταση της δομής του ανθρώπινου οφθαλμού και περιλαμβάνει τις ονομασίες περιοχών του οργάνου. Το ανθρώπινο μάτι λειτουργεί σαν κάμερα. Ο κερατοειδής χιτώνας και ο φακός, λειτουργούν από κοινού, όπως ο φακός της κάμερας, προκειμένου να εστιάσουν μια εικόνα του οπτικού κόσμου στον αμφιβληστροειδή. Ο

αμφιβληστροειδής βρίσκεται στο πίσω μέρος του οφθαλμού και λειτουργεί σαν το φιλμ της κάμερας.

Η νεύρωση των μυών των δύο οφθαλμών είναι τέτοια ώστε οι μύες να συνεργάζονται και οι δύο οφθαλμοί να κινούνται ταυτόχρονα προς την ίδια κατεύθυνση (συζυγείς κινήσεις των οφθαλμών) καθώς και να επιτυγχάνεται η φυσιολογική σύγκλιση των οφθαλμών (μη συζυγής κίνηση).

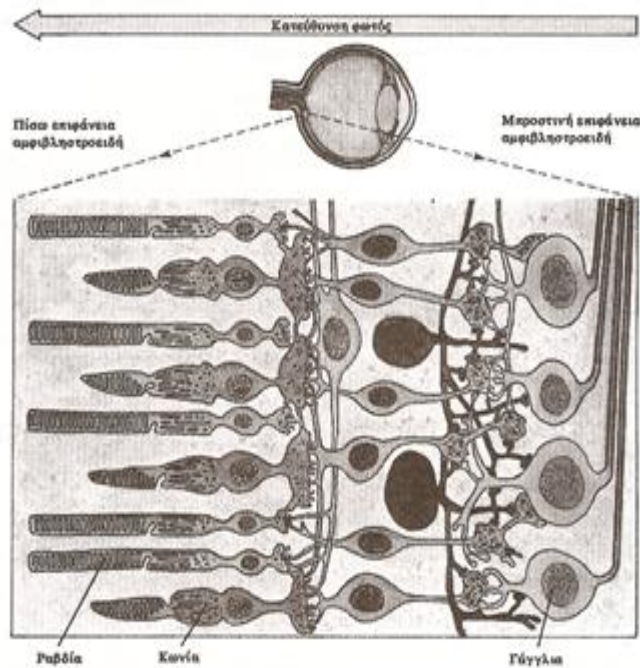


Εικόνα 2. Η δομή του ανθρώπινου οφθαλμού. Πηγή: <http://www.med.auth.gr/>

Ο εξωτερικός χιτώνας ή ινώδης χιτώνας συνίσταται από δύο διαφορετικά τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι είναι, που είναι το εμπρόσθιο (το ένα έκτο) είναι ο κερατοειδής, ενώ το δεύτερο μέρος που είναι το οπίσθιο (τα πέντε έκτα) είναι ο σκληρός (το ασπράδι). Ο κερατοειδής αποτελεί το πιο σημαντικό διαθλαστικό στοιχείο του οφθαλμού (δείκτης διαθλάσεως 1.376), εξαιτίας του γεγονότος αυτού ο κερατοειδής συνεισφέρει στο 70% της διαθλαστικής ισχύος του οφθαλμού. Στόχος του εξωτερικού χιτώνα είναι να κρατάει τον οφθαλμό στο σχήμα που έχει.

Ο αμφιβληστροειδής(Εικόνα 3) αποτελεί τον εσωτερικό χιτώνα του οπισθίου ημιμορίου του βολβού. Αυτός ο χιτώνας συνίσταται από 10 στιβάδες κυττάρων, οι οποίες είναι τοποθετημένες από έξω προς τα μέσα: το μελάγχρουν επιθήλιο, η έξω αφοριστική μεμβράνη, η στιβάδα των ραβδίων και των κωνίων, η έξω κοκκώδης στιβάδα, η έξω δικτυωτή στιβάδα, η έσω κοκκώδης

στιβάδα, η έσω δικτυωτή στιβάδα, η στιβάδα των σωμάτων των γαγγλιακών κυττάρων, η στιβάδα των νευρικών ινών και η έσω αφοριστική μεμβράνη. Στη στιβάδα των ραβδίων και κωνίων περιέχονται φωτοευαίσθητες χρωστικές, οι οποίες ενεργοποιούνται με το φωτεινό ερέθισμα και μέσω χημικών αντιδράσεων ξεκινά ένα ηλεκτρικό σήμα για τη μετάδοση του ερεθίσματος μέσω των νευρικών ινών στον οπτικό φλοιό του εγκεφάλου στο κέντρο της όρασης(πληκτραία σχισμή του ινιακού λοβού).



Εικόνα 3: Οργάνωση του αμφιβληστροειδή. **Πηγή:** Εισαγωγή στη βιοιατρική και κυτταρική μηχανική, Διδώ Γιόβα, σελ 49.

Η ωχρά κηλίδα είναι η περιοχή του αμφιβληστροειδούς με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση φωτοϋποδοχέων (κωνίων) και είναι υπεύθυνη για την κεντρική όραση. Στο κέντρο της ωχράς κηλίδας βρίσκεται το κεντρικό βοθρίο, όπου δεν υπάρχουν αγγεία και η αναλογία κωνίων, επιθηλιακών, δίπολων και γαγγλιακών κυττάρων είναι 1:1. Ο χοριοειδής είναι ένας χιτώνας με αγγειακά δίκτυα. Κάτω από το μελάγχρουν επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς, τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από τριχοειδή, τα χοριοτριχοειδή.

Η ίριδα(Εικόνα 4) αποτελεί το δισκοειδές διάτρητο διάφραγμα και είναι τοποθετημένη στην πρόσθια μοίρα του οφθαλμού, ανάμεσα στον κερατοειδή χιτώνα και το φακό. Στο μέσο της βρίσκεται το άνοιγμα της κόρης και ο ρόλος της είναι ουσιαστικά να ελέγχεται και να ρυθμίζεται η ποσότητα του φωτός που εισέρχεται στον οφθαλμό και φτάνει μέχρι τον αμφιβληστροειδή. Η κόρη αποτελεί το μεταβλητό σε μέγεθος άνοιγμα του ματιού στο κέντρο της ίριδας. Η κόρη

έχει κυκλικό σχήμα στους ανθρώπους, ενώ σε κάποια ζώα η κόρη έχει σχισμοειδές σχήμα και το χρώμα της φαίνεται μαύρο γιατί το φως που τη διαπερνά απορροφάται από τους ιστούς στο εσωτερικό του ματιού.

Η ίριδα εμφανίζει το εξής χαρακτηριστικό, διαστέλλεται όταν το φως είναι λίγο και συστέλλεται όταν το φως είναι πολύ και αυτό μπορεί να πραγματοποιείται εξαιτίας του μυϊκού ιστού (σφιγκτήρας και διαστολέας της κόρης), που περιλαμβάνει ο ραγοειδής χιτώνας του οφθαλμού. Η ίριδα μπορεί να έχει διαφορετικά χρώματα (μαύρο, καφέ, πράσινο, γαλάζιο) από άνθρωπο σε άνθρωπο και σε κάποιες περιπτώσεις οι οφθαλμοί του ίδιου ατόμου μπορεί να εμφανίζουν διαφορετικό χρώμα (ετεροχρωμία).



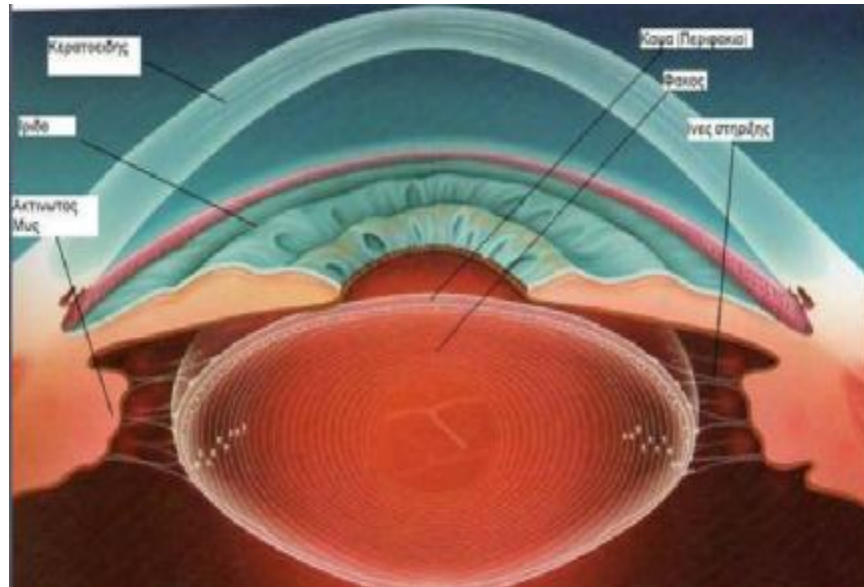
Εικόνα 4: Ανοιχτή καστανή ίριδα ματιού. **Πηγή:** <http://www.med.auth.gr/>

Η οπίσθια επιφάνεια του κερατοειδούς(περιφερικά) και η πρόσθια επιφάνεια της ίριδος(περιφερικά) σχηματίζουν μία γωνία, τη γωνία του προσθίου θαλάμου. Ο πρόσθιος θάλαμος είναι γεμάτος από διαυγές υγρό, το υδατοειδές υγρό, που διατηρεί τη σύσταση στο πρόσθιο τμήμα του ματιού. Η γωνία παίζει σημαντικό ρόλο στο γλαύκωμα (αν είναι κλειστή ή ανοικτή), γιατί από αυτήν παροχετεύεται το υδατοειδές υγρό μέσω του διηθητικού ηθμού (ιστός με ανοίγματα, δοκίδες, που διηθούν το υγρό).

Το υδατοειδές υγρό είναι διαυγές ενδοφθάλμιο υγρό το οποίο ρυθμίζει την ενδοφθάλμια πίεση. Παράγεται από το επιθήλιο των ακτινοειδών προβολών του ακτινωτού σώματος. Το παραγόμενο υδατοειδές υγρό από τον οπίσθιο θάλαμο μεταβαίνει, δια μέσου της κόρης, στον πρόσθιο θάλαμο.

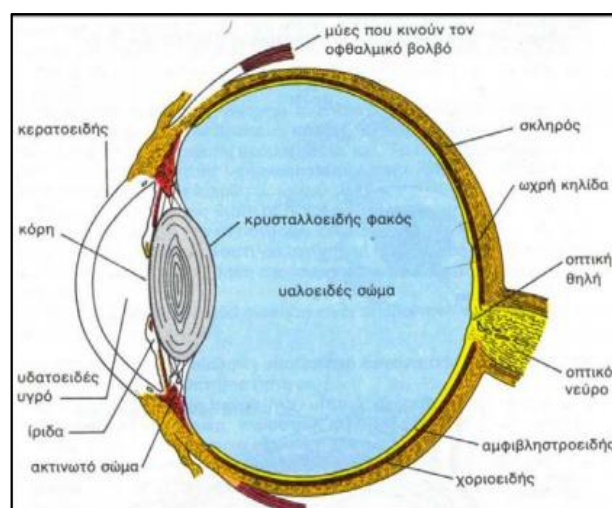
Πίσω από την ίριδα είναι ο κρυσταλλοειδής φακός(Εικόνα 5), που έχει πολύ μικρό μέγεθος, το οποίο προσομοιώνεται με το μέγεθος φακής. Ο κερατοειδής μαζί με τα φακό διαθλούν και συγκεντρώνουν τις ακτίνες του φωτός στον αμφιβληστροειδή, όπου εστιάζονται πάνω στην

ωγρά. Ο φακός μπορεί και αυξομειώνει το σχήμα του, μεταβάλλοντας ταυτόχρονα και τη διαθλαστική του δύναμη, με το μηχανισμό της προσαρμογής.



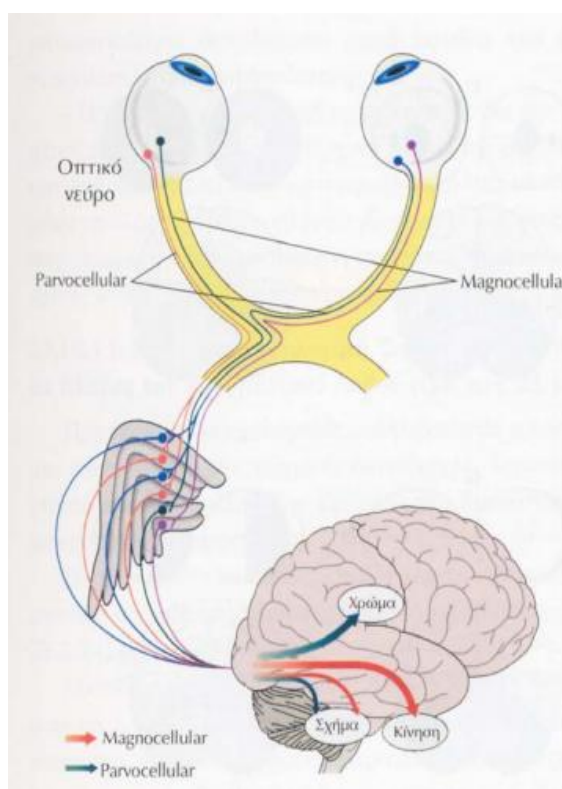
Εικόνα 5: Ο κρυσταλλοειδής φακός. **Πηγή:** <http://www.med.auth.gr/>

Πίσω από το φακό, το οπίσθιο τμήμα της κοιλότητας του βολβού αποτελείται από το υαλοειδές σώμα (Εικόνα 6), ένα ζελατινώδες, διαφανές υλικό. Έχει μεγάλη ελαστικότητα και αντίσταση. Ο σκληρός χιτώνας εσωτερικά καλύπτεται από το χοριοειδή χιτώνα, πλούσιο σε αιμοφόρα αγγεία.



Εικόνα 6: Το υαλοειδές σώμα. **Πηγή:** <http://www.med.auth.gr/>

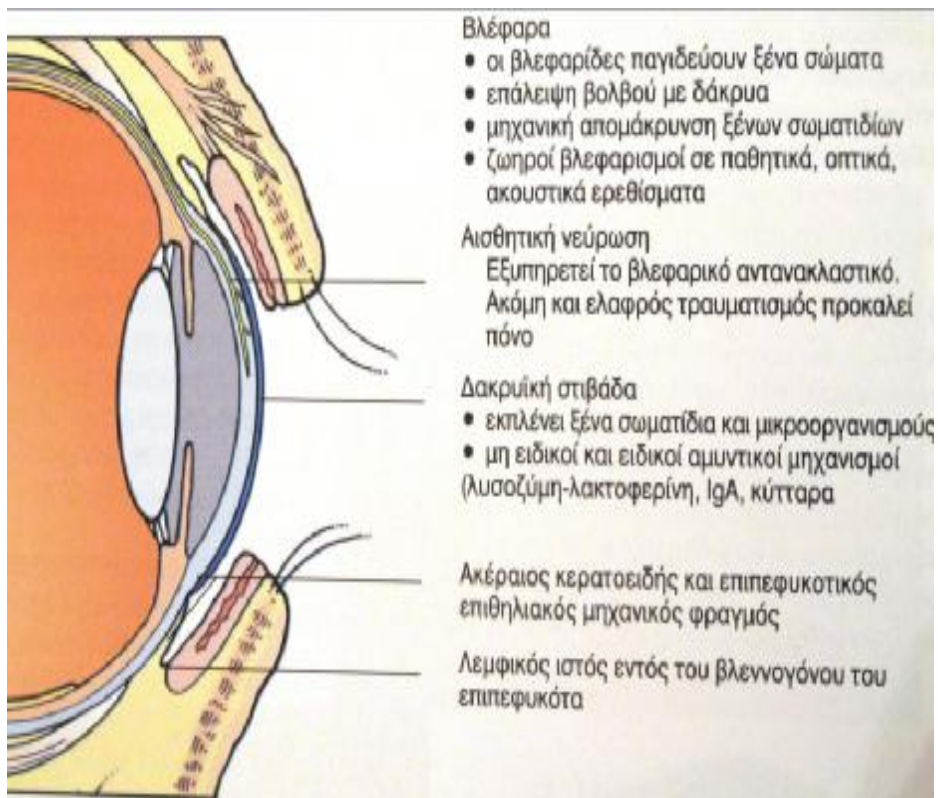
Το οπτικό νεύρο(Εικόνα 7) είναι σαν κορδόνι και αποτελείται από τις νευρικές ίνες του αμφιβληστροειδή, που ανακάμπτουν κατά 90° αντίστοιχα προς την οπτική θηλή και εξέρχονται από το βολβό του οφθαλμού. Οι μνιγγες περιβάλλουν το οπτικό νεύρο μέχρι το άνοιγμα στο σκληρό χιτώνα του βολβού. Οι ρινικές ίνες των δύο οπτικών νεύρων χιάζονται στο οπτικό χίασμα, πάνω από την υπόφυση, ενώ οι κροταφικές νευρικές ίνες παραμένουν αχίαστες. Στη συνέχεια μέσω της οπτικής οδού του εγκεφάλου, καταλήγουν στο πίσω μέρος της κεφαλής, στον οπτικό φλοιό, που εντοπίζεται στην πληκτραία σχισμή του ινιακού λοβού.



Εικόνα 7: Το οπτικό νεύρο. **Πηγή:** <http://www.med.auth.gr/>

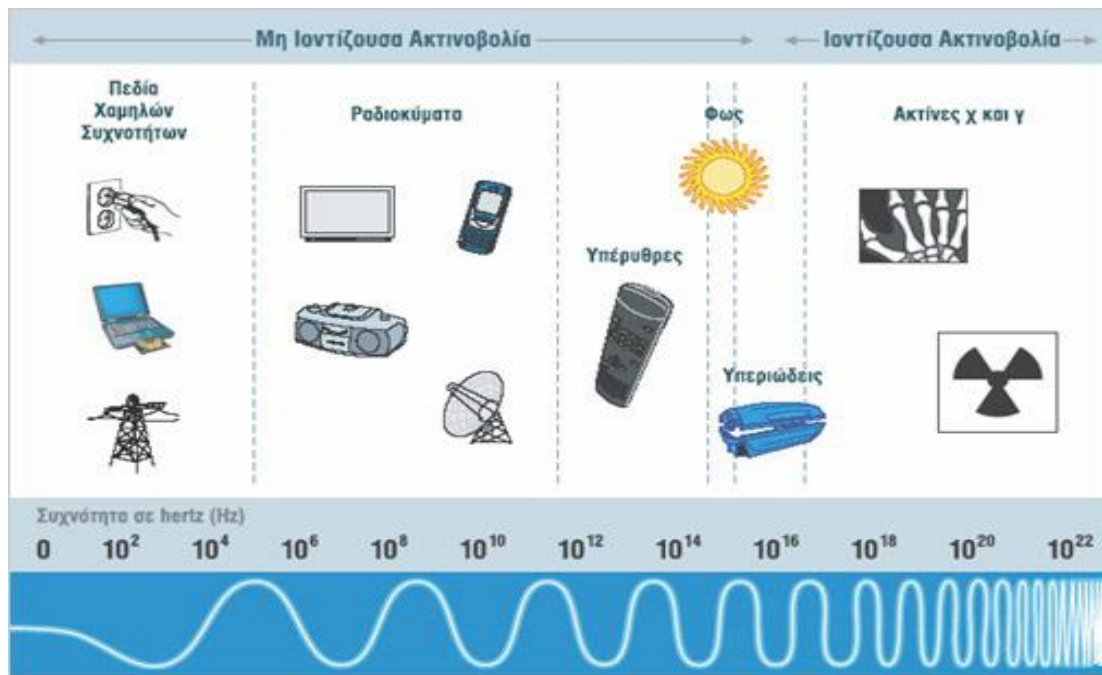
Τα δάκρυα παράγονται από τον κύριο και τους επικουρικούς δακρυϊκούς αδένες, οι οποίοι βρίσκονται στο άνω-έξω τοίχωμα του κόγχου και στον βλεφαρικό επιπεφυκότα αντίστοιχα. Η έκκρισή τους γίνεται με μηχανισμό αντλίας μέσω των κινήσεων των βλεφάρων (βλεφαρισμός ή σκαρδαμυσμός). Φυσιολογικά ένα λεπτό στρώμα δακρύων καλύπτει τον κερατοειδή και τον επιπεφυκότα. Η φυσιολογική δακρυϊκή στοιβάδα (tearfilm) αποτελείται από τρία στρώματα, που το καθένα απ' αυτά έχει σαφώς καθορισμένες ιδιαίτερες λειτουργίες: το λιπιδικό στρώμα, το

υδατώδες στρώμα και το στρώμα βλεννίνης(Εικόνα 8).Οι κινήσεις των βλεφάρων και η δακρυϊκή στιβάδα αποτελούν την άμυνα του οφθαλμού. Πρωτεΐνες που περιέχονται στη δακρυϊκή στιβάδα, όπως οι ανοσοσφαιρίνες , η λυσοζύμη και η λακτοφερρίνη έχουν αντιμικροβιακή δράση. Με τις κινήσεις των βλεφάρων τα δάκρυα που παράγονται,, αφού διαβρέξουν την επιφάνεια του κερατοειδή και του επιπεφυκότα και ένα μεγάλο ποσοστό τους εξατμιστεί, συγκεντρώνονται σε δακρυϊκό λιμνίο στον έσω κανθό. Μέσω των δακρυϊκών σημείων περνούν στα δακρυϊκά σωληνάρια και από εκεί στο δακρυϊκό ασκό. Μέσω του ρινοδακρυϊκού πόρου καταλήγουν στη ρινική κοιλότητα.



Εικόνα 8: Μηχανισμός Δακρύων. Πηγή: <http://www.med.auth.gr/>

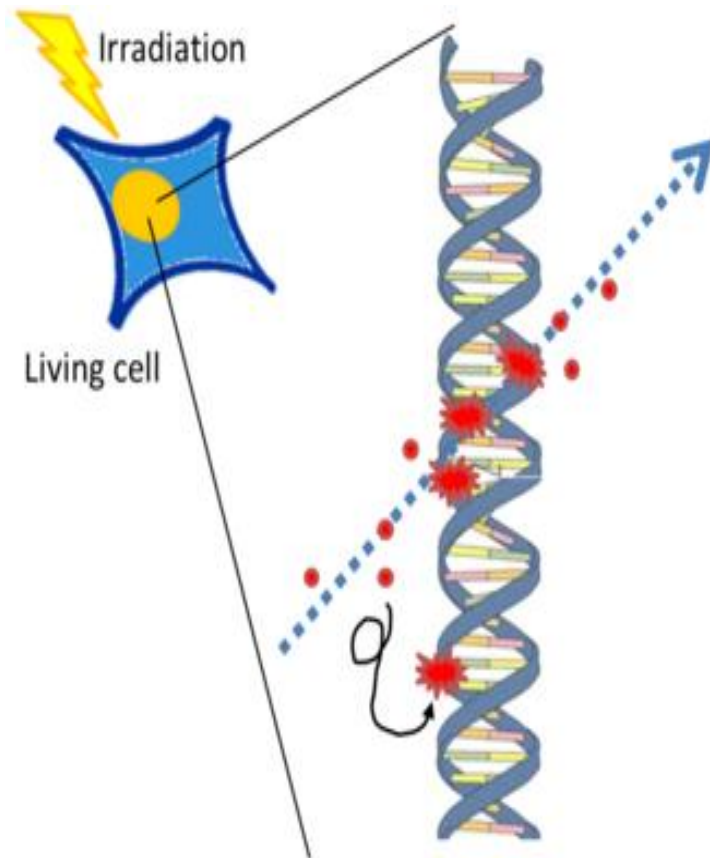
Κεφάλαιο 2^ο: Ιονίζουσες και μη ιονίζουσες ακτινοβολίες- Περιγραφή και Χαρακτηριστικά



Εικόνα9: Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία και οι συχνότητές τους. Πηγή: <http://www.eekt.gr/TechnologyofMobileTelephonyHuman/ElectromagneticRadiationBasicKnowledge/tabid/102/language/el-GR/default.aspx>

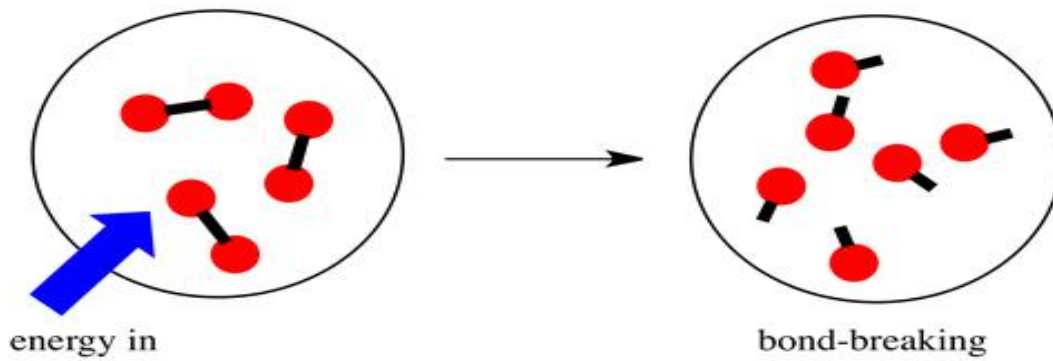
2.1. Ιονίζουσες ακτινοβολίες

Ιονίζουσα ή ιοντιζουσα ακτινοβολία είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την εκπομπή ενέργειας που προκύπτει ως αποτέλεσμα της διάσπασης του πυρήνα του ατόμου ενός στοιχείου ή της απώλειας ενέργειας από την επιβράδυνση των ηλεκτρονίων. Ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτινοβολίες που μεταφέρουν ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να προκαλέσει ιοντισμό των ατόμων της, να διασπάσει βίαια βιοχημικούς δεσμούς με αποτέλεσμα την παραγωγή ιόντων (ιονισμός της ύλης) όπως οι ακτίνες X, ακτινοβολία α, β και γ, με αποτέλεσμα να προκαλέσει βιολογικές βλάβες σε ζώντες οργανισμούς (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Ιοντισμός στο γενετικό υλικό ζωντανού κυττάρου. Πηγή: <http://www.pcsteps.gr/20682-wifi-επικίνδυνο-υγεία/>

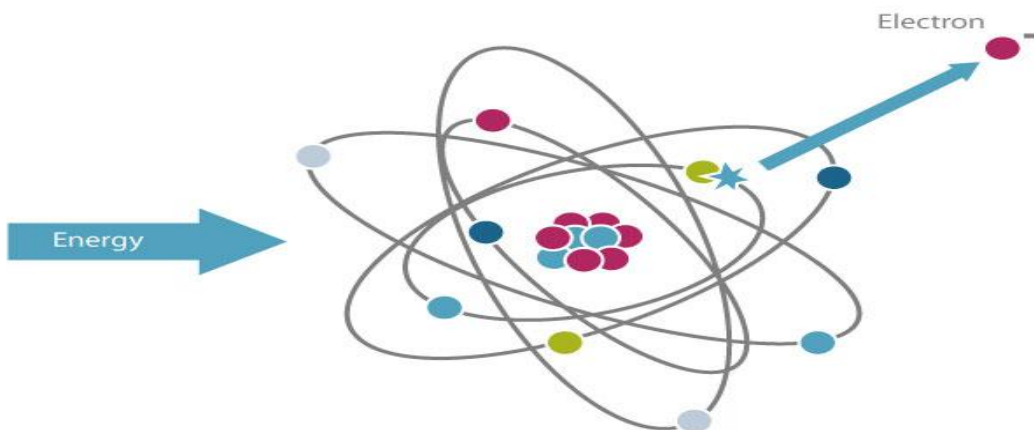
Ο ιοντισμός του ατόμου είναι φυσικό φαινόμενο που ακολουθεί την αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας με την ύλη. Είναι η βίαιη εκδίωξη ηλεκτρονίου από το άτομο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ζεύγους αντίθετα φορισμένων ιόντων (Εικόνα 11).



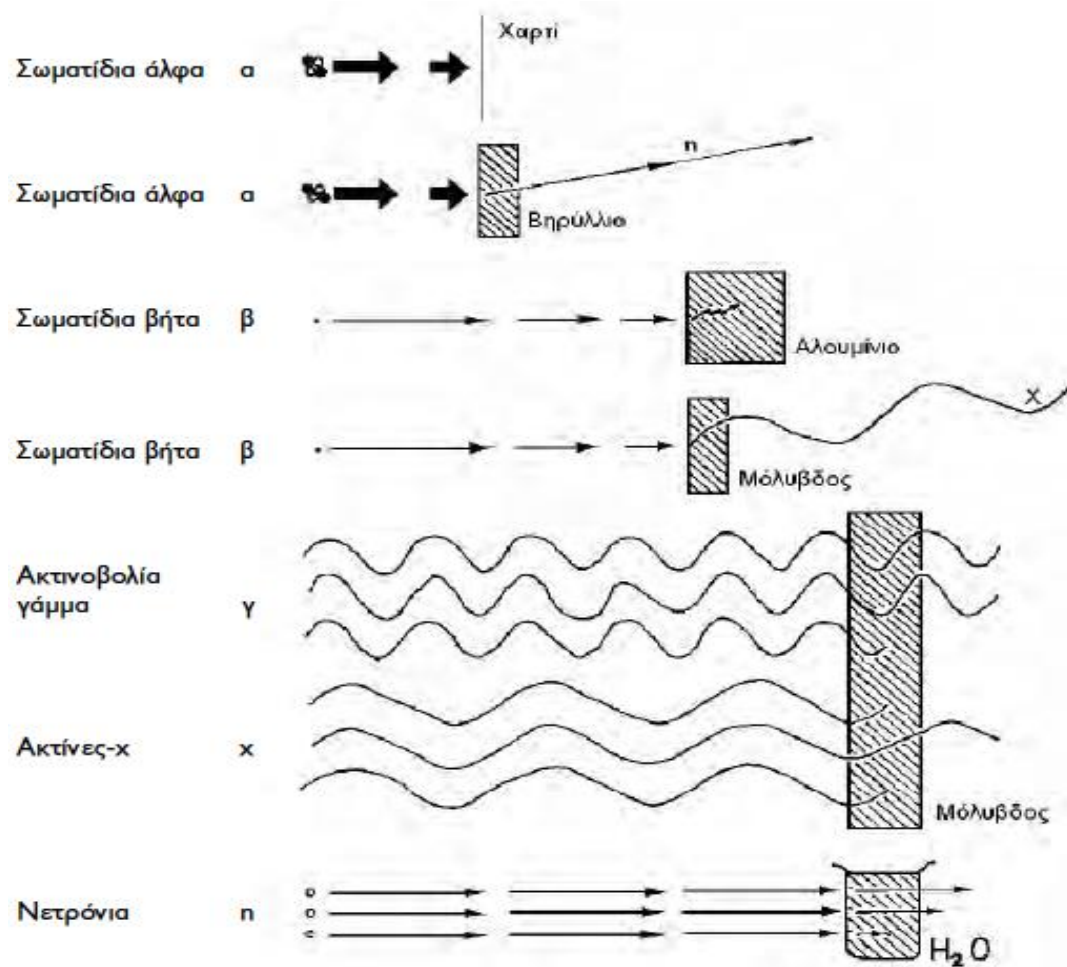
Εικόνα 11: Διάσπαση βιοχημικών δεσμών ατόμου. Πηγή: <http://www.pcsteps.gr/20682-wifi-επικίνδυνο-υγεία/>

Οι γνωστότερες ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ακτίνες X που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, καθώς και οι ακτινοβολίες α, β, και γ που εκπέμπονται από τους ασταθείς πυρήνες ατόμων. Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι διεισδυτικές.

Η διεισδυτικότητά τους στην ύλη εξαρτάται από το είδος τους και την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα σωμάτια "α" αποκόπτονται από ένα φύλλο χαρτιού, τα σωμάτια "β" από μερικά χιλιοστά plexiglass, ενώ η υψηλής ενέργειας ακτινοβολία "γ" απαιτεί σχετικά μεγάλα πάχη επιλεγμένων υλικών για να αποκοπεί (π.χ. μολύβι, σκυρόδεμα)(Εικόνα 13).

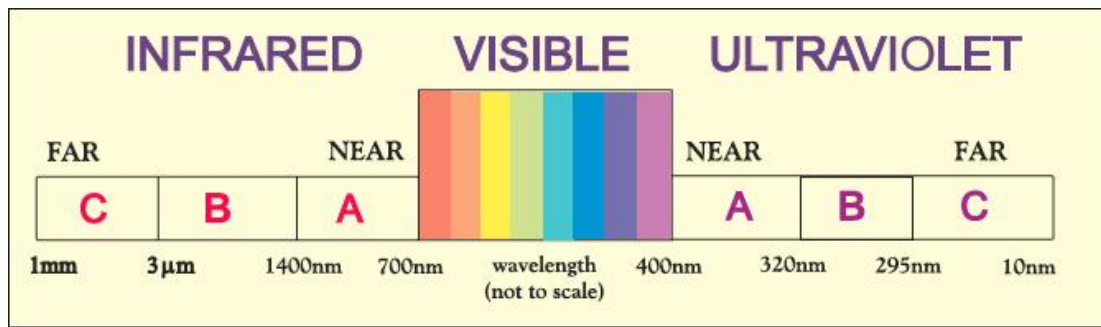


Εικόνα 12: Ιοντισμός του ατόμου. Πηγή: http://eeae.gr/index.php?fvar=html/president/info_radiation_ion



Εικόνα 13: Διεσδουτικότητα των διάφορων τύπων ακτινοβολίας. Πηγή: <http://www.google.gr/url?q=http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/%24file/H%2520Aktinobolia%2520sti%2520Zoi%2520mas.pdf&sa=U&ei=4eqeVMH1HcaAU-3zg7gL&ved=0CBgQFjABOAO&usq=AFQjCNGI9N0zO0yRtg8bz3JuKOwaXj0wmA>

Πιο αναλυτικά λοιπόν, υπάρχουν τρεις τύποι ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Μπορούμε να τις βρούμε σε πηγές που έχουν δημιουργηθεί από τον άνθρωπο αλλά και από φυσικές πηγές ακτινοβολίας. Χωρίζονται στις άλφα, βήτα και γάμμα (Α, Β, Γ-Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Πηγή: http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/33aa07d53d20b5cbc6f17ffc81f0dc94_Voke1990521.pdf

Άλφα: Τα σωματίδια άλφα μπορούν να θωρακισθούν ακόμα και με ένα κομμάτι χαρτί και να μην διαπεράσουν ούτε καν την ανθρώπινη επιδερμίδα. Παρ' όλα αυτά όμως όταν καταποθούν ραδιοϊσότοπα που εκπέμπουν άλφα σωματίδια ή τα εισπνεύσουμε, ή ακόμα αν εισέλθουν στο σώμα από ένα κόψιμο στο δέρμα, μπορούν να προξενήσουν αρκετή φθορά. Η ακτινοβολία άλφα χαρακτηρίζεται από υψηλό LET (Linear Energy Transfer συντελεστής γραμμικής μετάδοσης). Αυτό είναι και το φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει με ποιο τρόπο εναποτίθεται η ενέργεια στην ύλη. Είναι το μέτρο της βλαπτικότητας που μπορεί να προξενήσει μια ακτινοβολία. Οι ακτινοβολίες που χαρακτηρίζονται από μεγάλο LET είναι συγκριτικά πλέον βλαπτικές από αυτές με μικρό LET.

Βήτα: Τα σωματίδια βήτα δεν μπορούμε να τα σταματήσουμε με ένα κομμάτι χαρτί. Μερικά από αυτά μπορεί να μην διαπεράσουν το ανθρώπινο δέρμα, αλλά για μερικά μπορεί να απαιτηθεί μεγαλύτερη θωράκιση (όπως για παράδειγμα ξύλο) για να τα σταματήσει. Τα σωματίδια βήτα είναι ηλεκτρόνια που έχουν μικρή μάζα, με βάρος περίπου 7000 φορές μικρότερο από αυτό των άλφα και φέρουν μικρό σχετικά ηλεκτρικό πεδίο. Όπως ακριβώς και με τα άλφα σωματίδια, τα βήτα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές καταστροφές στον οργανισμό αν με κάποιο τρόπο μπουν μέσα στο σώμα μας. Για παράδειγμα αν καταποθούν, μερικά ραδιοϊσότοπα που εκπέμπουν βήτα σωματίδια μπορούν να απορροφηθούν από τα οστά και να προκαλέσουν

καταστροφή. Χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλότερο LET από ότι η άλφα.

Γάμμα :Οι ακτίνες γάμα είναι αυτές που έχουν την μεγαλύτερη διαπερατότητα από τους τρεις τύπους ακτινοβολίας που περιγράφονται. Συνήθως οι ακτίνες γάμα συνοδεύουν τα βήτα σωματίδια και μερικά άλφα. Οι ακτίνες γάμα θα διαπεράσουν το χαρτί, το δέρμα, το ξύλο και αρκετά άλλα υλικά. Για να προστατευτούμε από αυτές χρειαζόμαστε κάτι παχύ τουλάχιστον όσο ένας τοίχος από μπετόν, η ακόμα και κυρίως από φύλλα μολυβιού. Ο τύπος αυτός ακτινοβολίας προκαλεί σοβαρές καταστροφές στα εσωτερικά όργανα. (Οι ακτίνες X, εμπίπτουν μεν στην κατηγορία αυτή, αλλά είναι λιγότερο διεισδυτικές από τις ακτίνες γάμα). Χαρακτηρίζονται από χαμηλό LET.

Η ποσότητα της έκθεσης στην ακτινοβολία αυξάνεται ή ελαττώνεται ανάλογα με τον χρόνο που βρισκόμαστε κοντά στην πηγή της ακτινοβολίας.

Γενικά, ο χρόνος έκθεσης είναι ο χρόνος που κάποιος βρίσκεται κοντά σε ραδιενεργό υλικό. Γι' αυτό είναι πολύ εύκολο να ελαττώσουμε τον χρόνο της εξωτερικής (άμεσης) έκθεσης. Οι ακτίνες γάμα και οι ακτίνες X είναι ο πρωταρχικός μας στόχος για περιορισμό της εξωτερικής έκθεσης.

Παρόλα αυτά όμως αν κάποιο ραδιενεργό υλικό βρεθεί μέσα στο σώμα μας, δεν μπορούμε να απομακρυνθούμε από αυτό. Πρέπει να περιμένουμε μέχρι να υποδιπλασιαστεί ή μέχρι το σώμα μας το αποβάλει ή το περιορίσει.

Η ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από την ακτινοβολία στην ύλη ανά χιλιόγραμμο μάζας, καλείται δόση ακτινοβολίας. Η πιθανότητα βλάβης της υγείας σχετίζεται άμεσα με το μέτρο της

δόσης ακτινοβολίας.

Πηγές ιονιζουσών ακτινοβολιών

Ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του, δέχεται ακτινοβολία από ένα μεγάλο σύνολο φυσικών και τεχνητών πηγών που βρίσκονται διεσπαρμένες γύρω του.

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες ανάλογα με την πηγή εκπομπή τους διακρίνονται σε:

- Φυσικές ακτινοβολίες (γήινο και διαστημικό περιβάλλον) και
- Τεχνητές ακτινοβολίες, τις οποίες εφηύρε και χρησιμοποιεί ο άνθρωπος.

Φυσικές πηγές ακτινοβολιών

Οι φυσικές πηγές είναι αναπόσπαστο συνθετικό του γήινου περιβάλλοντος και σε αυτές συγκαταλέγονται τα συστατικά του φλοιού της γης και η κοσμική ακτινοβολία. Το έδαφος, το νερό και ο αέρας, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων και φυσικά ραδιενεργά στοιχεία, ενώ η επιφάνεια της γης προσβάλλεται συνεχώς και από την κοσμική ακτινοβολία με πηγές εκπομπής τον ήλιο και άλλες αστρικές περιοχές βυθισμένες στο διάστημα. Η κυριότερη συνιστώσα της φυσικής ραδιενέργειας από άποψη ραδιολογικών επιπτώσεων στον άνθρωπο, είναι το φυσικό ραδιενεργό αέριο ραδόνιο, το οποίο προέρχεται από το ουράνιο που υπάρχει στο έδαφος και τα πετρώματα της γης(Εικόνα 15).



Εικόνα 15: Φυσικές πηγές ακτινοβολίας. Πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm>

Τεχνητές πηγές ακτινοβολιών και η χρήση τους από τον άνθρωπο

Ο άνθρωπος εφηύρε τις τεχνητές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών στα τέλη του 19ου αιώνα. Έκτοτε η συστηματική έρευνα οδήγησε τόσο στην εκτεταμένη χρήση τους, όσο και στην λήψη μέτρων για την προστασία από τις ενδεχόμενες βλαβερές επιπτώσεις τους.

Οι ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται σήμερα:

- στην ιατρική με συμβολή στη διάγνωση και στη θεραπεία
- στη βιομηχανία (ραδιογραφήσεις, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω πυρηνικών αντιδραστήρων, ακτινοβολητές για αποστείρωση υλικών, συσκευές για έλεγχο ποιοτικών παραμέτρων, διάφορα καταναλωτικά αγαθά κ.λ.π.)

- στην παραγωγή ενέργειας
- στη γεωργία, την έρευνα και την εκπαίδευση όπου πραγματοποιείται τεχνητή μετάλλαξη στα φυτά με σκοπό την ανάπτυξη ανθεκτικότερων ειδών
- στην Παλαιοντολογία και την Αρχαιολογία για τον προσδιορισμό της ηλικίας ευρημάτων, ορυκτών και πετρωμάτων μέσω της ραδιοχρονολόγησης.
- σε περιβαλλοντικές μελέτες, όπου μέσω των ραδιοϊσοτοπικών δεικτών εξετάζεται η ρύπανση του νερού, των ποταμών και των λιμνών, καθώς και η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τις βιομηχανικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα.

Στις τεχνητές πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου θα πρέπει να προστεθεί και η ραδιορρύπανση του περιβάλλοντος που οφείλεται σε πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα που έγιναν πριν το 1962 και σε ορισμένα πυρηνικά ατυχήματα, όπως αυτό στον αντιδραστήρα του Τσερνόμπιλ το 1986.

Βιολογικές επιδράσεις ιονίζουσας ακτινοβολίας

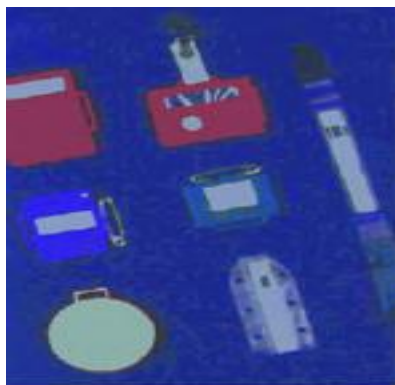
Η έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα βλαπτικά αποτελέσματα για την υγεία.

- Για πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας, η έκθεση μπορεί να ακολουθηθεί από άμεση καταστροφή κυττάρων, οργάνων και συστημάτων και να οδηγήσει ενίοτε στο θάνατο του ανθρώπου. Δόσεις που οδηγούν σε άμεσα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν μόνο σε μεγάλα ραδιολογικά ή πυρηνικά ατυχήματα.
- Για σχετικά χαμηλές δόσεις, μικρότερες από αυτές που οδηγούν σε άμεσα αποτελέσματα, υπάρχει στατιστικά η πιθανότητα μελλοντικής εμφάνισης καρκίνου, της οποίας το μέτρο είναι ανάλογο της δόσης. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό του υλικό του κυττάρου, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών

ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης. Η αποκτηθείσα γνώση μας επιτρέπει με βεβαιότητα να συγκαταλέξουμε τις ακτινοβολίες στους 4000 και πλέον καταγεγραμμένους καρκινογόνους παράγοντες, - κατά κανόνα χημικά και φαρμακευτικά προϊόντα της σύγχρονης τεχνολογίας - που υπονομεύουν καθημερινά τη ζωή μας. Στην κλίμακα επικινδυνότητας, οι ακτινοβολίες κατατάσσονται στους σχετικά ήπιους καρκινογόνους παράγοντες.

Πως αποτιμάται ο κίνδυνος βλάβης της υγείας μετά από έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία

Το δοσιμετρικό μέγεθος που συνδέεται με τον ενεχόμενο κίνδυνο για τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της ακτινοβολίας είναι η ενεργός δόση. Η ενεργός δόση εξαρτάται από την απορροφούμενη στο ανθρώπινο σώμα ενέργεια, το είδος της ακτινοβολίας και το είδος του ακτινοβολούμενου ιστού και μετράται με δοσίμετρα (Εικόνα 16). Μονάδα μέτρησης της ενεργού δόσης είναι το Sievert (Sv) και τα υποπολλαπλάσιά του, mSv και μ Sv. Η μέση ενεργός δόση ενός ατόμου που οφείλεται στις τεχνητές και στις φυσικές πηγές ραδιενέργειας του γήινου περιβάλλοντος είναι 0.31 mSv και 2.4 mSv για κάθε χρόνο αντίστοιχα, ενώ η ενεργός δόση που αντιστοιχεί σε μια τυπική ακτινογραφία θώρακος είναι περίπου 0,02 mSv.



Εικόνα

δοσίμετρα. Πηγή: [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/\\$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf)

16:Ατομικά

Τρεις είναι οι βασικές αρχές που διέπουν όλους τους τύπους των ιοντιζουσών

ακτινοβολιών.Χρόνος,Απόσταση και Θωράκιση.

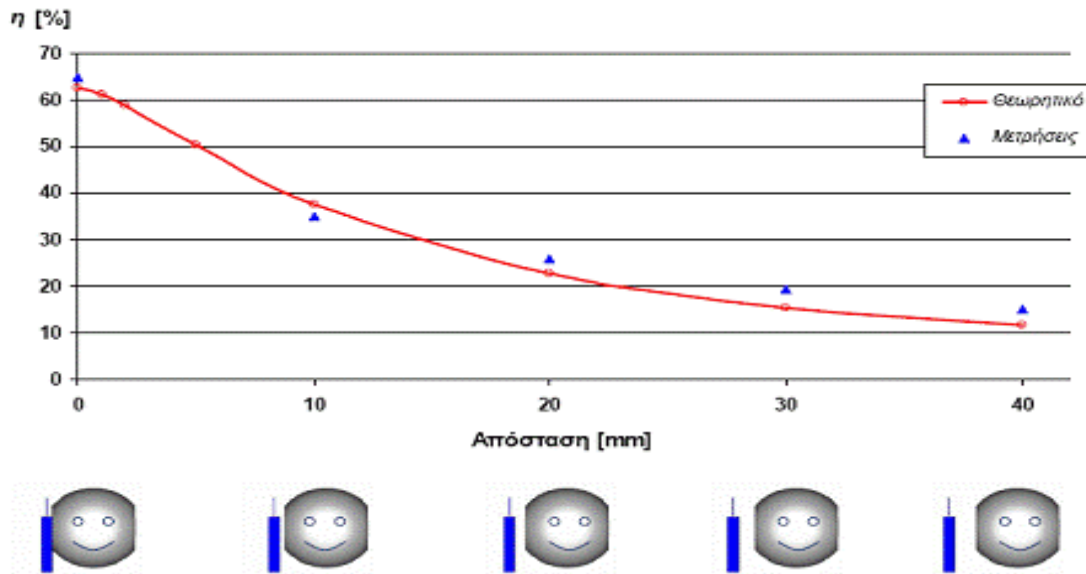
Χρόνος: η παραμονή σε χώρους με ακτινοβολία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερης διάρκειας

Απόσταση: η απόσταση ενός ατόμου από την πηγή ιονίζουσας ακτινοβολίας πρέπει να διατηρείται όσο γίνεται μεγαλύτερη γιατί η ένταση της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή(Εικόνα 17).

Θωράκιση: με την τοποθέτηση της κατάλληλης θωράκισης ανάλογα με το είδος της ακτινοβολίας (π.χ. για ακτινοβολία γ ή X κατάλληλο πάχος μπετόν ή/και μολύβδου) η ένταση της ακτινοβολίας μειώνεται ανάλογα.

Όταν προσπαθούμε να καθιερώσουμε κανονισμούς ή βασικές αρχές για τα όρια της ακτινοβολίας που επιτρέπεται να εκτεθεί ο καθένας από εμάς στην ακτινοβολία, προσπαθούμε να βρούμε πως αυτά μπορούν να επιδράσουν στην έκθεση κάθε ανθρώπου.Όταν αυτό συμβεί, ο βιολογικός χρόνος υποδιπλασιασμού του ραδιοϊσοτόπου είναι αυτός ακριβώς που ελέγχει τον χρόνο έκθεσης. Ο βιολογικός χρόνος υποδιπλασιασμού είναι ο χρόνος που χρειάζεται ο οργανισμός μας να περιορίσει στο μισό το ραδιοϊσότοπο που αρχικά εισέβαλε. Τα άλφα και βήτα σωματίδια είναι αυτά που κατ' αρχάς μας απασχολούν για την εσωτερική έκθεση.

Οι ιονίζουσες είναι αυτές με την υψηλότερη επικινδυνότητα στον ανθρώπινο οργανισμό.



Εικόνα 17: Καθώς αυξάνει η απόσταση, εξασθενεί η ακτινοβολία. Πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm>

Σύστημα ακτινοπροστασίας από την ιονίζουσα ακτινοβολία

Από τα πρώτα χρόνια ανακάλυψης και χρήσης της ιονίζουσας ακτινοβολίας διαπιστώθηκε ότι μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας μπορεί να βλάψουν τους ανθρώπινους ιστούς. Με το πέρασμα του χρόνου οι επιστήμονες άρχισαν να ανησυχούν ολοένα και περισσότερο για τις επιβλαβείς επιπτώσεις της έκθεσης σε ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Στα ακτινολογικά εργαστήρια υπάρχει ειδική μόνωση με μόλυβδο καθώς και οι εργαζόμενοι σε αυτά απαιτείται να φορούν ειδικές στολές με μόλυβδο σύμφωνα με τη νομοθεσία «Δημόκριτος» του Εθνικού Κέντρου Έρευνας Φυσικών Επιστημών.

Η ανάγκη για προστασία από τους κινδύνους της έκθεσης σε ακτινοβολία ώθησε στη δημιουργία της μη κυβερνητικής Διεθνούς Επιτροπής Προστασίας από το Ράδιο το 1928. Αργότερα η επιτροπή μετονομάστηκε σε Διεθνή Επιτροπή για Ακτινοπροστασία (International Commission on Radiological Protection-ICRP). Σκοπός της είναι η ετοιμασία κανόνων, προτύπων και συστάσεων για προστασία από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες.

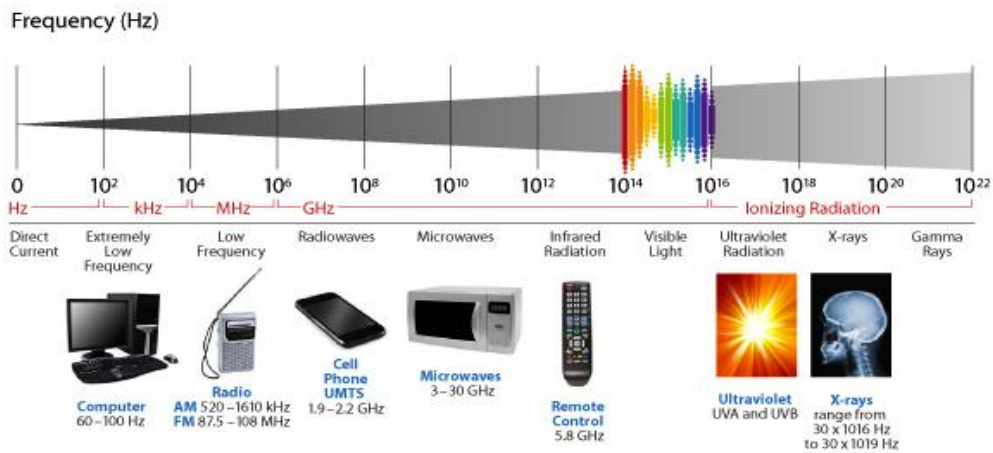
Αυτοί οι κανόνες, πρότυπα και συστάσεις αποτελούν τη βάση για την ετοιμασία της νομοθεσίας και τον έλεγχο των κινδύνων από τη χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας σε εθνικό επίπεδο παγκόσμια (Εικόνα 18). Επίσης έχουν ενσωματωθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας (ΔΟΑΕ) στα βασικά πρότυπα ακτινοπροστασίας (Basic Safety Standards-BSS) τα οποία χρησιμοποιούνται παγκόσμια για να διασφαλίσουν την ακτινοπροστασία των εργαζομένων, του γενικού πληθυσμού και του περιβάλλοντος.



Εικόνα 18: Προειδοποιητικό σήμα σε χώρους όπου χρησιμοποιείται ιονίζουσα ακτινοβολία. Πηγή: [http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/\\$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dli.nsf/All/22D220DA3F2AD591C2257662002B7129/$file/H%20Aktinobolia%20sti%20Zoi%20mas.pdf)

2.2. Μη ιονίζουσες ακτινοβολίες

Μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που μεταφέρουν σχετικά μικρή ενέργεια, ανίκανη να προκαλέσει ιοντισμό, ικανή όμως να προκαλέσει ηλεκτρικές, χημικές και θερμικές επιδράσεις στα κύτταρα, που μπορούν να αποβούν άλλοτε επιβλαβείς και άλλοτε ευεργετικές για τη λειτουργία τους.



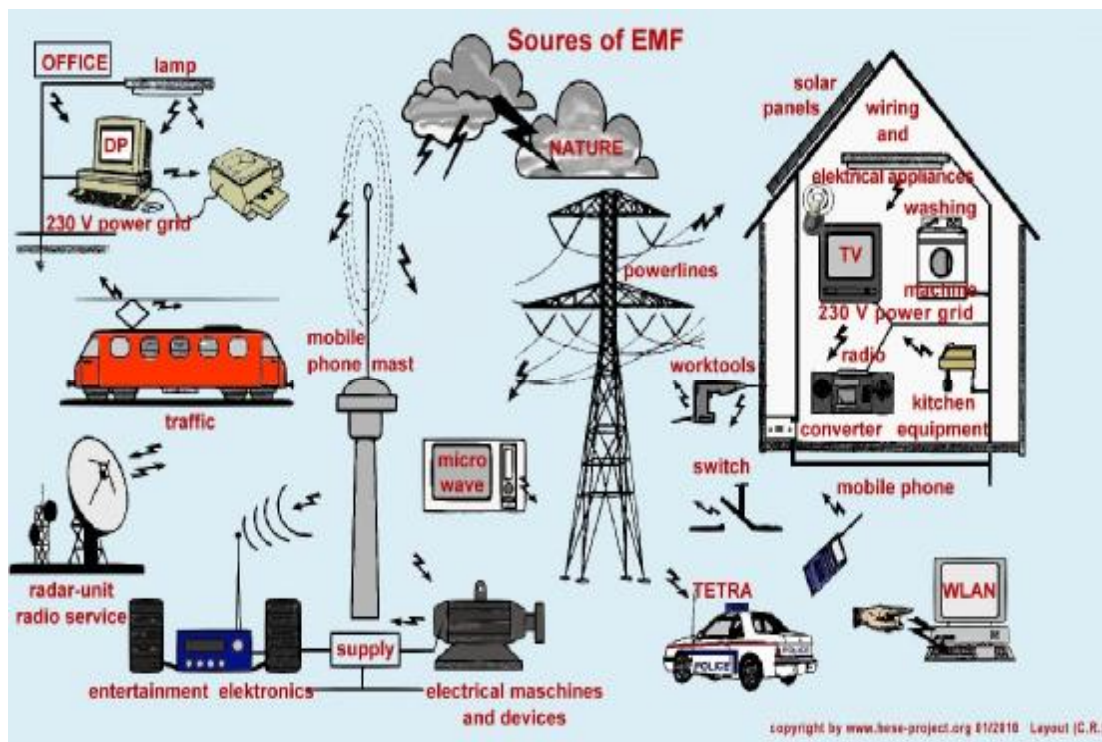
Εικόνα 19: Τεχνητές πηγές ακτινοβολίας. Πηγή: <http://www.pcsteps.gr/20682-wifi-επικίνδυνο-υγείας/>

Ειδικότερα, μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες στις οποίες εντάσσονται τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, όπως είναι αυτά που δημιουργούνται στο φυσικό περιβάλλον, τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας, τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα που εκπέμπονται από κεραιές επικοινωνιών (π.χ. κεραιές ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, σταθμοί βάσης κινητής τηλεφωνίας συστήματα ραντάρ κ.ά), καθώς και η υπέρυθρη, η ορατή και η υπεριώδης ακτινοβολία.

Πηγές μη ιονιζουσών ακτινοβολιών

Μη ιονίζουσες είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες που είναι ανίκανες να προκαλέσουν βιολογικές επιδράσεις λόγω ιοντισμού. Οι γνωστότερες από τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες, είναι η ακτινοβολία που προέρχεται από τον ήλιο, (ορατή, υπεριώδης, υπέρυθρη), τα διάφορα κύματα ηλεκτρομαγνητικά, μικροκύματα, ραδιοκύματα) που εκπέμπονται από συσκευές που προαναφέραμε και ακόμα ακτινοβολία που χρησιμοποιείται ακόμα και για ιατρικούς σκοπούς όπως Laser, επεμβατικά και θεραπευτικά. Η διαφορά τους έγκειται στην συχνότητα και την

ενέργεια (Εικόνες 19-20).



Εικόνα 20: Πηγές μη ιονίζουσας ακτινοβολίας στην καθημερινή μας ζωή. Πηγή: http://blogingr.blogspot.gr/2012/10/blog-post_31.html

Βιολογικές επιδράσεις μη ιονίζουσας ακτινοβολίας

Οι βιολογικές επιδράσεις που προκαλούν οι μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι διαφορετικές από εκείνες της ιονίζουσας ακτινοβολίας. Έτσι, τα χαμηλόσυχα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα επάγοντας πεδία και ρεύματα στο εσωτερικό του, ενώ τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα θερμαίνουν τα κύτταρα και τους ιστούς.



Εικόνα 21: Επικινδυνότητα μη ιονιζουσών ακτινοβολιών. Πηγή: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/Aktinovolies/Aktinovolies.htm>

ιονιζουσών

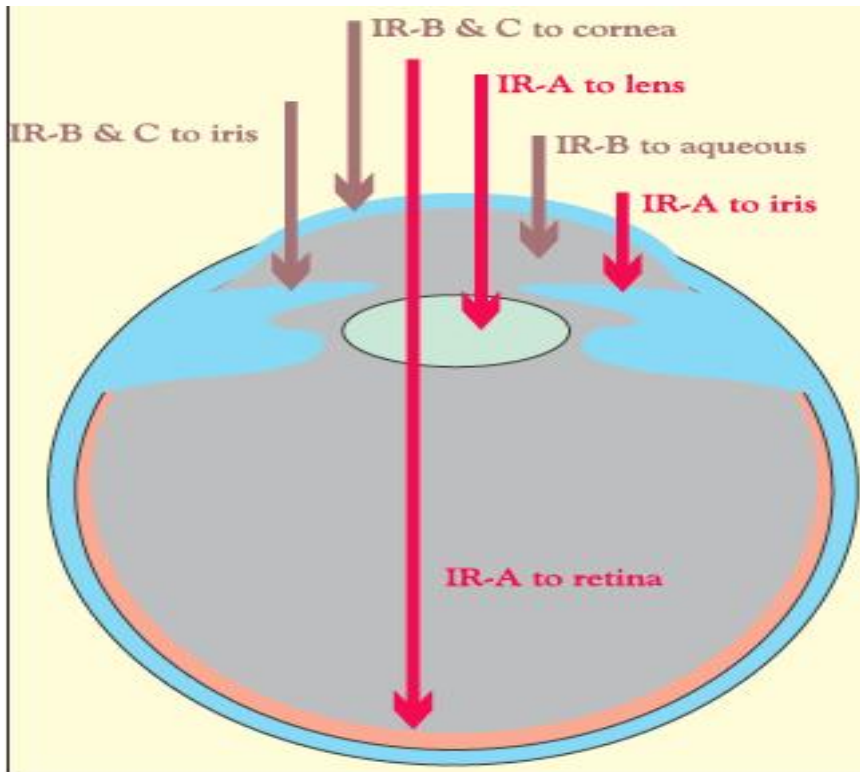
Σύστημα ακτινοπροστασίας από τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία

Οι βλαβερές επιδράσεις στην υγεία που είναι γνωστές για τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι αυτές που προκύπτουν κατά την διάρκεια ή αμέσως μετά το πέρας της έκθεσης και προκύπτουν μόνο όταν υπερβαίνονται κάποια κατώφλια-στάθμες επιπέδων έκθεσης. Λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες του κάθε ανθρώπου και το γεγονός ότι στο γενικό πληθυσμό υπάρχουν και ειδικές ομάδες ατόμων όπως μικρά παιδιά, ασθενείς, ηλικιωμένοι, έγκυες, προκύπτουν «βασικοί περιορισμοί» που η τήρησή τους εξασφαλίζει και την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία. Οι βασικοί περιορισμοί προκύπτουν από τα κατώφλια των αποδεδειγμένων βλαβερών επιδράσεων στην υγεία αφού υιοθετηθούν μεγάλοι συντελεστές ασφαλείας π.χ. για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία στο φάσμα 0- 300GHz, της τάξης του 50.

Οι βασικοί περιορισμοί όμως στην πλειονότητά τους δεν αφορούν άμεσα μετρήσιμα μεγέθη στο περιβάλλον διατάξεων εκπομπής, αλλά επαγόμενα μεγέθη στο εσωτερικό του σώματος των ανθρώπων που είναι δύσκολο να μετρηθούν. Για τον λόγο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη τις δυσμενέστερες συνθήκες σύζευξης της ακτινοβολίας με τον άνθρωπο, προκύπτουν «επίπεδα αναφοράς» που είναι εύκολα μετρήσιμες παράμετροι της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και η τήρησή τους εξασφαλίζει και την τήρηση του βασικού περιορισμού και κατά συνέπεια την απουσία των βλαβερών επιδράσεων στην υγεία.

Κεφάλαιο 3^ο: Επίδραση της ακτινοβολίας στον οφθαλμό

Γενικά, το υπεριώδες φως, όπως και η υπέρυθη ή οι διαπερατές ακτινοβολίες, μπορούν να προκαλέσουν καταρράκτη στο φακό του οφθαλμού, μια κατάσταση που χαρακτηρίζεται από αλλοιωμένη πρωτεΐνη στα ινώδη κύτταρα που σχηματίζουν τον φακό. Για την ακρίβεια ο καταρράκτης, που είναι δευτερογενής, αναπτύσσεται μετά από έκθεση σε υπεριώδες φως, υπεριώδη ακτινοβολία και υπέρυθη ακτινοβολία (επαγγελματικός καταρράκτης σε φουσητήρια υάλου). Μπορεί επίσης να αναπτυχθεί μετά από επέμβαση laser που εφαρμόζεται στον οφθαλμό αλλά και μετά από εκτεταμένη έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία (ακτίνες X). Πολυάριθμες παθολογικές καταστάσεις του οφθαλμού συνοδεύονται από μη φυσιολογική ευαισθησία στο φως και πόνο, μια κατάσταση που είναι γνωστή ως φωτοφοβία. Ο πόνος φαίνεται να συνδέεται με αντανακλαστικές κινήσεις της ίριδας και αντανακλαστική διαστολή των αιμοφόρων αγγείων του βολβικού επιπεφυκότα. Εργαζόμενοι που εκτίθενται σε υπεριώδεις και υπέρυθρες φωτεινές πηγές ή σε ατομικές εκπομπές λάμπης (φλας), χρειάζεται να φορούν προστατευτικά γυαλιά.



Εικόνα 22:Υπέρυθρη ακτινοβολία που απορροφάται από τον οφθαλμό.Πηγή:http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/33aa07d53d20b5cbc6f17ffc81f0dc94_Voke1990521.pdf

3.1.Επίδραση της ακτινοβολίας στον οφθαλμικό ιστό και τα οπτικά μέσα

Η υπέρυθη ακτινοβολία φτάνει μέχρι πέρα από το ερυθρό όριο του οπτικού φάσματος ,με μήκη κύματος μεταξύ 780-10000nm.Χωρίζονται σε τρεις υποκατηγορίες:

- Υπέρυθρη ακτινοβολία-α ή IR-A(Infrared radiation-A) :από 780 έως 1400nm
- Υπέρυθρη ακτινοβολία-β ή IR-B(Infrared radiation-B) :από 1400 έως 3000nm
- Υπέρυθρη ακτινοβολία-γ ή IR-C(Infrared radiation C) :από 3000 έως 10000nm.Αυτή η περιοχή συχνοτήτων δεν φτάνει συνήθως στην επιφάνεια της Γης διότι απορροφάται από την ατμόσφαιρα,αλλά οι μη φυσικές πηγές της υπέρυθρης ακτινοβολίας γ μπορεί να είναι σημαντικά επικίνδυνες.(Εικόνα 22)

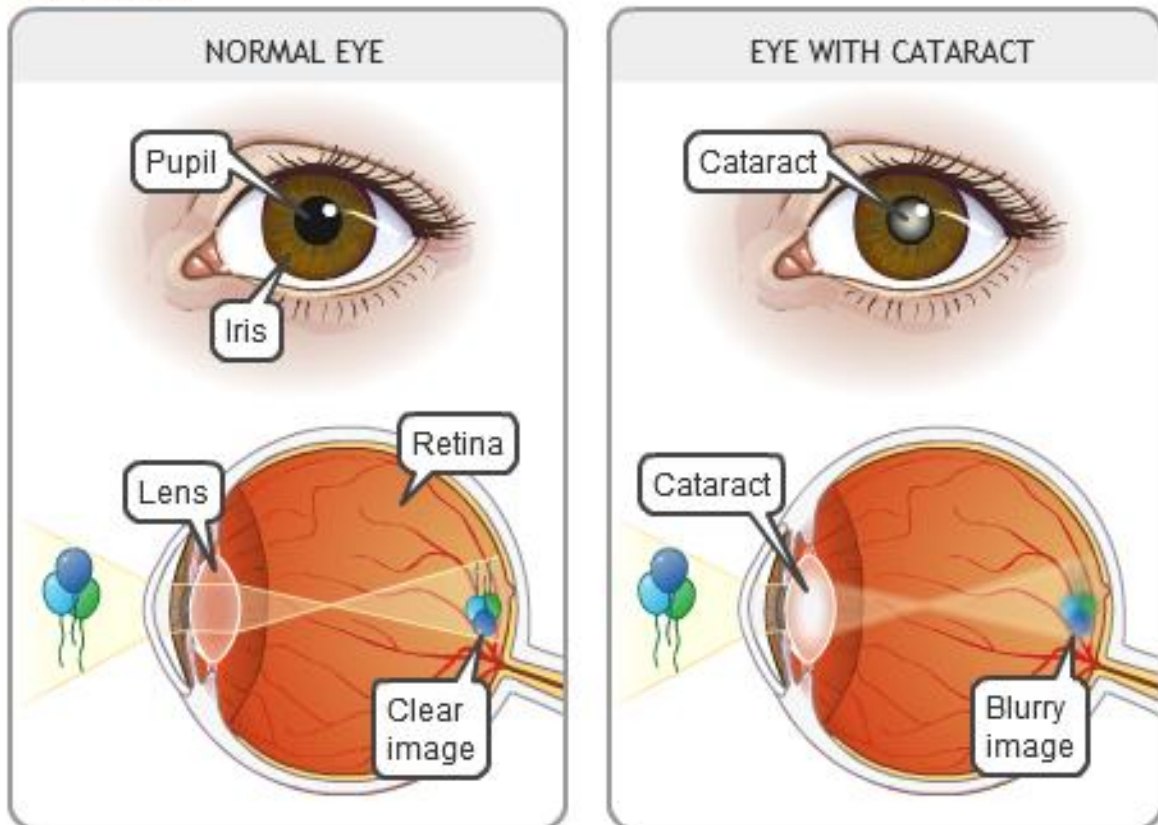
Ενώ πολλοί από εμάς απολαμβάνουμε τη θερμική επίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από τον ήλιο,βιομηχανικές πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας συναντώνται σε εργασιακά περιβάλλοντα όπου υπάρχουν υψηλών θερμοκρασιών κάμινοι και κλίβανοι,όπως σε βιομηχανίες υάλου και χάλυβα.Βολταικές λάμπες(arc lamps) και ηλεκτρικές συσκευές που εναλλάσσουν θερμότητα με ακτινοβολία εκπέμπουν επίσης υπέρυθρη ακτινοβολία,όπως και ποικίλα lasers είναι πλούσιες πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας,όπως για παράδειγμα το laser νεοδύμιου (Nd) YAG που εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία α (IR-A) αλλά και το laser μονοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία γ (IR-C).

Όταν η ακτινοβολία απορροφάται από ανθρώπινο ιστό,προκαλεί σημαντικές αλλαγές στο κυτταρικό υλικό.Κάποιες υπέρυθρες ακτινοβολίες απορροφώνται από κάθε οφθαλμική δομή.Γενικότερα,ο κερατοειδής απορροφά σχεδόν όλα τα μήκη κύματος που είναι μεγαλύτερα από 3000nm (υπέρυθρη ακτινοβολία γ) και τις περισσότερες ακτινοβολίες με μήκος κύματος κάτω από τα 1400nm.Ο κρυσταλλοειδής φακός απορροφά ορισμένη ποσότητα ακτινοβολίας μεταξύ 900nm και 1400 nm(IR-A) και ο αμφιβληστροειδής απορροφά την περισσότερη από την ακτινοβολία που απομένει με μήκος κύματος μικρότερο από 1400nm(IR-A),αυξανόμενη όσο το μήκος κύματος μειώνεται.Μεγαλύτερη ανησυχία προκαλεί η επίδραση της θερμότητας στον κρυσταλλοειδή φακό και στον αμφιβληστροειδή.

Οι καταρράκτες(Εικόνα 23) που σχετίζονται με την έκθεση σε υπέρυθρη ακτινοβολία στο εργασιακό περιβάλλον ,είναι γνωστοί σχεδόν από το 1739 και ιστορικά είναι ένα ζήτημα πάνω στο οποίο έχει επικεντρωθεί η μεγαλύτερη προσοχή.Τα επαγγέλματα σε φουσητήρια υάλου , εργοστάσια κατασκευής μετάλλου αλλά και αλυσίδων,κασσίτερου και μεταλλουργεία χαλκού είναι αυτά στα οποία η έκθεση σε υψηλά επίπεδα υπέρυθρης ακτινοβολίας μπορεί να είναι πολύ σημαντική.Αμφιβληστροειδικά εγκαύματα μετά από έκθεση σε βιομηχανικές πηγές,όπως λάμπες

ξένου, υπέρυθρα laser και βολταικό αδρανές αέριο από συγκόλληση μετάλλου(ηλεκτροκόλληση),είναι εδώ και χρόνια ένας παράγοντας που προκαλεί ανησυχία.Το να ατενίζει κάποιος διερευνητικά τον ήλιο έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί ηλιακή αμφιβληστροειδοπάθεια.Η τύφλωση από έκλειψη είναι μια παρόμοια κατάσταση .

Cataracts



Εικόνα 23:Φυσιολογικός οφθαλμός-Οφθαλμός με καταρράκτη.Πηγή:<http://www.eyephys.com/services/eye-surgery/cataracts-and-intraocular-lenses.html>

Η ενέργεια ενός υπέρυθρου φωτονίου είναι στην πραγματικότητα πολύ μικρότερη από αυτή ενός ορατού υπεριώδους φωτονίου.Οι ιστοί που είναι πιο τρωτοί στον οφθαλμό είναι ο κερατοειδής και το υδατοειδές υγρό καθώς η υπέρυθρη ακτινοβολία αυξάνει τη γενικότερη θερμοκρασία του πρόσθιου τμήματος του οφθαλμού.Ο κρυσταλλοειδής φακός απορροφά μόνο ένα μικρό ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας.Για να πραγματοποιηθεί λοιπόν μεγάλη βλάβη στον κρυσταλλοειδή φακό,τα γενικότερα επίπεδα έκθεσης θα πρέπει να είναι πάρα πολύ υψηλά ή να είναι σταθερά επαναλαμβανόμενα σε μικρότερες δόσεις.Μεγάλου μήκους κύματος

υπέρυθρες ακτίνες φτάνουν επίσης στον αμφιβληστροειδή και μπορούν να προκαλέσουν μόνιμη ζημιά στους ευαίσθητους φωτουποδοχείς, όπως για παράδειγμα το ατένισμα στον ήλιο, παρ'όλο που το ορατό φάσμα της ακτινοβολίας είναι αυτό που προκαλεί τη μεγαλύτερη ζημιά, το οποίο είναι περισσότερο φωτοχημικής παρά θερμικής φύσεως.

Ο κερατοειδής μεταδίδει την περισσότερη υπέρυθη ακτινοβολία, μεταξύ 700nm και 1300nm. Στα 1430nm και 1950nm, ο κερατοειδής, έχει μια ευρείας απορρόφησης ζώνη για την υπέρυθη ακτινοβολία, αλλά μεταξύ αυτών των ζωνών, μεγάλη ποσότητα υπέρυθρης ακτινοβολίας μεταδίδεται. Μετά τα 2500nm πραγματοποιείται απορρόφηση της ακτινοβολίας. Το υδατοειδές υγρό επιτρέπει τη μετάδοση της υπέρυθρης ακτινοβολίας, εκτός από ορισμένες περιοχές όπου απορροφάται. Ο κρυσταλλοειδής φακός απορροφά ένα μικρό αλλά σημαντικό ποσό υπέρυθρης ακτινοβολίας που φτάνει τα 1400nm. Ένα ακόμα μικρότερο ποσοστό υπέρυθρης ακτινοβολίας α (IR-A) απορροφάται από το υδατοειδές υγρό και το υαλοειδές σώμα και αυτό που απομένει περνά διαμέσου των τμημάτων του αφθαλμού και φτάνει στον αμφιβληστροειδή.

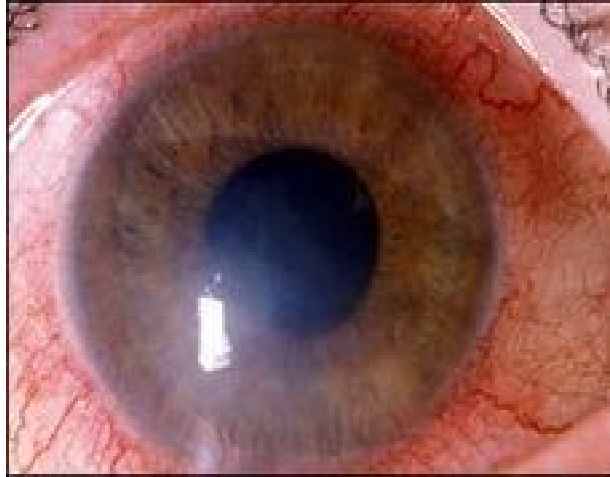
Βλέφαρα

Οι επιπτώσεις της υπέρυθρης ακτινοβολίας στα βλέφαρα ποικίλουν από ήπια ερυθρότητα σε εγκαύματα τρίτου βαθμού και ενδεχομένως νέκρωση του δέρματος. Για να υποστεί κανείς τις σοβαρότερες επιπτώσεις, το βλέφαρο πρέπει να έχει εκτεθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα υπέρυθρης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια μικρού χρονικού διαστήματος, ή σε χαμηλά επίπεδα υπέρυθρης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια μεγάλης χρονικής περιόδου. Βλάβες στα βλέφαρα από υπέρυθη ακτινοβολία, δεν παρατηρούνται συνήθως σε βιομηχανικά εργασιακά πλαίσια.

Κερατοειδής

Το μήκος κύματος του φωτός που προκαλεί έγκαυμα, μπορεί επίσης να προκαλέσει φλεγμονή

στον κερατοειδή χιτώνα του οφθαλμού. Αυτό συμβαίνει στην τύφλωση από το χιόνι(οξείας μορφής φωτοκερατίτιδα-Εικόνα 24) ή μετά από την έκθεση σε ισχυρές υπεριώδεις πηγές φωτός. Έχουν μάλιστα αναφερθεί ιδιαίτερα ασυνήθιστες ευαισθησίες.



Εικόνα 24:Φωτοκερατίτιδα.Πηγή:<http://www.theeyecarecompany.com.au/photokeratitis.html>

Ο κερατοειδής μεταβιβάζει το 96% της προσπίπτουσας υπέρυθρης ακτινοβολίας σε βεληνεκές από τα 700nm έως 1400nm ,με αποτέλεσμα οι οριακές τιμές να είναι πολύ υψηλές για να συμβεί βλάβη,ειδικά στη ζώνη συχνοτήτων από 750nm έως 990nm.Οι επιδράσεις της ακτινοβολίας στον κερατοειδή από τα συγκεκριμένα μήκη κύματος ,αφορούν πρωτεϊνική πήξη των πρόσθιων και μέσων στρωμάτων,του επιθηλίου και του στρώματος.Πολλοί επιστήμονες υποστηρίζουν την άποψη ότι το οπίσθιο τοίχωμα του ενδοθηλίου ,στην πραγματικότητα υφίσταται τη μεγαλύτερη βλάβη ,διότι υπάρχει πολύ μικρή πιθανότητα στο σημείο αυτό του οφθαλμού οι επιπτώσεις της θερμότητας να διαλυθούν,σε αντίθεση με το πρόσθιο τμήμα του κερατοειδούς όπου ο αέρας και το δακρυικό φιλμ έχουν ψυκτική επίδραση.

Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό από τη στιγμή που το ενδοθήλιο δεν έχει τη δυνατότητα να αναγεννηθεί σε περίπτωση που καταστραφεί σε σύγκριση με τον ιστό του επιθηλίου.Βλάβες στον κερατοειδή που προκαλούνται από υψηλές δόσεις υπέρυθρης ακτινοβολίας προκαλούν άμεσο πόνο και νεοαγγείωση και τελικά χάνεται η διαφάνεια και προκαλείται θολερότητα.Ο κερατοειδής δηλαδή παθαίνει ουσιαστικά έγκλημα,με αποτέλεσμα να δημιουργούνται

έλκη,παρόμοια με εκείνα που προκαλούνται σε δέρμα που έχει εκτεθεί σε υπέρυθρη ακτινοβολία.

Από την ακτινοβολία μπορεί να προκληθεί στον κερατοειδή η επιπολής στικτή κερατίτιδα η οποία εντάσσεται στις εξωγενείς βλάβες και η κλινική της εικόνα είναι στίγματα-τελείες στην επιφάνεια του κερατοειδούς που συνοδεύονται από θολερότητα.Παρατεταμένη έκθεση του κερατοειδούς σε ακτινοβολία προκαλεί και την οξεία φωτοηλεκτρική κερατοεπιπεφυκίτιδα (ηλεκτρική οφθαλμία) , η οποία δημιουργείται από το βολταϊκό τόξο κατά την ηλεκτροσυγκόλληση ή μετά από έντονη έκθεση σε ηλιακό φως.

Υδατοειδές υγρό

Το υδατοειδές υγρό και το υαλώδες σώμα είναι και τα δύο παραπλήσια στο νερό και από πολλές απόψεις δεν επηρεάζονται σημαντικά από την υπέρυθρη ακτινοβολία.Οποιαδήποτε αλλαγή στη δομή του υδατοειδούς υγρού και του υαλοειδούς σώματος ,είναι αποτέλεσμα βλάβης του κερατοειδούς,του κρυσταλλοειδούς φακού ή του αμφιβληστροειδούς.Όσον αφορά στον κερατοειδή,αυτό συμβαίνει διότι ο κερατοειδής τρέφεται με την ώσμωση εφ'όσον λειτουργεί η αντλία νατρίου και παρατηρούνται μόνιμες θολερότητες όταν δεν λειτουργεί η αντλία(άργεμο-νεφέλιο-λεύκωμα).

Ίριδα

Η ανθρώπινη ίριδα απορροφά μεταξύ 53% και 98% της προσπίπτουσας υπέρυθρης ακτινοβολίας στο βεληγεκές μεταξύ των 750nm και 900nm ,αλλά οι ποικίλες διαβαθμίσεις της δημιουργίας χρωστικής επηρεάζουν το ποσό της απορρόφησης και άρα την έκταση της βλάβης. Γενικά,η ίριδα παρουσιάζει ευαισθησία στην υπέρυθρη ακτινοβολία και εάν εκτεθεί σε αυτή,υπόκειται οίδημα,νέκρωση κυττάρων,υπεραιμία και μύση της κόρης.Μήκη κύματος περί των 900nm προκαλούν στη ίριδα την εμφάνιση του φαινομένου Tyndall εξαιτίας της διαρροής

πρωτεϊνών από τα αγγεία της ίριδας στον πρόσθιο θάλαμο λόγω φλεγμονής της ίριδας(ιρίτιδα-Εικόνα 25) από την έκθεσή της σε υπέρυθρη ακτινοβολία.



Εικόνα 25:Ιρίτιδα με υπόπνοον.Πηγή:<http://medlibes.com/entry/anterior-uveitis>

Το 1980 ο Pitts βρήκε ότι το όριο το οποίο αν ξεπεραστεί θα προκληθεί τραύμα στην ίριδα,είναι το ίδιο περίπου με αυτό του κερατοειδούς και η οφθαλμολογική εξέταση έδειξε ότι η ανταπόκριση στην ακτινοβολία της ίριδος και του κερατοειδούς είναι παρόμοια.Η διαρροή πρωτεϊνών στο υδατοειδές υγρό προκαλούν το φαινόμενο Tyndall*.

Κρυσταλλοειδής φακός

Εδώ και χρόνια ο καταρράκτης έχει συσχετιστεί με συγκεκριμένο κλάδο επαγγελματιών ,τα οποία χαρακτηρίζονται από παρατεταμένη έκθεση σε υπέρυθρη ακτινοβολία.Παρ'όλ'αυτά,οι ακριβείς μηχανισμοί πάνω στους οποίους βασίζεται αυτό το μοτίβο,έχει μελετηθεί και αναλυθεί τις δύο τελευταίες δεκαετίες.

Ο γερμανός Meyerhofer το 1886 ήταν ο πρώτος που αναγνώρισε την χαρακτηριστική θολερότητα του οπίσθιου φλοιού του κρυσταλλοειδή φακού, που είναι πλέον γνωστή ως το αρχικά στάδια του προκλητού από υπέρυθη ακτινοβλία καταρράκτη (καταρράκτης οπίσθιου περιφακίου).

Ο κρυσταλλοειδής φακός επιτρέπει τη μετάδοση στα περισσότερα μήκη κύματος που φτάνουν ως τα 1400nm, αλλά σε ορισμένα μήκη κύματος, όσον αφορά το υδατοειδές υγρό, παρατηρείται απορρόφηση. Μέχρι τη στιγμή που οποιαδήποτε υπέρυθη ακτινοβολία φτάσει στο υαλοειδές σώμα, μήκη κύματος μεταξύ 980nm και 1200nm απορροφώνται, αλλά υπάρχει ελάχιστη μεταβίβαση υπέρυθρης ακτινοβολίας, πέρα από τα 1400nm.

Η ακτινοβολία που βρίσκεται πλησίον της υπέρυθρης και περνά διαμέσου της κόρης, απορροφάται με εξαιρετικό βαθμό πάνω από τα 900nm, ενώ καμία υπέρυθη ακτινοβολία που βρίσκεται πάνω από τα 1400nm δεν φτάνει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Αμφιβληστροειδής και χοριοειδής χιτώνας

Το υπεριώδες φως δεν επεκτείνεται συνήθως στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του οφθαλμού, αλλά πολύ μεγάλες δόσεις ορατού και υπέρυθρου φωτός μπορούν αμετάκλητα να αποχρωματίσουν τις χρωστικές ουσίες του οφθαλμού, όπως στην τύφλωση από τον ήλιο (βλάβη ωχράς κηλίδος).

Κάθε υπέρυθη ακτίνα που μεταδίδεται διαμέσου των οπτικών μέσων και φτάνει στον αμφιβληστροειδή, απορροφάται από το μελάγχρον επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς. Τα ουδέτερα στρώματα υπόκεινται τραυματισμό μέσω έμμεσης θέρμανσης. Η υπέρυθη ακτινοβολία επιδρά στον αμφιβληστροειδή και χοριοειδή χιτώνα αυξάνοντας την θερμοκρασία

,με αποτέλεσμα τα ένζυμα να αλλοιώνονται.

Σε γενικές γραμμές,θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 10 βαθμούς Κελσίου πάνω από αυτή που έχει το σώμα σε φυσιολογικό περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσει μόνιμη θερμική βλάβη.Ποικίλοι φυσικοί παράγοντες επηρεάζουν το αν θα προκληθεί βλάβη,όπως το μέγεθος της κόρης ,η οπτική ποιότητα του αμφιβληστροειδικού ειδώλου,η διάρκεια της έκθεσης στην υπέρυθη ακτινοβολία,το μέγεθος της πηγής και του αμφιβληστροειδικού ειδώλου,το σημείο πάνω στο οποίο εμφανίζεται το αμφιβληστροειδικό είδωλο,το είδος και η φασματική κατανομή της πηγής και η αναλογία της διανομής της ενέργειας.

Είναι προφανές ότι η διάρκεια της έκθεσης σε ακτινοβολία αποτελεί σημαντικό παράγοντα προσβολής.Η θερμική επίδραση στο μελάγχρουν επιθήλιο του αμφιβληστροειδούς μπορεί να συμβεί από έκθεση σε υπέρυθη ακτινοβολία τόσο μικρής διάρκειας,όσο μερικά microseconds.Ακόμα μικρότερης διάρκειας έκθεση σε υπέρυθρο laser(picoseconds),δημιουργεί διαφορετικό τύπο βλάβης στο μελάγχρουν επιθήλιο.

Πολλές μελέτες έχουν επιχειρήσει να καθορίσουν τις οριακές τιμές έκθεσης για τον ανθρώπινο αμφιβληστροειδή.Εκτός από τους φυσικούς παράγοντες,όπως η διάρκεια έκθεσης και τα επίπεδα ακτινοβολίας,οι οφθαλμοί ποικίλουν στις διαβαθμίσεις αμφιβληστροειδικών μελαχρώσεων,γεγονός που αναμφισβήτητα επιδρά στη διαβάθμιση και στην έκταση της βλάβης από τη υπέρυθη ακτινοβολία.

Επιπρόσθετα,μελέτες έχουν καταδείξει ότι το μεγαλύτερο μήκος κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας απαιτεί υψηλότερη ακτινοβολία στον κερατοειδή για να προκληθεί αμφιβληστροειδικό τραύμα.Αυτό είναι συναφές εφ' όσον σε μικρότερα μήκη κύματος ,πολλά

περισσότερη υπέρυθρη ακτινοβολία διαπερνά τον αμφιβληστροειδή.

Το 1979 ο Ham και οι συνεργάτες του δούλεψαν πάνω σε πιθήκους ρέζους (rhesus monkey) και βρήκαν ότι για να δημιουργηθεί αμφιβληστροειδική αλλοίωση μεγέθους 159 μm (που είναι το μέγεθος του ειδώλου του ηλίου που παράγεται στον αμφιβληστροειδή όταν ο οφθαλμός ατενίζει τον ήλιο), η έκθεση του αμφιβληστροειδούς στην ακτινοβολία από δύο φασματικές ζώνες μήκους κύματος : από 400nm έως 800nm και από 700nm έως 1400nm ,πρέπει να έχει διάρκεια από 1 έως 1000 δευτερόλεπτα. Η αντίστροφη σχέση μεταξύ ισχύος και διάρκειας διατηρήθηκε για έκθεση με διάρκεια από 10 δευτερόλεπτα και παραπάνω, με έκθεση στην ακτινοβολία (προϊόν ισχύος και διάρκειας) να είναι 400Jcm⁻² για μήκη κύματος που βρίσκονται στη ζώνη από 400nm έως 800nm. Για μήκη κύματος που βρίσκονται στη ζώνη από 700nm έως 1400nm , απαιτείτο έκθεση στην ακτινοβολία ισχύος 70000Jcm⁻², με διάρκεια 1000 δευτερολέπτων μόνο, εφ' όσον δεν ήταν δυνατό να δημιουργηθεί αμφιβληστροειδικό έγκαυμα με έκθεση στην ακτινοβολία διάρκειας μικρότερης από 1000 δευτερόλεπτα.

Ο χοριοειδής χιτώνας μπορεί να υποστεί έγκαυμα από υπέρυθρο φως που ονομάζεται κεντρική χοριοειδίτιδα από ηλιακό έγκαυμα (retinitis solaris), όπως π.χ. συμβαίνει κατά την παρατήρηση μιάς έκλειψης ηλίου με απροστάτευτα μάτια. Η βλάβη θα εξαρτηθεί από τη διάρκεια της έκθεσης αλλά και από την ισχύ της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η κεντρική χοριοειδίτιδα από ηλιακό έγκαυμα (Εικόνα 26) δημιουργεί κεντρικό σκότωμα (τυφλό σημείο του οπτικού πεδίου) λόγω σχηματισμού ουλής στην ωχρά κηλίδα.



Εικόνα 26:Χοριοειδίτιδα από ηλιακό έγκαυμα.Πηγή:<http://quizlet.com/17863173/tb-sinnesorgane-ophthalmologie-netzhaut-flash-cards/>

Ωχρά κηλίδα

Έχουν παρατηρηθεί σπές ωχράς λόγω βλαβών από ακτινοβολία. Πολλοί παράγοντες έχουν ενοχοποιηθεί για την ηλικιακή εκφύλιση της ωχράς κηλίδας όπως η ηλικία, το οικογενειακό ιστορικό, το κάπνισμα, η διατροφή και ο τρόπος ζωής. Μέσα σε αυτούς προστίθεται τα τελευταία χρόνια και η επίδραση της ακτινοβολίας με χρόνια έκθεση.

Επιπεφυκότας

Όσον αφορά τον επιπεφυκότα, έχουν παρατηρηθεί βλάβες λόγω της επίδρασης της υπεριώδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας με τη μορφή φλεμονής (επιπεφυκίτιδα). Από το έντονο ηλιακό φως προκαλείται άλλοτε χημικό και άλλοτε θερμικό έγκαυμα, παρουσιάζοντας τα συμπτώματα της αμυντικής τριάδας: φωτοφοβία, δακρύρροια, βλεφαρόσπασμος.

3.2.Καταρράκτης λόγω επίδρασης της ακτινοβολίας

Καταρράκτες από υπέρυθρη ακτινοβολία άρχισαν να τραβούν την προσοχή στις αρχές του 19^{ου}

αιώνα,όταν ξεκίνησαν να έρχονται στο επίκεντρο θέματα υγείας που προκαλούνταν στους εργαζόμενους της βιομηχανίας και να εγείρουν το ενδιαφέρον.Ο Legge,το 1907 στο Λονδίνο ανέφερε στο Υπουργείο Εσωτερικών μια νέα επίσημη νόσο των εργαζόμενων σε βιομηχανίες φουσητού υάλου,τον καταρράκτη φουσητού υάλου.Ο ακριβής μηχανισμός της διαμόρφωσης του καταρράκτη που προκαλείται από υπέρυθρη ακτινοβολία είναι αντικείμενο σημαντικής διαμάχης εδώ και 70 χρόνια.Παρ'όλ'αυτά,πιο πρόσφατα στοιχεία μας επιτρέπουν να κατανοήσουμε καλύτερα την καταρρακτογέννεση που προκαλείται από εργασιακές συνθήκες(επαγγελματικός καταρράκτης).

Η αρχική επεξήγηση του επαγγελματικού καταρράκτη προήλθε από τον Vogt το 1912,ο οποίος πίστευε ότι οι θολερότητες που προκαλούνταν από υπέρυθρη ακτινοβολία,ήταν αποτέλεσμα της άμεσης απορρόφησης της ενέργειας προερχόμενης από την ακτινοβολία από τον κρυσταλλοειδή φακό.Παρ'όλ'αυτά στα πειράματά του όπου χρησιμοποίησε βολταικό φως άνθρακα (carbon arc light),τα πειραματόζωα παρουσίασαν επιπεφυκίτιδα αλλά και θολερότητες στον φακό.Σήμερα πλέον υπάρχει η υποψία ότι η απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας είναι υπεύθυνη για τον καταρράκτη και όχι τόσο η απορρόφηση της υπέρυθρης.

Μια άλλη θεωρία τέθηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα,η οποία υποστήριζε ότι εναλλαγές θερμότητας στο πρόσθιο τμήμα του οφθαλμού προκαλούσαν τον καταρράκτη.Οι Verhoeff και Bell το 1916 υποστήριζαν ότι ο καταρράκτης σχηματιζόταν στην οπίσθια επιφάνεια του κρυσταλλοειδούς φακού διότι η πρόσθια επιφάνεια ψύχεται από την κυκλοφορία του υδατοειδούς υγρού κι έτσι ο κερατοειδής ψύχεται από τον αέρα.Η άποψή τους ήταν ότι η θερμότητα που προερχόταν από την υπέρυθρη ακτινοβολία επενέβαινε βλαπτικά στη λειτουργία του ακτινωτού σώματος ,το οποίο με τη σειρά του επηρέαζε τον μεταβολισμό του κρυσταλλοειδούς φακού.Ωστόσο,θολερότητες του πρόσθιου τμήματος του κρυσταλλοειδούς

φακού και βλάβη του κερατοειδούς από υπέρυθη ακτινοβολία είναι συχνά φαινόμενα, ενώ βλάβη στο ακτινωτό σώμα που συνεπάγεται αλλαγή στο υδατοειδές υγρό, δεν έχει βρεθεί.

Στις αρχές του 1930 στη Γερμανία, προσεκτική διερεύνηση έδειξε ότι καταρράκτες που δεν οφείλονταν σε άμεση απορρόφηση υπέρυθρης ακτινοβολίας από τον κρυσταλλοειδή φακό αλλά από αυξημένη θερμοκρασία προκλητή έμμεσα μέσω θερμότητας που έχει απορροφηθεί από την ίριδα, όπου μια πλούσια παροχή αίματος θα ήταν συναφής με υψηλούς βαθμούς θερμοκρασίας. (Goldmann). Έμμεση επίδραση θερμότητας θεωρείτο ότι προκαλούσε μια δευτερογενή αλλοίωση στις πρωτεΐνες του κρυσταλλοειδούς φακού, η οποία οδηγούσε στον σχηματισμό καταρράκτη.

Σε μια απόπειρα να αξιολογήσει τους υποκείμενους μηχανισμούς που λειτουργούν, ο Langley το 1960, επανέλαβε τα πρώιμα πειράματα του Goldmann και πρότεινε ότι και το ορατό και το υπέρυθρο φως πρέπει να απορροφηθούν από την ίριδα για να δημιουργηθεί ο καταρράκτης. Υποστήριξαν ότι οι καταρράκτες σχηματίζονταν όχι από τη συνολική θερμότητα που εφαρμοζόταν στον οφθαλμό, αλλά από την αύξηση της θερμοκρασίας σε μια τοπική περιοχή.

Πιο πρόσφατες παρατηρήσεις πάνω στην επίδραση της ακτινοβολίας στον οφθαλμό που συμβαίνει σε συγκεκριμένα επαγγέλματα, οδήγησαν στην άποψη ότι και η άμεση απορρόφηση από τον κρυσταλλοειδή φακό και η έμμεση επίδραση της θερμότητας στις ίνες του κρυσταλλοειδούς φακού μέσω της απορρόφησης της ίριδας, ήταν συνυπεύθυνες για τις θολερότητες που προκαλούνται από την υπέρυθη ακτινοβολία.

Με αυτόν τον τρόπο συμβιβάστηκαν οι αντιμαχόμενες θεωρίες των Goldmann και Vogt. Το πειραματικό έργο του Pitts το 1980 σε οφθαλμούς πιθήκων, έχει πλέον παράσχει μια καθαρότερη

εικόνα για την κατανόηση των ακριβών μηχανισμών που λειτουργούν και φαίνεται ότι τόσο η άμεση όσο και η έμμεση επίδραση της θερμότητας συνεισφέρουν στη δημιουργία του καταρράκτη.

Επαγγελματικός καταρράκτης στη βιομηχανία

Σε αυτήν την κατηγορία υπόκεινται οι καταρράκτες από φυσικά αίτια και προκαλούνται από υψηλή θερμοκρασία(σε εργάτες υαλουργείων και σιδήρου). Αρχικά υπάρχει μια μικρή δισκοειδής θολερότητα στον οπίσθιο φλοιό που αργότερα επεκτείνεται σε όλο τον φακό. Από ακτινοβολία ακτίνων X , ακτίνων γ και νετρονίων οι αρχικές αλλοιώσεις βρίσκονται κοντά στον ισημερινό και μετά στον οπίσθιο φλοιό(οπίσθιος κυπελλοειδής καταρράκτης).



Εικόνα 27: Καταρράκτης από ακτινοβολία και υψηλή θερμοκρασία. Πηγή: Επίτομη Οφθαλμολογία Γεωργίου Θεοδοσιάδη

Το πειραματικό έργο που διενεργήθηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, ξεκίνησε να εφαρμόζεται σε ένα βιομηχανικό πλαίσιο την περίοδο του δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου, όπου τα εργατικά ατυχήματα γίνονταν όλο και περισσότερο κοινά. Στις αρχές αυτής της περιόδου οι οφθαλμίατροι πρόσεξαν μια καθυστέρηση εμφάνισης του καταρράκτη σε εκείνους που εκτίθονταν σε υπέρυθρη ακτινοβολία στη βιομηχανία. Για παράδειγμα, ο Kutscher το 1914 στις Η.Π.Α. έκανε μια ανασκόπηση στη βιβλιογραφία που αφορά τον καταρράκτη που δημιουργείται σε εργαζόμενους σε φουσητήρια υάλου και παρατήρησε την καθυστερημένη επίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Κατέληξε στο ότι οι εργαζόμενοι σε βιομηχανίες παραγωγής πλακών

κασσίτερου όπως και σε βιομηχανίες χάλυβα ,ανέπτυσαν καταρράκτη 15 με 20 έτη μετά την έκθεση.

Περίπου τη ίδια εποχή (1940),ο Salit παρατήρησε την αύξηση περιστατικών καταρράκτη ένα χρόνο μετά από ένα πολύ θερμό και ξηρό καλοκαίρι στην Iowa των Η.Π.Α. ,δίνοντας έμφαση σε πιθανούς περιβαλλοντικούς παράγοντες των καταρρακτών.Μετά τον δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο ,ανανεώθηκε το ενδιαφέρον για τους εργατικούς κινδύνους των ισχυρών και αποδοτικών πηγών φωτός ,οι οποίες ήταν πλέον διαθέσιμες στη βιομηχανία.

Από τα μέσα του 1950,πολλοί συγγραφείς καταμέτρησαν εργάτες σε βιομηχανίες χάλυβα,δίνοντας έμφαση στις θολερότητες του οπίσθιου τμήματος του κρυσταλλοειδούς φακού ,οι οποίες είχαν παρατηρηθεί πρώτη φορά τη δεκαετία του 1880.Υπήρχαν υποψίες ότι ορισμένα άτομα ήταν περισσότερο ευάλωτα από άλλα στον καταρράκτη προκλητό από ακτινοβολία.Ο Wallace το 1971,πραγματοποίησε μια σημαντική μελέτη στη Μεγάλη Βρετανία συμπεριλαμβάνοντας 1000 εργαζόμενους σε βιομηχανίες χάλυβα.Η μελέτη κατέδειξε ότι υπάρχει μόνο μια μικρή συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε υπέρυθη ακτινοβολία και των θολεροτήτων στον κρυσταλλοειδή φακό.Υπήρχε όμως υψηλότερη επίπτωση του καταρράκτη λόγω γήρατος.Ένας δείκτης έκθεσης υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των ετών εργασίας με τον κίνδυνο της έκθεσης.

Ο τυπικός καταρράκτης ενός εργάτη σε φυσητήρια υάλου μετά από επαναλαμβανόμενη και πολλαπλή έκθεση είναι μια οπίσθια θολερότητα του εξωτερικού φλοιού σε σχήμα αστεριών,η οποία στην αρχή της μοιάζει με ιστό αράχνης.Λεπτές τελείες γκρι χρώματος που μπορεί να προσκολλώνται στο πρόσθιο τμήμα της κάψουλας του κρυσταλλοειδούς φακού,έχουν περιγραφεί ως τα αρχικά στάδια του καταρράκτη που προκαλείται από υπέρυθη

ακτινοβολία.Έπειτα ακολουθεί θόλωση στην περιοχή του ισημερινού και κίνηση των γκρι τελειών από το πρόσθιο τμήμα της κάψουλας ,στο πρόσθιο τμήμα του φλοιού,με σταδιακή εμφάνιση θολερότητας στο πρόσθιο τμήμα με σχήμα μικρού πιάτου.Εν τέλει,παίρνει το σχήμα του αγγλικού γράμματος U,με την όλη διαδικασία να ακολουθεί τυπικά μια καθυστέρηση που μπορεί να φτάσει και τις 90 ημέρες.

Λανθάνουσες περίοδοι εμφάνισης καταρράκτου

Η λανθάνουσα περίοδος πριν εμφανιστεί ο καταρράκτης έχει χρησιμοποιηθεί για να καθοριστεί αν η υπέρυθη ακτινοβολία είναι άμεσα υπεύθυνη ή όχι,αφού ο καταρράκτης εμφανίζεται σχεδόν σε όλα τα άτομα από την ηλικία των 70 και πάνω.Ερευνητές στο παρελθόν,συμπεριλαμβανομένου και του Goldmann περιέγραψαν τις αλλαγές στο πρόσθιο κάτω τμήμα της κάψουλας του κρυσταλλοειδούς φακού ως άμεση ανταπόκριση στην επίδραση της ακτινοβολίας.Το έργο του Langley επίσης αναφέρει ότι οι γκρι τελείες στο πρόσθιο κάτω τμήμα της κάψουλας του φακού εμφανίζονταν μέσα σε 24 ώρες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία.Στην ακόμα πιο πρόσφατη μελέτη του ο Pitts αναφέρει ότι το λανθάνον χρονικό διάστημα για να φανεί η βλάβη ήταν μεταξύ μιάμισης ώρας και 24 ωρών ,αλλά σχεδόν πάντα 6 ώρες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία.

Η έμμεση επίδραση της θερμότητας στον φακό από την ίριδα προκαλεί ένα πρότυπο σχετικά με τις θολερότητες στον κρυσταλλοειδή φακό μπροστά από τον φλοιό του φακού(σαν τον πρόσθιο φλοιώδη καταρράκτη),που ο Pitts βρήκε ότι ξεθωιάζει και εν τέλει εξαφανίζεται μέσα σε έξι εβδομάδες οξείας έκθεσης στην ακτινοβολία.Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ήταν σαν η οξεία έκθεση στην ακτινοβολία είχε μόνο μια προσωρινή επίδραση.Μελέτες που είχαν πραγματοποιηθεί νωρίτερα έδειξαν επίσης ότι αυτή η αναστρέψιμη επίδραση των πρώιμων αλλαγών στον κρυσταλλοειδή φακό θα συνέβαινε αν ο οφθαλμός δεχόταν μια και μοναδική

οξεία δόση ακτινοβολίας. Αν η θολερότητα προκαλείται από την ακτινοβολία μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας, θα έπρεπε να εμφανίζεται αμέσως μετά από έκθεση πέραν του ορίου.

Ο Goldmann χαρακτήρισε τις αλλαγές στο πρόσθιο κάτω τμήμα του φακού ως άμεσες. Ο Vogt σημείωσε ότι εμφανίζονται μέσα στις πρώτες 24 ώρες. Ο Langley είπε ότι οι γκρι τελείες στην πρόσθια υποκαψική περιοχή παρατηρούνταν μέσα σε 24 ώρες. Όμως στη μελέτη του Pitts η ανάπτυξη των αλλαγών αυτών δεν έφτανε ποτέ τις 24 ώρες αλλά σχεδόν στις 6 ώρες.

Από τότε που η οξεία έκθεση σε υπέρυθρη ακτινοβολία-α φαίνεται να καταλήγει μόνο σε προσωρινή θολερότητα, είναι πιθανό η εμφάνιση του καταρράκτη σε οφθαλμούς που έχουν εκτεθεί σε υπέρυθρη ακτινοβολία να μη συνδέεται με μηχανισμούς στους οποίους επιδρά θερμότητα. Μια άλλη πιθανή αιτία είναι η φλεγμονή της ίριδας ως αντίδραση στην έκθεσή της σε υπέρυθρη ακτινοβολία. Ο Langley και οι συνεργάτες του ήταν οι πρώτοι που παρατήρησαν οξεία φλεγμονή της ίριδας (ραγοειδίτιδα), δευτερογενή σε έκθεση στην υπέρυθρη ακτινοβολία. Στις πειραματικές μελέτες τους πάνω σε οφθαλμούς ζώων (συμπεριλαμβανομένων και των πιθήκων), ο Pitts και οι συνεργάτες του μπόρεσαν να παραγάγουν οξύ καταρράκτη με και χωρίς πρόσθια ραγοειδίτιδα.

Οι τυπικές υποκαψικές θολερότητες που συναντώνται ως αποτέλεσμα της έκθεσης σε υπέρυθρη ακτινοβολία είναι επίσης πανομοιότυπες ιστολογικά με εκείνες που προκαλούνται από άλλου τύπου καταρράκτη προκλητού από ακτινοβολία, όπως αυτός από ακτίνες X, από ατομική βόμβα (ακτίνες β και γ) και έκθεση σε κυκλοτρόνια (νετρόνια).

Οι καταρράκτες που προκαλούνται πειραματικά από υπέρυθρη ακτινοβολία είναι επίσης όμοιοι με εκείνους που προκαλούνται από υπερϊώδη ακτινοβολία. Το γεγονός αυτό δημιουργεί

αναπόφευκτα πρόβλημα στο να προσδιοριστούν οι αιτίες του καταρράκτη ,από τη στιγμή που πολλές πηγές που συναντώνται στη βιομηχανία απελευθερώνουν εξίσου υπέρυθρη και υπεριώδη ακτινοβολία.

Πρόσθιες και οπίσθιες θολερότητες

Η πιο σύγχρονη θεώρηση των πραγμάτων επιτάσσει την άποψη ότι οι καταρράκτες που προκαλούνται από ακτινοβολία λόγω έκθεσης σε ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία,είναι αρχικά μια πρόσθια θολερότητα του κρυσταλλοειδούς φακού.Πράγματι,από το πειραματικό έργο του Pitts προκύπτει ότι οι οξείες θολερότητες που προκαλούνται από υπέρυθρη ακτινοβολία συναντώνται στο πρόσθιο υποκαψικό ή στο πρόσθιο επιθήλιο του φακού.Πρώτα παρατηρούνται λευκά στίγματα και αν η έκθεση είναι παρατεταμένη ,τα στίγματα αυτά μετατρέπονται σε διάχυτες λευκές θολερότητες.Μέσα σε 45 ημέρες,οι θολερότητες εξασθενούν και εν τέλει εξαφανίζονται.Αν όμως αυξηθεί ο χρόνος έκθεσης στην ακτινοβολία,σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν,τότε οι θολερότητες γίνονται μόνιμες.

*Υποσημείωση :Φαινόμενο Tyndall: Ο πρόσθιος θάλαμος περιέχει το υδατοειδές υγρό και κάτω από φυσιολογικές συνθήκες είναι διαυγές και οπτικά φαίνεται άδειο.Περιέχει μικρής συγκέντρωσης πρωτείνες(0,01%) αλλά όταν τα αιμοφόρα αγγεία της ίριδος που έχει φλεγμονή και το υαλοειδές σώμα διαρρέουν πρωτείνες στον πρόσθιο θάλαμο,τότε το υδατοειδές υγρό περιέχει ποσά πρωτεινών με συγκέντρωση σχεδόν ίδια με του αίματος και προκαλεί θόλωση του υδατοειδούς υγρού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία εντοπίστηκαν και καταγράφηκαν μεμονωμένες μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της υπέρυθρης και της υπεριώδους ακτινοβολίας στην υγεία των οφθαλμών των ανθρώπων και των ζώων. Οι μελέτες χωρίστηκαν ανάλογα με το διαθλαστικό μέσο του οπτικού συστήματος, το είδος της ακτινοβολίας (υπέρυθρη ή υπεριώδης), την ισχύ της και το χρόνο έκθεσης του οφθαλμού σε αυτή.

Είναι σαφές ότι η προστασία μας από την ακτινοβολία δεν σταματά με τις βιοχημικές επιδράσεις της υπεριώδους και υπέρυθρης ακτινοβολίας, αλλά και με τις θερμικές επιδράσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οφθαλμό.

Οι εργαζόμενοι σε βιομηχανίες που είναι εκτεθειμένοι σε ακτινοβολίες και υψηλές θερμοκρασίες πρέπει να ενημερώνονται σωστά από τους εργοδότες τους και να τους παρέχεται πάντα ο κατάλληλος εξοπλισμός προστασίας (προστατευτικά γυαλιά, στολές) για να μειώνεται η προσλαμβανόμενη ποσότητα ακτινοβολίας. Τα προστατευτικά γυαλιά πρέπει να είναι επιστρωμένα με μεταλλικές ανακλαστικές επιστρώσεις και οι στολές να φιλτράρουν την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το αλουμίνιο αλλά και ένα κράμμα από μέταλλο, χρώμιο και νικέλιο (inconel) παρέχουν εξαιρετική αντανάκλαστικότητα από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Όταν οι στολές είναι κατασκευασμένες από αυτά τα υλικά, προστατεύουν όχι μόνο από την υπέρυθρη ακτινοβολία αλλά και από την αύξηση της θερμοκρασίας παρέχοντας ψύξη. Επιπρόσθετα οι υπεύθυνοι υγείας των βιομηχανιών οφείλουν να τηρούν τους διεθνείς κανονισμούς σχετικά με το χρόνο έκθεσης των εργαζομένων στις ακτινοβολίες και να τους παρέχουν την κατάλληλη εκπαίδευση ώστε να αποφεύγονται βλαπτικά συμβάματα.

Όσον αφορά τον καταρράκτη, ακόμα δεν υπάρχει σαφής απάντηση στο ερώτημα αν οι θολερότητες στον πρόσθιο φλοιό του κρυσταλλοειδούς φακού είναι αποτέλεσμα εκτεταμένης έκθεσης σε υπέρυθρη ακτινοβολία ή αν ο γεροντικός καταρράκτης ωριμάζει νωρίτερα σε

ανθρώπους που στο εργασιακό τους περιβάλλον εκτίθενται μακροχρόνια σε υπέρυθη ακτινοβολία.

Για όσους δεν εργάζονται σε βιομηχανίες και δεν είναι εκτεθειμένοι λόγω του επαγγέλματός τους στην ακτινοβολία και τη θερμότητα, είναι συνετό να χρησιμοποιούν γυαλιά ηλίου με φακούς επιστρωμένους με ανακλαστικές επιστρώσεις και απορροφητικά φίλτρα.

- <http://www2.epa.gov/sunwise/health-effects-uv-radiation>
- http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/eyes.html
- <http://www.cancer.org/treatment/treatmentsandsideeffects/treatmenttypes/radiation/radiationtherapyprinciples/radiation-therapy-principles-side-effectsof-radiationto-specific-areas>
- http://www.ccohs.ca/oshanswers/safety_haz/welding/eyes.html
- <http://www.cancer.net/survivorship/long-term-side-effects-cancer-treatment>