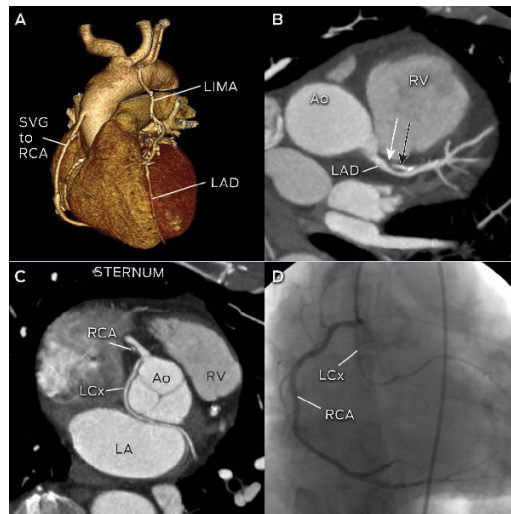




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ
ΣΤΙΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΚΟΥ
ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΥΠΟΒΛΗΘΕΙ ΣΕ ΑΞΟΝΙΚΗ
ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΑΡΔΙΑΣ.**



ΤΡΥΦΩΝΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΑΚΙΛΑΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΕΠ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή Ε.Μ.Π. Κ. Γεωργακίλα Αλέξανδρο για την πολύτιμη βοήθεια του κατά την εκπόνηση της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, τον Ακτινοφυσικό του Ω.Κ.Κ. Κ. Κολάρο Νικόλαο για τη βοήθεια του σχετικά με την κατανόηση λειτουργίας των δόσεων ακτινοβολίας του εκάστοτε ιατρικού μηχανήματος, την Διευθύντρια του τμήματος Ιατρικής απεικόνισης Κα Μαστοράκου Ειρήνη για την καθοδήγηση της στο ακτινολογικό εργαστήριο του Ω.Κ.Κ., τον συμφοιτητή μου Κ. Παναγιώτη Πατταϊωάννου για τη βοήθεια του σχετικά με τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, καθώς και την οικογένεια μου αλλά και τους φίλους μου για την αμέριστη στήριξη που μου παρέχουν τα χρόνια των σπουδών μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
Abstract	4
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 6	
ΜΕΡΟΣ 1 6	
Κεφάλαιο 1.1: Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας - Ύλης.....	6
1.1.1 Λυχνία ακτίνων Χ	6
1.1.2 Παραγωγή ακτίνων Χ	7
1.1.3 Ενεργειακό φάσμα ακτινοβολίας Χ	9
1.1.4 Παράγοντες που επιδρούν στη μορφή του φάσματος	10
1.1.5 Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας με ύλη.	11
Κεφάλαιο 1.2: Δοσιμετρία ιοντιζουσών ακτινοβολιών.....	20
1.2.1 Ρυθμός Διάσπασης -Χρόνος ημιζωής - Ενεργότητα	20
1.2.2 Έκθεση	23
1.2.3 Απορροφώμενη Δόση - Συντελεστής στάθμισης	23
1.2.4 Ισοδύναμη Δόση	24
1.2.5 Ενεργός Δόση	25
1.2.6 Συντελεστές εκτίμησης των κινδύνων της ακτινοβολίας	26
Κεφάλαιο 1.3 : Αλληλεπίδραση ιοντιζουσών ακτινοβολιών - Βιολογικά αποτελέσματα	30
1.3.1 Αλληλεπίδραση ακτινοβολία ύλης :	30
1.3.2 DNA - Επιπτώσεις.	33
1.3.3 Χαμηλή δόση και επιπτώσεις στην υγεία	39
1.3.4 LNT (Linear No-Threshold) υπέρ και κατά.	39
1.3.5 Εθνικό σύστημα ακτινοπροστασίας-Βασικές Αρχές	40
1.3.6 Δεδομένα μελετών σχετικά με το LNT	42
1.3.7 Σχέση LQ	43
Κεφάλαιο 1.4: Ιατρικές διαγνωστικές μέθοδοι με Ιοντιζουσες ακτινοβολίες....	45
1.4.1 Ακτινοσκόπηση	45
1.4.2 Αξονική Τομογραφία (CT)	46
1.4.3 Στεφανιογραφία - Αγγειογραφία	49
1.4.4 Σπινθηρογράφημα	50

Κεφάλαιο 1.5 : Μικρές δόσεις ακτινοβολίας (low dose radiation)	52
Κεφάλαιο 1.6 : Εκτίμηση Καρκινικού ρίσκου	60

ΜΕΡΟΣ 2 : 65

Κεφάλαιο 2.1:Μεθοδολογία.....	65
2.1 .1 Αξονικός Ωνασείου	65
2.1.2 Περιγραφή πρωτοκόλλων	66
2.1.3 Έγχυση σκιαγραφικού	68
2.1.4 Δείγμα ασθενών	68
2.1.5 Σταθερές μετατροπής των δόσεων(conversion factors coefficients)	69
2.1.6 Εκτίμηση καρκινικού ρίσκου.	70
Κεφάλαιο 2.2: DNA damage - MCDS	72

Β' ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ 77

ΜΕΡΟΣ 3:Παρουσίαση Αποτελεσμάτων 77

Κεφάλαιο 3.1: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	77
ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ	78

ΜΕΡΟΣ 4 : ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 105

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ (references).....	113
---	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 121

Abstract

Στην παρούσα διπλωματική λαμβάνει χώρα η ανάλυση δόσεων ακτινοβολίας που δέχτηκαν καρδιολογικοί ασθενείς, από ιατρικές εξετάσεις στις οποίες υποβλήθηκαν, με σκοπό την εκτίμηση της αύξησης του καρκινικού ρίσκου, ποσό δηλαδή αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου μετά την υποβολή στην εκάστοτε εξέταση . Οι εξετάσεις που μελετήθηκαν είναι η αξονική στεφανιογραφία(Cardiac CT-coronary), η επεμβατική στεφανιογραφία/αγγειογραφία (Coronary Angiogram-diagnostic) , η αγγειοπλαστική (Coronary Angiogram- stent, ablation), καθώς και σπινθηρογραφήματα με την χρήση θαλλίου (Tl-201). Τα στοιχεία των ασθενών συλλέχθηκαν από τα τμήματα αξονικής τομογραφίας και πυρηνικής ιατρικής του Ωνάσειου Καρδιοχειρουργικού Κέντρου.

Συλλέγοντας πληροφορίες δόσεων απορρόφησης από κάθε εξέταση, για τον κάθε εξεταζόμενο ξεχωριστά, τις μετατρέπουμε σε ενεργό δόση με χρήση κατάλληλων συντελεστών, προκειμένου να υπάρχει δυνατότητα άμεσης σύγκρισης τους. Στην συνέχεια γίνεται μια εκτενής ανάλυση για την επίπτωση των χαμηλών δόσεων, την δόση που λαμβάνουν οι εξεταζόμενοι από κάθε εξέταση, ποια εξέταση ενέχει την μεγαλύτερη δόση ακτινοβολίας, το ποσοστό συμμετοχής σε κάθε εξέταση καθώς και ένα προφίλ συνολικής δόσης που λαμβάνει κάποιος που έχει υποβληθεί σε όλες τις παραπάνω ιατρικές εξετάσεις. Σε επόμενο στάδιο, υπολογίζουμε μέσω της ενεργού δόσης κάθε εξέτασης την ποσοτική αύξηση που προκαλεί στο καρκινικό ρίσκο και ομαδοποιούμε την παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας με βάση το φύλλο (λόγο διαφορετικού υπόβαθρου). Τέλος, γίνεται μια ανάλυση για τις βλάβες της ακτινοβολίας στο μόριο του DNA (DNA damage), με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος MCDS (Monte Carlo Damage Simulation).

Το δείγμα μας αποτελούνταν από 501 ασθενείς (403 άνδρες και 98 γυναίκες) και αφορούσε εξετάσεις οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα από 28.09.2007 έως 29.02.2008. Πέραν των πληροφοριών για τις δόσεις, συλλέχθηκαν σωματομετρικά χαρακτηριστικά των ασθενών (ύψος, βάρος, περιφέρεια μέσης)

όπως και στοιχεία ιατρικού ιστορικού (αρτηριακή υπέρταση, υπερχοληστερολαιμία, σακχαρώδης διαβήτης, κάπνισμα, κληρονομικοί παράγοντες κ.α.) για πιθανή μελλοντική έρευνα.

Βασικά μας ευρήματα είναι το ποσό της δόσης απορρόφησης από κάθε εξέταση, το ποσοστό αύξησης του καρκινικού ρίσκου για κάθε ιατρική εξέταση διαγνωστικού τύπου με χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών, οι διάφοροι τύποι βλαβών που

προκαλούνται στο μόριο του DNA(DSB- double strand brake, SSD- single strand brake κ.α.), όπως επίσης και η κατανόηση κατά κάποιο βαθμό του τρόπου λειτουργίας της διαγνωστικής διαδικασίας σε καρδιολογικούς ασθενείς.

Η διπλωματική αυτή εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με το Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο υπό την επίβλεψη της Κα. Ε. Μαστοράκου (Διευθύντρια του τμήματος Ιατρικής απεικόνισης) και του Κ. Ν. Κολλάρου (Ακτινοφυσικός). Ο υπεύθυνος καθηγητής ήταν ο Κ. Α. Γεωργακίλας (Επίκουρος Καθηγητής, στη Σχολή Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών).

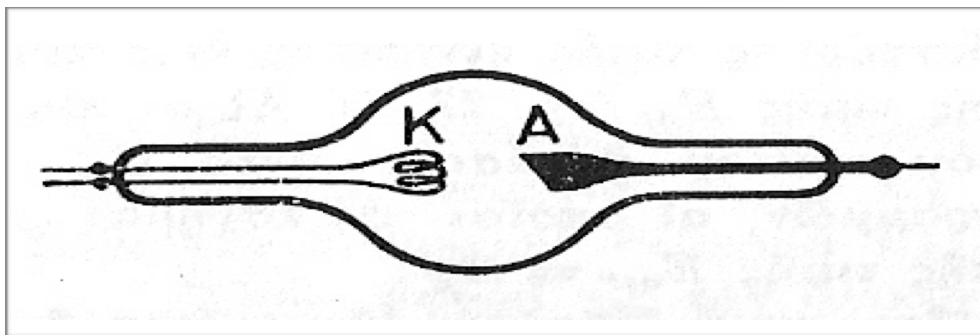
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ 1

Κεφάλαιο 1.1: Αλληλεπίδραση Ακτινοβολίας - Ύλης

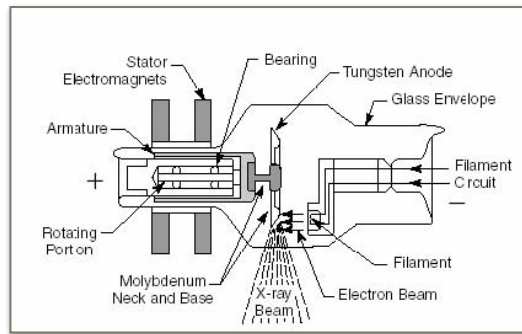
1.1.1 Λυχνία ακτίνων X

Οι ακτίνες X είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος της τάξης των Å ($= 10^{-10}$ m) μεταξύ 10 nm και 0.1 nm, περίπου 10^4 φορές μικρότερο από το μήκος κύματος της ορατής ακτινοβολίας. Στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα η ακτινοβολία X εκτείνεται μεταξύ της περιοχής των ακτίνων γ και του υπεριώδους. Η πρώτη διάταξη παραγωγής ακτίνων X (σωλήνας Coolidge 1913) φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Από τη θερμαινόμενη κάθοδο K εκπέμπονται ηλεκτρόνια επιταχύνονται υπό την επίδραση ηλεκτρικού δυναμικού και προσπίπτουν στην άνοδο A, η οποία είναι κατασκευασμένη από δύστηκτο μέταλλο από όπου και εκπέμπονται οι ακτίνες.



Εικόνα 1.1.α. Σωλήνας Coolidge

Η λυχνία παραγωγής ακτίνων X είναι μια λυχνία κενού, η οποία αποτελείται από την άνοδο και την κάθοδο. Βασικά μέρη της καθόδου είναι το νήμα βολφραμίου το οποίο και εκπέμπει ηλεκτρόνια κατά τη θέρμανσή του τα οποία με τη σειρά τους έλκονται από τη θετική άνοδο αφού εφαρμόσουμε μια διαφορά δυναμικού μεταξύ ανόδου και καθόδου. Στην κάθοδο πραγματοποιούνται οι αλληλεπιδράσεις. Για αποφυγή περαιτέρω αλληλεπιδράσεων με τυχόν μόρια αερίου μεταξύ ανόδου και καθόδου επικρατεί κενό. [1]



Εικόνα 1.1.β. Η λυχνία παραγωγής των ακτίνων X αποτελείται από μια πηγή ηλεκτρονίων, χώρο για την επιταχυνόμενη κίνηση των ηλεκτρονίων σε κενό, ένα ηλεκτρόδιο-στόχο και πηγή ενέργειας για την επιτάχυνση των ηλεκτρονίων.

1.1.2 Παραγωγή ακτίνων X

Η διαδικασία παραγωγής ακτίνων X είναι η εξής: θερμαίνοντας την κάθοδο και καθώς εφαρμόζεται μια υψηλή τάση- διαφορά δυναμικού μεταξύ καθόδου και ανόδου, και λόγω εμφάνισης του θερμοηλεκτρικού φαινομένου έχουμε την παραγωγή ηλεκτρονίων τα οποία επιταχύνονται. Έτσι τα ηλεκτρόνια προσπίπτουν στην άνοδο με υψηλή ταχύτητα και καθώς το υλικό κατασκευής της ανόδου είναι υψηλού ατομικού αριθμού, οδηγούμαστε σε μια σειρά από αλληλεπιδράσεις με αποτέλεσμα την παραγωγή φωτονίων X.

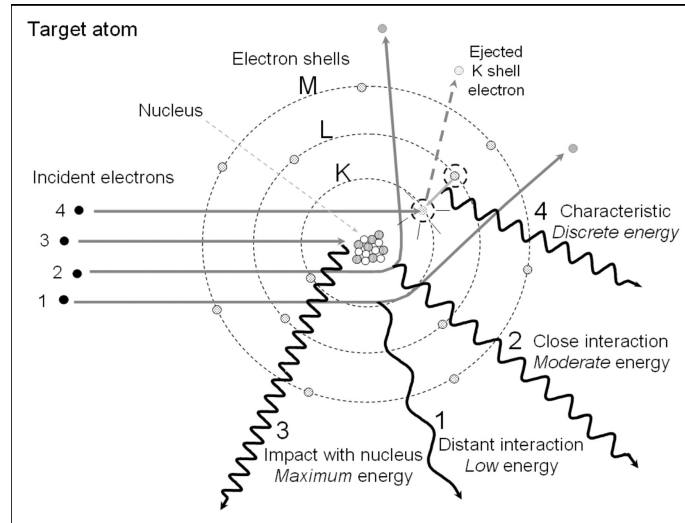
Παράγονται από την μεταλλική αντικάθοδο λυχνίας κενού, όταν σε αυτή προσπίπτουν θερμιονικά ηλεκτρόνια, τα οποία εκπέμπονται από την κάθοδο και επιταχύνονται προς την άνοδο (αντικάθοδος). Πιο συγκεκριμένα η λυχνία παραγωγής ακτίνων X αποτελείται από την κάθοδο και την άνοδο. Η κάθοδος αποτελείται από νήμα βολφραμίου το οποίο με θέρμανση εκπέμπει ηλεκτρόνια τα οποία έλκονται από τη θετική άνοδο λόγω διαφοράς δυναμικού (εφαρμογή τάσης). Η άνοδος αποτελείται από υλικό υψηλού ατομικού αριθμού όπως το βολφράμιο, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούνται αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρονίων με τα άτομα του υλικού.

Αναλυτικότερα οι ακτίνες X παράγονται λόγω δύο φαινομένων:

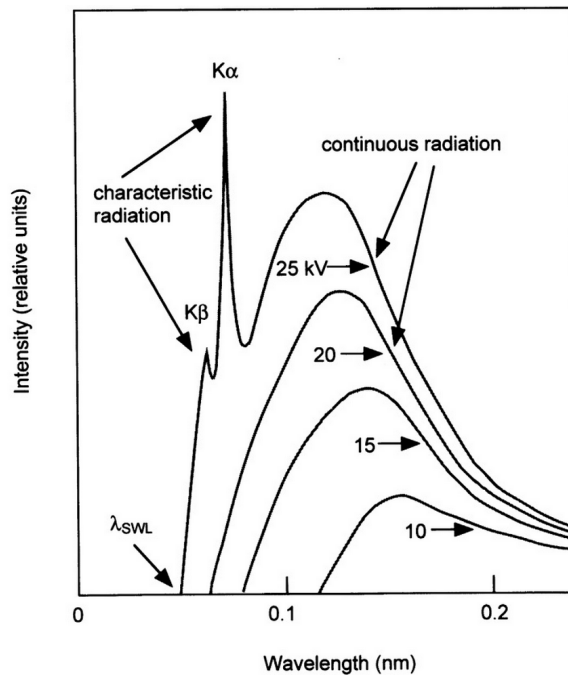
1) Της ακτινοβολίας πέδησης (bremsstrahlung), τη στιγμή της σύγκρουσης των ηλεκτρονίων με την άνοδο-στόχο η κινητική τους ενέργεια μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας. Το μεγαλύτερο ποσοστό την εκπεμπόμενης ενέργειας είναι θερμότητα. Το υπόλοιπο ποσοστό οφείλεται σε ηλεκτρόνια που κατορθώνουν να φτάσουν στη γειτονιά πυρήνων του υλικού της ανόδου. Δυνάμεις Coulomb έλκουν και επιβραδύνουν τα ηλεκτρόνια προκαλώντας σημαντική απώλεια της κινητικής τους ενέργειας και κάμψη της πορείας τους. Σύμφωνα με την αρχή διατήρησης της ενέργειας η κινητική ενέργεια που χάνει κάθε ηλεκτρόνιο μετατρέπεται σε φωτόνιο X ίσης ενέργειας.

2) Τις χαρακτηριστικές ακτίνες X, λόγω αλληλεπίδρασης των ηλεκτρονίων με τα εσωτερικά ηλεκτρόνια των ατόμων του υλικού έχουμε μεταφορά ενέργειάς τους σε αυτά διεγείροντας έτσι αυτά των εσωτερικών στοιβάδων. Λόγω των κενών θέσεων που δημιουργούνται ηλεκτρόνια των εξωτερικών στιβάδων τις συμπληρώνουν και έτσι εξαιτίας των μεταπτώσεων αυτών σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη εκπέμπεται ενέργεια

χαρακτηριστικού μήκους κύματος, μορφής ακτίνων X. Οι ακτίνες X της μορφής αυτής είναι χαρακτηριστικές του ατομικού αριθμού του υλικού.[2]



Εικόνα 1.2.α. Παραγωγή ακτίνων X, Γεγονότα 1,2,3 απεικονίζουν ηλεκτρόνια που αλληλεπιδρούν στη γειτονιά του πυρήνα στόχου - δημιουργώντας φωτόνια ίσης ενέργειας. Γεγονός 4 ηλεκτρόνιο με ενέργεια μεγαλύτερη από την ενέργεια σύνδεσης συγκρούεται δημιουργώντας μια κενή θέση.



Εικόνα 1.2.β. το φάσμα των ακτίνων X όπως εξέρχεται από τη λυχνία για διάφορες τιμές τάσης.

1.1.3 Ενεργειακό φάσμα ακτινοβολίας X

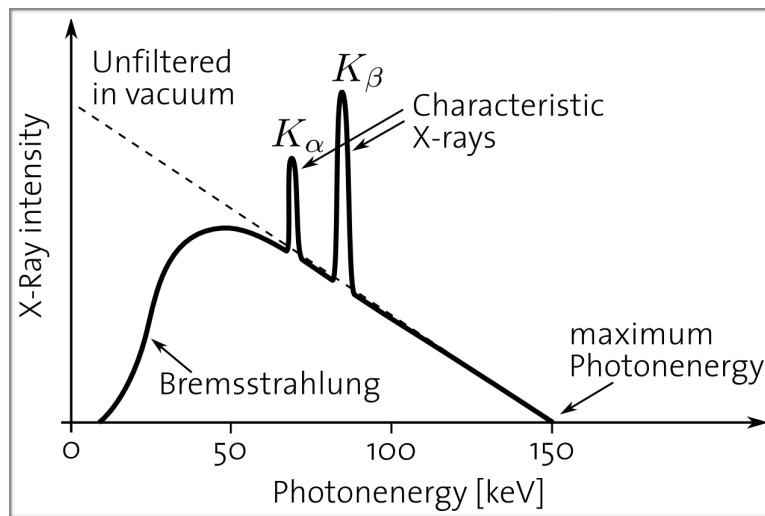
Το φάσμα εκπομπής των ακτίνων X προκύπτει από την υπέρθεση δύο χαρακτηριστικών ακτινοβολιών, σύνθετο(γραμμικό με τις γραμμές πάνω σε συνεχές φάσμα):

- 1) Ένα συνεχές φάσματος που ονομάζεται ακτινοβολία πέδησης και χαρακτηρίζεται από ένα ελάχιστο μήκος κύματος που καθορίζεται από το δυναμικό επιτάχυνσης που εφαρμόζεται στη λυχνία για την παραγωγή των ακτίνων X και η οποία είναι σχεδόν ανεξάρτητη από το υλικό του στόχου

ελάχιστο μήκος κύματος:

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{eV}$$

- 2) Ένα γραμμικό φάσμα με οξείες κορυφές που ονομάζεται χαρακτηριστικό φάσμα ακτίνων X, το οποίο εξαρτάται από την ενεργειακή δομή του στοιχείου της ανόδου.[3]

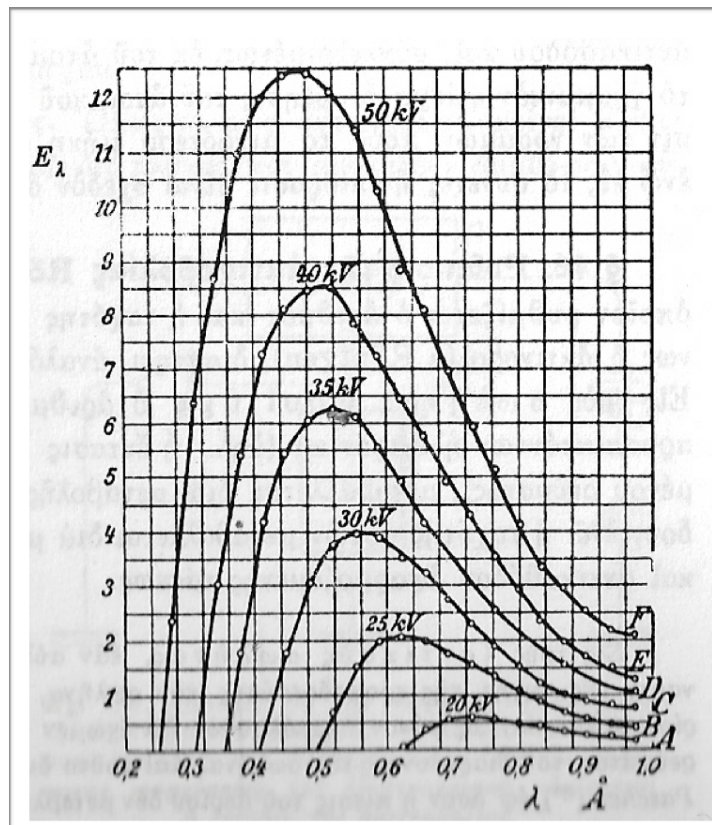


Εικόνα 1.2.γ. Κατανομή έντασης στο φάσμα ακτίνων X του μολυβδαινίου ως συνάρτηση της εφαρμοζόμενης τάσης .Η ομαλή συνεχής καμπύλη οφείλεται σε ακτινοβολία πέδησης ενώ οι κορυφές K είναι χαρακτηριστικές των ατόμων μολυβδαινίου.

1.1.4 Παράγοντες που επιδρούν στη μορφή του φάσματος

Η μορφή του φάσματος εξαρτάται από τον αριθμό και την ταχύτητα των ηλεκτρονίων αλλά και από το υλικό της ανόδου.

- Έτσι ο αριθμός των φωτονίων που εκπέμπεται εξαρτάται από τον αριθμό των ηλεκτρονίων που προσκρούουν ανά μονάδα χρόνου στην άνοδο. Δηλαδή, μεταβολή του αριθμού των ηλεκτρονίων έχει σαν αποτέλεσμα αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας και δεν επηρεάζει την μορφή του φάσματος.
1. Μεταβολή της ταχύτητας των ηλεκτρονίων προκαλεί: αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως κάθε γραμμής στο γραμμικό φάσμα.
 2. και στο συνεχές αφ' ενός αντίστοιχη μεταβολή της εντάσεως της ακτινοβολίας, αφ' εταίρου, αν η ταχύτητα των ηλεκτρονίων αυξάνεται, μετατόπιση του οριακού μήκους κύματος προς μικρότερες τιμές και αντίστοιχα προς μεγαλύτερες αν η ταχύτητα ελαττώνεται. [4]

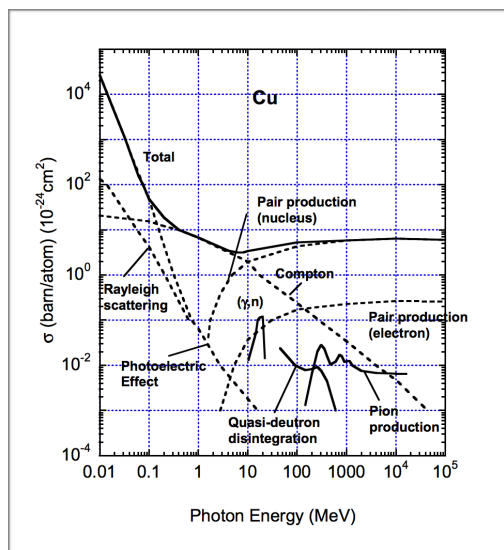


Εικόνα 1.4.α Συνεχές φάσμα. Κατανομή της εντάσεως της ακτινοβολίας για διάφορες τιμές της διαφοράς δυναμικού (σε kV) που επιταχύνει τα ηλεκτρόνια.

1.1.5 Αλληλεπίδραση ακτινοβολίας με ύλη.

Γενικά για τα φωτόνια (γ) :

- Τα φωτόνια είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μηδενική μάζα (μάζα ηρεμίας), μηδενικό φορτίο και ταχύτητα που ταυτίζεται με την ταχύτητα του φωτός C .
 - Λόγω του ότι δεν έχουν φορτίο, δεν έχουν σταθερή απώλεια ενέργειας διά μέσω των κολουμπικών αντιδράσεων με ατομικά ηλεκτρόνια όπως τα φορτισμένα σωματίδια.
 - Οι δέσμες ακτινοβολιών με φωτόνια εξασθενούν κατά τη διέλευσή τους από την ύλη. Το παραπάνω είναι άμεσο αποτέλεσμα αλληλεπίδρας των φωτονίων με τα άτομα του υλικού.
 - Τέλος, τα φωτόνια είναι πολύ πιο διεισδυτικά σε σχέση με φορτισμένα σωματίδια παρόμοιας ενέργειας.
 - Τα είδη των αλληλεπιδράσεων(μηχανισμοί απώλειας ενέργειας) διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, την απορρόφηση και τη σκέδαση. Κατά την απορρόφηση το αρχικό πρωτογενές φωτόνιο χάνεται και η ενέργειά του απορροφάται εξ' ολοκλήρου από το άτομο. Αντίθετα κατά την σκέδαση, το πρωτογενές φωτόνιο αποκλίνει της πορείας του και ταυτόχρονα αλλάζει ενέργεια (δευτερογενές φωτόνιο). Τύποι αλληλεπιδράσεων :
1. η φωτοηλεκτρική απορρόφηση (photoelectric effect)
 2. η σκέδαση Compton (Compton scattering)
 3. η σύμφωνη σκέδαση (Rayleigh scattering).
 4. δίδυμος γένεση (pair production)



Εικόνα 1.5.α: Τα είδη των αλληλεπιδράσεων για τον Cu για διαφορές τιμές ενέργειας του φωτονίου [5]

1.1.5.1 Συντελεστής εξασθένησης

Μακροσκοπικά, η εξασθένηση μιας δέσμης περιγράφεται από το γραμμικό συντελεστή εξασθένησης μ . Η μεταβολή της έντασης της δέσμης dI κατά τη διέλευση από πάχος υλικού dx δίνεται από τη σχέση :

$$dI = -\mu dx$$

Μετά την ολοκλήρωση της (1) για πεπερασμένο πάχος υλικού x και αρχική ένταση δέσμης I_0 , προκύπτει η ένταση της δέσμης μετά από διέλευση στο συγκεκριμένο πάχος :

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Η ένταση της δέσμης μπορεί να εκφράζεται σε αριθμό σωματιδίων ή ενέργειας ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα εμβαδού. Ο γραμμικός συντελεστής εξασθένησης συνδέεται με το πάχος υποδιπλασιασμού (HVL), το οποίο είναι το πάχος του υλικού στο οποίο η ένταση πέφτει στο μισό της αρχικής τιμής :

$$\mu = \frac{0.693}{HVL}$$

Ο συντελεστής εξασθένησης εξαρτάται από την ενέργεια των φωτόνιων, την ατομική σύνθεση και τη μάζα του υλικού, άλλα όχι από την φυσική κατάσταση του υλικού. Για αυτό το λόγο εισάγεται ο μαζικός συντελεστής εξασθένησης μ_m , ώστε να κανονικοποιηθεί η εξάρτηση από την πυκνότητα (ρ) του υλικού :

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho}$$

Η μακροσκοπική παράμετρος του γραμμικού συντελεστή εξασθένησης συνδέεται με τη μικροσκοπική περιγραφή των αλληλεπιδράσεων μέσω της ενεργού διατομής συγκρούσεων (σ) :

$$\mu = n \sigma = \frac{\rho}{A} N_0 \sigma$$

Οπου N_0 είναι ο αριθμός Avogadro, A το ατομικό βάρος και n ο αριθμός των ατόμων του υλικού ανά μονάδα όγκου.

Η ενεργός διατομή συγκρούσεων έχει μονάδες επιφάνειας καθώς αναπαριστά το εμβαδόν σφαιρών που "βλέπουν" τα φωτόνια στη θέση των ατόμων της ύλης. Μεγάλη ενεργός διατομή συγκρούσεως σημαίνει μεγάλη πιθανότητα συγκρούσεως και αντίστροφα. Η

ενεργός διατομή σκέδασης εξαρτάται έτσι από το είδος της αλληλεπίδρασης, για δεδομένη ενέργεια φωτόνιου και είδος ατόμου. Φωτόνια με ενέργειες της τάξης των keV χρησιμοποιούνται στην ακτινοδιαγνωστική, ενώ φωτόνια με ενέργειες της τάξης των MeV χρησιμοποιούνται στην ακτινοθεραπεία.[6]

Οι μηχανισμοί απορροφήσεως και σκεδάσεως των φωτόνιων εκφράζονται μέσα από την ενεργό διατομή σύγκρουσης με ανάλυση σε τέσσερις συνεισφορές :

$$\sigma = \sigma_{pe} + \sigma_{pp} + \sigma_s + \sigma_{coh}$$

Όπου:

σ_{pe} : ενεργός διατομή φωτοηλεκτρικού φαινομένου

σ_{pp} : ενεργός διατομή δίδυμης γένεσης

σ_s : ενεργός διατομή σκέδασης Compton

σ_{coh} : ενεργός διατομή σύμφωνης σκέδασης

Οι δυο πρώτοι είναι μηχανισμοί απορρόφησης και οι δυο επόμενοι σκέδασης .

Αλληλεπίδραση με:	Εξάρτηση του γραμμικού συντελεστή εξασθένησης από:			
	Ενέργεια Φωτονίων (hν)	Ατομικός Αριθμός	Ηλεκτρονιακή Πυκνότητα	Φυσική Πυκνότητα
Φωτοηλεκτρικό	$\frac{1}{(h\nu)^3}$	Z^3	---	ρ
Compton	$\frac{1}{h\nu}$	---	ρ_e	ρ
Δίδυμη γένεση	$h\nu (>1.02 \text{ MeV})$	Z	---	ρ

Πινάκας 1.5.1.α: Εξάρτηση του γραμμικού συντελεστή εξασθένησης ανάλογα με το είδος της αλληλεπίδρασης.

1.1.5.2 Φωτοηλεκτρική απορρόφηση

Κατά το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, όλη η ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου μεταφέρεται σε ηλεκτρόνιο, το οποίο και εγκαταλείπει το άτομο του υλικού με κινητική ενέργεια ίση με την ενέργεια του φωτονίου μείον τη δεσμευτική ενέργεια που είχε το ηλεκτρόνιο στο άτομο.

Εκπεμπόμενο είναι συνήθως το ηλεκτρόνιο του οποίου η δεσμευτική ενέργεια ήταν λίγο μικρότερη της ενέργειας του προσπίπτοντος φωτονίου. Η κενή θέση του εκπεμπόμενου ηλεκτρονίου (μένει ιοντισμένο το άτομο) συμπληρώνεται από εξωτερικό ηλεκτρόνιο με μικρότερη βέβαια δεσμευτική ενέργεια. Η δεύτερη κενή θέση, με τη σειρά της, θα συμπληρωθεί με άλλο ακόμη εξωτερικό ηλεκτρόνιο κ.ο.κ. Οι μεταπτώσεις των ηλεκτρονίων συνοδεύονται από εκπομπή ενέργειας (τα εξωτερικότερα ηλεκτρόνια έχουν μικρότερη δεσμευτική ενέργεια από τα εσωτερικότερα) είτε με τη μορφή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας X, είτε με κινητική ενέργεια εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων Auger.

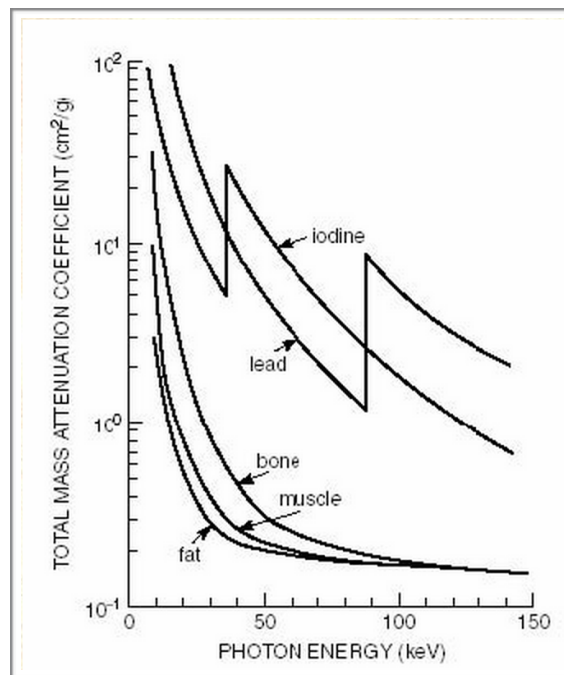
Η πιθανότητα εκπομπής χαρακτηριστικής ακτινοβολίας X μειώνεται όσο μικραίνει ο ατομικός αριθμός του υλικού και συνήθως δε συμβαίνει κατά την αλληλεπίδραση φωτονίων – μαλακών ιστών στις συνθήκες διαγνωστικής ακτινολογίας.

Η πιθανότητα φωτοηλεκτρικής απορρόφησης ανά μονάδα μάζας είναι ανάλογη του,

$$\frac{Z^3}{E^3}$$

όπου Z ο ατομικός αριθμός του υλικού και E η ενέργεια του προσπίπτοντος φωτονίου.

Το πλεονέκτημα της φωτοηλεκτρικής απορρόφησης στην απεικόνιση της ακτινοδιαγνωστικής είναι ότι δεν δημιουργούνται δευτερογενή φωτόνια που θα μείωναν την ποιότητα της εικόνας. Το γεγονός πάντως ότι η πιθανότητα φωτοηλεκτρικού φαινομένου είναι αντιστρόφως ανάλογη της ενέργειας των φωτονίων στην 3η δύναμη, εξηγεί εν μέρει το ότι η αντίθεση (contrast) της εικόνας μειώνεται όταν χρησιμοποιούνται προσπίπτοντα φωτόνια μεγαλύτερης ενέργειας. Διπλασιασμός της ενέργειας των φωτονίων μειώνει οκτώ φορές (2³) την πιθανότητα να συμβεί φωτοηλεκτρική απορρόφηση.

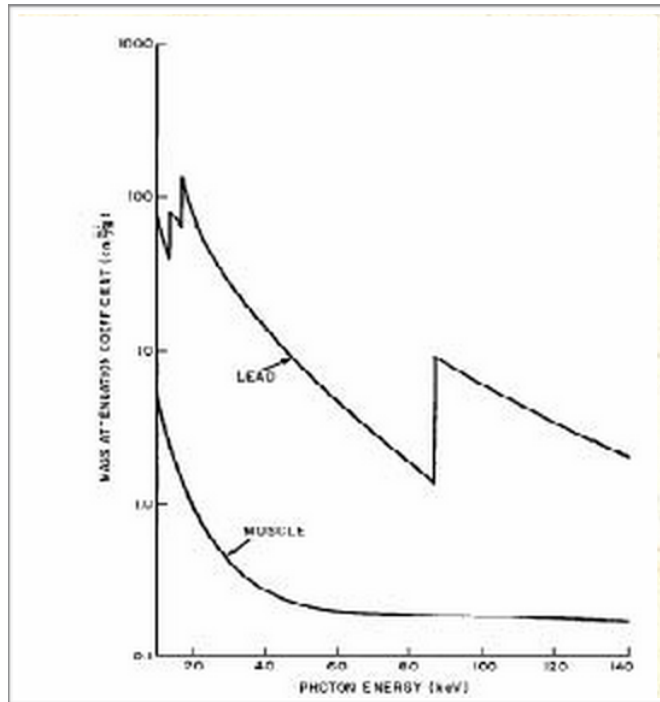


Εικόνα 1.5.2α: Συνολικός συντελεστής εξασθένησης μάζας και κορυφές απορρόφησης .

Παρόλο που γενικά η πιθανότητα φωτοηλεκτρικού φαινομένου μειώνεται με αύξηση της ενέργειας των φωτονίων, υπάρχει μια εξαίρεση. Για κάθε στοιχείο ή υλικό, η γραφική παράσταση της πιθανότητας φωτοηλεκτρικού φαινομένου ως συνάρτηση της ενέργειας των φωτονίων, παρουσιάζει σημεία ξαφνικής ασυνέχειας που καλούνται κορυφές απορρόφησης.

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, ένα φωτόνιο δε μπορεί να απορροφηθεί με φωτοηλεκτρικό φαινόμενο από το ηλεκτρόνιο ενός ατόμου, αν η ενέργεια του φωτονίου είναι έστω λίγο μικρότερη από την δεσμευτική ενέργεια του ηλεκτρονίου. Η ενέργεια του φωτονίου που αντιστοιχεί σε κορυφή απορρόφησης είναι ακριβώς ίση με τη δεσμευτική ενέργεια ηλεκτρονίου συγκεκριμένης στιβάδας ή υποστιβάδας του υλικού στο οποίο έγινε η πρόσπτωση.

Τα στοιχεία που κυρίως αποτελούν τους μαλακούς ιστούς (H, C, N, O) έχουν κορυφές απορρόφησης κάτω από 1 KeV, ενώ τα στοιχεία ιώδιο ($Z=53$) και βάριο ($Z=56$) που συνήθως χρησιμοποιούνται στην ακτινοδιαγνωστική απεικόνιση ως σκιαγραφικά, παρουσιάζουν τις κορυφές απορρόφησης K edge στα 33,2 και 37,4 KeV αντίστοιχα.

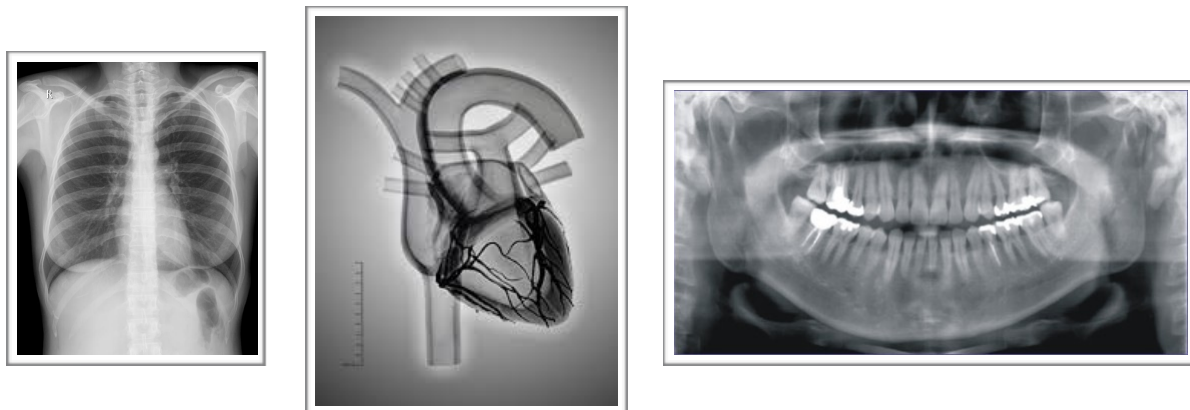


Εικόνα 1.5.2.β Ενέργεια φωτονίων vs συντελεστής μάζας εξασθένησης

Για ενέργειες φωτονίων μικρότερες των 50 KeV η απεικόνιση στην ακτινοδιαγνωστική του μαλακού ιστού γίνεται κυρίως με φωτοηλεκτρική απορρόφηση, η οποία ενισχύει τη διαφορά στην εξασθένηση της δέσμης των φωτονίων, καθώς αυτή διασχίζει ιστούς με μικρή διαφορά ατομικού αριθμού. Δηλαδή η φωτοηλεκτρική απορρόφηση βελτιώνει την αντίθεση στην εικόνα.

Το είδος της επικρατούσας αλληλεπίδρασης φωτονίων και ύλης είναι καθοριστικό για την καλή ποιότητα της εικόνας. Με προσεκτική και μελετημένη επιλογή υλικού για το στόχο-άνοδο στη λυχνία παραγωγής ακτίνων Χ (ακτινογραφία και κυρίως μαστογραφία), για τα φίλτρα-ηθμούς διαμόρφωσης της εξερχόμενης δέσμης ακτίνων Χ, ακόμη και για το υλικό σπάνιων γαιών στις ενισχυτικές πινακίδες, γίνεται προσπάθεια για την ενίσχυση της αντίθεσης στην εικόνα, δηλαδή αύξηση της διαγνωστικής πληροφορίας που μπορεί να δώσει.

Με τη σημερινή τεχνολογία η φωτοηλεκτρική απορρόφηση επικρατεί στις περισσότερες εφαρμογές της απεικονιστικής διαγνωστικής ακτινολογίας (χαμηλής ενέργειας φωτόνια προσπίπτοντα σε υλικά υψηλού ατομικού αριθμού) (φθορίζουσες οθόνες, σκιαγραφικά υλικά, αλληλεπίδραση φωτονίων με οστά). Αντίθετα ο σκεδασμός Compton, στο ίδιο περιβάλλον, επικρατεί στην αλληλεπίδραση των ίδιων φωτονίων με μαλακούς ιστούς και αέρα. [7]



Εικόνα 1.5.2.γ: Αποτελέσματα απεικονιστικών εφαρμογών διαγνωστικής ακτινολογίας

1.1.5.3 Σκέδαση Compton

Η σκέδαση Compton λαμβάνει χώρα μεταξύ ενός εισερχόμενου φωτονίου με ένα ηλεκτρόνιο σε απορροφητικά υλικά. Αποτελεί το συχνότερο μηχανισμό αλληλεπίδρασης για τις ακτίνες γ (χαρακτηριστικό για τις πηγές ραδιοϊσοτόπων) και τον κυρίαρχο μηχανισμό αλληλεπίδρασης στους ιστούς.

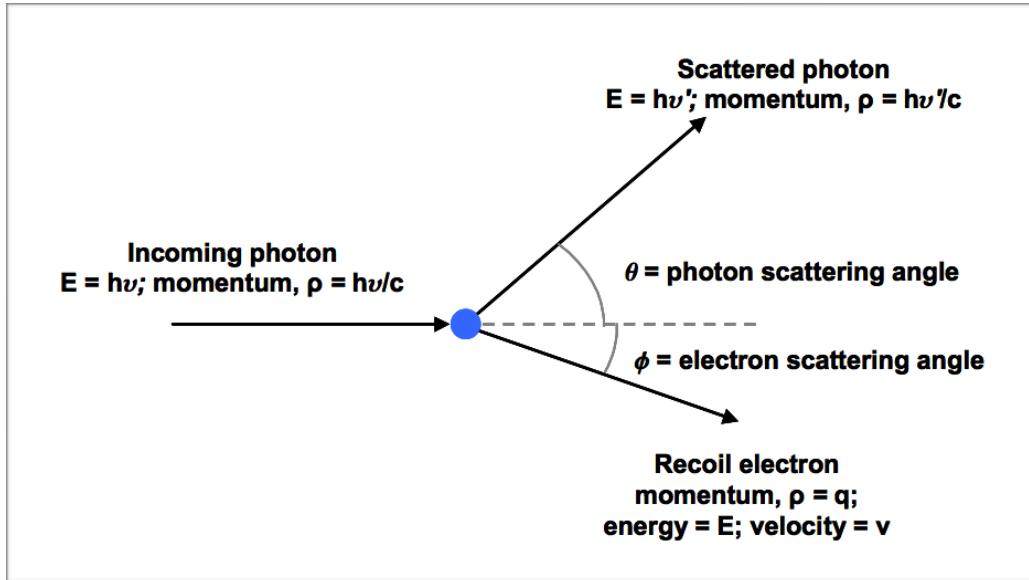
Κατά τη σκέδαση Compton το εισερχόμενο φωτόνιο εκτρέπεται από την αρχική του κατεύθυνση κατά γωνιά θ η οποία μπορεί να φτάσει ακόμα και τις 180° (οπισθοσκέδαση). Το φωτόνιο μεταφέρει μέρος της ενέργειας του στο ηλεκτρόνιο, το οποίο θεωρούμε ότι αρχικά ηρεμεί, και είναι γνωστό ως ηλεκτρόνιο ανάκρουσης ή ηλεκτρόνιο Compton. Η ενέργεια που μεταφέρεται στο ηλεκτρόνιο κυμαίνεται από μηδέν έως και ένα μεγάλο ποσοστό των ακτίνων- γ και απορροφάται από τους μαλακούς ιστούς στο εύρος από 100 KeV έως 10 MeV.

Η πιθανότητα σκέδασης κατά Compton συμβολίζεται με σ , είναι ανεξάρτητη από τον ατομικό αριθμό Z και μειώνεται με την αύξηση της ενέργειας των φωτονίων.

Για τη σκέδαση Compton ισχύει:

$$\sigma_c = Z \sigma_e$$

οπού σ_e η ενεργός διατομή του ηλεκτρονίου για σκέδαση Compton όπως προκύπτει από την ενέργεια του φωτονίου σύμφωνα με τη σχέση Klein- Nishina . [8]



Εικόνα 1.5.3.α: Γραφική αναπαράσταση της σκέδασης Compton για εισερχόμενο φωτόνιο σε ηλεκτρόνιο.

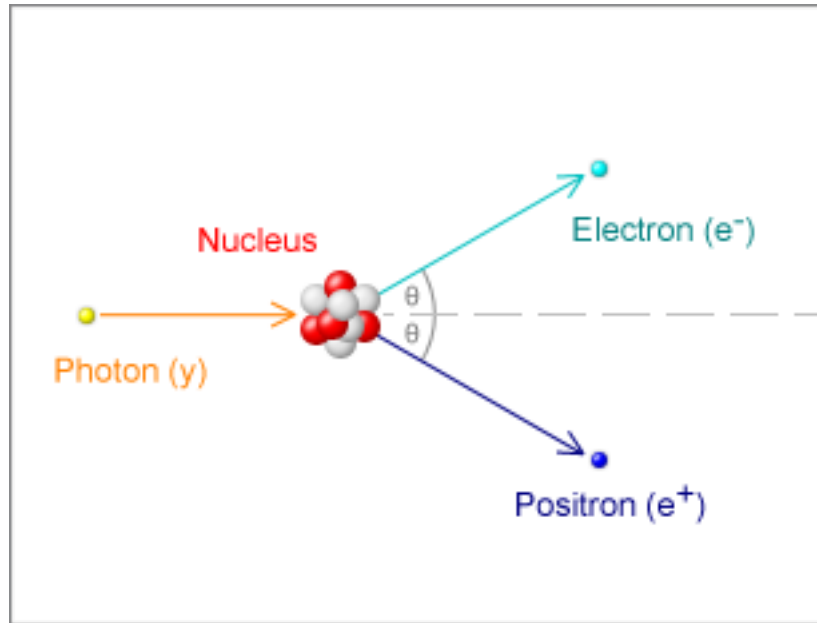
1.1.5.4 Δίδυμος γένεση

Κατά τη δίδυμη γένεση το φωτόνιο εξαφανίζεται και δημιουργούνται ένα ζεύγος ηλεκτρονίου - ποζιτρονίου. Για να λάβει μέρος η δίδυμος γένεση θα πρέπει το αρχικό φωτόνιο να έχει ενέργεια τουλάχιστον διπλάσια από την ενέργεια ηρεμίας του ηλεκτρονίου (1,02 MeV). Για ενέργειες της τάξης αυτής η ενεργός διατομής σκέδασης για τη δίδυμο γένεση εξαρτάται από τον ατομικό αριθμό και την ενέργεια του φωτονίου ως:

$$\sigma_{pe} \propto \ln(h\nu) Z^a$$

Με $a=2$ για μικρά Z και $a<2$ για μεγάλα Z .

Το ζεύγος ηλεκτρονίου- ποζιτρονίου που σχηματίζεται ζει για περίπου 10^{-7} s και εξαϋλώνεται με παράγωγη ενός ζεύγους φωτονίων. Στο φαινόμενο αυτό βασίζεται η camera ποζιτρονίων PET(εξειδικευμένος σε απεικόνιση μαστού, επιτρέπει υψηλή ευαισθησία στην ανίχνευση μικρών καρκινικών όγκων.) [7]



Εικόνα 1.5.4.α: Γραφική αναπαράσταση του φαινομένου της διδύμου γένεσης.

1.1.5.5 Σύμφωνη σκέδαση (Rayleigh)

Η σύμφωνη σκέδαση είναι το είδος της σκέδασης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλεται στα μόρια του υλικού και συμβαίνει στην περιοχή πολύ χαμηλών ενεργειών για τα φωτόνια. Στην σκέδαση Rayleigh το φωτόνιο δεν χάνει καθόλου από την αρχική του ενέργεια, είναι ελαστική, δηλαδή η ενέργεια και συχνότητα της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας είναι ίσες με τις αντίστοιχες της προσπίπτουσας. Επιπλέον, η σκέδαση είναι πολωμένη, ενώ είναι εντονότερη κατά τη διεύθυνση της πρόσπτωσης και προς τις δύο κατευθύνσεις. Για την ενεργό διατομή στην περίπτωση αυτή ισχύει :

$$\sigma_{coh} = Z^2 \sigma_{Th} \text{ για } E < E_0$$

$$\sigma_{coh} \propto \frac{1}{(h\nu)^2} \text{ για } E > E_0$$

Όπου E_0 η ενέργεια μετάβασης μεταξύ των συ εξαρτήσεων. Για υλικά με χαμηλό Z

είναι $E_0 \approx 1 \text{ keV}$ και για υλικά υψηλού Z είναι $E_0 \approx 10 \text{ keV}$. Όπου είναι η σ_{coh}

διατομή της σκέδασης Thomson που είναι σταθερή και ίση με $\sigma_{th} = 0.665 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$.

Στη σκέδαση Rayleigh τα φωτόνια αποκλίνουν σε μικρές γωνίες από την αρχική τους κατεύθυνση. Το φαινόμενο αυτό λαμβάνεται υπόψη σε κάποιες εφαρμογές της ακτινοδιαγνωστικής με φωτόνια χαμηλής ενέργειας, όπως η μαστογραφία. [9]

Κεφάλαιο 1.2: Δοσιμετρία ιοντιζουσών ακτινοβολιών

1.2.1 Ρυθμός Διάσπασης - Χρόνος ημιζωής - Ενεργότητα

Πολλοί από τους φυσικούς πυρήνες είναι ασταθείς: παθαίνουν δηλαδή από μόνοι τους, χωρίς καμιά εξωτερική διέγερση, μετατροπή σε κάποιο άλλο πυρήνα εκπέμποντας σωματίδια ή και μετάβαση από κάποια στάθμη διέγερσης σε κάποια άλλη χαμηλότερη, εκπέμποντας φωτόνια. Μιλάμε τότε για ραδιενεργό διάσπαση του ασταθούς πυρήνα. Ο διασπώμενος πυρήνας ονομάζεται μητρικός και ο πυρήνας που προκύπτει από τη διάσπαση ονομάζεται θυγατρικός. [10]

1.2.1.1 Ρυθμός Διάσπασης

Το φαινόμενο της ραδιενεργού διάσπασης είναι στοχαστικό, όπως εξάλλου όλα τα ατομικά και πυρηνικά φαινόμενα. Για ένα και μόνο ασταθή πυρήνα δεν μπορούμε να πούμε «πότε» θα διασπαστεί. Το μόνο που μπορούμε να προσδιορίσουμε είναι η πιθανότητα διάσπασης. Έχει διαπιστωθεί πειραματικά ότι η πιθανότητα διάσπασης ενός ραδιενεργού πυρήνα στο μικρό χρονικό διάστημα από t σε $t + dt$ είναι χαρακτηριστική του είδους του πυρήνα και ανεξάρτητη της προηγούμενης ζωής του. Έτσι, για ένα μεγάλο πλήθος N ορισμένου είδους πυρήνων, ο ρυθμός διασπάσεων dN/dt είναι ανάλογος του αριθμού $N(t)$ των μητρικών πυρήνων που επιβιώνουν τη χρονική στιγμή t

$$-\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t) \quad (1)$$

όπου η σταθερά αναλογίας λ , είναι χαρακτηριστική του είδους των ραδιενεργών πυρήνων, ονομάζεται σταθερά διάσπασης και έχει διαστάσεις (χρόνος)⁻¹. Το αρνητικό πρόσημο στην παραπάνω εξίσωση μπαίνει γιατί: με κάθε διάσπαση καταστρέφεται ένας μητρικός πυρήνας και παράγεται ένας θυγατρικός, η μεταβολή dN των μητρικών πυρήνων είναι λοιπόν αρνητική. Η εξίσωση αυτή εκφράζει το θεμελιώδη νόμο των ραδιενεργών διασπάσεων και επιβεβαιώνεται από όλες τις πειραματικές μετρήσεις. Ολοκληρώνοντάς την βρίσκουμε εύκολα ότι:

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

όπου N_0 είναι ο αριθμός των μητρικών πυρήνων τη στιγμή $t = 0$ και $N(t)$ ο αριθμός των μητρικών πυρήνων που επιβιώνουν μέχρι τη στιγμή t .

1.2.1.2 Χρόνος ημιζωής

Ο χρόνος υποδιπλασιασμού ή και χρόνος ημιζωής $t_{1/2}$ ορίζεται ως ο χρόνος που χρειάζεται για να διασπαστούν μισοί από τους αρχικούς μητρικούς πυρήνες. Από την προηγούμενη εξίσωση προκύπτει ότι:

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda} = 0.693 \tau \quad (3)$$

Στους πίνακες ασταθών νουκλιδίων δίνεται συνήθως ο $t_{1/2}$. Η σταθερά λ (άρα και ο χρόνος $t_{1/2}$) αναφέρεται σε συγκεκριμένο νουκλίδιο (Z, A), για συγκεκριμένο τρόπο διάσπασης του νουκλιδίου αυτού, π.χ. εκπομπή φωτονίου συγκεκριμένης ενέργειας. Πολλά όμως νουκλίδια μπορούν να διασπαστούν με περισσότερους από ένα τρόπους, π.χ. εκπομπή α και εκπομπή φωτονίων. Κάθε τρόπος διάσπασης i έχει συγκεκριμένη πιθανότητα, άρα και συγκεκριμένη σταθερά διάσπασης λ_i χαρακτηριστική του τρόπου αυτού διάσπασης. Ακόμα, κάθε τρόπος διάσπασης i είναι στατιστικά ανεξάρτητος των υπολοίπων. Άρα, η συνολική σταθερά διάσπασης λ , που δίνει την ανά μονάδα χρόνου πιθανότητα να διασπαστεί ο πυρήνας, ανεξάρτητα του τρόπου διάσπασης, είναι :

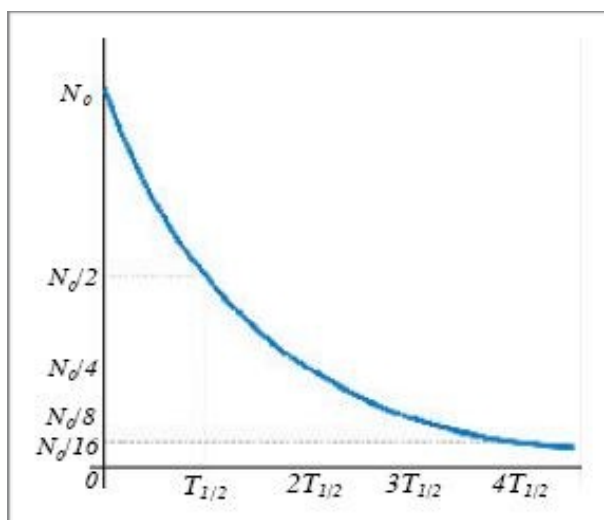
$$\lambda = \sum_i \lambda_i \quad (4)$$

1.2.1.3 Ενεργότητα

Ενεργότητα μιας ποσότητας υλικού ονομάζεται ο συνολικός αριθμός διασπάσεων κάθε είδους που συμβαίνουν στην ποσότητα αυτή ανά μονάδα χρόνου. Αν μια ποσότητα υλικού περιέχει ένα μόνο είδος ραδιενεργών πυρήνων και $N(t)$ είναι ο συνολικός αριθμός των πυρήνων αυτών, τότε η ενεργότητα A της ποσότητας είναι $A = -dN/dt$ και από τις (1) και (2) προκύπτει:

$$A(t) = - \frac{dN}{dt} = \lambda N = A_0 e^{-\lambda t} \quad (5)$$

όπου $A_0 \equiv A(0)$ και λ η συνολική σταθερά διάσπασης. Η ενεργότητα μιας ποσότητας υλικών είναι προφανώς συνάρτηση του χρόνου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 2.1.3 Όπου $N_0 = A_0$ Η ενεργότητα A μειώνεται με το χρόνο t , υποδιπλασιάζεται σε διάστημα ενός χρόνου ημιζωής $t_{1/2}$.

Η σύγχρονη μονάδα ενεργότητας στο σύστημα μονάδων SI είναι το Becquerel (σύμβολο Bq) που ορίζεται:

$$1 \text{ Bq} = 1 \frac{\text{διάσπαση}}{\text{s}} \quad (6)$$

Το Bq είναι προφανώς μικρή μονάδα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται πολλαπλάσιά του όπως το kBq = 10^3 Bq, το MBq = 10^6 Bq και το TBq = 10^{12} Bq. Παλαιότερη μονάδα ενεργότητας, η οποία όμως συνεχίζει να χρησιμοποιείται, είναι το Curie (σύμβολο Ci):

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \frac{\text{διασπάσεις}}{\text{s}} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \quad (7)$$

Το Ci είναι προφανώς μεγάλη μονάδα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται τα υποπολλαπλάσιά του : $1 \text{ mCi} = 10^{-3} \text{ Ci}$ και $1 \mu\text{Ci} = 10^{-6} \text{ Ci}$. Η ενεργότητα μιας ποσότητας υλικού εκφρασμένη σε Ci ή Bq δίνει το συνολικό ρυθμό διασπάσεων.

1.2.2 Έκθεση

Ορίζεται μέσω της απολυτής τιμής του ολικού φορτίου (dq) των ιόντων ενός φορτίου τα οποία παράγονται στον αέρα, όταν όλα τα ηλεκτρόνια και ποζιτρόνια που δημιουργούνται από τα φωτόνια στον αέρα μάζας dm σταματούν τελείως σε αυτόν. Δόση έκθεσης (X , exposure) στην ακτινοβολία ορίζεται ως το ηλεκτρικό φορτίο (dq) που παράγεται από την ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στη μονάδα μάζας (dm) αέρα:

$$X = \frac{dq}{dm} \quad (8)$$

Μονάδα μέτρησης της δόσης έκθεσης είναι το 1 C/kg .

Παραδοσιακή μονάδα μέτρησης της δόσης έκθεσης είναι το roentgen (R):

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

1.2.3 Απορροφώμενη Δόση - Συντελεστής στάθμισης

Το φυσικό μέγεθος απορροφώμενη δόση (D absorbed dose) ορίζεται ως η ενέργεια (ΔE) που εναποτίθεται από την ιοντίζουσα ακτινοβολία στη μονάδα μάζας του υλικού (Δm):

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m} \quad (9)$$

Μονάδα μέτρησης της απορροφώμενης δόσης στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι το gray (Gy). Ένα gray ισούται με 1 J/kg . Παραδοσιακή μονάδα μέτρησης της απορροφώμενης δόσης είναι το rad (radiation absorbed dose). Ένα rad ισούται με $0,01 \text{ J/kg}$, δηλαδή $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rads}$.

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg} = 10^4 \text{ erg/kg} = 100 \text{ rad}$$

Η βιολογική επίπτωση εξαρτάται όχι μόνο από την απορροφώμενη δόση αλλά και από τον ρυθμό της δόσης, δηλαδή από την απορροφώμενη δόση ανά μονάδα

χρόνου. Εισήχθη λοιπόν ο συντελεστής στάθμισης WR της ακτινοβολίας. Ο καθαρός αριθμός WR δίδει κατά προσέγγιση τη σχετική βιολογική αποτελεσματικότητα κάθε συγκεκριμένου είδους ακτινοβολίας, σε σχέση με την βιολογική αποτελεσματικότητα των ακτίνων γ ή X . Δηλαδή ο συντελεστής στάθμισης συγκεκριμένης ακτινοβολίας δηλώνει πόσες φορές μεγαλύτερη πρέπει να είναι η απορροφώμενη δόση από ακτινοβολία γ ή X , από την απορροφώμενη δόση από τη συγκεκριμένη ακτινοβολία, για να επιφέρει το ίδιο βιολογικό αποτέλεσμα. [11],[12]

Είδος και φάσμα ενεργειών	W_R
Φωτόνια οποιασδήποτε ενέργειας	1
Ηλεκτρόνια οποιασδήποτε ενέργειας	1
Νετρόνια με ενέργεια :	
μικρότερη από: 10 keV	5
από: 10 keV έως 100 keV	10
από: 100 keV έως 2 MeV	20
από: 2 MeV έως 20 MeV	10
μεγαλύτερη από: 20 MeV	5
Πρωτόνια με ενέργεια μεγαλύτερη από 2 MeV	5
Σωματίδια α , θραύσματα σχάσης, βαρείς πυρήνες	20

Εικόνα 2.3 Συντελεστής W_R στάθμισης των ιοντιζουσών ακτινοβολιών

1.2.4 Ισοδύναμη Δόση

Η ισοδύναμη δόση ορίζεται ως το γινόμενο της απορροφώμενης δόσης σε Gy επί τον συντελεστή στάθμισης W_R :

$$\text{ισοδύναμη δόση} = \text{απορροφούμενη δόση} \cdot W_R \quad (10)$$

Η ισοδύναμη δόση μετράται σε Sievert (Sv), τα οποία προκύπτουν ως το γινόμενο της απορροφώμενης δόσης σε Gy επί τον συντελεστή στάθμισης WR . Τα μεν Gy της απορροφώμενης δόσης δίνουν την ενέργεια που εναποθέτει η ακτινοβολία ανά χιλιόγραμμα ιστού, τα δε Sv της ισοδύναμης δόσης είναι μέτρο της διακινδύνευσης από την εναπόθεση αυτής της ενέργειας, από συγκεκριμένη ακτινοβολία [12]. Δεδομένου ότι δόση 1 Sv είναι μεγάλη, χρησιμοποιούνται στην πράξη τα εξής υποπολλαπλάσιά του:

- Milli-Sievert: $1 \text{ mSv} = 10^{-3} \text{ Sv}$
- micro-Sievert: $1 \mu\text{Sv} = 10^{-6} \text{ Sv}$
- nano-Sievert: $1 \text{ nSv} = 10^{-9} \text{ Sv}$

1.2.5 Ενεργός Δόση

Οι εκθέσεις σε ακτινοβολία και οι αντίστοιχες δόσεις διακρίνονται σε ολόσωμες και σε δόσεις μεμονωμένων ιστών, ή οργάνων. Η ίδια ποσότητα ισοδύναμης δόσης δεν επιφέρει τις ίδιες βιολογικές συνέπειες και δεν συνεπάγεται την ίδια διακινδύνευση για τα διάφορα όργανα και τους ιστούς. Ως εκ τούτου ορίστηκε ως μέτρο της διακινδύνευσης για τα διάφορα όργανα και ιστούς η ενεργός δόση, μετρούμενη και αυτή σε Sievert, ως εξής:

$$\text{ενεργός δόση} = \text{ισοδύναμη δόση} \cdot W_t \quad (11)$$

όπου ο καθαρός αριθμός W_t είναι συντελεστής στάθμισης για κάθε ιστό, ή όργανο. Κάθε είδος ακτινοβολίας προξενεί διαφορετικού βαθμού βλάβη στους ιστούς ανά μονάδα απορροφώμενης δόσης. Κάθε είδους ακτινοβολία έχει διαφορετική δραστηριότητα. Η Διεθνής Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (ICRP International Commission on Radiological Protection) θέσπισε συντελεστές βαρύτητας σε κάθε είδος ακτινοβολίας. Μεγάλους συντελεστές βαρύτητας έχουν οι ακτινοβολίες με μεγάλο LET, δηλαδή όσες παράγουν πολλούς ιοντισμούς ανά μονάδα μήκους διαδρομής (πυκνούς ιοντισμούς), με συνέπεια μεγαλύτερη βιολογική βλάβη στον ιστό ανά μονάδα απορροφώμενης δόσης. Οι συντελεστές στάθμισης W_t που ισχύουν στους Ελληνικούς κανονισμούς ακτινοπροστασίας και στη σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης δίνονται στον παρακάτω πίνακα [12] :

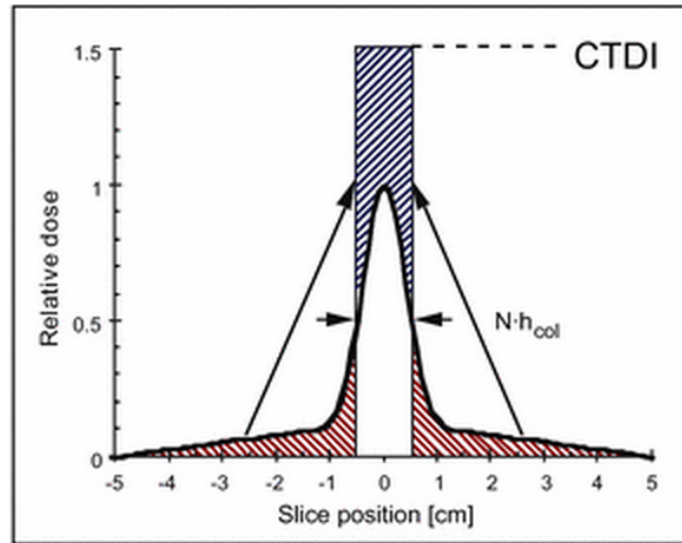
Tissue/Organ	W _T
Gonads	0.20
Stomach	0.12
Colon	0.12
Lung	0.12 (0.08) ‡
Red bone marrow	0.12
Breast	0.05
Esophagus	0.05
Bladder	0.05
Liver	0.05
Thyroid	0.05
Bone surfaces	0.01
Skin	0.01 †
Remainder	0.05

Εικόνα 2.5 Συντελεστές στάθμισης W_T για την ενεργό δόση [13].

1.2.6 Συντελεστές εκτίμησης των κινδύνων της ακτινοβολίας

1.2.6.1 Δείκτης δόσης αξονικής τομογραφίας

Ο CDTI αποτελεί την θεμελιώδη παράμετρο για την περιγραφή της δόσης ακτινοβολίας στην αξονική τομογραφία (CT). Κάνοντας χρήση αυτής της ποσότητας, οι δυο πρώτες ιδιομορφίες της σάρωσης του CT λαμβάνονται υπόψιν : Ο CTDI προέρχεται από την κατανομή της δόσης κατά μήκος μιας γραμμής που είναι παράλληλη προς τον άξονα περιστροφής του σαρωτή και καταγράφεται για μια μόνο περιστροφή της πηγής των X-Ray. Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζεται η παραπάνω έννοια : ο δείκτης CDTI είναι το ισοδύναμο της δόσης μέσα στην ακτινοβολημένη περιοχή (δέσμη) που θα προέκυπτε εάν το προφίλ της απορροφώμενης δόσης ακτινοβολίας ήταν όλο συγκεντρωμένο σε μια ορθογωνική κατανομή με πλάτος ίσο με το ονομαστικό πλάτος της δέσμης ($N \cdot h_{col}$), όπου N ο αριθμός των ανεξάρτητων κομματιών (φετών-slices) που έχουν ληφθεί ταυτόχρονα. Επομένως όλες οι συνεισφορές των δόσεων από το έξω μέρος του εικονικού πλάτους της δέσμης, δηλαδή των περιοχών κάτω από τις ουρές του προφίλ της δόσης, έχουν προστεθεί στο εσωτερικό της περιοχής της τομής.



Εικόνα 2.6.1.1 Παρουσίαση της δόσης ακτινοβολίας στην CT στην περίπτωση όπου ήταν συνολικά συγκεντρωμένη σε ένα ορθογωνικό προφίλ πλάτους ίσου με αυτό της δέσμης ακτινοβολίας. [14]

$$CTDI = \frac{1}{N h_{col}} \int_{-1}^{1} D(z) dz \quad (12)$$

Όπου $D(z)$ είναι η τιμή της δόσης στη δοσμένη περιοχή z , και $N h_{col}$ είναι η εικονική

τιμή του ολικού παραλληλισμού (εύρος δέσμης) που χρησιμοποιείται για την απόκτηση των δεδομένων. Το CTDI είναι επομένως ισοδύναμο με την περιοχή του προφίλ της δόσης διαιρεμένη με το εικονικό πλάτος της δόσης.

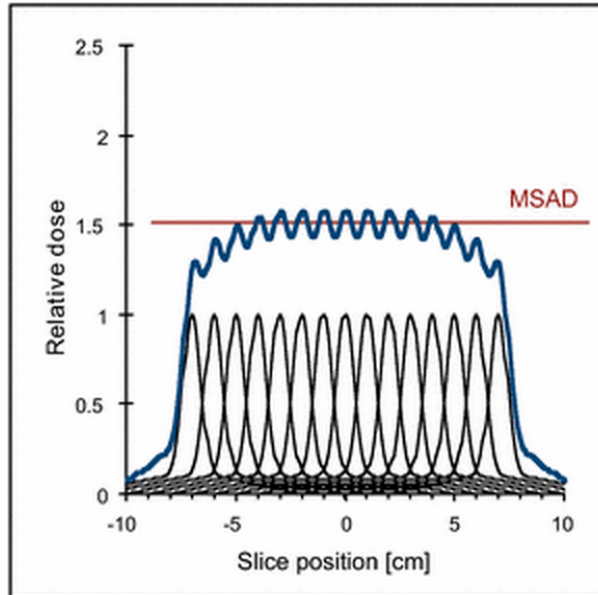
Η συνάφεια του CTDI γίνεται φανερή από το ολικό προφίλ της δόσης μιας σειράς σαρώσεων με $n=15$ διαδοχικές περιστροφές. Το μέσο επίπεδο του ολικού προφίλ της δόσης το οποίο ονομάζεται "multiple scan average dose" (MSAD) (μέση δόση πολλαπλής σάρωσης) είναι υψηλότερο από την τιμή της κορυφής του κάθε μονού προφίλ δόσης. Άμεσο αποτέλεσμα των ουρών των μονών προφίλ δόσεων για μια σειρά σαρώσεων. Προφανώς MSAD και CTDI είναι ακριβώς ίσα αν το βήμα της τράπεζας είναι ίσο

με το εικονικό πλάτος της δέσμης N δηλ. h_{col} αν ο παράγοντας του pitch είναι :

$$P = \frac{TF}{N h_{col}} = 1 \quad (13)$$

και η σχέση για MSAD και CTDI είναι :

$$MSAD = \frac{CDTI}{p} \quad (14)$$



Εικόνα 2.6.1.2 Συνολικό προφίλ δόσης για μια σειρά από $n=15$ σαρώσεις. Το μέσο επίπεδο του συνολικού προφίλ δόσης MSAD ισούται με το CDTI αν το βήμα της τράπεζας ισούται με το εικονικό πλάτος της δέσμης N_{col} ($p=1$ pitch). [14]

Η πρακτική εφαρμογή της σχέσης (14) είναι ότι, για να αποκτήσει κάποιος τη μέση δόση για μια σειρά σαρώσεων, δεν είναι απαραίτητο να πραγματοποιήσει όλες τις σαρώσεις. Αντί αυτού, είναι αρκετό να αποκτήσει το CDTI από μια και μονό σάρωση με το να αποκτήσει όλο το προφίλ δόσης σύμφωνα με την (12). Αυτό κατορθώνεται με μέτρηση δόσεων χρησιμοποιώντας μακριούς και σε σχήμα μολυβιού ανίχνευτες με μήκος των 10 cm. Τέτοιου είδους ανίχνευτες συγκεντρώνουν το ολοκληρωτικό προφίλ δόσης, την περιοχή δηλαδή κάτω του προφίλ δόσης όπως φαίνεται στην εικόνα 2.6.1.1. Το CDTI αποκτάται σύμφωνα με τη σχέση 1 διαιρώντας με το εικονικό πλάτος δέσμης N_{col} . [15]

1.2.6.2 Γινόμενο δόσης επί μήκος (DLP)

Άλλη μια ιδιορρυθμία της CT είναι το κατά πως μπορεί να συγκριθεί η δόση που λαμβάνει από μια σειρά π.χ. 15 τομών με την αντίστοιχη δόση της μιας μονής τομής, λύνεται εισάγοντας τον ορό “dose-length product” (mGy*cm) και την επέκταση μιας ακτινοβολήσης :

$$DLP = D \cdot L = CDTI_{vol} \cdot L = \text{δόση} \cdot \text{μήκος (Dose Length Product)} \quad (15)$$

Επομένως το DLP αυξάνεται με τον ηθμό των τομών (ή με τον αριθμό του ακτινοβολημένου μέρους του σώματος) ενόσω η δόση CDTI παραμένει η ίδια ανεξαρτήτως του αριθμού των τομών ή του μήκους. Γενικότερα το DLP αντανακλά τη συνολική ενέργεια που απορροφάται από μια ολοκληρωμένη αξονική. [16-18]

1.2.6.1 Γινόμενο δόσης επί επιφάνεια (DAP)

Προϊόν περιοχής δόσης (DAP) είναι μια ποσότητα που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του κινδύνου της ακτινοβολίας από της διαγνωστικές εξετάσεις με ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Ορίζεται ως η απορροφώμενη δόση πολλαπλασιασμένη με το εμβαδόν της περιοχής που ακτινοβολείται, και εκφράζεται σε γκρι επί τετραγωνικά εκατοστά (Gy cm²). Η μέτρηση του μεγέθους αυτού είναι ανεξάρτητη από την απόσταση από την πηγή της ακτινοβολίας. Οι συσκευές που μετρούν το DAP, είναι κατά κάποια μορφή ένας θάλαμος ιονισμού μεγαλύτερος από την περιοχή δέσμης ακτίνων , που τοποθετείται στην κεφαλή του ακτινοσκοπικού μηχανήματος. Και σε αντιστοιχία με το DLP ορίζεται ως [16-18]:

$$DAP = D \cdot A = CDTI_{vol} \cdot A = \text{δόση} \cdot \text{επιφάνεια (Dose Area Product)} \quad (16)$$

Κεφάλαιο 1.3 : Αλληλεπίδραση ιοντιζουσών ακτινοβολιών - Βιολογικά αποτελέσματα

1.3.1 Αλληλεπίδραση ακτινοβολία ύλης :

Η βιολογική ύλη όταν ακτινοβολείται παρατηρούνται μια αλληλουχία διαδικασιών, με μεγάλες διαφορές στην κλίμακα του χρόνου εμφάνισέως τους, που μπορούν όμως να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες : το φυσικό, το χημικό και το βιολογικό στάδιο.

1.3.1.1 Φυσικό Στάδιο

Κατά το φυσικό στάδιο η ιοντιζουσα ακτινοβολία ενώ διέρχεται από την ύλη, με φυσικούς μηχανισμούς αλληλεπιδράσεων, απελευθερώνει ενέργεια μέσω ιοντισμών και διεγέρσεων, γεγονός που πραγματοποιείται σε χρόνο $<10^{(-18)}s$. Η κατανομή της στο χώρο πραγματοποιείται υπό μη συνεχή μορφή και εξαρτάται από το είδος άλλα και την ενέργεια της ιοντιζουσας ακτινοβολίας. Ανάλογα με την τιμή της γραμμικής μεταφοράς ενέργειας (LET) η ακτινοβολία προκαλεί ποικίλο αριθμό ιοντισμών και διεγέρσεων ανά μm της διαδρομής της. Για μικρό αριθμό της LET η ακτινοβολία προκαλεί μικρό αριθμό ιοντισμών και διεγέρσεων. Αντιθέτως ακτινοβολίες, όπως τα σωματίδια α, τα πρωτόνια ή τα βαρέα ιόντα σε υψηλή LET, προκαλούν πυκνούς ιοντισμούς ανά μm διαδρομής. Η ενέργεια που μεταφέρεται σε σχετικά μικρού όγκου βιολογικό υλικό (τα κύτταρα και τα μόρια που την αποτελούν) διαφέρει από στόχο σε στόχο, και παρουσιάζει μια μέση τιμή και μια κατανομή για το σύνολο της διαδρομής της. Η μέση αυτή τιμή αποτελεί την απορροφώμενη δόση.

1.3.1.2 Χημικό Στάδιο

Με την ακτινοβόληση που πραγματοποιήθηκε στο φυσικό στάδιο, τους ιοντισμούς και τις διεγέρσεις προκαλείται ρήξη των χημικών δεσμών και δημιουργία ελευθέρων ριζών γεγονός που οδηγεί τα άτομα του βιολογικού υλικού να αντιδρούν με άλλα συστατικά του κυττάρου με ταχείες χημικές αντιδράσεις.

Επειδή τα βιολογικά συστήματα αποτελούνται κυρίως από νερό, ο μεγαλύτερος αριθμό των ιοντισμών συμβαίνει στα μόριά του. Τα αρνητικά φορτισμένα ελευθέρη ηλεκτρόνια (e^-), που

παράγονται κατά τους ιοντισμούς, συνδέονται με πολικά μόρια του νερού. Το σύμπλεγμα αυτό ονομάζεται υδρογονωμένο ηλεκτρόνιο (e_{aq}) και έχει ελαττωμένη κινητικότητα και χρόνο ζωής λίγα χιλιοστά του δευτερολέπτου. Το μόριο του νερού που έχασε το ηλεκτρόνιο αποτελεί ένα θετικά φορτισμένο ιόν, το οποίο γρήγορα διασπάται σε ένα ιόν υδρογόνου H^+ και σε μια ηλεκτρικά ουδέτερη ριζά $OH\cdot$. Η ριζά $OH\cdot$ έχει ίσο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων, άλλα ένα ηλεκτρόνιο της δεν σχηματίζει ζεύγος, μέσω ηλεκτρονικού δεσμού, με αποτέλεσμα να είναι χημικά εξόχως δραστική. Παρομοίως και η ριζά $H\cdot$, που επίσης δημιουργείται αποτελείται από ένα πρωτόνιο και ένα ηλεκτρόνιο, άλλα χημικώς είναι πολύ πιο δραστική, διότι η σταθερή μορφή του υδρογόνου είναι το H_2 .

Περίπου 10^{-10} sec μετά την ακτινοβολήση τα ανωτέρα τρία βασικά προϊόντα της ραδιόλυσης του ύδατος e_{aq} , $OH\cdot$ και $H\cdot$ δημιουργούν περαιτέρω αντιδράσεις. Οι βλάβες των κύτταρων που οφείλονται στη δράση των ελευθέρων ριζών αναφέρονται ως έμμεση δράση της ακτινοβολίας, ενώ οι βλάβες που οφείλονται στον απευθείας ιοντισμό των ατόμων ονομάζονται άμεση δράση.

1.3.1.3 Βιολογικό στάδιο

Το βιολογικό στάδιο εμφανίζεται με την μορφή ενζυμικών αντιδράσεων, που δρουν επιδιορθωτικά στους μοριακούς σχηματισμούς που έχουν υποστεί βλάβη, αμέσως μετά το χημικό στάδιο. Το κύριο μέρος της βιολογικής αυτής διαδικασίας διαρκεί από 15 min - 1 h ενώ ολοκληρώνεται σε περίπου 4 h. Το μεγαλύτερο μέρος των βλαβών στα μόρια του DNA αντικαθίστανται στο παραπάνω χρονικό διάστημα. Από μελέτες έχει βρεθεί ότι άμεσα αποτελέσματα συμβαίνουν μετά την υπέρβαση μιας συγκεκριμένης τιμής δόσης η οποία αναφέρεται ως κατώφλι. Αν η δόση που έλαβε ένας ιστός ή όργανο είναι μικρότερη από τη δόση κατωφλιού για την εμφάνιση ενός άμεσου αποτελέσματος τότε η πιθανότητα εμφάνισης της βλάβης είναι θεωρητικά μηδενική. Αν όμως η δόση υπερβεί το κατώφλι η βλάβη θα εμφανιστεί, και η σοβαρότητα της βλάβης θα αυξηθεί με ανάλογη αύξηση της δόσης. Ορισμένες όμως από τις βλάβες είναι μη αναστρέψιμες γεγονός που οδηγεί τελικά σε καταστροφή του κυττάρου. Όσον αφορά τα θηλαστικά που δέχονται υψηλές δόσεις ακτινοβολίας τα βιολογικά αποτελέσματα οφείλονται σε θανάτωση αρχέγονων κύτταρων, που με τη σειρά τους οδηγούν σε βλάβες ιστών και οργάνων σε χρονικά διάστημα που δεν ξεπέρνα μερικούς μήνες. Τα αποτελέσματα αυτά χαρακτηρίζονται ως πρώιμα και μπορεί να είναι η λύση της ασυνέχειας του δέρματος, η απόπτωση επιθηλιακών κύτταρων κ.α. Σε διάστημα πέραν των 3 μηνών ως και μερικά έτη αναφερόμαστε πλέον σε απώτερα αποτελέσματα της ακτινοβολίας που χρησιμεύουν κυρίως για θεραπευτικούς σκοπούς. Σε αντίθεση βέβαια με τα άμεσα αποτελέσματα, τα στοχαστικά δεν παρουσιάζουν κατώφλι εμφάνισης και η πιθανότητα εμφάνισης τους ξεκινά από πολύ μικρές δόσεις που τελικά οδηγούν σε μεταλλάξεις των κύτταρων οι οποίες εμφανίζονται μετά από μεγάλο χρονικό διάστημα, όπου και τελικά γίνεται λόγος για πιθανότητα εμφάνισης. Περιλαμβάνουν την

ίνωση, ενδεχόμενες βλάβες του νωτιαίου μυελού καθώς και βλάβες αγγείων άλλα και ιδιαίτερα ακτινοβοληθέντων οργάνων. Τέλος, σε μεταγενέστερο στάδιο ακόμα και στην περίπτωση χαμηλών δόσεων ακτινοβολίας αυξάνονται οι πιθανότητες καρκινογένεσης . ιδιαίτερα ακτινοβοληθέντων οργάνων.

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	7 εβδομάδες
Σύνδρομο κεντρικού νευρικού συστήματος	Εγκεφαλικό οίδημα, μείωση του ενδοαγγειακού όγκου αίματος	50 Gy	Θάνατος σε 1-4 ημέρες

Εικόνα 3.3.1 Άμεσα αποτελέσματα, συμπτώματα, δόση κατωφλίου και χρόνος εκδήλωσης . [20]

Βλάβη	Χρόνος	Αύξηση πιθανότητας εμφάνισης	Φυσιολογική πιθανότητα εμφάνισης
Θανατηφόρος καρκίνος	20-30 χρόνια	5% ανά Sv	25%
Μη θανατηφόρος καρκίνος	20-30 χρόνια	1% ανά Sv	
Λευχαιμία	8-10 χρόνια	5% ανά Sv	0,015%
Γενετικά αποτελέσματα	Επόμενες γενεές	1,3% ανά Sv	3-6%

Εικόνα 3.3.2 : Στοχαστικά αποτελέσματα και αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης. Σαν “φυσιολογική” πιθανότητα εννοείται η πιθανότητα εμφάνισης βλάβης για λόγους άσχετους με την ακτινοβολία. [20]

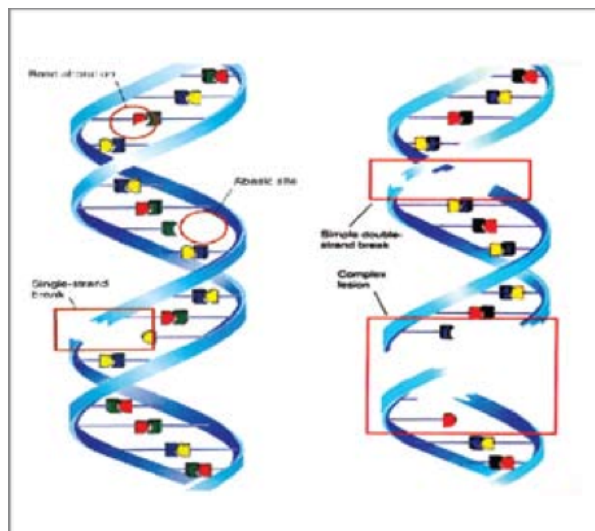
1.3.2 DNA - Επιπτώσεις.

1.3.2.1 Επίδραση της ακτινοβολίας στο κύτταρο - Σπάσιμο αλυσίδας.

Οι σημαντικότερες βλάβες που μπορεί να επιφέρουν οι ακτινοβολίες στο κύτταρο αφορούν τον πυρήνα του και χωρίζονται σε δυο τρόπους επίδρασης, τον άμεσο και τον έμμεσο. Ο άμεσος τρόπος, είναι η απευθείας δράση της ακτινοβολίας στο μόριο του DNA ή σε άλλα μεγαλομόρια (πρωτεΐνες, ένζυμα, RNA), όπως για παράδειγμα, αν το ιόν που θα σχηματιστεί από την δράση της ακτινοβολίας προσβάλλει μια πρωτεΐνη τότε είναι πιθανό να σπάσει τους δεσμούς που την συγκροτούν ή να αλλάξει το σχήμα της καθιστώντας την μη λειτουργική. Αν επίσης χτυπηθεί κάποιο ένζυμο τότε θα επηρεαστεί η βιοχημική αντίδραση στην οποία συμμετέχει και το αποτέλεσμα θα είναι η ελλειμματική παράγωγη κάποιου σημαντικού για το κύτταρο συστατικού.

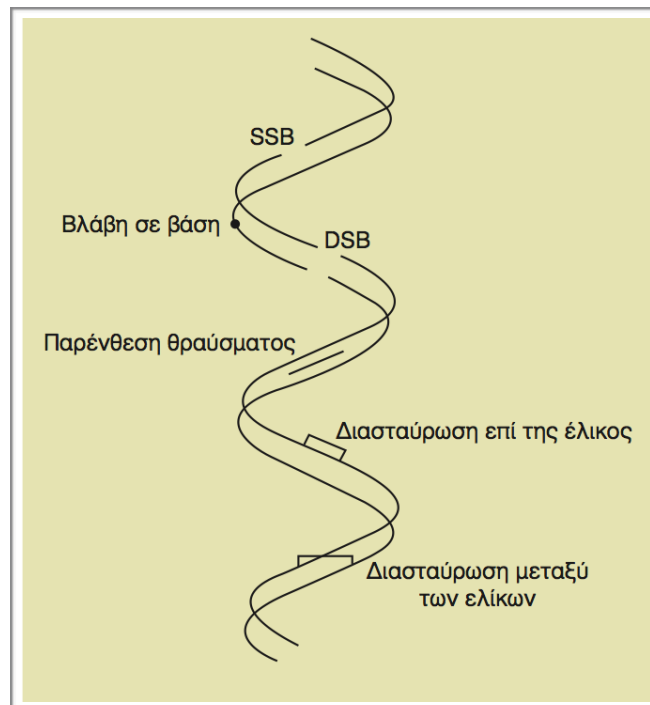
Από την άλλη ο έμμεσος τρόπος άφορα την επίδραση της ακτινοβολίας μέσω ιοντισμών στα μόρια του νερού που βρίσκεται στο κύτταρο, σχηματίζοντας ελεύθερες ρίζες, διαμέσου ραδιόλυσης (του νερού), στο ενδοκυτταρικό περιβάλλον, οι οποίες διακρίνονται για τη δραστηριότητά τους. Οι ρίζες αυτές προσβάλλουν το DNA προκαλώντας θραύσεις τόσο στην ευθεία αλυσίδα όσο και στα "σκαλοπάτια". Υπάρχουν δυο κατηγορίες θραύσης των ελίκων του DNA: Η θραύση που άφορα μια εκ των δυο ελίκων (SSB, single strand break) και η θραύση που άφορα και τις δύο έλικες (DSB, double strand break). [19]

-Το διπλό σπάσιμο της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας (DSB) του DNA με δυο τρόπους α-mode ένα σωματίδιο δυο σπασίματα στους έλικες. b-mode δυο σωματίδια δυο σπασίματα μονού σπασίματος της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας (SSB) που ισοδυναμεί με ένα DSB.



Εικόνα 3.2.1.α Βλάβες του DNA. SSB μονόκλωνη, DSB διπλόκλωνη θραύση[19]

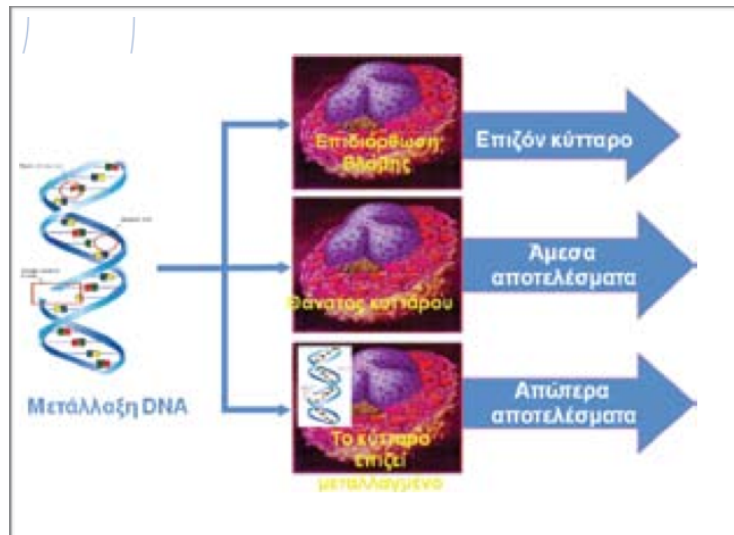
Τα άπλα σπασίματα της έλικας του DNA είναι εφικτό να διορθωθούν από τους διορθωτικούς μηχανισμούς του κυττάρου. Αντιθέτως, τα διπλά σπασίματα είναι πολύ δύσκολο να διορθωθούν και οδηγούν σε μετάλλαξη ή θανάτωση του κυττάρου. Το διπλό σπάσιμο μπορεί να γίνει με δυο τρόπους: Ο πρώτος πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του περάσματος ενός ιονισμένου σωματιδίου από τον διπλό έλικα του DNA όπου υπάρχει η πιθανότητα να αλληλεπιδράσει με την ύλη εναποθέτοντας ενέργεια και να διασπάσει τους δυο έλικες. Ο δεύτερος τρόπος υλοποιείται όταν δυο ανεξάρτητα σωματίδια προκαλούν μονό σπάσιμο της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας (SSB) στους δυο έλικες του DNA.



Εικόνα 3.2.1.β Απλό και διπλό σπάσιμο της αλυσίδας του DNA από την δράση ελευθέρων ριζών

$$N = \alpha D + \beta D^2$$

(17)



Εικόνα 3.2.1.γ Η μετάλλαξη του DNA έπειτα από την δράση της ακτινοβολίας οδηγεί σε τρία στάδια [19]

Οι μεταλλάξεις που προκαλούνται από την ακτινοβολία οφείλονται σε μη θανατηφόρες για το κύτταρο μεταβολές της σειράς των βάσεων στο DNA. Όταν η ακτινοβολήση πραγματοποιείται σε χαμηλούς ρυθμούς δόσεων, η συχνότητα των ακτινοπροκλητών μεταλλάξεων αυξάνεται, ενώ σε υψηλούς ρυθμούς δόσεων οι θανατηφόρες βλάβες στα κύτταρα υπερέχουν των μεταλλάξεων. Κυτταρικός μετασχηματισμός μπορεί να συμβεί, εάν ένα μεταλλαγμένο γονίδιο προκαλεί καταστολή των φυσιολογικών μηχανισμών έλεγχου του κυτταρικού πολλαπλασιασμού. Συνεπώς υπάρχουν τρεις περιπτώσεις που ακολουθούν την ακτινοβολήση του κύτταρου. Αν σημαντικός αριθμός κύτταρων θανατωθεί έχουμε την εμφάνιση άμεσων αποτελεσμάτων που αναλύθηκαν σε παραπάνω παράγραφο. Δηλαδή, σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα που εξαρτάται από το είδος του κύτταρου, θα εμφανιστούν οι συνέπειες του κυτταρικού θανάτου. Στην περίπτωση που το κύτταρο επιζήσει άλλα είναι μεταλλαγμένο τότε πρέπει να μιλήσουμε για την πιθανότητα εμφάνισης στοχαστικών αποτελεσμάτων. Απώτερα αποτελέσματα αποτελούν η εμφάνιση καρκίνου ή η μετάδοση της αλλοιωμένης γενετικής πληροφορίας στους απογόνους (συμβαίνει σε περιπτώσεις μετάλλαξης γενετικών κύτταρων του ανθρώπου).

1.3.2.2 Καμπύλες επιβίωσης κύτταρων μετά από ακτινοβολήση.

Η μελέτη του πως ανταποκρίνονται οι κυτταρικοί πληθυσμοί στην ιοντίζουσα ακτινοβολία πραγματοποιείται με την κατασκευή πειραματικών καμπύλων που ονομάζονται καμπύλες επιβίωσης κύτταρων. Ως καμπύλη επιβίωσης ορίζεται η γραφική παράσταση του κλάσματος επιβίωσης συναρτήσεως της δόσης. Η λήψη πειραματικών δεδομένων για την

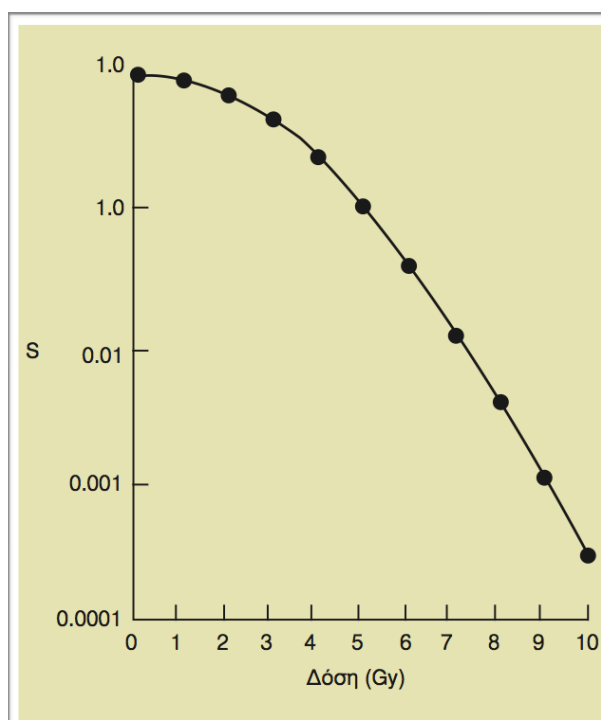
κατασκευή τέτοιων καμπύλων στηρίζετε στον υπολογισμό του παραπάνω κλάσματος, και αναπαριστά το ποσοστό του κυτταρικού πληθυσμού που επιβιώνει μετά από ακτινοβολία του με κάποια δόση ακτινοβολίας.

1.3.2.3 Οι επιπτώσεις τις ακτινοβολίας

Οι επιπτώσεις της ραδιενεργής έκθεσης ομαδοποιούνται σε δυο βασικές κατηγορίες :

- Αντιδράσεις στους ιστούς (tissue reaction) που καλούνται και καθορισμένες (deterministic) επιπτώσεις. Μετά από κάποιο κατώφλι δόσης παρατηρείται δυσλειτουργία και θάνατος κυττάρων. (άμεσα αποτελέσματα)
- Καρκίνος και κληρονομικές επιπτώσεις που αλλιώς καλούνται και στοχαστικές επιπτώσεις. Αυτού του είδους οι επιπτώσεις δεν έχουν κατώφλι και η πιθανότητα εμφάνισης τους αυξάνεται με την αύξηση της δόσης. Καρκίνος προκαλείται εξαιτίας μεταλλάξεων σε σωματικά κύτταρα και κληρονομικές ανωμαλίες προκαλούνται στους απογόνους των εκτεθειμένων στην ακτινοβολία λόγω μετάλλαξης το αναπαραγωγικών κυττάρων.

Στο σημείο αυτό να τονιστεί ότι από απόψεως βιολογικών αποτελεσμάτων, η δόση της ακτινοβολίας λαμβάνεται υπόψη αθροιστικά. Δηλαδή, κάθε δόση που λαμβάνουμε προστίθεται στις προηγούμενες. Αυτό λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των συστημάτων ακτινοπροστασίας και στη θέσπιση των ορίων δόσεων για τα άτομα του κοινού πληθυσμού και τους εργαζόμενους με ακτινοβολίες. Σκοπός των ορίων δόσεων είναι η ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης στοχαστικών και μη αποτελεσμάτων.



Εικόνα 3.2.2.α Καμπή επιβιώσεις κύτταρων [21]

1.3.2.4 Βλάβες στο μόριο του DNA μια συνοπτική αναφορά

Ένα κοινά αποδεκτό συμπέρασμα στην radiation biology, είναι ότι ο πυρήνας του κύτταρου είναι ο μονός στόχος της ακτινοβολίας. Επιπροσθέτως, για πολλά χρόνια πιστεύαμε ότι οι βλάβες στο DNA προκαλούνταν μονό στα ακτινοβολημένα κύτταρα, διαμέσου της απευθείας εναπόθεσης ενέργειας ή διαμέσου των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (reactive oxygen species ROS) που παράγονταν από ραδιόλυση του νερού, τα λεγόμενα “έμμεσα αποτελέσματα” .



Πολλές δεκαετίες βιοφυσικής έρευνας παρέχουν αποδείξεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι ο αριθμός και η χωρική διάταξη της εναπόθεσης ενέργειας μέσα ή κοντά στο DNA, παράγουν πολλούς τύπους από συμπλεγματικές βλάβες του DNA, συμπεριλαμβανόμενων άπλα σπασίματα του έλικα (SSB), διπλά σπασίματα του έλικα (DSB), και συστάδες βάσεων που έχουν υποστεί βλάβες. Διαμέσου του σπασίματος και της διαδικασίας επανένωσης, τα διπλά σπασίματα στους έλικες μετατρέπονται σε μικρότερου ή μεγαλύτερου μεγέθους χρωμοσωματικές ανταλλαγές με δυνατότητα πρόκλησης φαινοτυπικών αλλαγών, νεοπλασμάτων ακόμα και κυτταρικό θάνατο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται χρονικές τάξεις μεγέθους και επιλεγμένα γεγονότα που προκαλούνται στα ακτινοβολημένα κύτταρα και ιστούς. Άλλοι τύποι μη-DSB συστάδων είναι δυνατόν να έχουν παρόμοιες βιολογικές συνέπειες. Σαν την μονή μέθοδο που είναι αυτή την στιγμή διαθέσιμη για να αναγνωρίσουμε τον αριθμό και την χωρική διαμόρφωση των βλαβών που προκαλούνται, οι Monte Carlo προσομοιώσεις αποτελούν ένα χρήσιμο εν δυνάμει βοήθημα για τα πειράματα που διερευνούν την υποστηριζόμενη βάση για τα αποτελέσματα του οξυγόνου και την ποιότητα της ακτινοβολίας στον κυτταρικό θάνατο. Μια βελτιωμένη κατανόηση των σχετικών βιολογικών αποτελεσμάτων και των αποτελεσμάτων του οξυγόνου, χρειάζονται προκειμένου να αξιοποιήσουν πληρέστερα τις βιολογικές επιπτώσεις των πρωτονίων και των ιόντων άνθρακα στις θεραπείες με ακτινοβολίες .[37]

Είδος προκαλούμενης βλάβης από την ακτινοβολία:

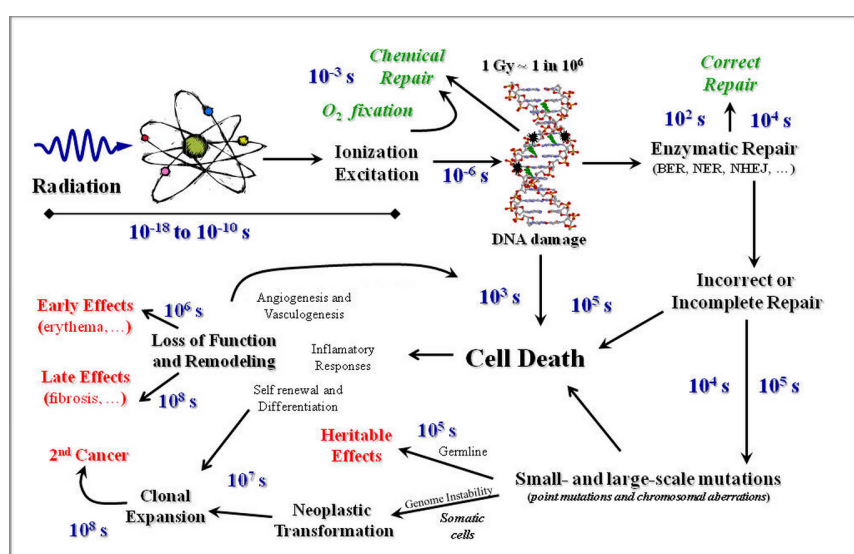
- Βλάβη σε μία βάση του	: 80 %
- Μονό σπάσιμο (SSB)	: 20 %
- Διπλό σπάσιμο (DSB)	: 1 %
- LMDS (locally multiplied damaged site)	: 0,3 %

Οι βλάβες στο DNA πιστεύαμε ότι ήταν το πιο σημαντικό βιολογικό αποτέλεσμα των ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Αυτή η άποψη μελετήθηκε αρκετές φορές από πληθώρα ερευνών των οποίων, τα ευρήματα παρουσιάζουν ότι τα φαινόμενα της ακτινοβολίας δεν σχετίζονται μονό με τα ακτινοβολημένα κύτταρα και τις άμεσες βλάβες στο DNA. Τα αποτελέσματα επίσης στοχεύουν στην εισαγωγή από περισσότερα πιο συνθέτα αποτελέσματα, τα επονομαζόμενα “μη στοχευμένα αποτελέσματα” (non targeted effects NTE) στα κύτταρα τα οποία δεν αντιδρούν άμεσα με την ακτινοβολία όπως περιγράφεται παραπάνω. Μια σειρά αποδείξεων που υποστηρίζουν ότι οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες προκαλούν πολύπλοκες, και καθολικότερες κυτταρικές αποκρίσεις, όπως ακτινοβολία που προκαλεί μελόντικα αποτελέσματα (radiation induced bystander effects RIBE), και γενωμική αστάθεια. Τα φαινόμενα αυτά παρατηρήθηκαν σε ακτινοβολημένα άλλα και μη κύτταρα τα οποία λάμβαναν μοριακά σήματα από τα είδη ακτινοβολημένα κύτταρα. Τα κύρια χαρακτηριστικά των NTE είναι ότι δεν απαιτείται απευθείας πυρηνική έκθεση στην ακτινοβολία και ότι είναι ακόμα σημαντικότερος ο ρόλος τους στις χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας (low dose radiation < 1 Gy). Τα παραπάνω φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στο σύστημα επικοινωνίας ευρέως και σε διαφορετικά οργανικά επίπεδα από τα φυτά μέχρι και του ανθρώπου. Το φάσμα των μη άμεσων αποτελεσμάτων συνεχίζει να διευρύνεται, ακόμα περιλαμβάνει πολλούς τύπου από εξωγενείς και ενδογενείς παράγοντες που οδηγούν σε συστημικές γενετικές αποκρίσεις με τους οξυγονικούς μηχανισμούς να κατέχουν έναν πρωταρχικό ρόλο.

Πιθανότατα το σημαντικότερο αποτέλεσμα των NTE, περιγράφετε γενικά σαν το φαινόμενο με δραματικά αποτελέσματα λόγω της ακτινοβολίας (χρωμοσωματικές διαταραχές, μεταλλάξεων, απόπτωσης κ.α.) και ανιχνεύονται ακόμα και σε κύτταρα τα οποία δεν έχουν ακτινοβοληθεί άλλα βρίσκονται στην εμβέλεια αυτών που ακτινοβολήθηκαν. Τα RIBE (radiation induced bystander effects) φανερώνουν μη γραμμικότητα όσον αφορά τη δόση με την απόκριση, παρατηρούνται στις χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας και τείνουν να εξαφανιστούν στις υψηλότερες.

Παρότι τα RIBE έχουν καταγραφεί αρκετά καλά από φαινομενολογική άποψη, η ακριβή αναγνώριση του επιπέδου, των αντικτύπων, των τύπων και των μηχανισμών πίσω από αυτά τα πολυπαραμετρικά αποτελέσματα στα μη ακτινοβολημένα κύτταρα ή ιστούς παραμένουν μια μεγάλη πρόκληση στην πρόσφατη ραδιοβιολογία. Τα αποτελέσματα που εκδίδονται είναι συχνά αμφιλεγόμενα και οι μηχανισμοί των RIBE, σε εν ζώη και μη, ακόμα παραμένουν ανολοκλήρωτα. Να αναφέρουμε εδώ την πολυπλοκότητα των πειραματικών διαδικασιών καθώς και το πως μπορούν να

ερμηνευτούν ποιοτικά σαν συνάρτηση της δόσης ακτινοβολίας. Πιστεύεται να υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαδρομές επικοινωνίας διαμέσου των κύτταρων, καθώς και ότι είναι πιθανό να μην αντιδρούν το ίδιο όλοι οι τύποι κύτταρων. Υπάρχουν πειραματικές αποδείξεις κυρίως για τις *in vitro* μελέτες ότι τα RIBE έχουν τουλάχιστον δυο ξεχωριστούς μηχανισμούς για την μεταφορά των μελλοντικών αποτελεσμάτων: είτε με απευθείας επικοινωνία μεταξύ των κύτταρων διαμέσου των *gap junctions*, είτε μέσω της απελευθέρωσης διαλυτών παραγόντων στο μέσο των ακτινοβολημένων κύτταρων.[36]



Εικόνα 3.2.4: Χρονικές τάξεις μεγέθους και γεγονότα που προκαλούνται στα ακτινοβολημένα κύτταρα και ιστούς.

1.3.3 Χαμηλή δόση και επιπτώσεις στην υγεία

Οι δόσεις που λαμβάνουν οι ασθενείς κατά την διαγνωστική εξέταση της αξονικής τομογραφίας CT είναι 1-24 mSv ανά εξέταση για ενήλικες και 2-6.5 mSv για παιδιά. Στην αξονική στεφανιογραφία οι δόσεις κυμαίνονται από 16-20 mSv και στις σπινθηρογραφικές μελέτες ανάλογα με τη ραδιενεργό ουσία που χορηγείται θάλλιο (Tl-201) ή τεχνητό (Tc-99) η δόση είναι της τάξης των 18 mSv και 9 mSv αντίστοιχα. Το βασικό ερώτημα λοιπόν είναι κατά ποσό η χαμηλή δόση ακτινοβολίας μπορεί να προκαλέσει οποιαδήποτε βιολογική βλάβη.

1.3.4 LNT (Linear No-Threshold) υπέρ και κατά.

Οι υποστηρικτές της θεωρίας κατωφλίου (threshold) πιστεύουν ότι η πολύ χαμηλή δόση ακτινοβολίας δεν έχει καμιά επίδραση για την υγεία και απαιτείται ένα συγκεκριμένο κατώφλι για την εμφάνιση ορατών βιολογικών αποτελεσμάτων. Από την άλλη οι υποστηρικτές της LNT (άνευ κατωφλίου) θεωρίας, υποστηρίζουν ότι το ραδιενεργό ρίσκο εμφανίζεται από το σημείο μηδέν και αυξάνεται γραμμικά με αντίστοιχη αύξηση της δόσης. Ενδεικτικά οι UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) και NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurements) έφτασαν στο συμπέρασμα ότι η LNT θεωρία ερμηνεύει αρτιότερα τα ως τώρα επιστημονικά αποτελέσματα[22]. Αντιθέτως η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών (FAS) το 2001 και η διεθνής ακαδημία ιατρικής (NAM, National Academy of Medicine) εξέδωσε μια άφορα το 2005 απορρίπτει το γραμμικό χωρίς κατώφλι μοντέλο και το αντικαθιστά με το μοντέλο του κατωφλίου[25]. Κάποιοι πιο ακραίοι, επίσης, υιοθετούν την άποψη ότι χαμηλή δόση ακτινοβολίας μπορεί να είναι ακόμα και επωφελής για τον άνθρωπο (Radiation hormesis) καθώς έτσι τονώνουν τους μηχανισμούς επισκευής αυξάνοντας τις αντιστάσεις του ανθρωπίνου οργανισμού στις αρρώστιες.

Το σημαντικότερο είναι ότι η ICRP (International Commission on Radiological Protection) έχει υιοθετήσει το LNT μοντέλο[23-24], η ιδέα του οποίου έχει βάλλει τις βάσεις δημιουργίας μιας εξαιρετικά χρήσιμης φιλοσοφίας για ακτινοπροστασία. Απόρροια αυτή της φιλοσοφίας είναι η ανάπτυξη της αρχής ALARA (As Low As Reasonable Achievable - τόσο χαμηλή όσο λογικά επιτεύξιμη) .

1.3.5 Εθνικό σύστημα ακτινοπροστασίας-Βασικές Αρχές

Το Εθνικό σύστημα ακτινοπροστασίας στηρίζεται στο αντίστοιχο σύστημα της ICRP - 60 και εφαρμόζεται στις πρακτικές και στις παρεμβάσεις που ορίζονται ως ακολούθως:

Πρακτικές καλούνται όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες που μπορούν να αυξήσουν την έκθεση των ατόμων σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, πέραν αυτής στην οποία υποβάλλονται από την υφισταμένη ακτινοβολία του φυσικού υποστρώματος του περιβάλλοντος. Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνουν τη χρήση ακτινοβολιών στην ιατρική κατατάσσονται στις πρακτικές.

Επεμβάσεις καλούνται αντίστοιχα οι ανθρώπινες δραστηριότητες που αποσκοπούν στη μείωση της έκθεσης των ατόμων από υπάρχουσες πηγές ή καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όπως π.χ. η αποκατάσταση μιας ραδιορρυπασμένης περιοχής.

Οι Εθνικοί Κανονισμοί Ακτινοπροστασίας εφαρμόζονται σε όλες τις πρακτικές και επεμβάσεις που συνεπάγονται κινδύνους από ιοντίζουσες ακτινοβολίες που εκπέμπονται από φυσικές ή τεχνητές πηγές. Κάθε φυσικό ή νομικό πρόσωπο προκειμένου να προβεί σε οποιαδήποτε πρακτική, ή επέμβαση, πρέπει να έχει την ειδική άδεια από την Αρμόδια Αρχή.

Εθνική Αρμόδια Αρχή για θέματα ακτινοπροστασίας είναι η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), η οποία συντάσσει και μεριμνά για την εφαρμογή των Κανονισμών και εισηγείται πρόσθετα μετρά, οποτεδήποτε κρίνει σκόπιμο , προκειμένου να εξασφαλίζεται ο

περιορισμός των ατομικών και συλλογικών δόσεων, που προκύπτουν από τις πρακτικές εφαρμόζοντας τρεις βασικές αρχές:

1. την Αρχή της Αιτιολόγησης,
2. την Αρχή της Βελτιστοποίησης και
3. την Αρχή των Ορίων Δόσεων,

οι οποίες μπορούν να αποδοθούν περιληπτικά ως εξής:

- Αρχή της Αιτιολόγησης: Μια πρακτική που ενέχει έκθεση ή δυνητική έκθεση ενός ατόμου σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, μπορεί να εφαρμοστεί μόνον εφόσον αυτή αποφέρει ικανοποιητικό όφελος στα εκτιθέμενα άτομα ή το κοινωνικό σύνολο, έτσι ώστε να αντισταθμίζεται η πιθανή βλάβη την οποία αυτή μπορεί να προκαλέσει.

- Αρχή της βελτιστοποίησης: Τόσων οι πηγές όσο και τα μηχανήματα παραγωγής ακτινοβολιών στα πλαίσια μιας πρακτικής, πρέπει να προσφέρουν κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες λειτουργίας τους την καλύτερη δυνατή προστασία και ασφάλεια, έτσι ώστε :

(α) το μέτρο της ενεχόμενης έκθεσης,

(β) η πιθανότητα μη αναμενόμενης έκθεσης και

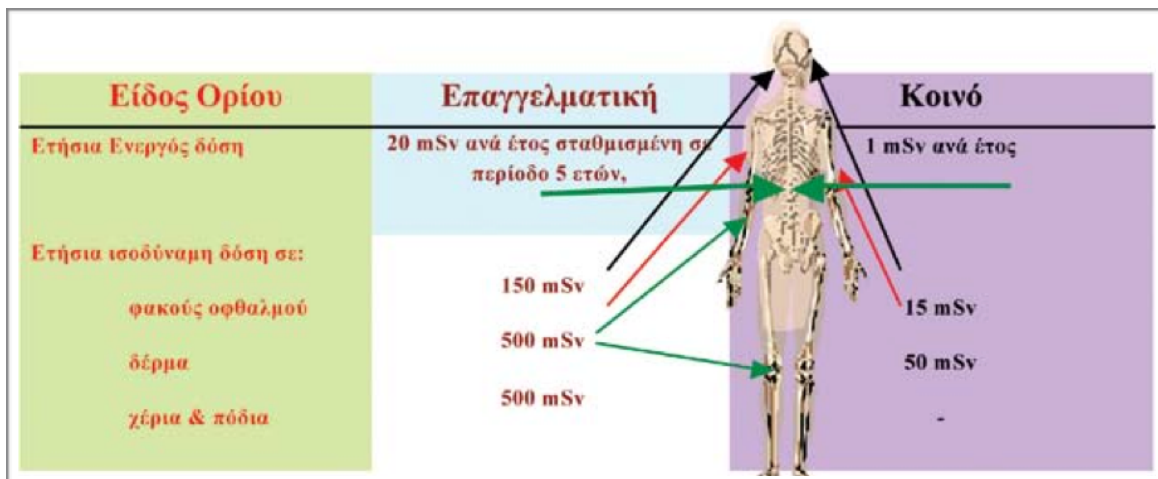
(γ) ο αριθμός των εκτιθέμενων ατόμων,

να είναι τόσο μικρά όσον αυτό είναι λογικά εφικτό (γνωστή ως αρχή της ALARA – As Low As Reasonably Achievable), λαμβανομένων υπόψη οικονομικών και κοινωνικών παραγόντων. Κατά τις πρακτικές πρέπει να εφαρμόζονται περιοριστικά επίπεδα δόσεων.

Τα “περιοριστικά επίπεδα δόσεων” (ΠΕΔ), αντιστοιχούν σε τιμές μετρήσιμων μεγεθών (π.χ., ενεργός δόση, Bq / m³, Bq /m² κλπ.) και καθορίζονται στη φάση σχεδιασμού της ακτινοπροστασίας μιας πρακτικής. Η τιμή των ΠΕΔ καθορίζεται έτσι ώστε να είναι αποδέκτη κατά την ορθή εφαρμογή μιας πρακτικής, με βάση την υπάρχουσα γνώση και εμπειρία . Όταν η πρακτική εφαρμόζεται σωστά, δεν προβλέπεται υπέρβαση των ΠΕΔ στην προγραμματισμένη κατανομή των ατομικών δόσεων. Θα πρέπει να τονισθεί ότι τα ΠΕΔ δεν πρέπει να συγχέονται με τα όρια δόσης τα οποία αναφέρονται στην ατομική δόση που μπορεί να λάβει ένα μεμονωμένο άτομο από όλες τις πρακτικές που μπορεί να ενέχουν κίνδυνο έκθεσης στο παρόν και στο άμεσο μέλλον. Αντίθετα με τα όρια δόσεων η υπέρβαση των οποίων απαγορεύεται, η υπέρβαση των ΠΕΔ δεν επιτάσσει την άμεση απομάκρυνση του εργαζόμενου από τα καθήκοντα του με ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Η συστηματική όμως υπέρβαση των ΠΕΔ, αποτελεί αιτία έρευνας η οποία ενδεχομένως να οδηγήσει στην αναθεώρηση των μέτρων βελτιστοποίησης της ακτινοπροστασίας. Τα ΠΕΔ καθορίζονται για τις εγκεκριμένες πρακτικές, τόσο σε κρατικό επίπεδο όσον και στα προγράμματα ακτινοπροστασίας των επιμέρους πρακτικών κατά τη φάση του σχεδιασμού τους ώστε να αποτελέσουν εσωτερικούς στόχους των μέτρων βελτιστοποίησης.

- Αρχή των ορίων δόσεων : Οι ατομικές εκθέσεις σε ακτινοβολία, που οφείλονται στο σύνολο των πηγών ακτινοβολίας στα πλαίσια των εγκεκριμένων πρακτικών, πρέπει να υπόκεινται σε όρια δόσεων ή όρια κινδύνων, η υπέρβαση των οποίων θεωρείται μη αποδέκτη (απαγορεύεται η υπέρβαση των ορίων δόσεων).

Τα όρια δόσεως για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους και για μεμονωμένα άτομα του κοινού είναι διαφορετικά. Για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους το ετήσιο όριο της ενεργού δόσεως είναι κατά μέσων ορό 20 mSv με μέγιστο τα 50 mSv, ενώ κατά τη διάρκεια περιόδου πέντε συνεχόμενων ετών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 100 mSv. Για μεμονωμένα άτομα του κοινού, το όριο της ενεργού δόσης καθορίζεται σε 1 mSv κατά τη διάρκεια ενός έτους για το σύνολο των εφαρμοζόμενων πρακτικών. Στα όρια αυτά δεν περιλαμβάνονται οι δόσεις που οφείλονται στην ακτινοβολία του υποστρώματος και στις ιατρικές εκθέσεις για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς. Τα όρια δόσεως για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους και για μεμονωμένα άτομα του κοινού δίδονται στον πίνακα 3.5.α.



Εικόνα 3.5.α Όρια δόσεως για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους και για μεμονωμένα άτομα του κοινού [19]

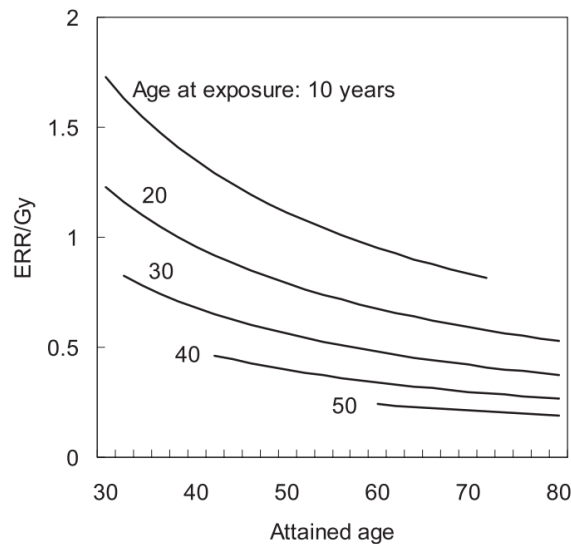
Τα όρια ενεργού δόσεως θεσπίστηκαν με σκοπό περιορισμού του κίνδυνου σε αποδεκτά επίπεδα των επαγγελματικά εκτιθέμενων και των μεμονωμένων ατόμων του κοινού από τα στοχαστικά αποτελέσματα των ακτινοβολιών. Τα όρια ισοδύναμης δόσης για φακούς οφθαλμού, δέρμα και άκρα που περιλαμβάνονται στον πίνακα θεσπίστηκαν με σκοπό την αποσόβηση άμεσων αποτελεσμάτων της ακτινοβολίας των επαγγελματικά εκτιθέμενων.

1.3.6 Δεδομένα μελετών σχετικά με το LNT

Μέσα από τη μελέτη βιωσιμότητας (LSS=Life Span Study) των επιζώντων της ατομικής βόμβας ως βασική πηγή δεδομένων οδήγησαν την ICRP στην υιοθέτηση του μοντέλου LNT. Μέσα από τον παράγοντα δόσης και ρυθμού μείωσης της δόσης (DDREF= Dose and Dose Rate Reduction Factor) υπολογίζουμε το ρίσκο της υψηλής δόσης σε ρίσκο χαμηλής δόσης.

Στα γραφήματα που παρουσιάζονται παρακάτω συμπεραίνει κάποιος την δυσκολία να οριστεί το σχήμα της σχέσης δόσης-συνέπειες για της χαμηλές δόσεις. Στους επιζώντες

από της ατομικής βόμβας παρουσιάζονται δυσκολίες να ερμηνεύσουμε την γραμμικότητα της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου για δόσης ακτινοβολίας μικρότερες του 1 Sv . Δεν μπορούμε να ισχυριστούμε με σιγουριά την ύπαρξη κίνδυνου από το σημείο μηδέν ή από ένα πιθανό κατώφλι. Παρόμοιες δυσκολίες κατανόησης παρουσιάστηκαν και σε μετρήσεις που έγιναν σε εργαζόμενους πυρηνικών εργοστασίων της Βρετανίας.



Διάγραμμα 3.6: Τροποποίηση του ERR με την ηλικία έκθεσης και επίτευξης. [26]

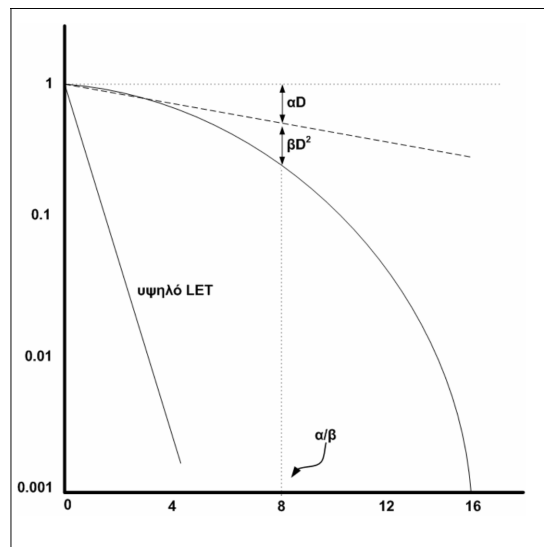
Από όλα τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως για σημειώσουμε πρόοδο στην κατανόηση της δράσης της ραδιενέργειας στις χαμηλές δόσεις θα πρέπει να κατανοήσουμε τη δράση της ραδιενέργειας σε μοριακό επίπεδο. Λαμβάνοντας υπόψιν μας την βιοφυσική της δράσης σε μοριακό επίπεδο, την εμφάνιση των συνεπειών αυτών σε ατομικό επίπεδο και την μελλοντική επιρροή αυτών στην εμφάνιση καρκίνου, θα προσπαθήσουμε διαμέσου των πειραματικών και επιδημιολογικών δεδομένων υψηλών δόσεων να αναπτύξουμε ένα αξιόπιστο μοντέλο.

1.3.7 Σχέση LQ

Η κύρια βάση του μοντέλου αυτού είναι οι καμπύλες επιβίωσης κυτταρικών πληθυσμών μετά από ακτινοβολία ανάλογα με την ισχύ της δόσης. Η σχέση που έχει επικρατήσει είναι η γραμμική-τετραγωνική (LQ=Linear-Quadratic) :

$$S = \exp[-p(aD + \beta D^2)] \quad (18)$$

οπού το S εκφράζει το ποσοστό επιβίωσης των κύτταρων μετά από ακτινοβόληση δόσης D . Τα α και β προέρχονται από την προσαρμογή των δεδομένων στην καμπύλη. Το α εξαρτάται από το ρυθμό της δόσης, με μείωσή του ο τετραγωνικός Όρος μειώνεται και για πολύ χαμηλούς ρυθμούς προσεγγίζει το 0 τη στιγμή που το β παραμένει αμετάβλητο. Ο λόγος που προσεγγίζει το 0 έχει να κάνει με το χρόνο που δόθηκε στα κύτταρα ώστε να ενεργοποιήσουν τους επισκευαστικούς μηχανισμούς τους μετά την ακτινοβόληση. Το β τώρα, εξαρτάται από την πυκνότητα ιονισμού, για βαρύτερα σωματίδια ο γραμμικός όρος είναι αντίστοιχα μεγάλος, εξαρτάται δηλαδή από την γραμμική μεταφορά ενέργειας (LET). Έτσι για υψηλή μεταφορά ενέργειας έχουμε αποτομή καμπύλη επιβίωσης. (α μεγαλύτερο για σωματίδια α από ότι για φωτόνια γ).



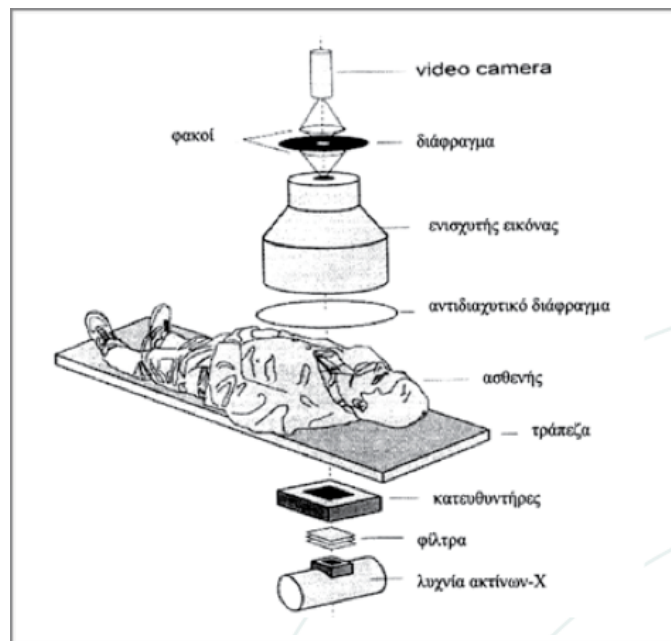
Διάγραμμα 3.7: Το γραμμικό τετραγωνικό πρότυπο. Παρουσιάζεται μια γενική μορφή της καμπύλης επιβίωσης (δεξιά καμπύλη) και μια ειδική περίπτωση όπου υπάρχει υψηλή απόθεση ενέργειας στον ιστό από την χρησιμοποιούμενη ακτινοβολία (υψηλό LET). Ο άξονας των τεταγμένων δίνει την πιθανότητα επιβίωσης του κυττάρου. Τα α και β είναι οι παράμετροι του γραμμικού-τετραγωνικού μοντέλου LQ.

Η γραμμική τετραγωνική εξίσωση του κυτταρικού θανάτου είναι μια πρώτη εκτίμηση της σχέσης δόσης-επίπτωσης για χαμηλές δόσεις. Ο τετραγωνικός παράγοντας γίνεται σημαντικός για δόσεις πάνω των 2 Gy, ενώ ο κυτταρικός Όρος που ορίζει και τον κυτταρικό θάνατο είναι σημαντικότερα αυξημένος στις χαμηλές δόσεις.

Κεφάλαιο 1.4: Ιατρικές διαγνωστικές μέθοδοι με Ιοντίζουσες ακτινοβολίες

1.4.1 Ακτινοσκόπηση

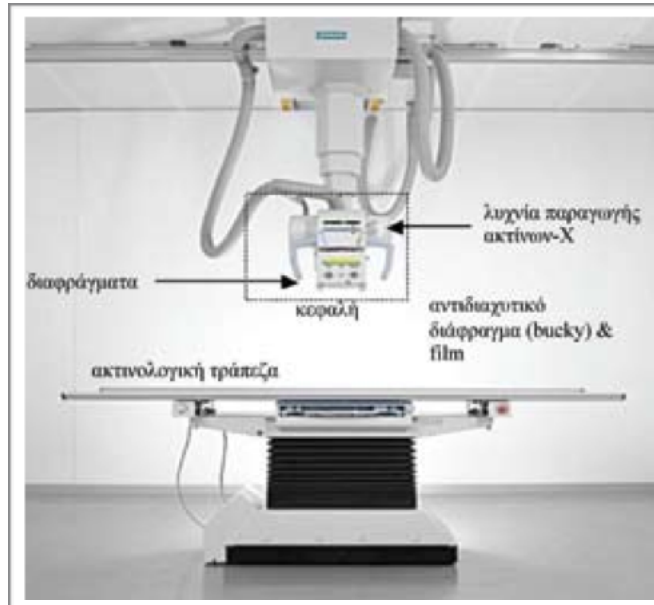
Ακτινοσκόπηση είναι η απεικόνιση του εσωτερικού του σώματος σε πραγματικό χρόνο. Πρόκειται για συνεχή ακτινογράφιση με προβολή και καταγραφή των εικόνων σε σύστημα video (-film). Η παράγωγή των ακτίνων-Χ γίνεται με ακτινογραφική λυχνία όπως και στην



Εικόνα 4.1.α Μέρη ακτινογραφικού μηχανήματος .

ακτινογράφιση, και αφού οι ακτίνες-Χ διαπεράσουν το σώμα του εξεταζόμενου προσπίπτουν σε φθορίζουσα οθόνη. Ο γιατρός έχει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει τη κίνηση και την λειτουργία οργάνων του σώματος, καθώς είναι δυνατή και η λήψη στατικών ακτινογραφιών με χρήση φιλμ. Ο ακτινολόγος έχει την δυνατότητα επιλογής παραμέτρων όπως:

- Η ρύθμιση των mA που εκπέμπονται από την κάθοδο και έλκονται από την άνοδο αντίστοιχα. Σαν μέγεθος είναι ενδεικτικό του ρυθμού παράγωγης φωτόνιων.
- Ρύθμιση του χρόνου έκθεσης του εξεταζόμενου, ποσό δηλαδή θα ακτινοβοληθεί. Μας ενδιαφέρει ο χρόνος να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος ώστε να αποφευχθεί τόσο η ασάφεια που προκαλείται στην εικόνα λόγω κίνησης του ασθενή, όσο και η περαιτέρω έκθεσή του.
- Τέλος, με τα σύγχρονα ακτινοσκοπικά μηχανήματα είναι δυνατή η επιλογή της κατάλληλης αντίθεσης και φωτεινότητας στην εικόνα, καθότι εξοπλίζονται με ειδικό ενισχυτή εικόνας για μεγαλύτερη ευκρίνεια.



Εικόνα 4.1.β Το σύστημα ακτινοσκόπησης αποτελείται από τις εξής μονάδες: · Λυχνία ακτίνων X · Φίλτρα Σύστημα κατευθυντή Τράπεζα και ασθενής · Αντιδιαχυτικό πλέγμα · Ενισχυτής εικόνας · Οπτικό σύστημα · Σύστημα παρατήρησης και καταγραφής

Αναλυτικότερα :

Οι ακτίνες-X αφού διέλθουν από το σώμα του εξεταζόμενου απορροφώνται από το φθορίζον πέτασμα, και παράγουν φως το οποίο κατευθύνεται προς την φωτοκάθοδο, όπου στη συνέχεια έχουμε εκπομπή e^- , τα οποία έλκονται από την άνοδο υπό υψηλό δυναμικό και εστιάζονται στο κέντρο της. Τέλος η έξοδος αποτελείται και αυτή από φθορίζον υλικό, η οποία μετά από σειρά καθρεπτών και φακών προβάλλεται σε μεγάλη οθόνη υψηλής ευκρίνειας.[27]

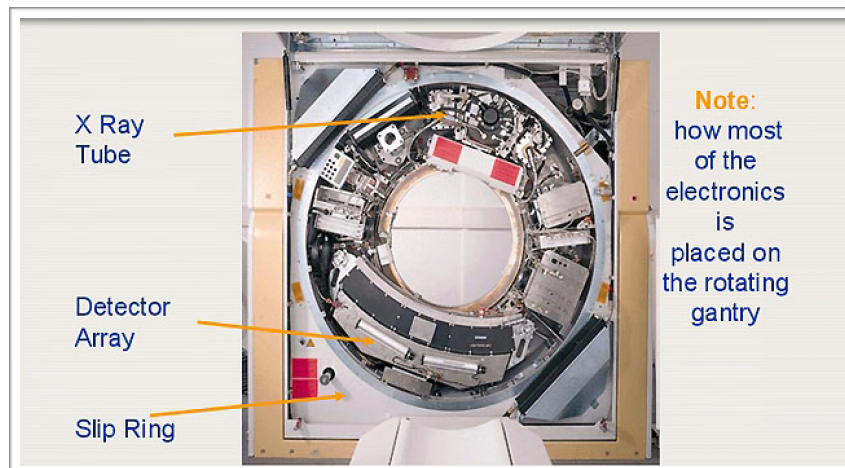
1.4.2 Αξονική Τομογραφία (CT)

Την καρδιά του αξονικού τομογράφου αποτελεί το Gantry, το οποίο αποτελείται από τη λυχνία παράγωγης ακτίνων X, τους ανίχνευτες και το σύστημα απόκτησης δεδομένων (DAS= Data Acquisition System). Στη λυχνία παράγονται οι ακτίνες X και κατόπιν εκπέμπονται προς τον εξεταζόμενο, που βρίσκεται στο κέντρο του Gantry. Στη συνέχεια αυτή εξασθενεί ανάλογα με τα ανατομικά χαρακτηριστικά του ασθενή στην περιοχή εξέτασης, και τελικά ανιχνεύεται από μια σειρά ανίχνευτων στην αντίθετη πλευρά. Το σύστημα λυχνίας- ανίχνευτων περιστρέφεται γύρω από τον ασθενή συλλέγοντας δεδομένα

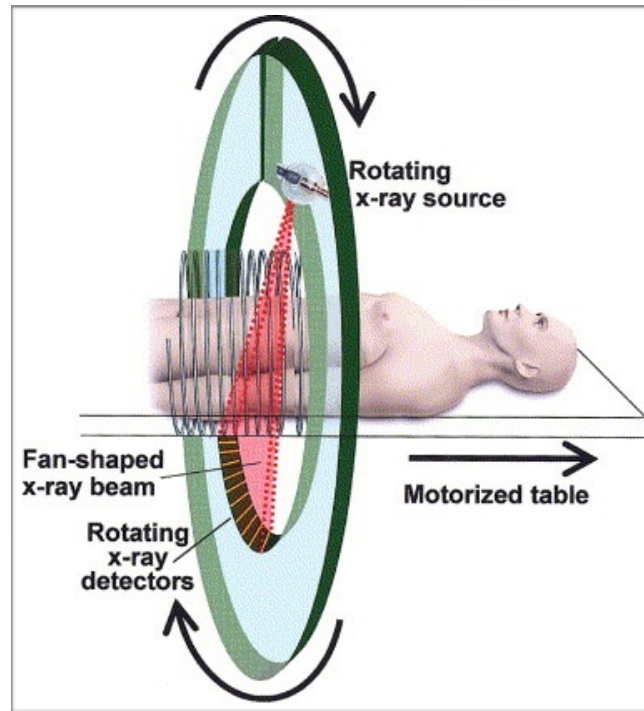
από άλλες γωνιές για μια τομή ενώ παράλληλα μετακινείται στον άξονα z καλύπτοντας έτσι όλη την περιοχή εξέτασης .



Εικόνα 4.2.α Σύγχρονος αξονικός τομογράφος .



Εικόνα 4.2.β Το εσωτερικό ενός τομογραφικού μηχανήματος. Η τοποθέτηση των ηλεκτρονικών με ένα μηχανικό σύστημα γρήγορης περιστροφής στο Gantry,



Εικόνα 4.2.γ Αποκλίνουσα δέσμη ακτίνων Χ εκπέμπεται από την λυχνία διαπερνώντας εγκάρσια τον ασθενή που είναι ξαπλωμένος ανάσκελα στην εξεταστική τράπεζα, η οποία αποτελεί το κέντρο του Gantry.

Το ηλεκτρικό σήμα της έντασης της εξασθένησης ακτινοβολίας από κάθε ακτίνα, που έχει αποκτηθεί από τους ανίχνευτες, μετατρέπεται από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό μέσω των μετατροπέων (ADC = Analog Digital Converter). Τα σήματα αυτά χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του συντελεστή εξασθένησης $\mu(x, y)$ μέσω της σχέσης [29]w:

(19)

οπού L είναι το μήκος που διασχίζει η ακτίνα Χ, το I_0 είναι η ένταση της εισερχόμενης ακτινοβολίας προς τον ασθενή, δηλαδή η ένταση πριν εισέλθει στον ασθενή, το I είναι η εξασθενημένη ακτινοβολία από το αντικείμενο εξέτασης, ένταση που καταλήγει στους ανίχνευτες και τέλος το $\mu(x, y)$ είναι ο συντελεστής εξασθένησης στο πεδίο x, y . Με το I_0 γνωστό και το I μετρήσιμο μπορούμε να υπολογίσουμε το συντελεστή εξασθένησης $\mu(x, y)$. Ο συντελεστής αυτός θα χρησιμοποιηθεί στον ορισμό κάποιων αριθμών που βοηθούν στην απεικόνιση δισδιάστατης τομογραφικής εικόνας. [28]

1.4.3 Στεφανιογραφία - Αγγειογραφία

Η αγγειογραφία αποτελεί μια ακτινοσκοπική (x-ray technique), επεμβατική μέθοδος, με την οποία οι καρδιολόγοι μπορούν να εκτιμήσουν την κατάσταση των στεφανιαίων αρτηριών. Πρόκειται για μελέτη των αγγείων με τη χρήση των ακτίνων Χ. Όταν αυτό γίνεται στις αρτηρίες της καρδιάς (στεφανιαίες), τότε ονομάζεται στεφανιογραφία (Coronary angiography). Η αγγειογραφία απαιτεί την έγχυση σκιαγραφικής ουσίας που καθιστά τα αγγεία ορατά με τη χρήση των ακτίνων Χ. Η διαδικασία παράγει μια κινούμενη εικόνα που ονομάζεται αγγειογράφημα και μας αποκαλύπτει αν υπάρχει στένωση ή ακόμα και απόφραξη των αρτηριών.

Ο επεμβατικός καρδιολόγος, μέσω της μηριαίας/κερκιδικής αρτηρίας, τοποθετεί με τοπική αναισθησία ένα καθετήρα μέχρι την είσοδο της αορτής, στην καρδιά. Στη συνέχεια προωθείται σκιαγραφική ουσία και μπορεί εύκολα να οπτικοποιήσει τις στεφανιαίες αρτηρίες με τη βοήθεια ακτινοβολίας (x-ray). Οι σημαντικές στενώσεις (>70%) διατείνονται με την έκπτυξη ενός μπαλονιού και ακολούθως σταθεροποιούνται με έναν μικροσκοπικό σκελετό (stent). Η διαδερμική λοιπόν διάνοιξη της στένωσης, ονομάζεται και αγγειοπλαστική (Percutaneous Coronary Intervention, PCI).

Η στεφανιογραφία λοιπόν, πραγματοποιείται σε οξύ στεφανιαίο σύνδρομο ή όταν γνωρίζουμε μέσω σπινθηρογραφήματος για την πιθανή ύπαρξη σημαντικών στενώσεων στα στεφανιαία αγγεία μας, οι οποίες χρήζουν διάνοιξη. Πλην εξαιρέσεων δεν πραγματοποιείται για διαγνωστικούς και ποτέ για προληπτικούς σκοπού, με κυριότερο λόγο την μεγάλη προσλαμβανόμενη δόση ακτινοβολίας για τον ασθενή.

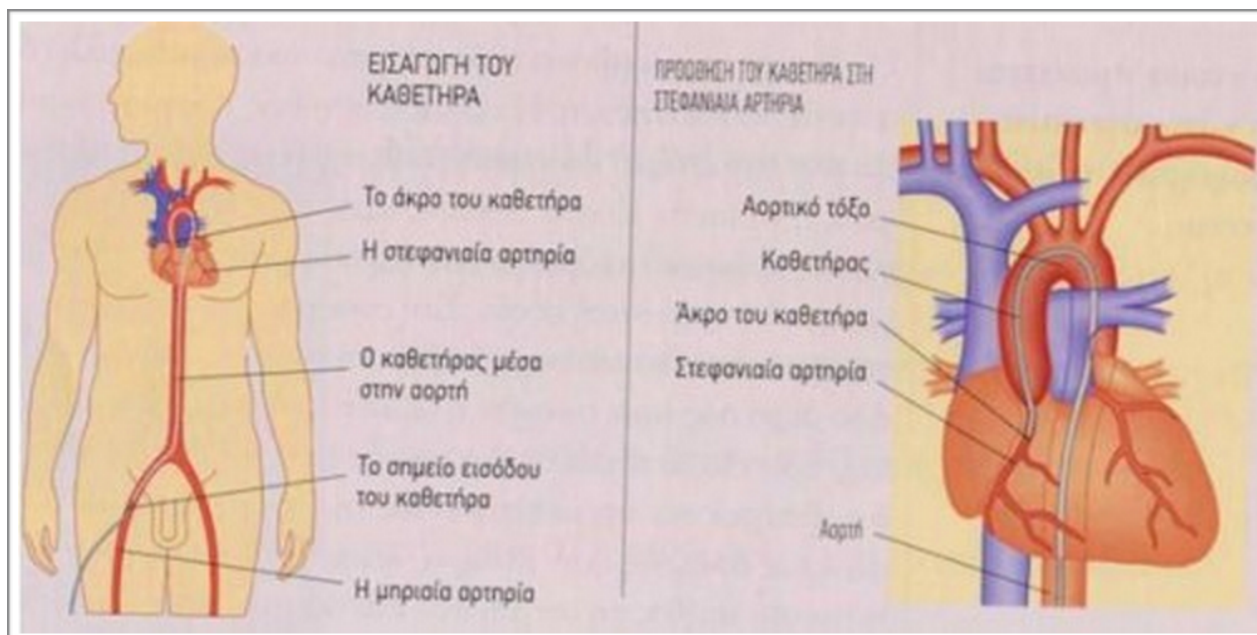
Υπάρχουν διαφορά είδα αγγειογραφιών όπως:

- Αγγειογραφία εγκεφάλου: χρησιμοποιείται για να εντοπιστούν ανευρύσματα αποφράξεις ή ανωμαλίες των αγγείων του εγκεφάλου.
- Στεφανιογραφία: χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των στεφανιαίων αγγείων η απόφραξη των οποίων αποτελεί την αίτια εμφράγματος ή άλλων καρδιακών παθήσεων.
- Πνευμονική αγγειογραφία: γίνεται για να μελετηθεί η κυκλοφορία του αίματος στους

$$I = I_0 \cdot \exp[-\mu(x,y) \cdot L] \rightarrow \int_L \mu(x,y) ds = \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

πνεύμονες.

- Ο καθετήρας εισάγεται σε φλέβα και όχι σε αρτηρία και προωθείται ως τους πνεύμονες
- Αγγειογραφία νεφρών: γίνεται για την εκτίμηση της λειτουργίας των νεφρών [30]



Εικόνα 4.3.α.: Συνοπτική παρουσίαση της διαδικασίας καθετηριασμού για την στεφανιογραφία.

1.4.4 Σπινθηρογράφημα

Το σπινθηρογράφημα στηρίζεται στη χορήγηση ελάχιστης ποσότητας ραδιενέργειας στον ανθρωπινό οργανισμό και παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για ένα ευρύ φάσμα παθήσεων. Χρησιμοποιείται ευρύτατα για την ανίχνευση μικρών περιοχών βλάβης των ιστών. Λόγου χάρη, μετά από μια καρδιακή προσβολή, η έκταση της βλάβης του καρδιακού μυός μπορεί να εκτιμηθεί με την χρησιμοποίηση μια ουσίας, η οποία συγκεντρώνεται στα μυϊκά κύτταρα που έχουν υποστεί βλάβη, πράγμα που δεν συμβαίνει με τα φυσιολογικά κύτταρα. Ορισμένα ραδιοϊσότοπα συγκεντρώνονται στους όγκους, γεγονός που καθιστά χρησιμότερη τη μέθοδο αυτή για τον εντοπισμό όγκων και τον προσδιορισμό της εξάπλωσης του καρκίνου σε οποιοδήποτε μέρος του σώματος. Κινούμενες εικόνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξέταση λειτουργιών όπως η ροή του αίματος, η κένωση του στομάχου, οι κινήσεις της καρδιάς, η ροή των ουρών διάμεσο των νεφρών ή η ροή της χολής διαμέσου του ήπατος.

Μόλις εισαχθεί στο σώμα το ραδιοϊσότοπο, είτε με την μορφή διαλύματος προς κατάποση είτε ενέσιμα σε κάποια φλέβα, κατευθύνεται στο όργανο που αποτελεί το στόχο του, όπου εκπέμπει ακτίνες γάμα (παρόμοιες με τις ακτίνες Χ, άλλα βραχύτερου μήκους κύματος), τις οποίες μπορεί να ανίχνευση μια κάμερα ακτίνων γ. Ένας υπολογιστής αναλύει τα αποτελέσματα και φτιάχνει μια εικόνα η οποία μπορεί να εμφανιστεί σε οθόνη ή υπό

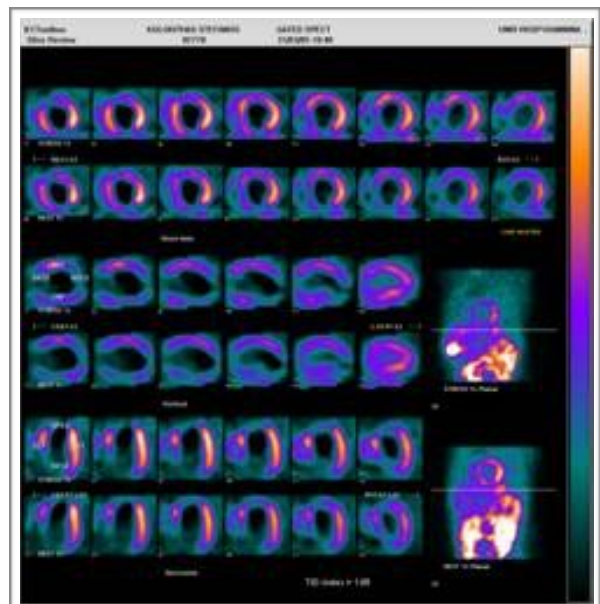
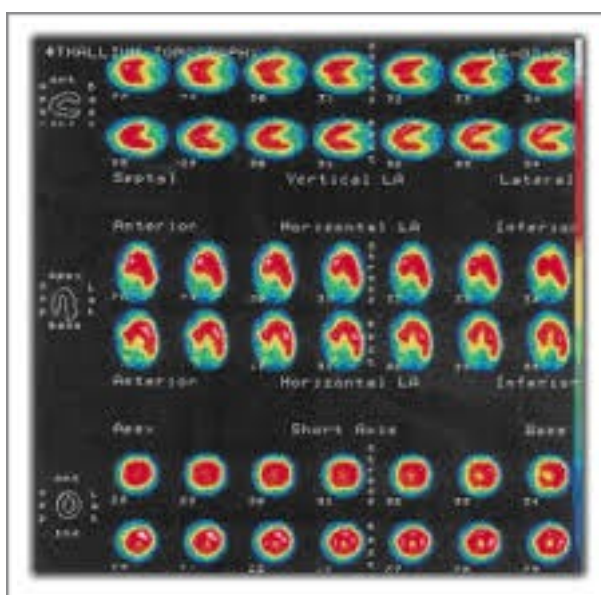
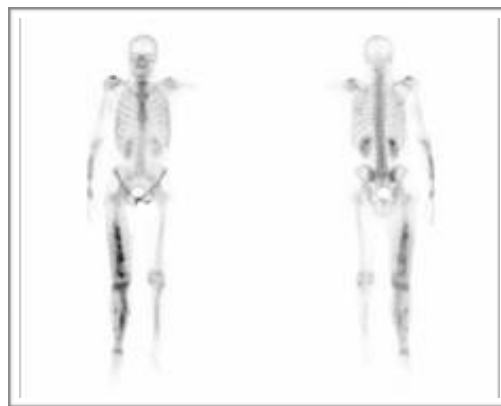
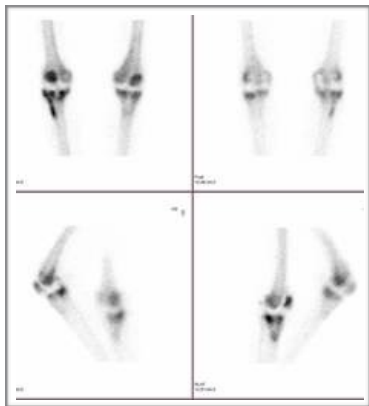
αριθμητική μορφή. Κινούμενη εικόνα είναι επίσης δυνατό να δημιουργηθεί καθώς το ραδιοϊσότοπο περνάει μέσα από το σώμα. Τα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι το θάλλιο (Tl-201) και το τεχνήτιο (Tc-99). [31]

Είδη σπινθηρογραφμάτων:

- Σπινθηρογράφημα οστών
- Σπινθηρογράφημα νεφρών
- Σπινθηρογράφημα θυροειδούς με τεχνήτιο
- Σπινθηρογράφημα μυοκάρδιου με θάλλιο
- Ολόσωμο σπινθηρογράφημα με γάλλιο
- ολόσωμο σπινθηρογράφημα με ιώδιο
- κ.α..

Σπινθηρογράφημα του μυοκαρδίου

Σκοπός της εξέτασης αυτής είναι η διάγνωση της στεφανιαίας νόσου. Το χορηγούμενο ραδιοϊσότοπο ονομάζεται θάλλιο (Tl-201). Ο ασθενής υποβάλλεται σε μια διαδικασία κόπωσης στο τέλος της οποίας του χορηγείται ενδοφλεβίως το ραδιοϊσότοπο. Ακολούθως τοποθετείται στο κρεβάτι της γ-κάμερας και λαμβάνονται τομογραφικές εικόνες της καρδιάς. Αν κριθεί απαραίτητο από τον ιατρό η απεικόνιση της καρδιάς επαναλαμβάνεται μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Η δόση κυμαίνεται περίπου στα 35 mSv.



Εικόνα 4.4.1: Κατά σειρά σπινθηρογράφημα οστών με Tc-99, νεφρών και μυοκαρδίου.

Κεφάλαιο 1.5 : Μικρές δόσεις ακτινοβολίας (low dose radiation)

Οι υψηλές δόσεις ιοντιζουσών ακτινοβολιών είναι ξεκάθαρο ότι προκαλούν επιβλαβείς συνέπειες στους ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένου μα όχι μόνο, την εμφάνιση καρκίνου. Ελάχιστος λόγος γίνεται για τις υψηλές δόσεις >100 mSv , είτε αυτές παράγονται στιγμιαία (έντονα) είτε για παρατεταμένο χρονικό διάστημα, για τις επιβλαβείς τους επιπτώσεις στον άνθρωπο. Στις χαμηλότερες δόσεις (3-30 mSv,) η κατάσταση που επικρατεί είναι λιγότερο ξεκάθαρη, ωστόσο οι κίνδυνοι στις χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας αποτελούν άμεσης κοινωνικής σημασίας καθώς σχετίζονται με θέματα που ποικίλουν όπως: τα τεστ απεικόνισης καρκίνων, το μέλλον της πυρηνικής ενέργειας, τα επαγγέλματα που σχετίζονται με την έκθεση σε ακτινοβολία κ.α. (βλ. πίνακα 1)

Προσπαθώντας να κατηγοριοποιήσουμε τους κίνδυνους εξαιτίας των χαμηλών δόσεων γεννώνται δυο καίρια ερωτήματα:

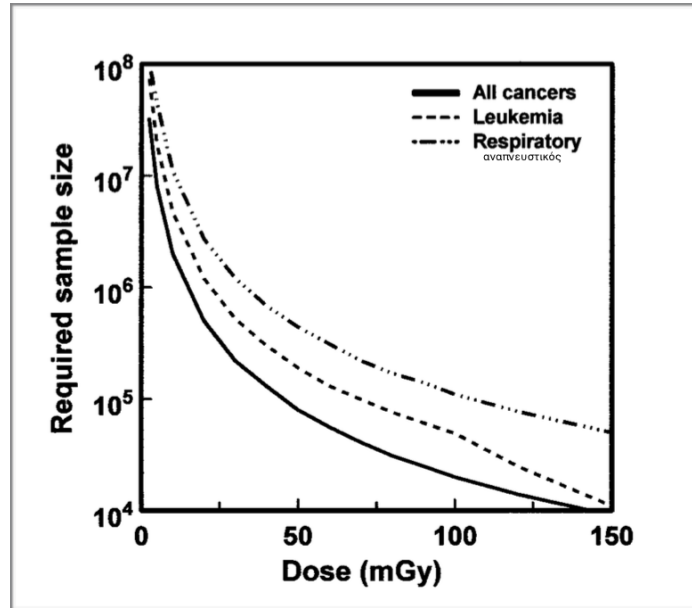
1. Αρχικά ποια είναι η χαμηλότερη δόση ακτίνων χ και γ κατά την οποία μπορούμε να ισχυριστούμε την ύπαρξη αυξημένου καρκινικού ρίσκου στους ανθρώπους.
2. Και κατά δεύτερον ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος επέκτασης αυτής της θεωρίας σε ακόμη χαμηλότερες δόσεις.

Σχετικές Εκθέσεις Καθημερινότητας	Προσεγγιστική Μέση Δόση (mSv)
Αεροπορικό ταξίδι μετ' επιστροφής Λονδίνο - Νέα Υόρκη.	0.1
Απλή μαστογραφία (δόση στήθους)	3
Δόση υπόβαθρου λόγω της φυσικής έκθεσης	3/χρόνο
Δόση(για πάνω από 70 χρόνια) σε 0.5 εκατομμύριο Ουκρανούς λόγω της γεινίασης με το Τσερνομπίλ	14
Διακύμανση δόσης από πιθανή τρομοκρατική ενέργεια σε απόσταση 20 μπλοκ από την έκρηξη	3-30
Παιδιατρική CT (στομάχι)	25
Όριο έκθεσης εργατών	20/χρόνο
Έκθεση στον διεθνή διαστημικό σταθμό	170/χρόνο
Μερικές εκθέσεις σε χαμηλές δόσεις	
Επιζώντας ατομικής βόμβας	200
Ιατρικές X- rays	100
Εργάτες σε πυρηνικά	20
Ανεξάρτητη διαγνωστική έκθεση	10

Πινάκας 1: Μέσες δόσεις ακτινοβολίας εξαιτίας καθημερινών διενεργειών και εκτίμηση ρίσκου.

Αρχικά ποια είναι η χαμηλότερη δόση ακτίνων χ και γ κατά την οποία μπορούμε να ισχυριστούμε την ύπαρξη αυξημένου καρκινικού ρίσκου στους ανθρώπους. Και κατά δεύτερον ποιος είναι ο καταλληλότερος τρόπος επέκτασης αυτής της θεωρίας σε ακόμη χαμηλότερες δόσεις.

Με μια πρώτη ματιά παίρνοντας ως βάση τα αποτελέσματα βασιζόμενα σε πειραματικά αποτελέσματα κατηγοριοποιημένα με βιοφυσικά επιχειρήματα, μια γραμμική παρέκταση από τις υψηλές στις χαμηλές δόσεις φαίνεται να είναι η πιο κατάλληλη προσέγγιση. Ωστόσο αυτού του γραμμικού είδους προσεγγίσεις δεν είναι απαραίτητα η πιο σαφής απάντηση, καθώς φαίνεται να οδηγεί σε αποτελέσματα τα οποία είτε μπορεί να υποεκτιμούν κάποια καρκινικά ρίσκα, είναι να υπερεκτιμούν κάποια άλλα.



Γράφημα 1: Μέγεθος μιας ομάδας, που εκτίθεται σε διαφορετικές δόσεις ακτινοβολίας, η οποία απαιτείται ώστε να ανιχνευτεί μια σημαντική αύξηση στην καρκινική θνησιμότητα, κατά τη διάρκεια της ζωής τους, παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλής δόσης ακτινοβολίας.

Ποια είναι η χαμηλότερη δόση ακτίνων χ και γ κατά την οποία μπορούμε να ισχυριστούμε την ύπαρξη αυξημένου καρκινικού ρίσκου στους ανθρώπους:

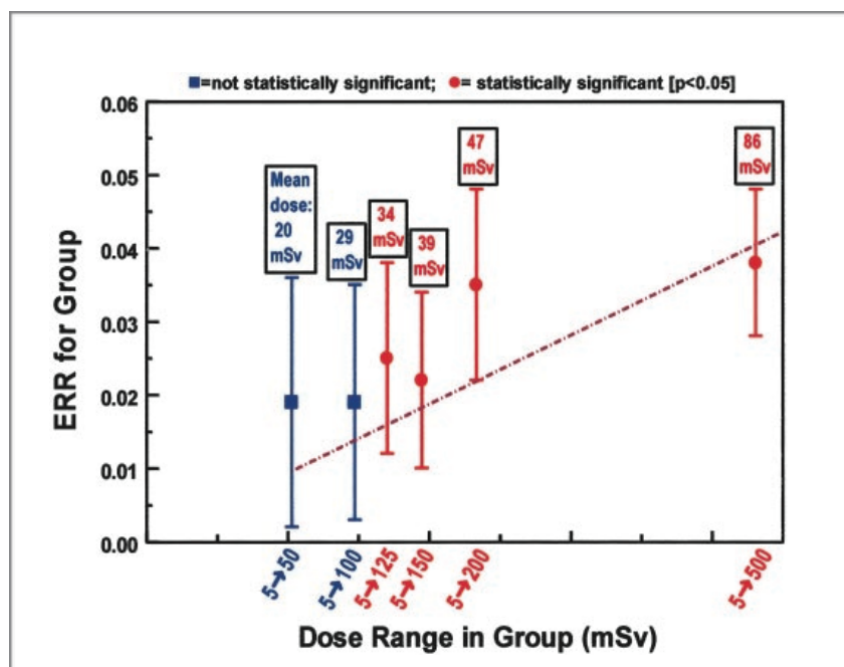
Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε τη χαμηλότερη δόση, από ακτίνες χ και γ, κατά την οποία έχουμε αποδείξεις για αύξηση των καρκινικών κινδύνων, είναι σημαντικό να διαχωρίσουμε την αυξημένη δόση (acute) σε ένα πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (επιζώντες ατομικής βόμβας) και της παρατεταμένης (protracted) έκθεσης (ιονίζον εργασιακό περιβάλλον). Γενικότερα, παρατεταμένη έκθεση στην ίδια δόση ακτινοβολίας σε σχέση με την απευθείας ακτινοβολία σε σύντομο χρονικό διάστημα επιφέρει χαμηλότερους κινδύνους εμφάνισης προβλημάτων που σχετίζονται με τον καρκίνο και όχι μόνο.

Οξύς έκθεση σε χαμηλής δόσης ακτινοβολία

Οι επιδημιολογικές μελέτες με υψηλή στατιστική εγκυρότητα, προκειμένου να αξιολογηθούν οι κίνδυνοι της έκθεσης σε χαμηλή δόση ακτινοβολίας είναι δύσκολη, καθώς το δείγμα

αποτελεί η “ομάδα” των επιζησάντων από την ατομική βόμβα. Δείγμα πολυπληθές με δύσκολη και χρονοβόρα εποπτεία και παράλληλη έκθεση των επιζησάντων σε μεγάλο εύρος άλλων ακτινοβολιών. Ωστόσο, οι αναλύσεις των επιζησάντων από την ατομική βόμβα έχουν συμπεριληφθεί και σε μελέτες υψηλών δόσεων ακτινοβολίας, όντας, η μέση δόση στα 200 mSv με ποσοστό >50% των εκτιθέμενων να έχουν δόσεις <50 mSv. Έχουν γίνει μελέτες για τις καρκινικές επιπτώσεις και την καρκινική θνησιμότητα, παρόλα αυτά μεγάλο ποσοστό των εκτιθέμενων είναι ακόμα εν ζωή. Στο παρακάτω γράφημα (2) εμφανίζονται οι εκτιμήσεις της καρκινικής θνησιμότητας λόγω χαμηλών δόσεων ιοντιζουσών ακτινοβολιών στους επιζήσαντες από την ατομική βόμβα. Σημαντικές επίσης παράμετροι που επηρεάζουν την καρκινική θνησιμότητα πέραν του μεγέθους της δόσης είναι η ηλικιακή κληρονομικότητα, το φύλλο κ.α. Ως εκ τούτου έρευνες σε υποπληθυσμούς περισσότερο ή λιγότερο ευαίσθητους θα οδηγήσουν σε ποικίλα συμπεράσματα. Για παράδειγμα έκθεση σε βρεφικές και παιδικές ηλικίες αναμένεται να οδηγήσουν σε υψηλότερο ρίσκο λόγω της διαφορετικότητας των κύτταρων, της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής και κατ’ επέκταση μεγαλύτερου χρόνου ενός καρκινικού κύτταρου να εκδηλωθεί. Μια πιο λεπτομερής ανάλυση υποστηρίζει ότι δόση ακτινοβολίας της τάξης των 10 mSv στο έμβρυο εκτοξεύει την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου στην παιδική ηλικία .

Μεγάλη προσοχή έχει δοθεί σε εργάτες που εμπλέκονται διαχρονικά με την ακτινοβολία στο εργασιακό τους περιβάλλον. Τα αποτελέσματα βέβαια διαφέρουν μεταξύ ερευνών. Ερευνητικά αποτελέσματα που πραγματοποιήθηκαν στην Μεγάλη Βρετανία άλλα και για Καναδούς εργάτες αναφέρουν αύξηση στην εμφάνιση καρκίνου και στα ποσοστά θνησιμότητας λόγω στέρεων καρκίνων. Αντιθέτως, σε άλλη βρετανική έρευνα δεν εμφανίζονται τέτοιου είδους συσχετίσεις. Ωστόσο, και οι τρεις έρευνες συμφωνούν στην αύξηση του κίνδυνου για λευχαιμία. Άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε γυναίκες, κάτω από την ηλικία των 20 χρόνων, που εκτέθηκαν σε ακτινοβολία λόγω ποικίλων ακτινοδιαγνωστικών εξετάσεων , παρουσιάζει μια σημαντική αύξηση στον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού για δόσεις κοντά στα 108 mSv για 25 εκθέσεις. Πάραυτα, οι κίνδυνοι παρέμειναν πανομοιότυποι και για δόσεις από 10-90 mSv.



Γράφημα 2 : Εκτίμηση επιπρόσθετων καρκινικών κινδύνων και θνησιμότητας από σταθερούς καρκίνους σε διαφορά γκρουπ επιζησάντων από την πυρηνική καταστροφή, εκτιθέμενοι σε διαφορετικές δόσεις.

Σύνοψη των δόσεων στις οποίες υπάρχουν ξεκάθαρα στοιχεία καρκινικών κινδύνων.

Για της ακτίνες χ και γ , καλή απόδειξη πρόκλησης καρκινικών κινδύνων παρουσιάζονται για οξείς δόσεις > 100 mSv και λογικά στοιχεία για αύξηση των καρκινικών κινδύνων από δόσεις που ξεπερνούν τα 5 mSv. Όπως θα περίμενε κανείς, οι δόσεις πάνω από τις οποίες έχουμε σημαντικές στατιστικές διαφορές για του καρκινικούς κινδύνους είναι περισσότερο υψηλές για την παρατεταμένη έκθεση παρά για την οξύς σε χαμηλότερα συγκριτικά νούμερα. Ενδεικτικά νούμερα αποτελούν η παρατεταμένη έκθεση σε δόσεις > 100 mSv και σε οξείς για δόσεις > 50 mSv. Φυσικά το γεγονός ότι δεν μπορούν να προβλεφθούν απευθείας οι κίνδυνοι στις χαμηλές δόσεις, ας πούμε 5 mSv, δεν επιφέρει κανένα συμπέρασμα για το αν υπάρχουν κίνδυνοι σε αυτές ή και ακόμα χαμηλότερες δόσεις .

Επέκταση των παρατηρούμενων κινδύνων σε χαμηλότερες δόσεις

Για δόσεις χαμηλότερες από αυτές που παρατηρούνται σημαντικοί κίνδυνοι για τον άνθρωπο (όπως αναφέρθηκαν παραπάνω), δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε επιδημιολογικά δεδομένα για να εξάγομαι την καμπύλη δόσης- επίδρασης. Στο τρίτο διάγραμμα παρουσιάζονται οι πιθανοί περιγραφείς για τις χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας ογκογένεσης, και διαφορετικά τελικά σημεία μπορούν να εξάγει διαφορετικές αλληλεπιδράσεις δόσης- απόκρισης .

Γραμμικές σχέσεις δόσης- απόκρισης

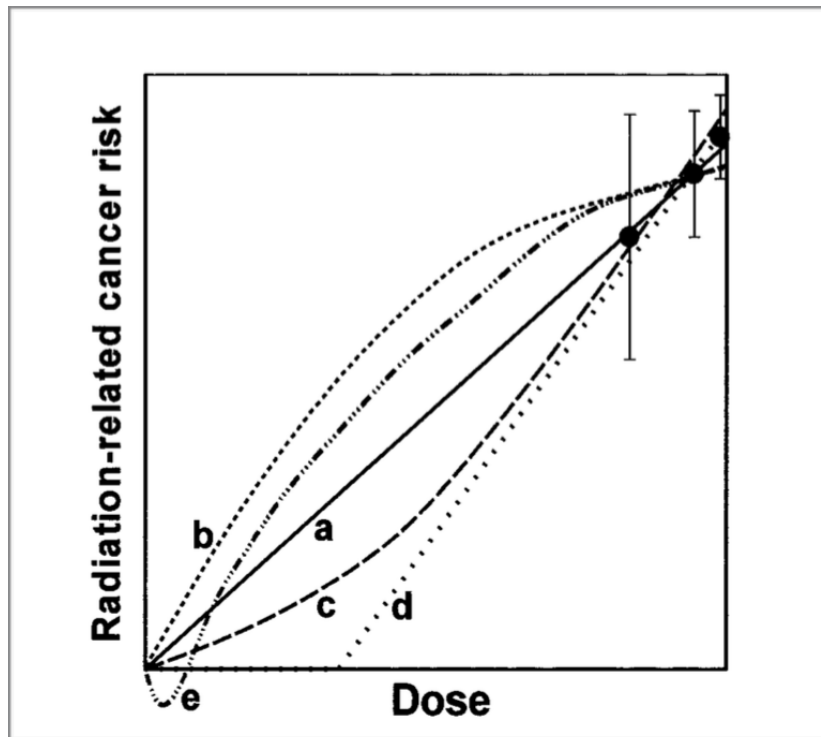
Στις χαμηλές και υπερβολικά χαμηλές δόσεις που επιδέχονται στατιστική ερμηνεία, ένα μεγάλο ποσοστό από δεδομένα είναι διαθέσιμο, από επιδημιολογικές άλλα και εργαστηριακές μελέτες, οι οποίες συμφωνούν με γραμμικές σχέσεις δόσης- απόκρισης. Στο διεθνές συμβούλιο για την ραδιοπροστασία αναφερόταν “ Παρότι, δεν μπορεί να εξαχθούν συμπεράσματα για την σχέση δόσης- απόκρισης στις πολύ χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας, δεν υπάρχουν άλλες μελέτες που να είναι περισσότερο αποδέκτες από το

γραμμικό άνευ κατώφλι μοντέλο (linear-non threshold model), με βάση τις μέχρι τώρα επιστημονικές γνώσεις. ”

Στις ακόμα χαμηλότερες δόσεις οι οποίες δεν επιδέχονται απευθείας μελέτη , η βιοφυσική λογική (biophysical) για γραμμικότητα αναφέρεται στην μοναδικά στοχαστική φύση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Η βιοφυσική λογική υποστηρίζει τα ακόλουθα :

1. Στοχευμένες επιδημιολογικές μελέτες υποστηρίζουν ότι μια δόση της τάξης των 10 mGy διαγνωστικού σκοπού με ακτίνες-χ σχετίζεται με αύξηση του καρκινικού ρίσκου.
2. Για μια δόση οργάνου περίπου στα 10 mGy για διαγνωστικούς σκοπούς με ακτίνες-χ, τα ακτινοβολημένα κύτταρα θα διαπεραστούν από ένα ή περισσότερα απομακρυσμένα ηλεκτρόνια (electron tracks). Όντας απομακρυσμένα δεν φαίνεται να προκαλούν βλάβες στο DNA, άλλα συνδυαστικά είναι πιθανόν να οδηγούν σε στοχαστικές βλάβες και κατ' επέκταση σε μοριακές αλλοιώσεις .
3. Μειώνοντας τη δόση για ένα παράγοντα 10 θα προβούμε σε αναλογικά λιγότερες κυτταρικές διαταραχές λόγω του προαναφερθέντος , οδηγώντας όμως τον λιγότερο αυτό αριθμό κύτταρων, σε όμοιες ηλεκτρονικές βλάβες και στις ίδιες ραδιοβιολογικές διαδικασίες που θα προκαλούνταν και για δόση της τάξης των 10 mGy.
4. Έτσι, μειώνοντας τον αριθμό των κύτταρων που έχουν υποστεί βλάβες κατά ένα παράγοντα 10, θα περιμέναμε να μειωθούν και οι βιολογικές επιπτώσεις στον ίδιο βαθμό. Το συμπέρασμα υποστηρίζει ότι οι παραπάνω κίνδυνοι μειώνονται γραμμικά, χωρίς κατώφλι, από τα 10 mGy μέχρι και αυθαίρετα χαμηλές δόσεις.

Ο βιοφυσικός ισχυρισμός για γραμμικότητα συμπεριλαμβάνει τις επιδράσεις της ακτινοβολίας εξαιτίας της αυτόνομης απόκρισης των ανεξάρτητων κύτταρων. Ακόμα και για τους κλωνικούς καρκίνους, που επηρεάζουν την ογκογένεση με ένα ουσιώδη τρόπο, είναι οι αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε διαφορετικά κύτταρα. Τέτοιου είδους πολυκυτταρικές αντιδράσεις κατά τη διάρκεια δημιουργίας του όγκου δεν περιμένουμε να μεταβάλλουν την γραμμικότητα, όσο το Όριο της δόσης ακτινοβολίας περιορίζεται μεταξύ απλών κύτταρων, έτσι η διαδικασία από τις βλάβες της ακτινοβολίας που προκαλεί το κύτταρο στο περιβάλλον του δεν φαίνεται να επηρεάζουν την γραμμικότητα δόσης ακτινοβολίας. Ωστόσο, η γραμμικότητα δεν μπορεί να διατηρηθεί απαραίτητα στην κλίμακα της σχετικής δόσης εφόσον έχουμε πολλαπλές επιδράσεις μεταξύ διαταραγμένων κύτταρων, συνεργατικά ή ανταγωνιστικά , παρόλα αυτά η γραμμικότητα διατηρείται ακόμα και στις πολύ χαμηλές δόσεις. Συνοψίζοντας, οι πολυκυτταρικές επιδράσεις της ακτινοβολίας που έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα, όπως οι μελλοντικές επιπτώσεις και η καθυστερημένη αστάθεια, δείχνουν έναν κορεσμό στις χαμηλές δόσεις, οι οποίες με τη σειρά τους μπορούν να φανερώσουν τις σχέσεις δόσης- απόκρισης. (Γράφημα 3)



Γράφημα 3: Σχηματική αναπαράσταση από διαφορετικές πιθανές παρεκτάσεις των καταμετρημένων κινδύνων της ακτινοβολίας στις πολύ χαμηλές δόσεις, από τις οποίες καταρχήν, σχετίζονται με υψηλότερες δόσεις επιδημιολογικών δεδομένων.

Ανάλυση Γραφήματος 3:

Καμπύλη b:

Για την παρούσα καμπύλη με κλίση προς τα κάτω, υπάρχουν αποδείξεις για τις σχέσεις δόσης- απόκρισης, όχι μόνο από επιδημιολογικές αλλά και από εργαστηριακές μελέτες. Οι χαμηλές δόσης επιζήσαντες της ατομικής βόμβας που σχετίζονται με την καρκινική θνησιμότητα και τις καρκινικές επιπτώσεις, φαίνεται να παρουσιάζονται στην καμπύλη αυτού του σχήματος. Αν και προφανώς σε τόσο χαμηλές δόσεις η καμπύλη δόσης- απόκρισης είναι διφορούμενης προέλευσης διαμέσου των επιδημιολογικών μελετών. Έτσι η παραπάνω καμπύλη για την απόκριση στους ανθρώπους έχει ερμηνευτεί με διάφορους τρόπους. Αρχικά με την ύπαρξη ενός μικρού υποπληθυσμού μέσα στο συνολικό δείγμα, ο οποίος είναι υπερευαίσθητος στην ακτινοβολία. Μια δεύτερη εξήγηση, για την μορφή αυτής της καμπύλης, αφορά την "επαγόμενη" ακτινοβολία, κατά την οποία ένα μικρό "έναυσμα" της δόσης ακτινοβολία μειώνει την ραδιοευαισθησία σε μετέπειτα μεγαλύτερες εκθέσεις ακτινοβολίας, ίσως με την αναδιαμορφώσει του DNA λόγω επιδιορθωτικών μηχανισμών.

Το παραπάνω φαινόμενο είναι υπεύθυνο για καρκινογενέσεις, κυτταρικές καταστροφές, εμφάνιση όγκων, χρωματοσωματικές διαταραχές κ.α. Δεν υπάρχουν στοιχεία για μια συγκεκριμένη δόση η οποία μπορεί να ελάττωση την μετέπειτα ράδιο απόκριση. Υπάρχοντα στοιχεία προτείνουν ότι η επαγόμενη παροδική ραδιοαντίσταση, διαρκεί από 4 μέχρι και 48 ώρες και προτείνει ότι το φαινόμενο μπορεί να περιοριστεί σε συνάφεια για έκθεση σε παρατεταμένη ακτινοβολία χαμηλής δόσης. Έχει παρατηρηθεί ότι η παραπάνω διαδικασία μειώνεται σημαντικά με την ηλικία. Τέλος, μια τρίτη ερμηνεία για την καμπύλη δόσης - απόκρισης είναι το αποτέλεσμα των απώτερων αποτελεσμάτων (bystander effects). Τα απώτερα αποτελέσματα περιλαμβάνουν τα διαταραγμένα από ακτινοβολία κύτταρα να στέλνουν σήματα σε γειτονικά κύτταρα τα οποία δεν έχουν προσβληθεί ακαριαία από ακτινοβολία, σήματα τα οποία έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση ογκογενέσεων στα παρακείμενα κύτταρα.

Καμπύλη d και e:

Ένα κατώφλι στη δόση υπονοεί ότι κάποια δόση υπάρχει κάτω από την οποία ο κίνδυνος που προκαλείται, από ένα συγκεκριμένο τελικό σημείο, είναι μηδενική. Ένα πιθανό παράδειγμα είναι η ακτινοβολία που προκαλεί σάρκωμα, η οποία σπάνια παρατηρείται στις χαμηλές δόσεις, δυνητικά επειδή οι μη κυκλικά συνδεδεμένοι κυτταρικοί ιστοί χρειάζονται μια υψηλή δόση για να οδηγήσουν αυτούς σε κύκλο. Έτσι, για παράδειγμα μετά από ραδιοθεραπεία ένας σημαντικά υψηλός κίνδυνος υπάρχει για δευτερεύουσας μορφής σαρκώματα σε κοντινές περιοχές που ακτινοβολήθηκαν με υψηλής δόσης (>50 Gy) ακτινοβολία, αλλά όχι σε απομακρυσμένα όργανα που εκτέθηκαν σε χαμηλή δόση. Οι διαφορετικοί αποδεκτοί κίνδυνοι για σαρκώματα και καρκινώματα που γεννήθηκαν στους επιζήσαντες από την ατομική βόμβα, διαμέσου των οποίων δεν έχει παρατηρηθεί μια σημαντική διαφορά στην θνησιμότητα από τον καρκίνο των οστών, αλλά μια σημαντική αύξηση σε καρκινώματα τα οποία εμφανίζονται σε κύτταρα τα οποία είναι ήδη σε κύκλο. Μια ορμητική απόκριση θα προκαλούνταν εάν η δοσμένη δόση της ακτινοβολίας μείωνε την επίπτωση του υπόβαθρου σε κάποιο επιβλαβή τελικό σημείο. Σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα στα οποία παρατηρήθηκε αύξηση στην διάρκεια ζωής τους, το κέρδος δεν ανακλάται σε μια μείωση των κακοηθειών, αλλά σε μια πρόωρη μείωση στη θνησιμότητα από λοιμώξεις και άλλες μη κακοήθεις ασθένειες. Τα ευρήματα υποστηρίζουν ότι αυτή η αύξηση στο χρόνο ζωής, μοιάζει λιγότερο να σχετίζεται με τους επιδιορθωτικούς μηχανισμούς στο DNA και περισσότερο με ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος

Καμπύλη c:

Η καμπύλη c παρέχει μια καλή περιγραφή της έντονης σχέσης δόσης απόκρισης για ακτινοβολία που προκαλεί λευχαιμία στους ανθρώπους και επίσης από χρωματοσωματικές διαταραχές εξαιτίας της ακτινοβολίας. Αυτές οι καμπύλες έχουν αναλυθεί εκτενέστερα χρησιμοποιώντας μηχανιστικά εμπνευσμένα μοντέλα όπως γραμμικά τετραγωνικά και άλλες παρόμοιες προσεγγίσεις.

Μια γενικότερη σύνοψη

Για δόσεις πάνω από 50-100 mSv (παρατεταμένης έκθεσης) ή 10-50 mSv (οξείας έκθεσης), τα άμεσα επιδημιολογικά αποτελέσματα στον ανθρωπινό πληθυσμό παρουσιάζουν ότι η έκθεση στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες αυξάνει το καρκινικό ρίσκο. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά αυτά τα αποτελέσματα στα οποία εκτίθενται ή μπορεί να εκτεθούν τα άτομα. Οι μεθοδολογικές δυσκολίες στις χαμηλές δόσεις δείχνουν ότι δεν μοιάζει να είναι τις ίδιες ευκολίας να είμαστε ικανοί να εκτιμήσουμε ευθέως και με ακρίβεια το ποσοστό αύξησης του καρκινικού ρίσκου σε άτομα που εκτίθενται σε χαμηλές δόσεις, αρκετά χαμηλότερα από τα 10 mSv . Ωστόσο, η αδυναμία μας αυτή να εκτιμήσουμε το καρκινικό ρίσκο δεν σημαίνει ότι οι συσχετιζόμενοι κίνδυνοι είναι αμελητέοι, ένα μικρό ρίσκο ακτινοβολίας αν εφαρμοστεί σε ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού, μπορεί να οδηγήσει σε ένα σημαντικό δημόσιο πρόβλημα υγείας.

Αυτή τη στιγμή δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την κατάλληλη σχέση δόσης-απόκρισης που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του καρκινικού ρίσκου στις χαμηλές δόσεις. Μηχανιστικές υποθέσεις υπάρχουν και προτείνουν ότι μια γραμμική παρέκταση των κίνδυνων στις πολύ χαμηλές δόσεις είναι ακατάλληλη, άλλα οι δοκιμές σε τέτοιου είδους επιχειρήματα στις πολύ χαμηλές δόσεις δεν είναι εύκολες.

Συνοψίζοντας, και ανακεφαλαιώνοντας την τωρινή μας γνώση, το πιο λογικό συμπέρασμα είναι ότι το καρκινικό ρίσκο από τις χαμηλές δόσεις για τις x- και γ- rays μειώνεται γραμμικά με την μείωση της δόσης. Υπό το φως των αποδείξεων και όπως παρουσιάζεται και στο 2 γράφημα, τα γραμμικά συμπεράσματα δεν είναι απαραίτητα η πιο συντηρητική άποψη, όπως έχει προταθεί κάποιες φορές, και φαίνεται ότι θα είναι οδηγεί σε αποτελέσματα υποτίμησης κάποιων κίνδυνων λόγω ακτινοβόλησης, και υπερεκτίμησης κάποιων άλλων. Τέλος, λαμβάνοντας σε εκτίμηση ότι υποστηρίζεται από κάποιο πειραματικό υπόβαθρο, ποσοτικά και με βιοφυσικά κριτήρια, μια γραμμική απόκριση του καρκινικού ρίσκου στις πολύ χαμηλές δόσεις φαίνεται να είναι και η πιο κατάλληλη μεθοδολογία εκτίμησης τουλάχιστον για τώρα. [32]

Κεφάλαιο 1.6 : Εκτίμηση Καρκινικού ρίσκου

Στον τομέα της προστασίας από τις ακτινοβολίες, είναι καθολικά αποδεκτό ότι ο κίνδυνος για δυσμενείς επιδράσεις στον οργανισμό λόγω των ακτινοβολιών είναι ανάλογος με τη ποσότητα της δόσης ακτινοβολίας που απορροφάται από τον οργανισμό και σχετίζεται άμεσα με το είδος του διαγνωστικού έλεγχου που πραγματοποιούμε. Μια αξονική τομογραφία, με ενεργό δόση της τάξης του 1 mSv, σχετίζεται με αύξηση στο καρκινικό ρίσκο περίπου 1 πιθανότητα στις 2000. Αυτή η πιθανότητα έρχεται να προστεθεί στο

συνολικό καρκινικό ρίσκο που διατρέχει ο καθένας από μας, το οποίο ανέρχεται περίπου σε 23% ή κάτι περισσότερο από 1 στις 5 να εμφανίσει κάποια στιγμή στη ζωή του θανατηφόρο καρκίνο. Η συνολική αυτή πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου δεν σχετίζεται με προδιαθεσικούς παράγοντες εμφάνισης όπως: η διατροφή, η άσκηση, το κάπνισμα, το περιβάλλον διαβίωσης κ.α. Ωστόσο, οι επιλογές στις συνθήκες διαβίωσης μας έχουν τρομακτικές επιπτώσεις στο ρίσκο αυτό. Για παράδειγμα στην ηλικία των 45 χρόνων το ρίσκο για θάνατο από καρκίνο σε έναν πληθυσμό από άνδρες καπνιστές και μη, είναι 28% και 16% αντίστοιχα. Η μικρή αύξηση του καρκινικού ρίσκου στις χαμηλές δόσεις δεν έχει υπολογιστεί από τους υπάρχοντες ανθρωπινούς πληθυσμούς που έχουν μελετηθεί ως σήμερα και είναι πιθανό τα πραγματικά ρίσκα να λαμβάνουν χαμηλότερες τιμές από αυτές που παρουσιάζονται παρακάτω. (υποσημείωση: η θεωρητική αύξηση στην εκτίμηση το καρκινικού ρίσκου από τις χαμηλές δόσεις ακτινοβολίες (<100 mSv) εκτιμάται συνολικά και αθροιστικά στην πιθανότητα που αναφέρθηκε παραπάνω).

Οι Ιάπωνες επιζήσαντες της ατομικής βόμβας παρέχουν μακρά την πιο ισχυρή πηγή δεδομένων η οποία οδηγεί σε ξεκάθαρες αποδείξεις ότι η ακτινοβολία πάνω από 100 mSv προκαλεί καρκίνο. Βέβαια το παραπάνω συμπέρασμα έχει μικρή συσχέτιση με την ιατρική απεικόνιση με εξαίρεση κάποιες περιπτώσεις από πολλαπλές εξετάσεις υψηλών δόσεων (CT, εξετάσεις πυρηνικής καρδιολογίας- αγγειογραφίες- αγγειοπλαστικές, και άλλες ραδιολογικές και καρδιολογικές εξετάσεις που χρησιμοποιούν ακτινοσκόπηση) σε μικρό χρονικό διάστημα.

Η ακτινοβολία που οδηγεί σε αύξηση του καρκινικού ρίσκου είναι πιο αμφιλεγόμενη στις δόσεις μεταξύ 10 και 100 mSv, το οποίο είναι και το εύρος δόσεων στην ιατρική απεικόνιση και πιο συγκεκριμένα στις αξονικές. Η πυρηνική ιατρική επίσης κυμαίνεται σε αυτό το εύρος δόσεων.

Για δόσεις χαμηλότερες το 10 mSv, που είναι δόσεις σχετικές με της ραδιογραφία και με κάποιες μελέτες πυρηνικής ιατρικής και αξονικών, δεν αρκούν απευθείας αποτελέσματα συσχέτισης με αύξηση του καρκινικού ρίσκου, χωρίς αυτό βέβαια να σημαίνει ότι δεν υπάρχουν κιάλας. Συνοψίζοντας, οι επιδημιολογικές μελέτες εμφανίζουν απευθείας αύξηση του καρκινικού ρίσκου για δόσεις της τάξης των 10-100 mSv, δόσεις που σχετίζονται με την πυρηνική ιατρική και τις αξονικές μελέτες και μια αύξηση της τάξης του 5 % του καρκινικού ρίσκου για απορρόφηση δόσης της τάξης του 1 Sv (1000 mSv).

Ένας τρόπος να κατανοήσουμε τις δόσεις ακτινοβολίας και τις βλάβες που προκαλούν είναι να τις συγκρίνουμε με την ακτινοβολία φυσικού υπόβαθρου που δεχόμαστε. Για να καταφέρουμε να συγκρίνουμε τις δόσεις ακτινοβολίας μεταξύ τους, λόγω αρχικά των διαφορετικών μονάδων μετρήσεις της ακτινοβολίας για την εκάστοτε εξέταση άλλα και της συνολικότερης διαδικασίας που ακολουθήθηκε, απαιτείται η χρήση μιας κοινής μονάδας μετρήσεις. Η μονάδα αυτή ονομάζεται ενεργός δόση, δεν μπορεί να μετρηθεί πρακτικά άλλα υπολογίζεται θεωρητικά βασιζόμενη στα όργανα που εκτέθηκαν σε ακτινοβολία, τους κατάλληλους συντελεστές στάθμισης των ιστών και της κατάλληλης σταθερές μετατροπής οι οποίες ποικίλουν από εξέταση σε εξέταση. Για την μετατροπή των δόσεων ακτινοβολίας σε ενεργό δόση γίνεται εκτενείς αναφορά σε επόμενο κεφάλαιο.[33]

ΕΠΙΠΕΔΟ ΡΙΣΚΟΥ	Θεωρητική πιθανολογεί αύξηση στο ρίσκο εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου που πραγματοποιείται χρόνια ή και δεκαετίες μετά την έκθεση σε εξετάσεις αξονικής τομογραφίας ενήλικων (adult CT scans)		
ελάχιστο	1 στις 100.000 μέχρι 1 στις 10.000	το οποίο ισούται με 0.001% μέχρι 0.01%	
πολύ χαμηλό	1 στις 10.000 μέχρι 1 στις 1.000	το οποίο ισούται με 0.01% μέχρι 0.1%	
χαμηλό	1 στις 1.000 μέχρι 1 στις 500	το οποίο ισούται με 0.1% μέχρι 0.2%	

Εικόνα 6.1: Δόση ακτινοβολίας και αναμενόμενη αύξηση στην εμφάνιση καρκίνου άλλα και στο συνολικό καρκινικό ρίσκο.

Είναι σημαντικό να αναφέρομαι στο σημείο αυτό ότι η ηλικία κατά την οποία πραγματοποιείται η εξέταση ή γενικότερα η επαφή με την ακτινοβολία παίζει καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό της πιθανότητας αύξησης του καρκινικού ρίσκου. Γεγονός είναι ότι η δόση ακτινοβολίας για ίδιου τύπου εξέτασης, στο ίδιο ακριβώς σημείο του σώματος, μπορεί να ποικίλει από ηλικία σε ηλικία, άλλα η πιθανότητα στην αύξηση του καρκινικού ρίσκου (1 στις 2000) στις νεαρές ηλικίες και ειδικότερα στα παιδιά είναι δραματικά μεγαλύτερη, όπως επίσης και πολύ χαμηλότερη για αρκετά μεγαλύτερους ανθρώπους. Η παραπάνω παραδοχή έχει άμεση συσχέτιση με τον χρόνο εμφάνισης του καρκίνου. Σε περίπτωση απορρόφησης δόσης ακτινοβολίας σε νεαρή ηλικία η πιθανότητα να εκφραστεί και να εμφανιστεί ο καρκίνος, δεδομένου ότι ο εξεταζόμενος έχει αρκετό χρόνο ζωής μπροστά του είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη με την υποβολή ενός μεσήλικα εξεταζόμενου στην ίδια διαδικασία.

TYPE OF EXAMINATION	DOSE QUANTITY ^a	RADIATION DOSE TO CHILDREN (BY AGE AT EXPOSURE)					
		0 YEARS	1 YEAR	5 YEARS	10 YEARS	15 YEARS	ADULTS
Radiography ^b							
Skull AP	ED (mSv)	-	0.037	0.058	-	-	0.084
Skull LAT	ED (mSv)	-	0.025	0.031	-	-	0.041
Chest PA	ED (mSv)	0.023	0.024	0.037	0.025	0.026	0.051
Abdomen AP	ED (mSv)	0.077	0.197	0.355	0.509	0.897	2.295
Pelvis AP	ED (mSv)	0.085	0.121	0.230	0.309	0.556	1.783
Dental radiography ^c							
Intraoral	ED (mSv)			0.008 ^d			0.011
Panoramic	ED (mSv)			0.015 ^d			0.015
Diagnostic fluoroscopy procedures							
MCU ^c	ED (mSv)	0.807	0.763	0.688	0.640	0.677	2.789
Barium swallow ^c	ED (mSv)	0.645	0.589	0.303	0.760	0.581	1.632
Barium meal ^c	ED (mSv)	2.209	2.226	1.427	2.137	2.386	5.158
Cardiac-ASD occlusion ^e	ED (mSv)			3.88 ^d			
Cardiac-PDA occlusion ^e	ED (mSv)			3.21 ^d			
Cardiac-VSD occlusion ^e	ED (mSv)			12.1 ^d			
CT ^f							
Brain	ED (mSv)	2.3	2.2	1.9	2.0	2.2	1.9
Facial bone/sinuses	ED (mSv)	1.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.9
Chest	ED (mSv)	1.9	2.2	2.5	3.0	3.3	5.9
Entire abdomen	ED (mSv)	3.6	4.8	5.4	5.8	6.7	10.4
Spine	ED (mSv)	4.4	11.4	8	7.6	6.9	10.1

Πινάκας 6.2: Δόση ακτινοβολίας σε παιδιά με την ηλικία πραγματοποίησης της εξέτασης [34]

CT Procedure	Typical Effective Dose (mSv) †	Risk Characterization	Difference in Background Radiation Exposure Living at 5,000 feet (e.g. Denver, Co) vs Sea-level (e.g. Sacramento) for ‡:	Average Lifetime Cancer Mortality Risk Before-CT	Theoretical Lifetime Cancer Mortality Risk After-CT
ABDOMINAL REGION					
Virtual Colonography	10	Very Low	2 Years	23%	23.05%
Abdomen / Pelvis	12	Very Low	2 Years	23%	23.06%
Abdomen/Pelvis, with & without contrast	24	Low	5 Years	23%	23.11%
CENTRAL NERVOUS SYSTEM					
Head	2	Very Low	5 Months	23%	23.01%
Head, with & without contrast material	4	Very Low	9 Months	23%	23.02%
Spine	6	Very Low	1 Year	23%	23.03%
CHEST					
Chest	7	Very Low	1.5 Years	23%	23.03%
Chest -Low Dose Screening Exam	1.5	Minimal	4 Months	23%	23.01%
HEART					
Coronary CT Angiography (CTA)	12	Very Low	2 Years	23%	23.06%
Cardiac CT for Calcium Scoring	3	Very Low	7 Months	23%	23.01%

Πινάκας 6.3: Παρουσιάζονται ενδεικτικές δόσεις αξονικής τομογραφίας σε διαφορά σημεία του σώματος, γίνεται χαρακτηρισμός των δόσεων σε επίπεδο ρίσκου και τέλος η συνεισφορά τους στην συνολική πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ενδεικτικές τιμές δόσεις που παρατίθεται για ενήλικες, μπορεί να διαφέρουν ουσιαστικά εξαρτώμενες από το μέγεθος του εξεταζόμενου (BMI, μήκος περιφέρειας ή περιφέρειας στήθους) και από την τεχνική της εκάστοτε εξέτασης.

Στον παρακάτω πίνακα παρεμβάλλονται δόσεις ακτινοβολίας από ιατρικές απεικονιστικές μελέτες συγκρινόμενες με τον χρόνο απορρόφησης αντίστοιχης δόσης λόγω της ακτινοβολίας υπόβαθρου.[35]

Examination	Radiation dose (mSv) ^b	Time to accumulate comparable natural background dose
Computed tomography		
Sinuses	0.6	2 mo
Head	2.0	8 mo
Chest	7.0	2 y
Chest (pulmonary embolism)	10.0	3 y
Abdomen and pelvis	10.0	3 y
Multiphase abdomen and pelvis	31.0	10 y
Radiography		
Extremity	0.001	<1 d
Chest	0.1	10 d
Lumbar spine	0.7	3 mo
Abdomen	1.2	5 mo
Other		
Mammography	0.7	3 mo
Bone densitometry (DEXA)	0.001	<1 d
Nuclear medicine		
Lung ventilation/perfusion	2.0	8 mo
Bone scan	4.2	1 y, 4 mo
Cardiac perfusion (sestamibi)	12.5	4 y
Fluoroscopy		
Barium swallow	1.5	6 mo
Coronary angiography	5-15	20 mo to 5 y

Πινάκας 6.4: Δόσεις ακτινοβολίας ιατρικών απεικονιστικών μελετών και χρόνος απορρόφησης αντίστοιχης δόσεις από ακτινοβολία υπόβαθρου .

ΜΕΡΟΣ 2 :

Κεφάλαιο 2.1:Μεθοδολογία

Στην εργασία αυτή σκοπός μας ήταν η μέτρηση της δόσης ακτινοβολίας που λαμβάνουν οι ασθενείς σε μια αξονική τομογραφία καρδιάς. Η εκτίμηση του καρκινικού ρίσκου (cancer risk) και η αντίστοιχη δόση στα λοιπά όργανα. Συλλέχθηκαν στοιχεία από 500+ ασθενείς από αρχεία του Ακτινολογικού εργαστηρίου - Τμήμα Αξονικού τομογράφου.

2.1.1 Αξονικός Ωνασείου

Ο αξονικός τομογράφος που χρησιμοποιήθηκε είναι ένας 64-τομών αξονικός (64-slice Somatom Definition Dual Source της εταιρίας Siemens) ο οποίος διαθέτει δυο λυχνίες παράγωγης ακτίνων Χ σε διάταξη 90 ° απόστασης μεταξύ τους στην περιφέρεια του Gantry. Απέναντι από κάθε λυχνία υπάρχει η διάταξη των ανίχνευτων με διαστάσεις 2 mm x 32 x 0.6 mm ο οποίος έχει την δυνατότητα απόκτησης 64 τομών ανά περιστροφή του Gantry με χρήση της τεχνολογίας z-flying focal spot. Ο χρόνος περιστροφής του Gantry φτάνει τα 0.33 sec. [39]



Εικόνα 2.1 Αξονικός τομογράφος Ω.Κ.Κ. 64-slice Somatom Definition Dual Source Siemens

2.1.2 Περιγραφή πρωτοκόλλων

Στην αξονική τομογραφία τα πρωτόκολλα εξετάσεων είναι αυτοματοποιημένα και ο ανθρώπινος παράγοντας έχει μικρή συμμετοχή στην εξέταση. Παρ' όλα αυτά, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται από τον υπεύθυνο ακτινοπροστασίας στα προεγκατεστημένα πρωτόκολλα, γιατί συχνά είναι σχεδιασμένα από τις κατασκευάστριες εταιρείες με κριτήριο την ποιότητα της εικόνας, η οποία πολλές φορές υπερβαίνει τις κλινικές απαιτήσεις προκαλώντας αναίτια ακτινική επιβάρυνση στον εξεταζόμενο. Ο χειριστής θα πρέπει να κάνει σωστή τοποθέτηση του ασθενή στην εξεταστική τράπεζα και το κυριότερο, να τον ενημερώσει για τη διαδικασία και για τις ενέργειες που πρέπει να κάνει όταν του ζητηθεί κάτι, όπως οι παύσεις των αναπνοών κατά την τομογραφία του θώρακα. Επίσης είναι σημαντικό κατά τον προγραμματισμό των επιπέδων των τομών να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία των γονάδων, πάντα σε συνεννόηση με τον ιατρό ακτινολόγο. Τέλος, πρέπει να επισημανθεί ότι στα νέα συστήματα αξονικής τομογραφίας πολλαπλών τομών η μείωση του χρόνου εξέτασης μπορεί να οδηγήσει στη μη αιτιολογημένη ακτινοβόληση περιοχών του σώματος και συνεπώς στην αύξηση της δόσης στον ασθενή. Η κάθε εξέταση γίνεται με μια από τις δυο τεχνικές σάρωσης την ελικοειδή (retrospective ECG-gated spiral) και την διαδοχική (prospectively ECG-triggered sequential) σάρωση ανάλογα με κριτήρια που περιγράφονται στη συνέχεια.

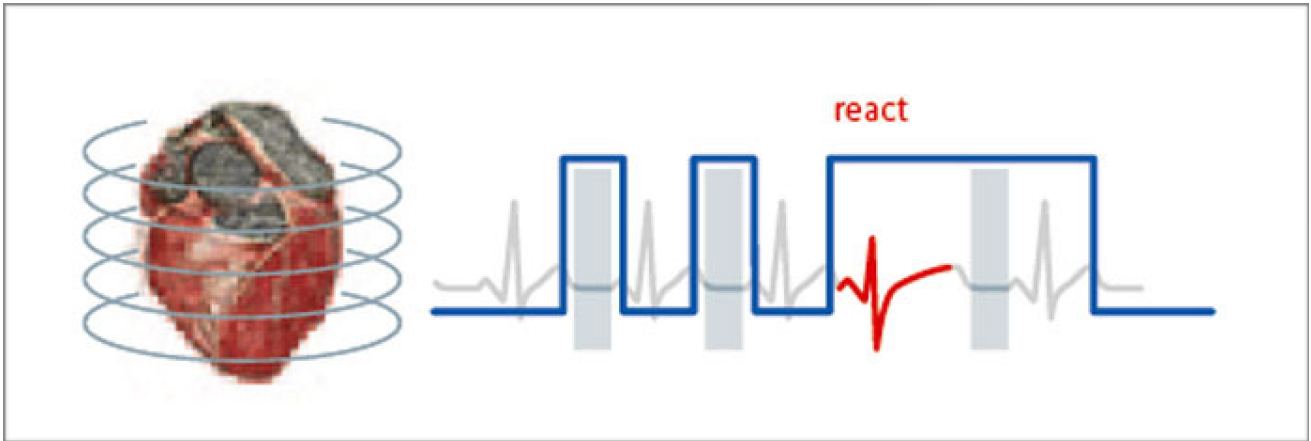
2.1.2.1 Ελικοειδή σάρωση (spiral)

Στην ελικοειδή τεχνική η σάρωση είναι συνεχής με την καρδιά να ακτινοβολείται καθ' όλη την διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Αυτό επιτρέπει την ανακατασκευή όλων των καρδιακών φάσεων. Οι ομάδες τομών είναι αλληλοεπικαλυπτόμενες εξαιτίας της z- Flying τεχνολογίας και της ισχυρής αλληλοεπικάλυψης λόγω του pitch βελτιώνοντας πολύ την ποιότητα των εικόνων.

Στην ελικοειδή σάρωση εφαρμόζεται η τεχνική διαμόρφωσης φορτίου με χρήση ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Πλήρη δόση εφαρμόζεται σε ένα παράθυρο φάσεων ανάλογα με τον καρδιακό ρυθμό, στις υπόλοιπες φάσεις εφαρμόζεται μονό το 20% της δόσης. [40]

Καρδιακός ρυθμός (bpm)	Παράθυρο πλήρης ακτινοβόλησης %
<60	60-70%
60-80	55-80%
>80	40-80%

Ο αξονικός διαθέτει επίσης για την ελικοειδή τεχνική την ικανότητα να ανιχνεύει έκτακτες αρρυθμίες ώστε πάντα η διαστολική φάση να ακτινοβολείται με πλήρη δόση . Η ελικοειδής σάρωση διαρκεί 6 με 14 sec απασχολώντας 8 με 14 καρδιακούς παλμούς.

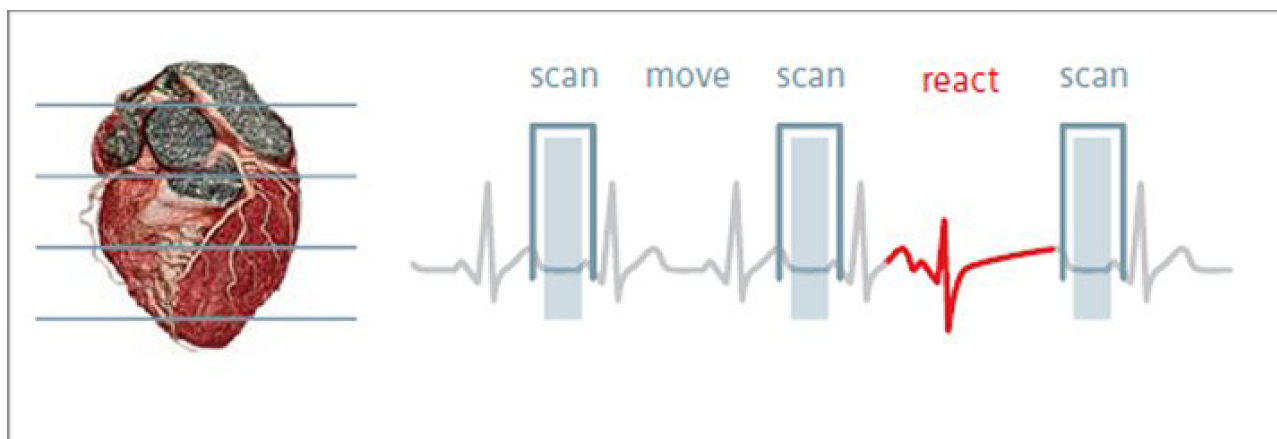


Εικόνα 2.2.1 Αντίδραση του αξονικού στην ύπαρξη έκτακτης κίνησης στην ελικοειδή τεχνική σάρωσης .

2.1.2.2 Διαδοχική σάρωση (Sequential)

Στην διαδοχική σάρωση η καρδιά ακτινοβολείται μόνο σε ένα μικρό χρονικό διάστημα του καρδιακού κύκλου. Με τη βοήθεια του ΗΚΓ οι λυχνίες τίθενται σε λειτουργία μόνο στις προκαθορισμένες φάσεις ενώ στο υπόλοιπο του καρδιακού κύκλου δεν εκπέμπουν. Οι ομάδες των τομών είναι αφρός αλληλοεπικαλυπτόμενες εξαιτίας της z-flying τεχνολογίας βελτιώνοντας την ποιότητα των εικόνων.

Ο αξονικός διαθέτει και για την διαδοχική σάρωση την ικανότητα να ανιχνεύει έκτακτες αρρυθμίες. Ο αλγόριθμος επιτρέπει την πρόβλεψη του επομένου R κύματος σε κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αν το κύμα, ο καρδιακός παλμός δηλαδή, πραγματοποιηθεί πριν τον προβλεπόμενο χρόνο τότε ο αξονικός δεν σαρώνει και δεν μετακινείται άρα επαναλαμβάνει τη σάρωση στο ίδιο σημείο, σε χρόνο όσο προβλέπει μετά το επόμενο κύμα R. Η διαδοχική σάρωση διαρκεί 10 με 16 sec απασχολώντας 10 με 24 καρδιακούς παλμούς .



Εικόνα 2.2.2 Αντίδραση του αξονικού στην ύπαρξη έκτακτης κίνησης στην διαδοχική τεχνική σάρωσης

2.1.3 Έγχυση σκιαγραφικού

Κατά τη διάρκεια της κύριας εξέτασης, ανεξαρτήτως πρωτοκόλλου, εγχέεται στον ασθενή σκιαγραφικό ιωδίου, με ρυθμό 4-5 ml/sec ανάλογα με τον καρδιακό ρυθμό , χωρίς να ξεπερνάει τα 125- 165 ml ανά συνεδρία.

2.1.4 Δείγμα ασθενών

Στην μελέτη μας συλλέξαμε μετρήσεις από 501 ασθενείς (403 άνδρες , 98 γυναίκες) που πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα από 28.09.2007 μέχρι και 29.02.2008 στο Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο της Αθηνάς. Όλες οι εξετάσεις αναφέρονται στην μελέτη των αρτηριών της καρδιάς μέσω των στεφανιαίων καρδιακών αξονικών(Coronary Cardiac CT). Αποκλειστήκαν από την μελέτη μας ασθενείς που έχουν μεταλλική ενδοαυλική πρόθεση (stent) και αυτοί που έχουν κάνει αορτοστεφανιαία παράκαμψη (bypass) . Ένα μικρό μέρος του δείγματος μας περιείχε και εξετάσεις σπινθηρογραφήματος (γ-camera) στο ιστορικό του με χρήση θαλλίου (Tl) ή τεχνήτιου (Tc).

Για κάθε ασθενή συλλέχθηκαν:

1) Στοιχεία ιατρικού ιστορικού που αφορούν:

- Αρτηριακή υπέρταση,
- Υπερχοληστερολαιμία,
- Σακχαρώδης Διαβήτης,
- Κάπνισμα
- Κληρονομικοί παράγοντες.

2)Σωματομετρικά χαρακτηριστικά :

- Μέτρηση ύψους
- Μέτρηση βάρους
- Περιφέρεια μέσης
- Καθορισμός δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ)

Όλα αυτά συμβάλουν στην σημαντική ανατροφοδότηση όσον αφορά την αλλαγή στο σωματικό βάρος και στις περιφέρειες του σώματος καθώς επίσης και την κατάταξη μας σε παχύσαρκους- υπέρβαρους- κανονικούς- ελλιποβαρής, όπως επίσης και στον επερχόμενο κίνδυνο εμφάνισης καρδιαγγειακών νοσημάτων.

- Λοιπές Ιατρικές εξετάσεις:

1. Σπινθηρογραφήματα με θάλλιο ή τεχνήτιο
2. Ακτινογραφίες
3. Στεφανιαία νοσήματα.

2.1.5 Σταθερές μετατροπής των δόσεων(conversion factors coefficients)

Για την μετατροπή των δεδομένων που συλλέχθηκαν σε ενεργό δόση, προκειμένου να επιτευχθεί η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των δόσεων ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος ανά εξέταση, απαιτούνταν η χρήση κατάλληλων συντελεστών μετατροπής. Ερευνώντας την υπάρχουσα βιβλιογραφία διαπιστώθηκε ότι το ακριβές μέγεθος του συντελεστή μετατροπής δεν έχει κατοχυρωθεί επισήμως. [41]

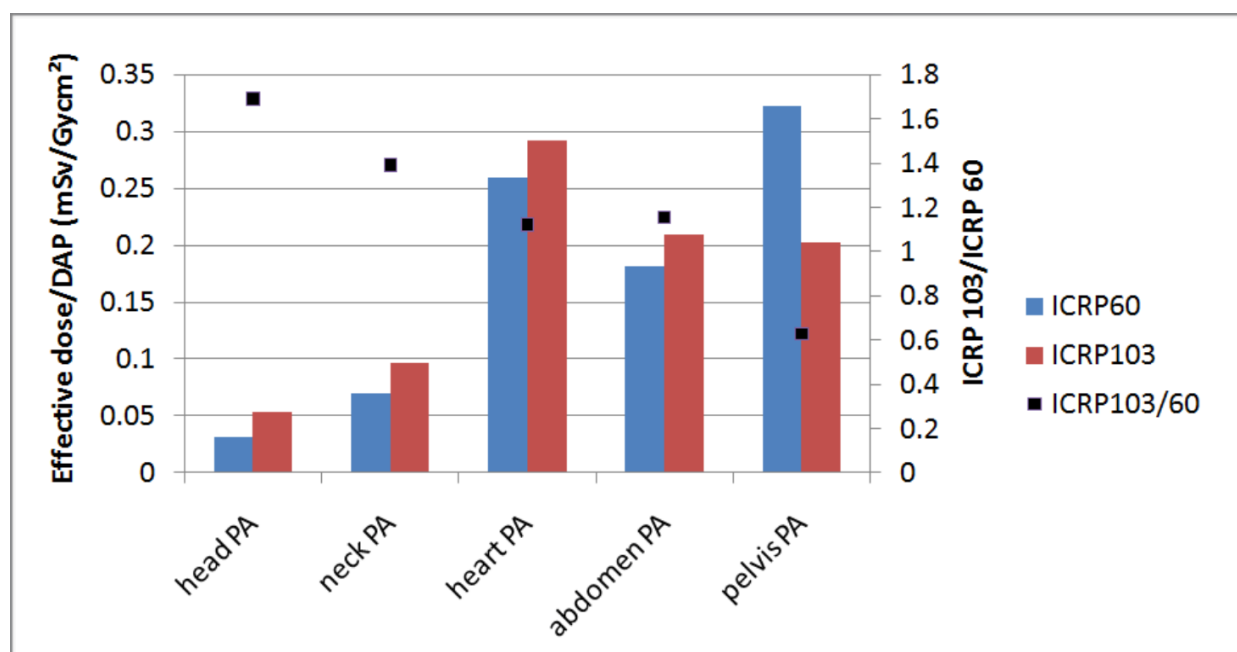
- Για την μετατροπή της δόσης ακτινοβολίας της αξονικής στεφανιογραφίας σε ενεργό δόση (mGy cm σε mSv), στηριχθήκαμε στην AAPM report 96 (the measurement, reporting and management of radiation dose in CT, January 2008), σύμφωνα με την οποία οι συντελεστές μετατροπής (k) της εξίσωσης :

$E = DLP \times \text{conversion factor } k$ παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

	0 year old	1 year old	5 years old	10 years old	adult
Head and Neck	0.013	0.0085	0.0057	0.042	0.0031
Head	0.011	0.0067	0.004	0.032	0.0021
Neck	0.017	0.012	0.011	0.0079	0.0059
Chest	0.039	0.026	0.018	0.013	0.014
Abdomen and Pelvis	0.049	0.03	0.02	0.015	0.015
Trunk	0.044	0.028	0.019	0.0014	0.015

Πίνακας 2.5α: Conversion factors ανά ηλικία και μέρος εξέτασης σύμφωνα με aam report 96

- Για την μετατροπή της δόσης ακτινοβολίας της επεμβατικής στεφανιογραφίας και της αγγειογραφίας σε ενεργό δόση (Gy cm^2 σε mSv), στηριχθήκαμε στην ICRP Publication 60 (Ann. ICRP 21 (1-3), 1991 Superseded by ICRP Publication 103) και κάνοντας συσχέτιση με την ICRP 103. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται για διαφορετικά μέρη του σώματος οι σταθερές μετατροπής και για τις δυο εκδόσεις:



Πίνακας 2.5.β: Conversion factors ανά μέρος εξετάσεις για το ICRP 60 και 103.

2.1.6 Εκτίμηση καρκινικού ρίσκου.

Για την εκτίμηση του καρκινικού ρίσκου για την εκάστοτε ιατρική διαδικασία στηριχθήκαμε σε ένα διαδικτυακό υπολογιστικό πρόγραμμα το οποίο ονομάζεται x-ray risk. Μια επιτροπή από επιστήμονες και εκπαιδευτικούς που συγκεντρωθήκαν από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας και διοργανώθηκε από την Εθνική Ακαδημία Επιστημών δημοσίευσε την έκθεση τους σχετικά με την υγεία και τους κίνδυνους που διατρέχει λόγω ιοντιζουσών ακτινοβολιών το 2006. Ακολούθησαν πινάκες βιολογικών επιπτώσεων από το Beir VII και διαφορές εκθέσεις από επιστήμονες του χώρου. Με αφορμή όλα τα παραπάνω και στηρίζει από μεγάλους οργανισμούς όπως ο ASRT (American Society of Radiologic technologists) δημιουργήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα των δόσεων και εκτίμησης του καρκινικού ρίσκου από μια ομάδα επιστημών. [42]

Η μορφή του προγράμματος είναι η παρακάτω (Εικόνα 2.6.α) :

X-RAY RISK
Promoting responsible imaging through patient and provider education

FAQ of the Month
? How much radiation are healthcare workers exposed to?
NOW AVAILABLE
FREE DOWNLOAD: Patient Radiation Handout

home about faq's calculate your risk glossary contact

Risk Calculator Help

Plain Films (x-rays)

CT Scans

- Brain CT (Standard)
- Brain and Neck CTA/CTP
- Neck CT
- Thoracic Spine CT
- Lumbar Spine CT
- Chest CT (Low Dose Screening)
- Chest CT (PE Study)
- Chest CT (Standard)
- Cardiac CT (Coronary CTA)
- Cardiac CT (Calcium Scoring)
- Abdomen CT
- Abdomen CT (Dedicated Liver)
- Abdomen and Pelvis CT
- Chest, Abdomen and Pelvis CT
- Pelvis CT
- Sinus CT
- Virtual Colonoscopy CT
- Dental CT

Fluoroscopy

Nuclear Medicine

Interventional Procedures

MRI and Ultrasound

Please see [Glossary](#) for description of different studies.

Study: **Cardiac CT (Coronary CT)**

Gender: Male Female

Age at Time of Study: (years)

Number of Exams:

Average Dose: (mSv)

DLP (Optional for CT): (mGy · cm)

Calculate

Total Effective Dose:	<input type="text" value="0"/> (mSv)
Additional Cancer Risk:	<input type="text" value="0.0000"/> (%)
Baseline Cancer Risk:	<input type="text" value="44.9"/> (%)
Baseline + Additional Risk:	<input type="text" value="44.9"/> (%)

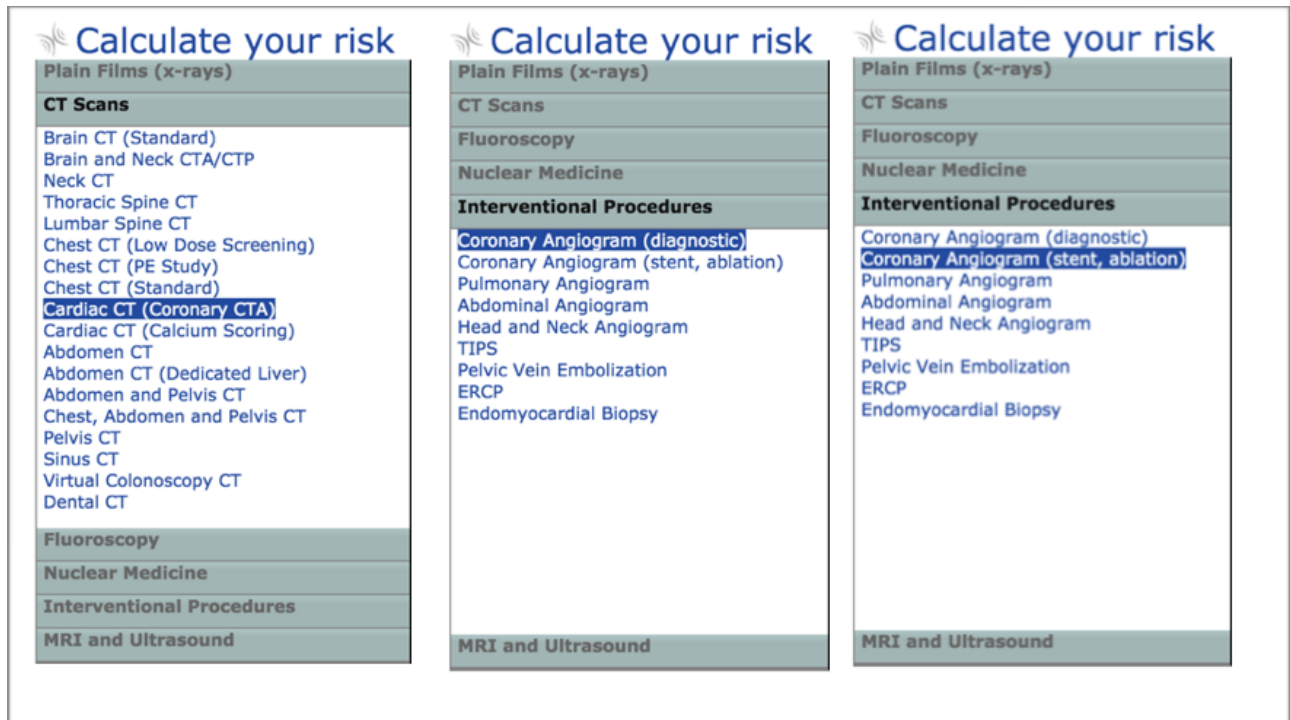
To learn more about how these calculations are made, see the [About](#) page.

Εικόνα 2.6.α: Μόρφη προγράμματος xray Risk.

Από τον πίνακα στα αριστερά επιλέγεται η Ιατρική διαδικασία που υποβλήθηκε ο εξεταζόμενος. Στην συνέχεια απαιτούνται πληροφορίες όπως το φύλλο του ασθενή, η ηλικία στην οποία βρισκόταν όταν συμμετείχε στην εξέταση καθώς και η δόση ακτινοβολίας που δέχτηκε. Στην συνέχεια μετά την εισαγωγή αυτών των μεταβλητών δίνονται πληροφορίες για το επιπρόσθετο καρκινικό ρίσκο, ποσό δηλαδή αυξηθήκαν η πιθανότητες εμφάνισης καρκίνου για τον εξεταζόμενο μετά από την συμμετοχή στην εξέταση αυτή. Το βασικό καρκινικό ρίσκο που διατρέχει ο εξεταζόμενος διαφέρει μεταξύ ανδρών και γυναικών και είναι 44.9 % και 37.5% αντίστοιχα.

Οι μέθοδοι που επιλέχθηκαν για τον υπολογισμό του ρίσκου στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε ήταν:

- Από τον τομέα CT scans η επιλογή Cardiac CT (Coronary CTA)
- Από τον τομέα Interventional Procedures η επιλογή Coronary Angiogram (diagnostic)
- καθώς και η επιλογή Coronary Angiogram (stent, ablation)



Εικόνα 2.6.β: Διαδικασίες που επιλέχθηκαν από το πρόγραμμα.

link προγράμματος: <http://www.xrayrisk.com/index.php>

Κεφάλαιο 2.2: DNA damage - MCDS

Για τον υπολογισμό των βλαβών του DNA: DSB, SSB κ.α. χρησιμοποιήσαμε το υπολογιστικό πρόγραμμα MCDS. Χρησιμοποιώντας ως input δόσεις από τον αξονικό τομογράφο που είχαμε διαθέσιμες υπολογιστήκαν μια σειρά από βλάβες στο μόριο του DNA. Η μορφή του υπολογιστικού προγράμματος παρουσιάζεται στους παρακάτω πίνακες. Το πρόγραμμα αυτό κατασκευάστηκε από τον Robert D. Stewart (Physicist and

Associate Professor), στα πλαίσια του διδακτορικού του στο Medical Physicist Department of Radiation Oncology School of Medicine στο πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον (University of Washington). [43] <http://faculty.washington.edu/trawets/mcnds/>

```

=====
MCDS Version 3.10A 05-DEC-2011
=====
      0.220      running time (min)
      987654321  random number seed
      3001       number of cells (nocs)
      1.0000E+00 water-equivalent material (WEM) thickness (mg/cm^2)
      7.2520E-03 Desired dose to the cell nucleus (Gy)
      6.4000E+00 DNA content (Gbp)

TARGET (cell) DEFINITION (4V/S = mean chord length)
=====
              DIAMETER      4V/S      Volume      Mass
              (um)          (um)      (um^3)      (ng)
-----
DNA          ---           ---       6.531E+00   6.531E-03
NUCLEUS      5.000E+00     3.333E+00 6.545E+01   6.545E-02
CYTOPLASM    ---           ---       4.581E+02   4.581E-01
CELL         1.000E+01     6.667E+00 5.236E+02   5.236E-01
=====
NOTE: In human DNA, 1 Gbp=0.979 ng (not including bound
H2O). DNA volume computed using a density of 1 g/cm^3.

INCIDENT PARTICLE: e- (mass = 5.48580E-04 u = 5.10999E-01 MeV/c^2)
1.00000E+00 MeV >= 1.27750E-06 MeV
1.82289E+03 MeV/u >= 2.32874E-03 MeV/u)
1.42197E+00 MeV (p*c = momentum x speed of light)
8.72030E-01 pm (de Broglie wavelength)
2.95695E+00 = T/m0c2+1 (Lorentz factor) >= 1
1.00000E+00 ABS(effective charge); Barkas 1963
9.41079E-01 beta = (v/c) <= 1
1.12914E+00 (zeff/beta)^2 <= 2.000E+05
1.84239E-01 keV/um (total stopping power in H2O)
1.82896E-01 keV/um ( 99.271% collisional)
1.34323E-03 keV/um ( 0.729% radiative)
4.38804E-01 CSDA range of particle (cm) in H2O

```

Εικόνα 2.7: Επιφάνεια εργασίας του MCDS και απαιτούμενες μεταβλητές για τον υπολογισμό των βλαβών.

Ο Αλγόριθμος Προσομοίωσης των Βλαβών του DNA:

Για να προσομοιώσουμε τον σχηματισμό των βλαβών του DNA απαιτούνται τέσσερις παράμετροι, οι οποίες και πρέπει να διευκρινιστούν:

1. Ο αριθμός των SB(strand brakes) σπασιμάτων στους κλάδους του DNA $Gy^{-1} cell^{-1}, \sigma_{Ba}$

$$\sum_{Sb} > 0$$

2. Ο αριθμός των Bd(base damages) βασικών βλαβών $Gy^{-1} cell^{-1}, n_{seg}$
3. Το μήκος του τμήματος του DNA σε ζευγάρια βάσεων (bp-base pairs) $Gy^{-1} cell^{-1}, \sigma_{sb}$
4. Το ελάχιστο μήκος των μη ζημιωμένων DNA (bp) ανάμεσα σε γειτονικές στοιχειώδεις βλάβες έτσι ώστε αυτές οι γειτονικές στοιχειώδεις βλάβες να ανήκουν σε δυο διαφορετικές αλλοιώσεις N_{min} . Εδώ ο όρος αλλοίωση περιλαμβάνει και τα δυο είδη: απομονωμένες στοιχειώδεις βλάβες αλλά και πολλαπλές προσβεβλημένες περιοχές.

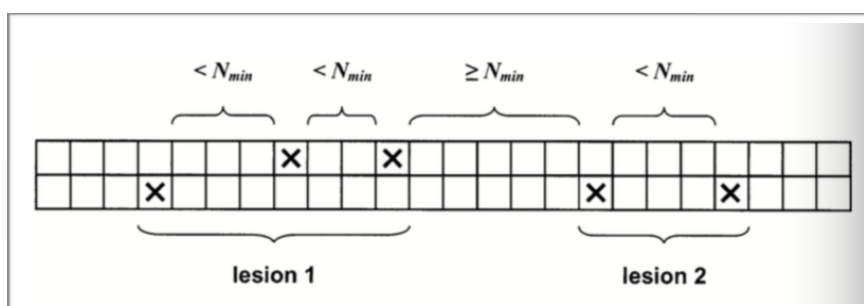
Ο σκοπός του συγκεκριμένου Monte Carlo αλγόριθμου για την δημιουργία των βλαβών, έχει δυο σημαντικά βήματα:

- Τυχαία κατανομή των βλαβών σε ένα τμήμα του DNA με τον αναμενόμενο αριθμό των στοιχειωδών αλλοιώσεων που παράχθηκαν στο κύτταρο για μια συγκεκριμένη δόση ακτινοβολίας και,
- υποδιαιρώντας την κατανομή των στοιχειωδών βλαβών στην περιοχή, σε αλλοιώσεις.

Η κατηγοριοποίηση των στοιχειωδών βλαβών σε αλλοιώσεις αναγνωρίζεται προσωρινά από την παράμετρο N_{min} . Η βήμα προς βήμα διαδικασία για την κατανομή των αλλοιώσεων σε τμητά του DNA είναι ως ακολούθως:

1. Υπολογίζουμε τις παραπάνω παραμέτρους για μια συγκεκριμένη δόση απορρόφησης, D (Gy). Το μήκος του τμήματος ανά κύτταρο είναι $N_{seg} = g n_{seg} D$. Ο συνολικός αριθμός των σπασμάτων ανά κύτταρο είναι $\sum_{Sb} = g \sigma_{sb} D$. Εδώ το g είναι ένας αδιάστατος παράγοντας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ρυθμίσει την απολυτή απόδοση των βλαβών του DNA για την καλύτερη προσομοίωση των αλλοιώσεων σε συγκεκριμένους τύπους κύτταρων.
2. Επιλέγεται ένα ζεύγος νουκλεοτιδίων σε ένα τυχαίο τμήμα του DNA
3. Επιλέγεται τυχαία ένα σπάσιμο στο DNA. Αν το επιλεγμένο νουκλεοτίδιο δεν έχει ακόμα υποστεί ζημιά, καταγράφεται το σπάσιμο του κλάδου στην περιοχή αυτή. Αλλιώς $\sum_{Sb} = \sum_{Sb} - 1$ επιστρέφουμε στο βήμα 2.
4. Ρυθμίζουμε το αν επιστρέφουμε στο βήμα 2.
5. Επαναλαμβάνουμε τα βήματα 2-4 για της ζημιές των βάσεων.

Το δεύτερο καθοριστικό βήμα στον αλγόριθμο προσομοίωσης των βλαβών είναι η ομαδοποίηση των βλαβών σε αλλοιώσεις. Αυτή η στοιχειώδης διαδικασία ομαδοποίησης είναι κάπως αυθαίρετη διαδικασία για την αναγνώριση ενός υποσυνόλου βλαβών που αναμένεται να συμπεριφέρονται σαν μια ενιαία οντότητα. Αυτές οι οντότητες-DNA αλλοιώσεων- προκαλούνται σαν αποτέλεσμα της εναπόθεσης ενέργειας που δημιουργείται από την ακτινοβολία σε μικρή κλίμακα, της τάξης 1-4 nm, απομονωμένων περιοχών του DNA που διαχωρίζονται το ένα από το άλλο από την παρουσία περιοχών υγιούς DNA. Στον συγκεκριμένο αλγόριθμο προσομοίωσης, ο παράγοντας N_{min} αναγνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο οι στοιχειώδεις βλάβες κατηγοριοποιούνται σε αλλοιώσεις. Στοιχειώδεις βλάβες που διαχωρίζονται το λιγότερο από N_{min} ζευγάρια βάσεων, υπολογίζονται ως τμήματα της ίδιας αλλοίωσης. (εικόνα 2.7.2)



Εικόνα 2.7.2: Στο παραπάνω διάγραμμα παρουσιάζεται πως οι στοιχειώδεις βλάβες κατηγοριοποιούνται σε αλλοιώσεις. Το κάθε τετράγωνο κουτάκι αναπαριστά ένα νουκλεοτίδιο. Οι σταυροί υποδεικνύουν την περιοχή με τις στοιχειώδεις βλάβες (απλά διπλά σπασίματα βάσεων κ.α.)

Αναλυτικότερα, η προτεινόμενη αναγνώριση των διαφορετικών αλλοιώσεων των στοιχειωδών βλαβών έχει ως ακολούθως:

1. Αρχίζοντας από το ένα τέλος της περιοχής του DNA, εντοπίζουμε την πρώτη βλάβη μονού ή διπλού σπασίματος. Ορίζουμε την αρχή της αλλοίωσης του DNA στην περιοχή της στοιχειώδους βλάβης.
2. Αρχίζοντας με τα ζευγάρια των βάσεων μετά την στοιχειώδη βλάβη, κινούμαστε κατά μήκος του τμήματος του DNA προς την ίδια κατεύθυνση και απαριθμούμε τον αριθμό των μια ζημιωμένων ζευγαριών βάσεων που παρίστανται πριν την αντιμετώπιση της επομένης βλάβης. Αν το τέλος του τμήματος του DNA προηγηθεί της επομένης βλάβης, τότε οριοθετούμε το τέλος του DNA στο τέλος της προηγούμενης βλάβης και αποσυρόμαστε.
3. Αν ο αριθμός των μην ζημιωμένων ζευγαριών βάσεων είναι $\geq N_{min}$,

οριοθετούμε την τελική θέση της αλλοίωσης στην αρχή της επερχόμενης στοιχειώδους

βλάβης. Στην συνέχεια ορίζουμε την αρχική θέση της επομένης αλλοίωσης όταν εντοπίσουμε την επομένη στοιχειώδη βλάβη.

4. Συνεχίζουμε από το βήμα 2.

Μετά από την κατηγοριοποίηση όλων των στοιχειωδών βλαβών των τμημάτων του DNA σε αλλοιώσεις, οι ιδιότητες των αλλοιώσεων μπορούν να αναλυθούν περαιτέρω, οδός άφορα την φύση της βλάβης και την χωρική κατανομή των στοιχειωδών βλαβών που δημιουργούν την αλλοίωση. Παραδείγματος χάριν οι βλάβες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε μεγάλη ποικιλία όπως: άπλα και συνθέτα SSB's και DSB's κ.α.[44]

Β' ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΜΕΡΟΣ 3: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Κεφάλαιο 3.1: Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε τα πειραματικά μας αποτελέσματα με την μορφή διαγραμμάτων. Η εμπειρική ανάλυση περιλαμβάνει μεταβλητές ανθρωπινών χαρακτηριστικών όπως η ηλικία, το βάρος άλλα και το φύλλο, δόσεις ακτινοβολίας της εκάστοτε εξέτασης άλλα και αριθμό ασθενών ανά κατηγορία.

Η μελέτη μας αφορά δείγμα 501 ασθενών εκ' των οποίων 402 ήταν άνδρες και 99 γυναίκες. Το υπό μελέτη δείγμα αποτελούνταν από ανθρώπους ηλικίας από 18 έως 87 ετών. Το βάρος των ασθενών που μελετήθηκε κυμαινόταν από 39.5 έως και 150 κιλά, και το ύψος από 148 έως 195 cm .

Οι εξετάσεις στις οποίες υποβλήθηκαν οι ασθενείς είναι:

- Αξονική στεφανιογραφία
 - Επεμβατική στεφανιογραφία - αγγειογραφία
 - Αγγειοπλαστική
 - Σπινθηρογραφικές μελέτες
- Στην αξονική στεφανιογραφία οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν οι ασθενείς κυμαίνονται από 489 - 3191 mGy x cmή 6.8 - 44.6 mSv .
 - Στην επεμβατική στεφανιογραφία οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν οι ασθενείς κυμαίνονται από 33.02 - 39.83 Gy x cm² ή 8.25 - 9.95 mSv.
 - Στην αγγειοπλαστική οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν οι ασθενείς κυμαίνονται από 64.36 - 71.13 Gy x cm² ή 16.09 - 17.78 mSv.
 - Στις σπινθηρογραφικές μελέτες η δόση ακτινοβολίας είναι 18 mSv λόγω χρήσης του ραδιοϊσοτόπου Tl-201.

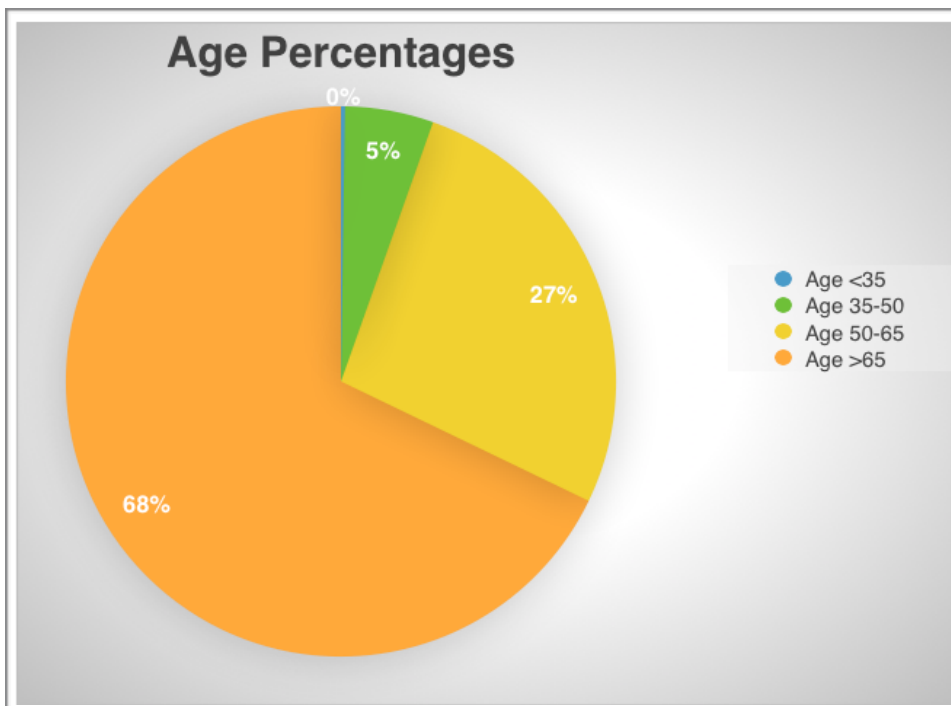
Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο (Ω.Κ.Κ.) στα τμήματα αξονικής τομογραφίας και πυρηνικής ιατρικής. Τα δεδομένα αφορούν ασθενείς οι οποίοι υποβλήθηκαν στις παραπάνω διαγνωστικές και επεμβατικές διαδικασίες κατά την περίοδο 09/2007 - 03/2008.

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιάσουμε τα διαγράμματα των μεταβλητών και θα παρατηρήσουμε πως αλληλεπιδρούν με τις παραπάνω εξετάσεις. Βλέποντας λοιπόν τα διαγράμματα, θα μπορούσαμε να βγάλουμε αρκετά συμπεράσματα σχετικά τους παράγοντες που τις επηρεάζουν.

3.1.1 ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

Στο διάγραμμα 3.1 παρατηρούμε ότι την ηλικιακή κατανομή του δείγματος μας. Το 5% αφορά άτομα ηλικίας 35 - 50 χρονών, το 27% άτομα ηλικίας 50-65 χρονών και το 68% άτομα ηλικίας μεγαλύτερα των 65 χρόνων. Το ποσοστό των ατόμων κάτω των 35 χρόνων είναι αμελητέο γι' αυτό και δεν παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 3.1: Ηλικιακή κατανομή του δείγματος

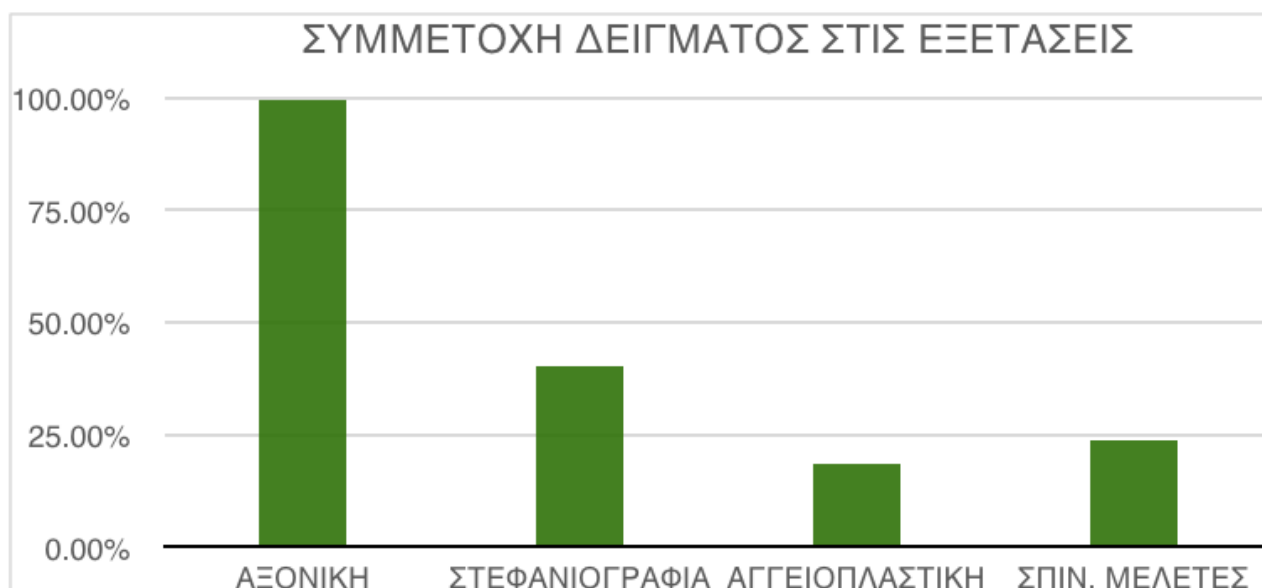
3.1.2 ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΑΝΑ ΕΞΕΤΑΣΗ

Στο διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η συμμετοχή των εξεταζόμενων σε κάθε εξέταση. Δεδομένου ότι το δείγμα μας δημιουργήθηκε από ασθενείς που είχαν όλοι αξονική καρδιάς, και ως κατ' επέκταση ερευνήθηκε το υπόλοιπο σύνολο των εξετάσεων καρδιολογικού τύπου που υποβλήθηκαν, η συμμετοχή στην αξονική στεφανιογραφία είναι 100%. Η επεμβατική στεφανιογραφία ακολουθεί σε ποσοστό 40.16%, η αγγειοπλαστική σε ποσοστό 18.69% και τέλος οι σπινθηρογραφικές μελέτες (με χρήση TI-201) σε ποσοστό 23.86 %

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ #ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	503
ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑΣ	100%
ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ	40.16%
ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗ	18.69%
ΣΠΙΝ. ΜΕΛΕΤΕΣ	23.86%

Πινάκας 3.1: Ποσοστό συμμετοχής εξετάσεων.

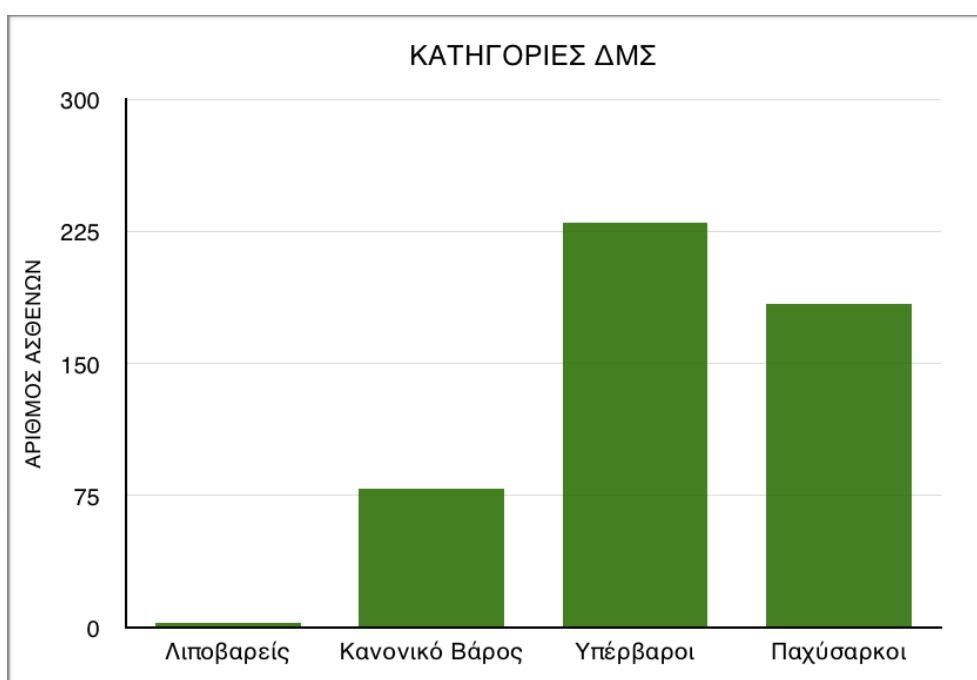


Διάγραμμα 3.2 : Ποσοστό συμμετοχής εξετάσεων.

3.1.3 ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

Στο διάγραμμα 3.3 παρουσιάζετε το δείγμα των ασθενών σε συνάρτηση με τον δείκτη μάζας σώματος (BMI). Η κατηγοριοποίησή τους έγινε με βάση την κατηγορία που ανήκουν: βάρος κάτω του κανονικού, φυσιολογικό βάρος, υπέρβαρος και παχύσαρκος. Παρατηρούμε

ότι το δείγμα μας είναι κυρίως υπέρβαροι, με μεγάλο ποσοστό παχύσαρκων, γεγονός αναμενόμενο καθώς αποτελούν διαγνωσμένους καρδιολογικούς ασθενείς.



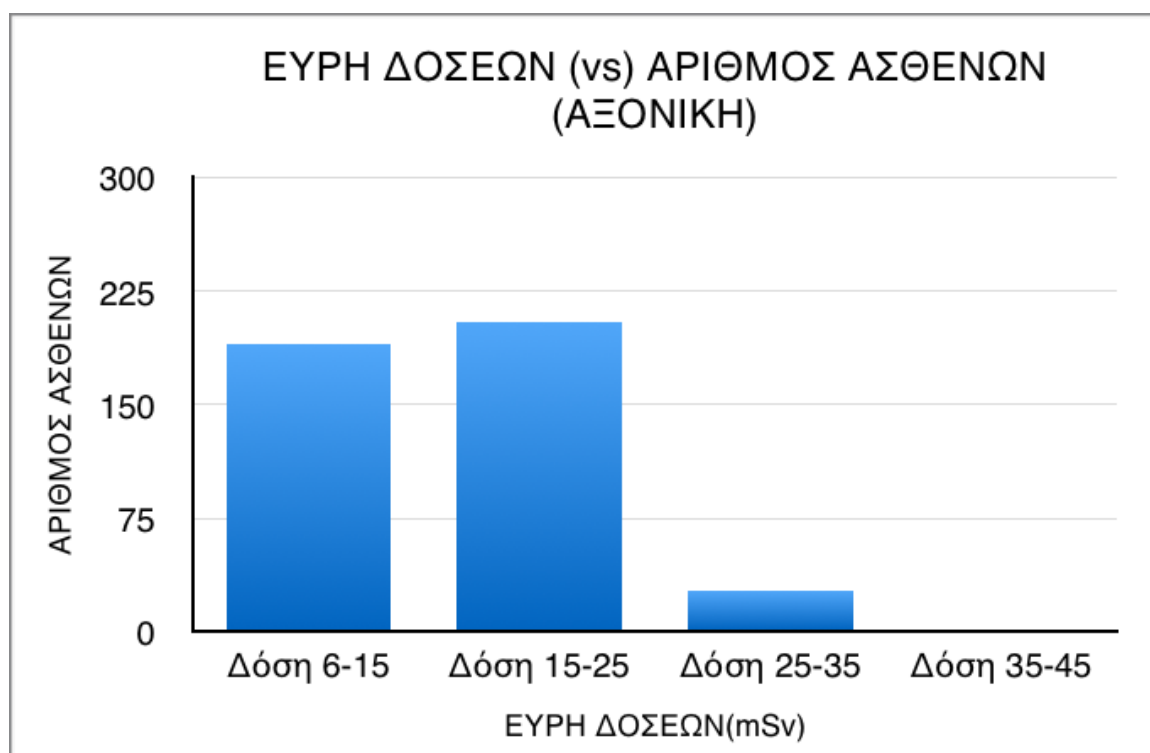
Διάγραμμα 3.3: Κατηγοριοποίηση ασθενών με βάση του Δ.Μ.Σ

3.1.4 ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζονται τα εύρη των δόσεων σε κάθε εξέταση ξεχωριστά. Παρουσιάζονται δηλαδή, που κυμαίνονται οι δόσεις των ασθενών του δείγματος μας που υποβλήθηκαν στις προαναφερθείσες εξετάσεις.

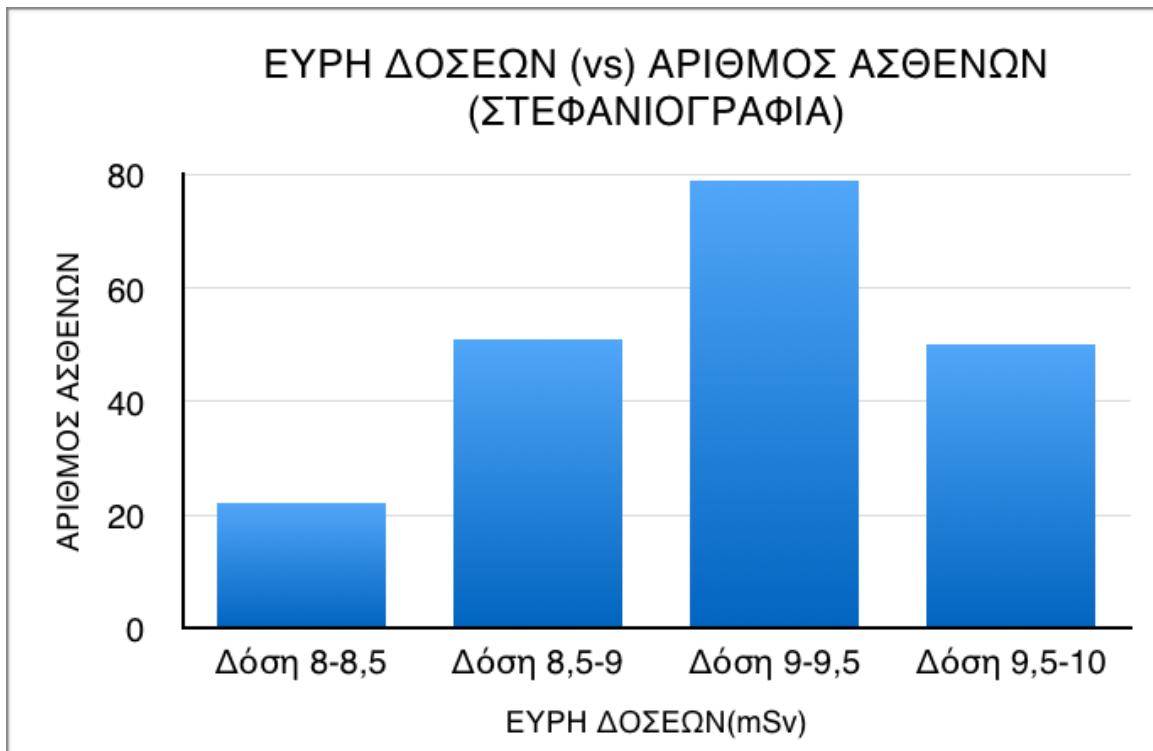
3.1.4.1 ΕΥΡΗ ΔΟΣΕΩΝ (ΡΑΒΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ)

Στο διάγραμμα 3.4 παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν οι ασθενείς στην αξονική στεφανιογραφία καρδιάς εκφρασμένες σε ενεργό δόση (mSv). Τα εύρη των δόσεων επιλέχθηκαν, σε συνεργασία με τους ακτινοφυσικούς του Ω.Κ.Κ., ώστε να εμφανίζουν όσο το δυνατόν αρτιότερα το δείγμα μας. Το μεγαλύτερο ποσοστό των δόσεων κυμαίνεται από 6-25 mSv δόση αρκετά υψηλή για τα σημερινά δεδομένα, αν αναλογιστεί κανείς ότι οι σημερινές δόσεις για την ίδια εξέταση στο Ω.Κ.Κ. δεν ξεπερνούν τα 10 mSv. Η median τιμή για την αξονική στεφανιογραφία είναι τα 15.69 mSv.



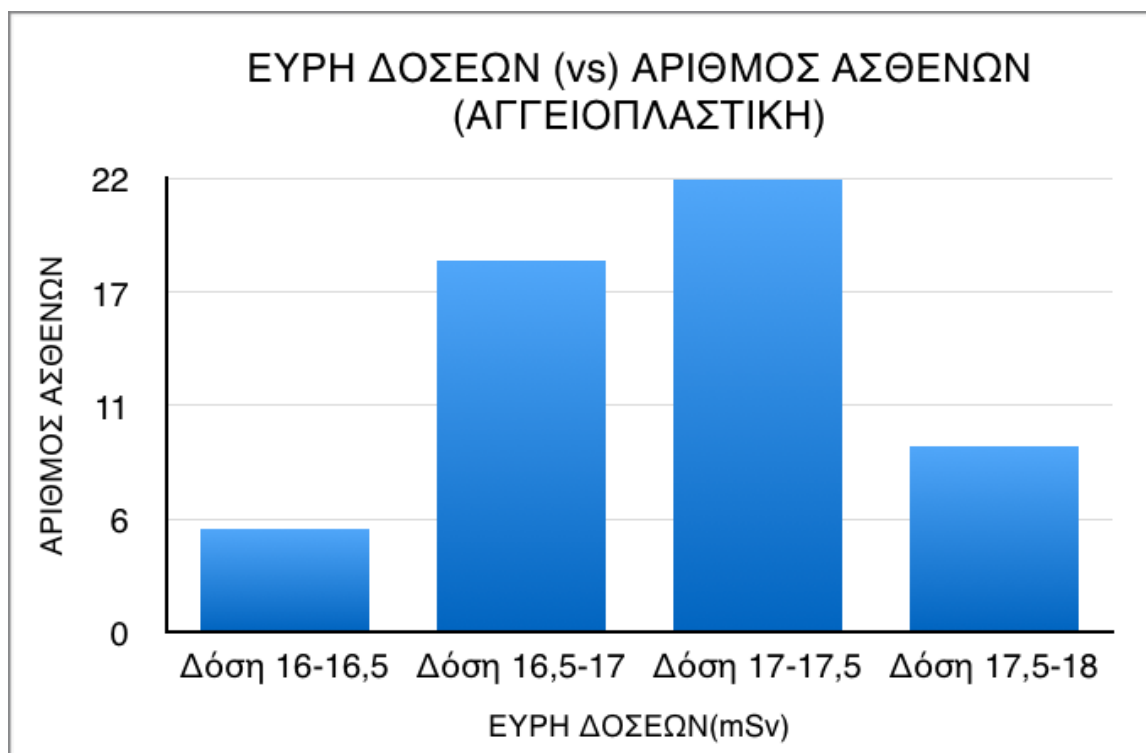
Διάγραμμα 3.4: Κατανομή των δόσεων των ασθενών στην αξονική στεφανιογραφία.

Στο διάγραμμα 3.5 παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν όσοι ασθενής από το δείγμα μας είχαν υποβληθεί και σε επεμβατική στεφανιογραφία στο Αιμοδυναμικό εργαστήριο, εκφρασμένη και αυτή σε ενεργό δόση (mSv). Τα εύρη των δόσεων είναι ομοίως με παραπάνω επιλεγμένα. Οι δόσεις στην επεμβατική στεφανιογραφία κυμαίνονται από 8-10 mSv με το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών να βρίσκονται στο διάστημα από 9-9.5 mSv. Η median τιμή για της δόσεις της επεμβατικής στεφανιογραφίας είναι τα 9.15



Διάγραμμα 3.5: Κατανομή των δόσεων των ασθενών στην επεμβατική στεφανιογραφία

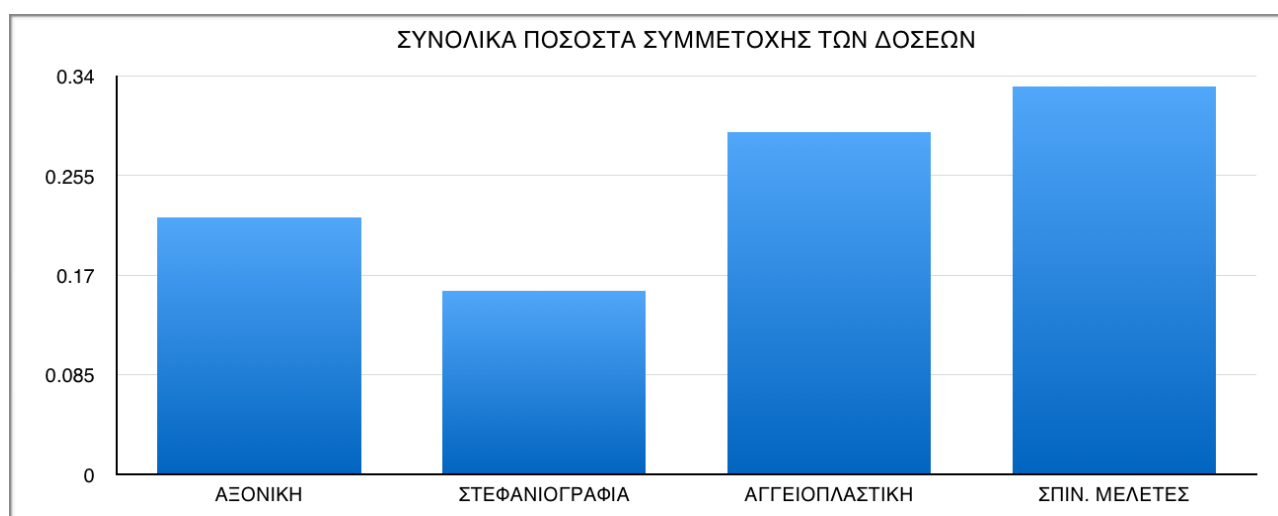
Στο διάγραμμα 3.6 παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας που δέχτηκαν όσοι ασθενείς από το δείγμα μας είχαν υποβληθεί σε αγγειοπλαστική, εκφρασμένη και αυτή σε ενεργό δόση (mSv). Τα εύρη των δόσεων είναι ομοίως με παραπάνω επιλεγμένα. Οι δόσεις στην αγγειοπλαστική κυμαίνονται από 16-18 mSv με το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών να βρίσκονται στο διάστημα μεταξύ 16-17.5 mSv. Η median τιμή για τις δόσεις της αγγειοπλαστικής είναι τα 17.07 mSv.



Διάγραμμα 3.6 : Κατανομή των δόσεων των ασθενών στην αγγειοπλαστική.

Αντίστοιχο ραβδόγραμμα για τις σπινθηρογραφικές μελέτες δεν κατασκευάστηκε καθότι η δόση ήταν σταθερή (18 mSv- TI-201) για όλους τους ασθενείς και συνεπώς δεν είχε νόημα να παραστεί γραφικά.

Τέλος, στην σειρά αυτή διαγραμμάτων ακολουθεί ένα συγκεντρωτικό ραβδόγραμμα (3.7) που παρουσιάζει την συμμετοχή όλων των εξετάσεων στο συνολικό ποσοστό της δόσης που λαμβάνει ένας ασθενής που έχει υποβληθεί και στις τέσσερις καρδιολογικού τύπου εξετάσεις που μελετήθηκαν.

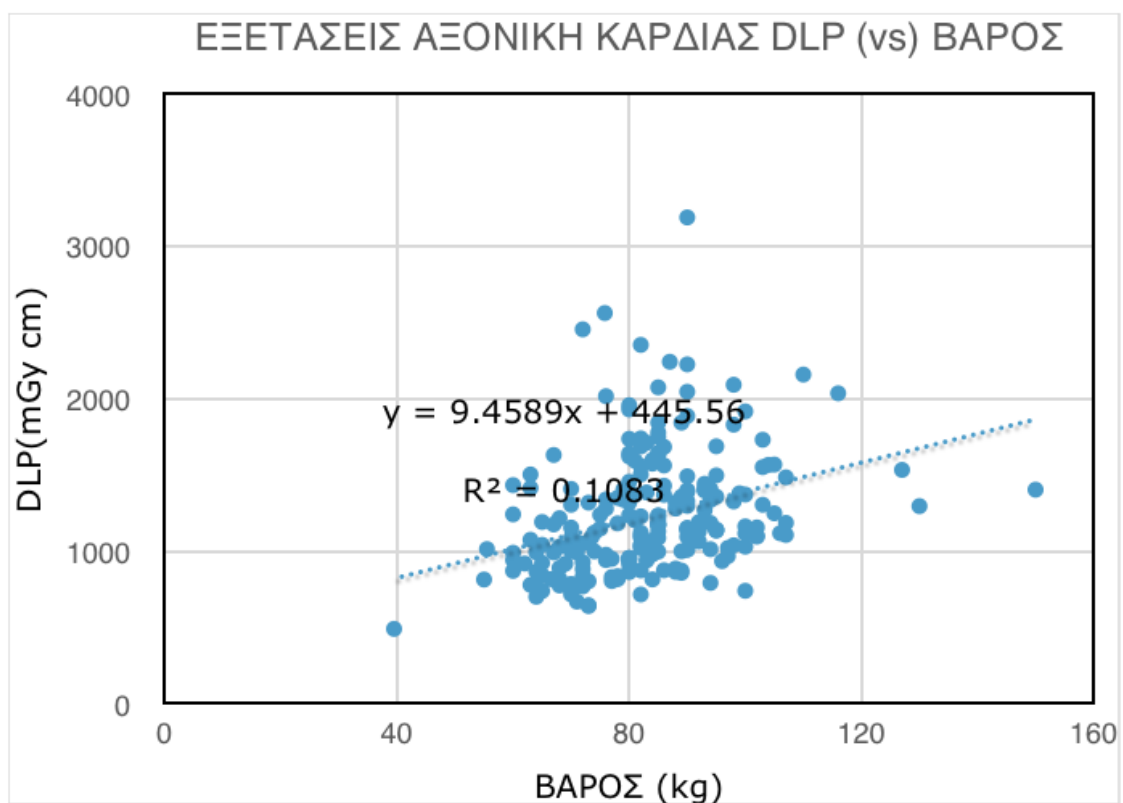


Διάγραμμα 3.7: Συμμετοχή των καρδιολογικών εξετάσεων στη συνολική δόση που λαμβάνει ο εξεταζόμενος.

3.1.4.2 ΔΟΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΝΑ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΕ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΒΑΡΟΣ

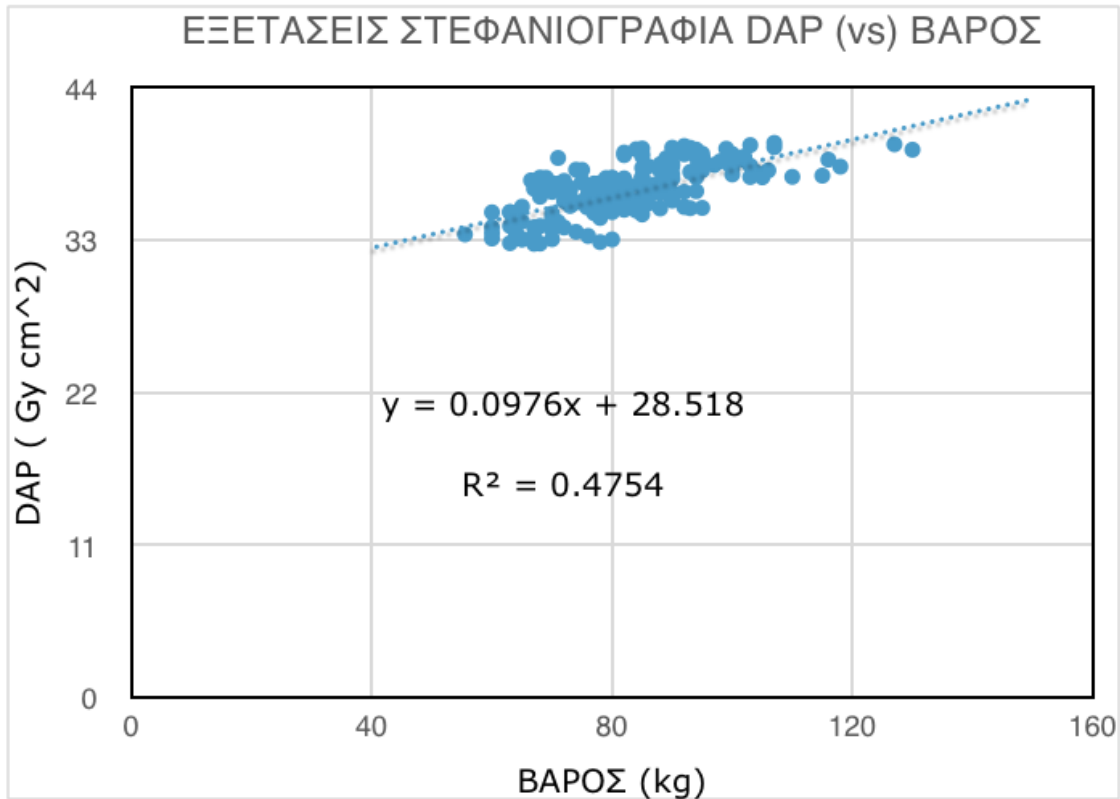
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο εξεταζόμενος από την αξονική στεφανιογραφία, την επεμβατική στεφανιογραφία και την αγγειοπλαστική συναρτήσει του βάρους.

Στο διάγραμμα 3.8 παρουσιάζεται η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής συναρτήσει του βάρους του στην αξονική στεφανιογραφία. Ο άξονας x περιέχει το βάρος (weight) εκφρασμένο σε kg, ενώ ο y περιέχει την δόση ακτινοβολίας από την αξονική DLP (dose length product) σε mGy*cm .



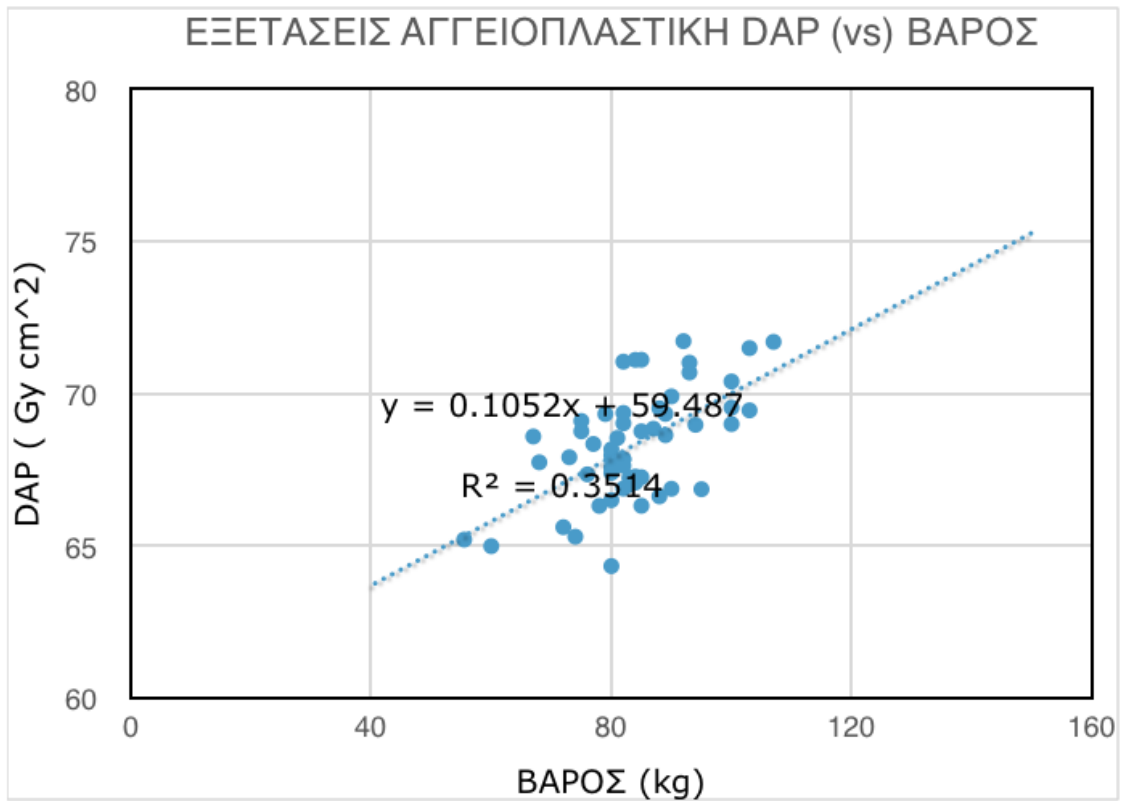
Διάγραμμα 3.8: Δόση αξονικής στεφανιογραφίας συναρτήσει του βάρους. (DLP vs weight)

Στο διάγραμμα 3.9 παρουσιάζεται η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής συναρτήσει του βάρους στην επεμβατική στεφανιογραφία. Ο άξονας x περιέχει το βάρος (weight) εκφρασμένο σε kg, ενώ ο y περιέχει την δόση από την επεμβατική στεφανιογραφία DAP (dose area product) σε Gy* cm².



Διάγραμμα 3.9: Δόση επεμβατικής στεφανιογραφίας συναρτήσει του βάρους. (DAP vs weight)

Στο διάγραμμα 3.10 παρουσιάζεται η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής συναρτήσει του βάρους στην αγγειοπλαστική. Ο άξονας x περιέχει το βάρος (weight) εκφρασμένο σε kg, ενώ ο y περιέχει την δόση από την αγγειοπλαστική DAP (dose area product) σε Gy* cm².



Διάγραμμα 3.10: Δόση αγγειοπλαστικής συναρτήσει του βάρους. (DAP vs weight)

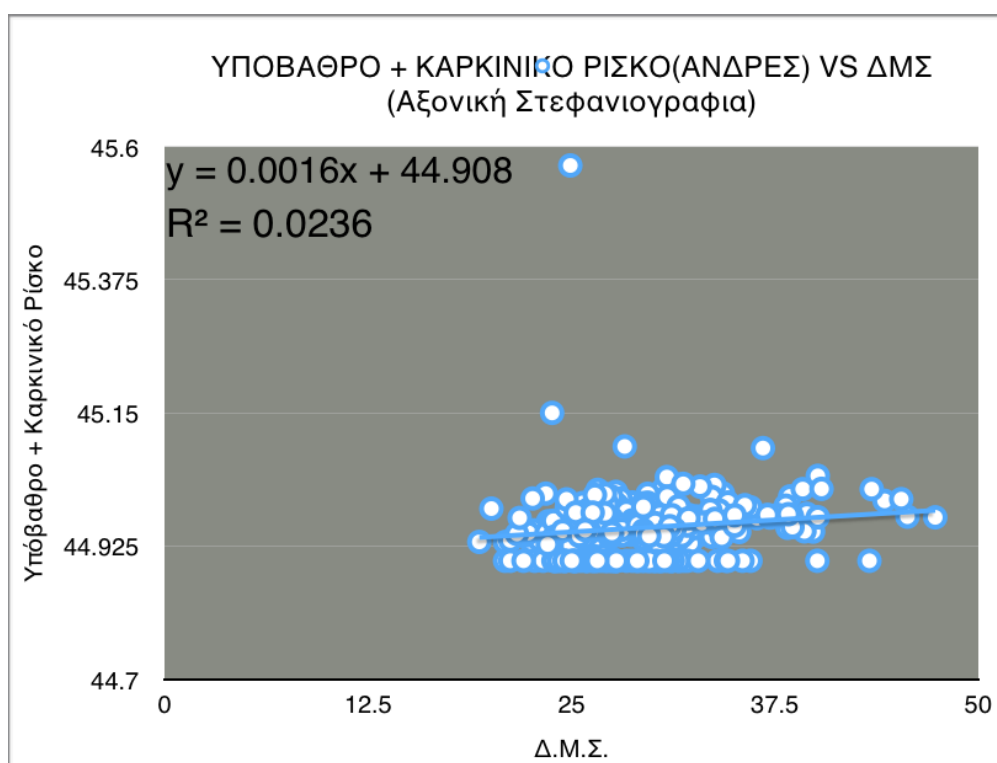
Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι η συσχέτιση με το βάρος είναι ελάχιστη και άλλου αμελητέα. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία και λαμβάνοντας υπόψιν ότι η μεγάλη συσσώρευση λίπους (άρα και βάρους) σε μια περιοχή απορροφά μεγαλύτερο ποσοστό δόσης ακτινοβολίας θα έπρεπε η συσχέτιση μας να παρουσίαζε μεγαλύτερη σύγκλιση. Λόγω όμως έλλειψης στοιχείων για το μήκος της περιφέρειας του εκάστοτε εξεταζόμενου δεν μπορούμε να αποφανθούμε για την ορθότητα των αποτελεσμάτων μας. Η απουσία μετρήσεων της περιφέρειας των ασθενών του δείγματος μας οφείλεται στο γεγονός ότι η μελέτη μας ήταν αναδρομική (2007-2008).

3.1.5 ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΡΚΙΝΙΚΟΥ ΡΙΣΚΟΥ

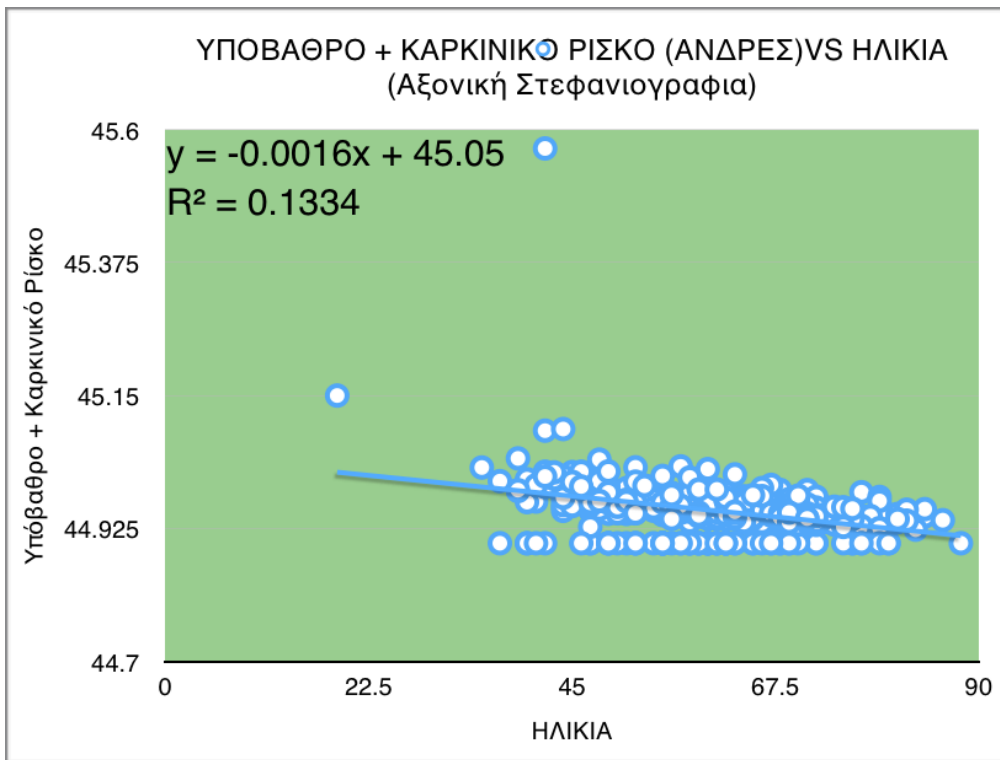
Στην επομένη σειρά διαγραμμάτων παρουσιάζεται η εκτίμηση του καρκινικού ρίσκου για κάθε ασθενή, σε κάθε εξέταση που συμμετείχε. Η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων έχει

γίνει με βάση το φύλλο, καθώς ο αρχικός κίνδυνος διαφέρει μεταξύ ανδρών και γυναικών. Το αρχικό υπόβαθρο για τους άνδρες είναι το ποσοστό 44.9%, ενώ για τις γυναίκες 35,7%. Για σταθερή δόση απορρόφησης από την εκάστοτε εξέταση η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου αυξάνεται αντίστροφος με την αύξηση της ηλικίας. Όσο μικρότερη είναι η ηλικία που πραγματοποιηθεί η εξέταση τόσο περισσότερο αυξάνεται η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Συνεπώς, η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου από την έκθεση σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες είναι αντίστροφος ανάλογη της ηλικίας.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αύξηση του καρκινικού ρίσκου για τους άνδρες στην αξονική στεφανιογραφία με την ηλικία (διάγραμμα 3.11) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI). Το μέγιστο BMI στο δείγμα μας ήταν 40.12 και το ελάχιστο 19.32. Η μέγιστη ηλικία στο δείγμα μας ήταν τα 88 έτη ενώ η ελάχιστη τα 42. Το μέγιστο καρκινικό ρίσκο ήταν της τάξης του 0.059% από μια εξέταση CT, ενώ το ελάχιστο 0.015%. (διάγραμμα 3.12)

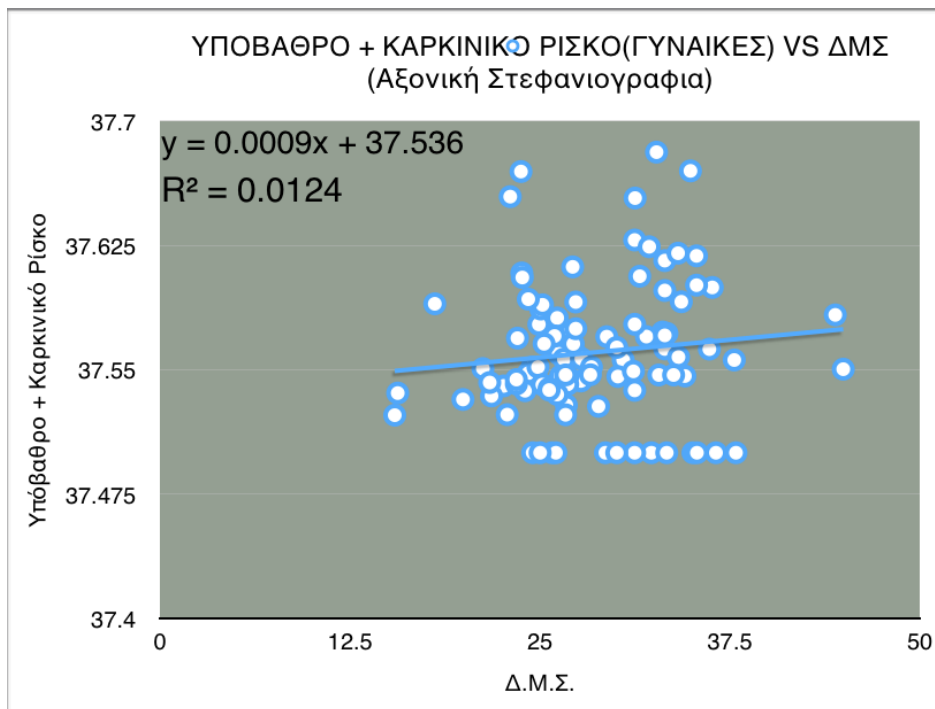


Διάγραμμα 3.11: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτη Μάζας Σώματος (άνδρες)
Αξονική Στεφανιογραφία .

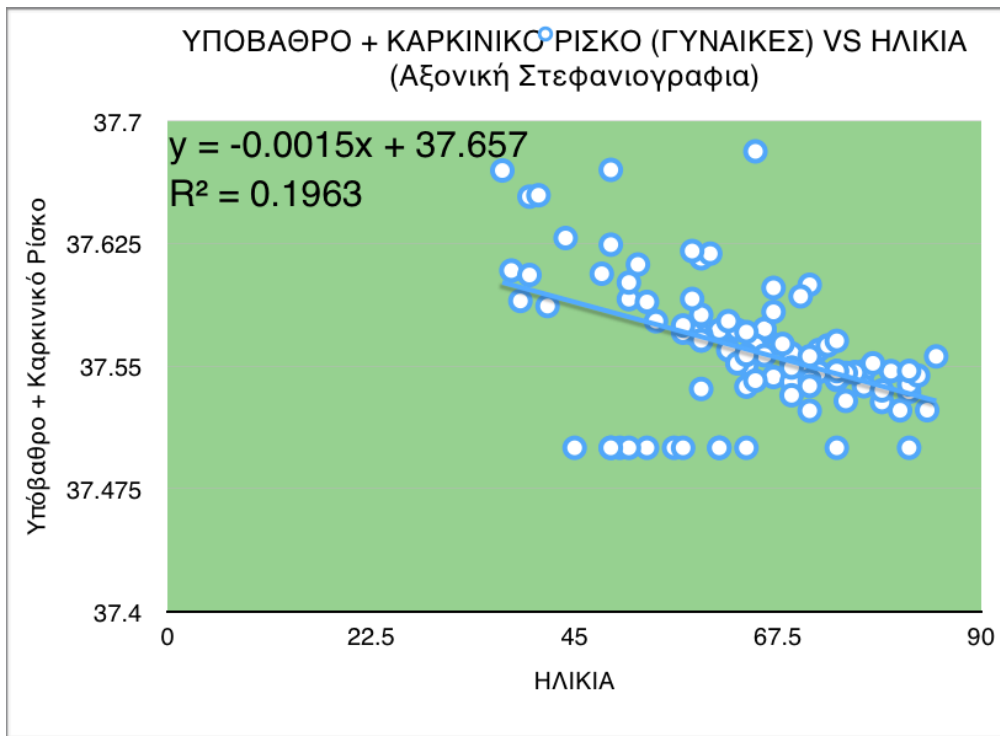


Διάγραμμα 3.12: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία (άνδρες) Αξονική Στεφανιογραφία

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αύξηση του καρκινικού ρίσκου για τις γυναίκες στην αξονική στεφανιογραφία με την ηλικία (διάγραμμα 3.14) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI). (διάγραμμα 3.13) Το BMI έλαβε την μέγιστη τιμή 36.13 και την ελάχιστη 21.62. Ενώ, οι ηλικίες ποίκιλαν με μέγιστο τα 83 και ελάχιστο τα 38 χρόνια.

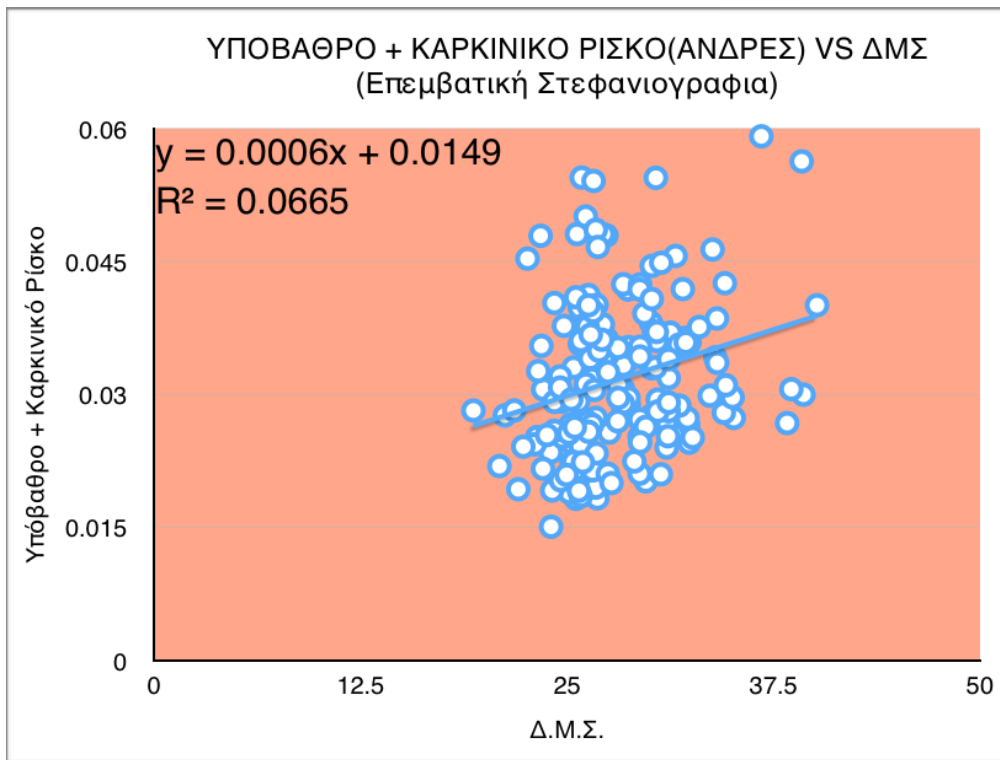


Διάγραμμα 3.13: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτης Μάζας Σώματος (γυναίκες) Αξονική Στεφανιογραφία.

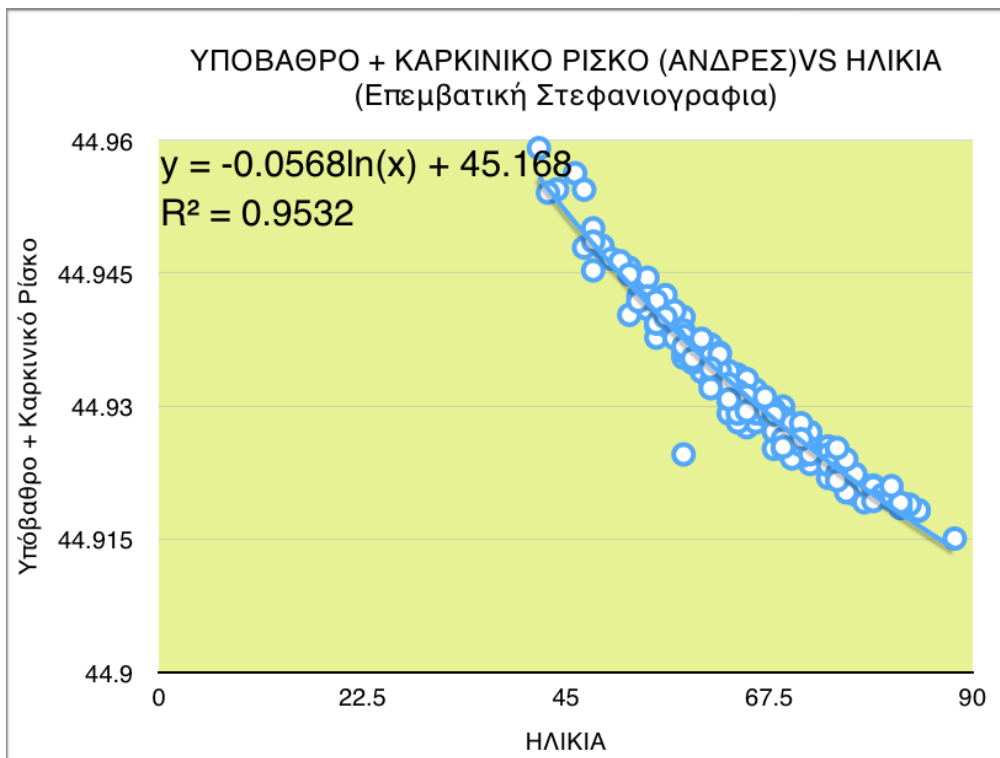


Διάγραμμα 3.14: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία (γυναίκες)
Αξονική Στεφανιογραφία.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αύξηση του καρκινικού ρίσκου για τους άνδρες στην στεφανιογραφία(διαγνωστική) με την ηλικία (διάγραμμα 3.16) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI) (διάγραμμα 3.15)

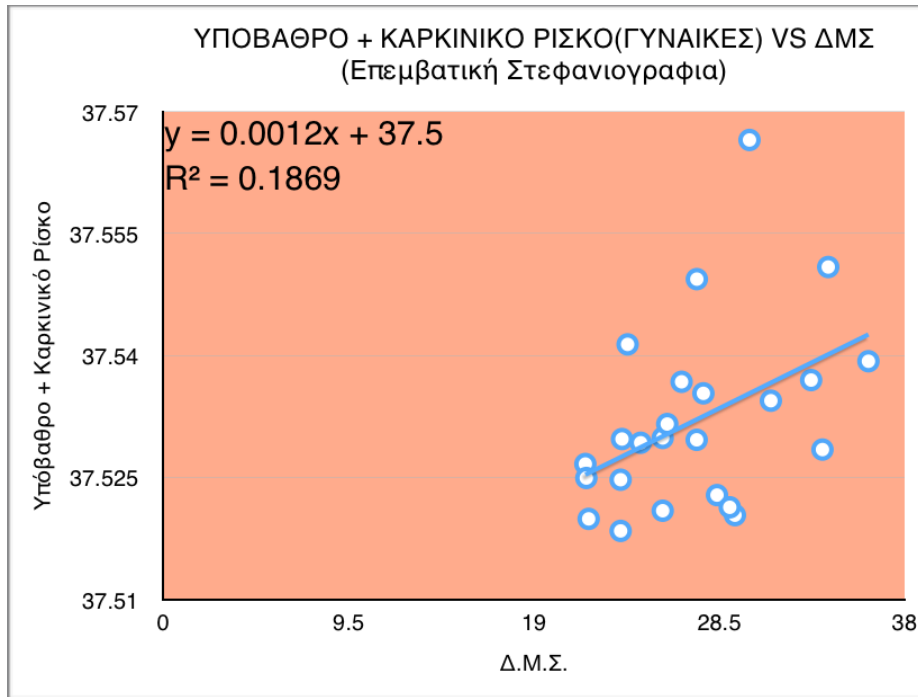


Διάγραμμα 3.15: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτη Μάζας Σώματος (άνδρες) Στεφανιογραφία.

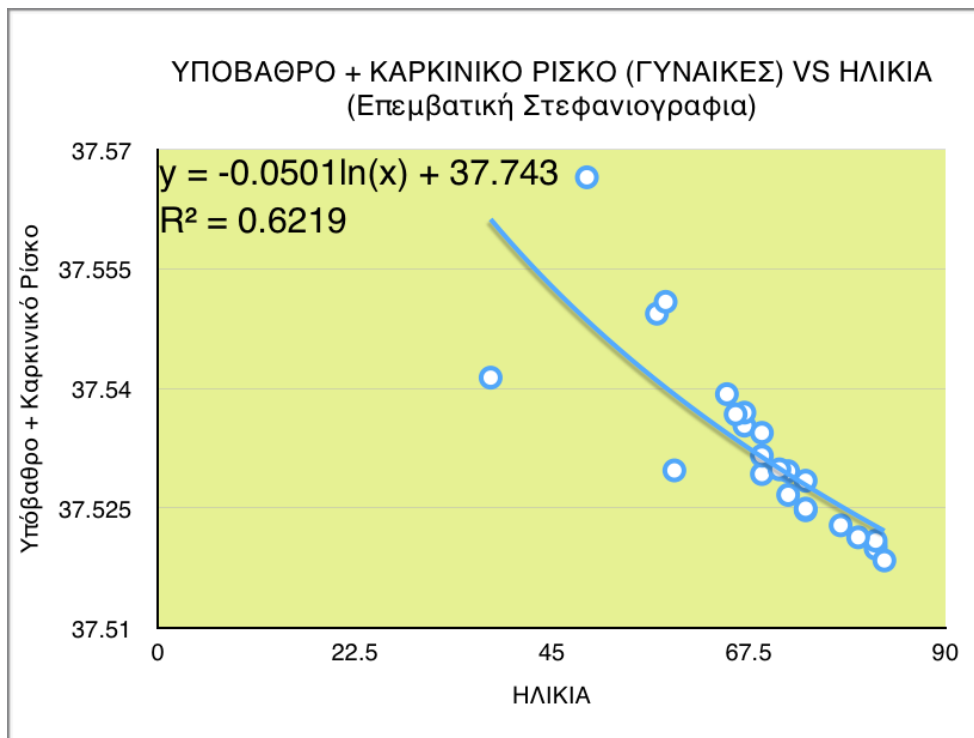


Διάγραμμα 3.16: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία (άνδρες) Στεφανιογραφία.

Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αύξηση του καρκινικού ρίσκου για τις γυναίκες στην στεφανιογραφία(διαγνωστική) με την ηλικία (διάγραμμα 3.18) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI) (διάγραμμα 3.17)

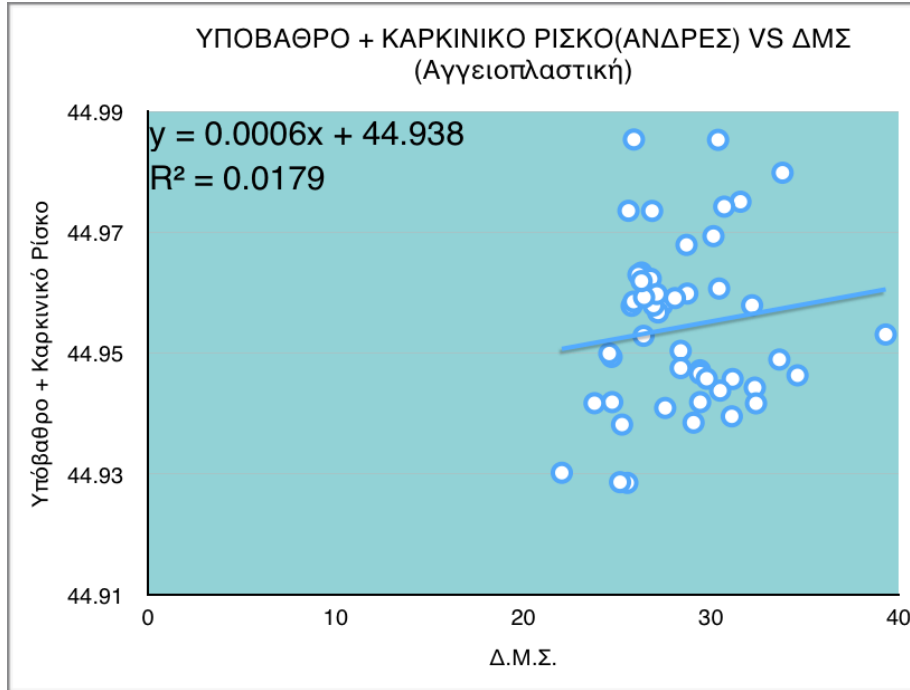


Διάγραμμα 3.17: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτη Μάζας Σώματος (γυναίκες)
Στεφανιογραφία

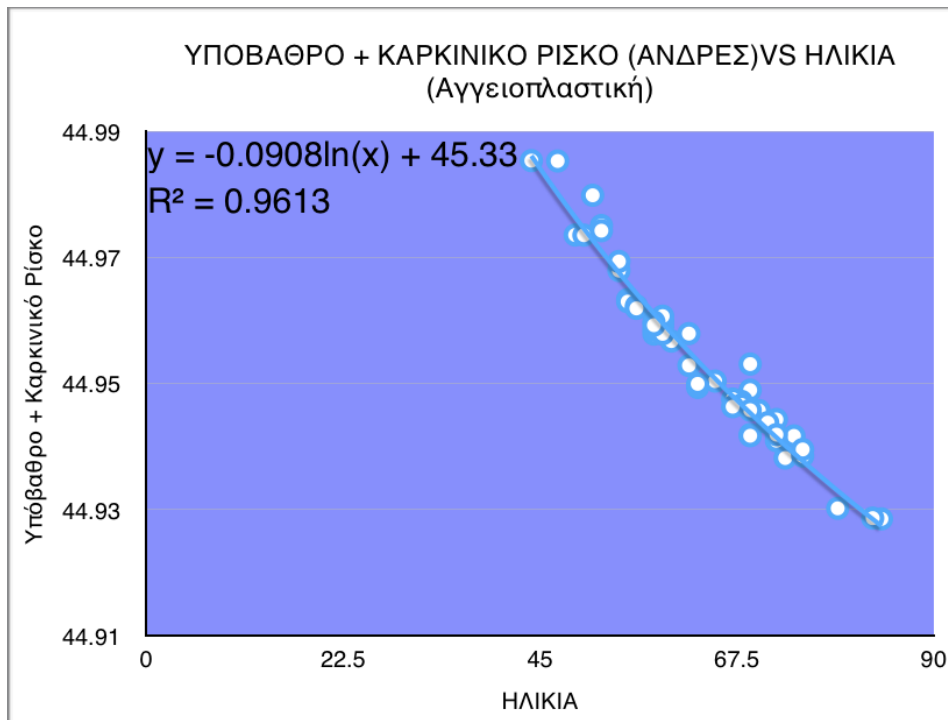


Διάγραμμα 3.18: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία (γυναίκες)
Στεφανιογραφία

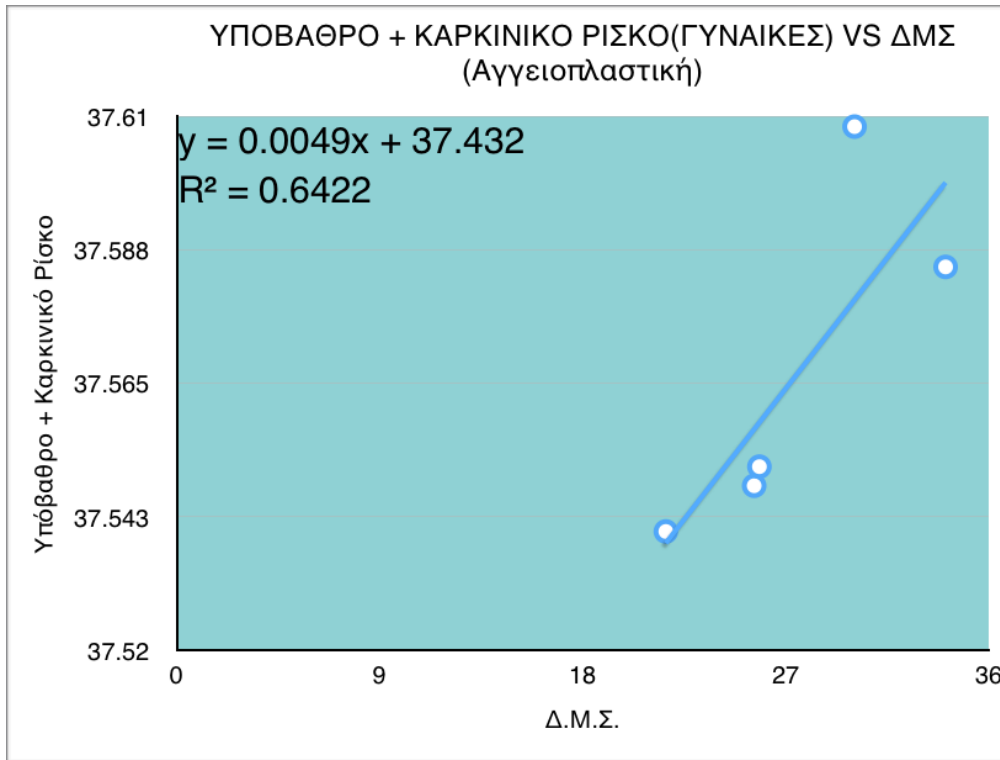
Στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η αύξηση του καρκινικού ρίσκου για τους άνδρες στην στεφανιογραφία- αγγειοπλαστική(επεμβατική) με την ηλικία (διάγραμμα 3.19) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI) (διάγραμμα 3.20) στην στεφανιογραφία- αγγειοπλαστική(επεμβατική) με την ηλικία (διάγραμμα 3.19) και το δείκτη μάζας σώματος (BMI) (διάγραμμα 3.20)



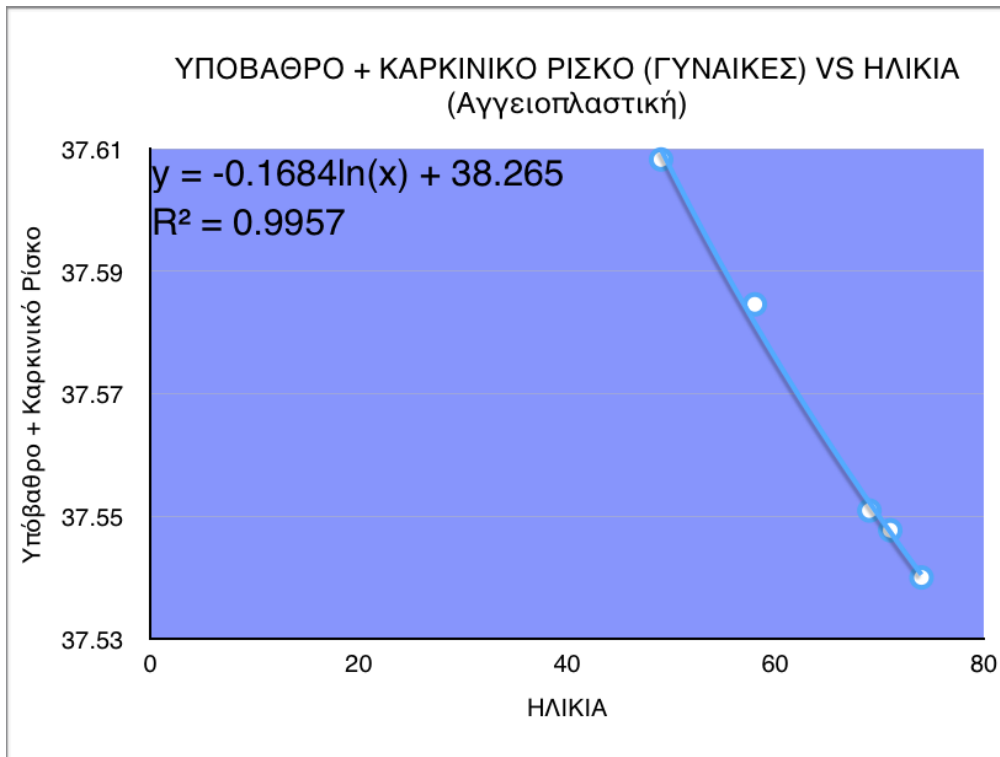
Διάγραμμα 3.19: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτη Μάζας Σώματος(άνδρες) Αγγειοπλαστική



Διάγραμμα 3.20: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία(άνδρες) Αγγειοπλαστική.



Διάγραμμα 3.21: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Δείκτη Μάζας Σώματος (γυναίκες) Αγγειοπλαστική.



Διάγραμμα 3.22: Συνολικό Καρκινικό Ρίσκο VS Ηλικία(γυναίκες) Αγγειοπλαστική.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας καθώς και τα καρκινικά ρίσκα ενός κομματιού ασθενών του δείγματος μας οι οποίοι υποβλήθηκαν και στις τέσσερις καρδιολογικές εξετάσεις. Τα ονόματα των ασθενών δεν παρεμβάλλονται για προφανείς λόγους, πάρα μόνο οι ηλικίες τους και το φύλλο.

ΔΟΣΕΙΣ- ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟ ΑΣΘΕΝΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΒΛΗΘΗΚΑΝ ΣΕ ΟΛΕΣ ΤΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ

ΔΟΣΕΙΣ ΛΕΩΝΙΚΗ (mSv)	ΔΟΣΕΙΣ ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ (mSv)	ΔΟΣΕΙΣ ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗ (mSv)	ΔΟΣΕΙΣ ΣΤΙΠΗΡΟΓΡΑΦΗ (mSv)	ΔΟΣΕΙΣ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΟΣΗ (mSv)	ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟ ΑΞΟΝΙΚΗΣ	ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟ ΣΤΕΦΩΛΣ	ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟ ΑΓΓΕΙΟΚΙΣ	ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟ ΣΠΙΝΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟΥ	ΥΠΟΒΑΡΘΟ * ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΑΡΚΙΝΙΚΟ ΡΙΣΚΟΥ	ΦΥΛΛΟ	ΗΛΙΚΙΑ
12.222	9.131	17.037	18	56.389	0.0728	0.054451	0.085344	0.088553	0.301148	45.201148	A	51
14.406	9.430	17.230	18	59.065	0.070872	0.046343	0.079846	0.073047	0.270108	45.170108	A	58
26.838	9.538	17.406	18	71.781	0.1284	0.045612	0.075047	0.071086	0.320125	45.220125	A	59
18.998	9.343	17.313	36	81.655	0.081456	0.040046	0.061813	0.065663	0.247078	45.147078	A	63
11.396	8.932	16.780	18	55.108	0.044992	0.035256	0.059103	0.058622	0.197973	45.097973	A	66
13.174	8.849	16.642	18	56.664	0.052012	0.034901	0.057879	0.056622	0.203414	45.103414	A	66
19.754	9.864	17.627	36	83.245	0.071815	0.035846	0.057913	0.053979	0.219553	45.119553	A	69
13.188	8.258	16.148	18	55.594	0.0466	0.029179	0.049374	0.052515	0.177668	45.077668	A	70
15.428	8.793	16.553	18	58.774	0.0475	0.027095	0.047162	0.045769	0.167526	45.067526	A	75
12.152	8.817	16.717	18	55.686	0.037458	0.027157	0.046607	0.045789	0.156991	45.056991	A	75
13.972	8.395	16.282	18	56.649	0.041900	0.025160	0.041894	0.044527	0.153481	45.053481	A	76
17.304	8.915	16.903	18	61.123	0.051892	0.031566	0.050945	0.050264	0.184667	37.684667	A	76
12.39	9.614	17.526	18	57.530	0.0342	0.026537	0.044293	0.041001	0.146031	45.046031	A	79
16.072	9.304	17.272	18	60.648	0.0443	0.025681	0.040924	0.041001	0.151906	45.051906	A	79
22.806	9.390	17.317	18	67.513	0.0596	0.024542	0.041687	0.038807	0.164636	45.064636	A	81
14.182	8.349	16.200	18	56.731	0.042359	0.024928	0.040022	0.042406	0.149715	37.649715	Θ	81
11.242	9.267	17.180	18	55.689	0.022940	0.018896	0.028650	0.030299	0.100785	45.000785	A	90
22.834	9.172	16.989	18	66.984	0.0453	0.018205	0.028528	0.029477	0.12151	45.02151	A	91

3.6 MCDS-DNA damage

Παρακάτω παρουσιάζονται τα δεδομένα έξοδου από το υπολογιστικό πρόγραμμα MCDS όπως εμφανιστήκαν μετά την εισαγωγή των κατάλληλων μεταβλητών. Χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα που είχαμε από τις δόσεις ακτινοβολίας του αζονικού τομογράφου για ένα δείγμα 12 τυχαίων ασθενών και υπολογίσαμε διαφόρου τύπου μεταβλητές γύρω από τις διαφορές βλάβες που προκαλούνται στο μόριο του DNA.

```
=====
MCDS Version 3.10A 05-DEC-2011
=====
```

```
0.220  running time (min)
987654321  random number seed
3001  number of cells (nocs)
1.0000E+00  water-equivalent material (WEM) thickness (mg/cm^2)
7.2520E-03  Desired dose to the cell nucleus (Gy)
6.4000E+00  DNA content (Gbp)
```

TARGET (cell) DEFINITION (4V/S = mean chord length)

```
=====
DIAMETER  4V/S  Volume  Mass
  (um)    (um)  (um^3)  (ng)
-----
DNA      ---   ---   6.531E+00  6.531E-03
NUCLEUS  5.000E+00  3.333E+00  6.545E+01  6.545E-02
CYTOPLASM ---   ---   4.581E+02  4.581E-01
CELL     1.000E+01  6.667E+00  5.236E+02  5.236E-01
=====
```

NOTE: In human DNA, 1 Gbp=0.979 ng (not including bound H₂O). DNA volume computed using a density of 1 g/cm³.

```
INCIDENT PARTICLE: e- (mass = 5.48580E-04 u = 5.10999E-01 MeV/c^2)
1.00000E+00 MeV >= 1.27750E-06 MeV
1.82289E+03 MeV/u >= 2.32874E-03 MeV/u)
1.42197E+00 MeV (p*c = momentum x speed of light)
8.72030E-01 pm (de Broglie wavelength)
2.95695E+00 = T/m0c2+1 (Lorentz factor) >= 1
1.00000E+00 ABS(effective charge); Barkas 1963
9.41079E-01 beta = (v/c) <= 1
1.12914E+00 (zeff/beta)^2 <= 2.000E+05
1.84239E-01 keV/um (total stopping power in H2O)
1.82896E-01 keV/um ( 99.271% collisional)
1.34323E-03 keV/um ( 0.729% radiative)
```

4.38804E-01 CSDA range of particle (cm) in H2O

PARTICLE TRANSPORT - Beam of radiation incident on bottom of cell culture dish (WEM=10.00 um, cell=10.00 um, nucleus=5.00 um; total distance traveled to reach nucleus=12.500 um of H2O).

	----- Cell -----		----- Nucleus -----		
	Incident	Entry	Exit	Entry	Exit
KE (MeV)	1.0000E+00	9.9816E-01	9.9631E-01	9.9770E-01	9.9678E-01
(Zeff/beta)^2	1.1291E+00	1.1295E+00	1.1299E+00	1.1296E+00	1.1298E+00
LET (keV/um)	1.8290E-01	1.8292E-01	1.8294E-01	1.8293E-01	1.8294E-01
Res. Range (um)	4.3880E+03	4.3780E+03	4.3680E+03	4.3755E+03	4.3705E+03
DPUF1 (nGy-cm^2)	2.9300E-01	2.9304E-01	2.9308E-01	2.9305E-01	2.9307E-01
DPUF2 (nGy-cm^2)	---	2.9305E-01	---	2.9305E-01	---
Edep (keV)	---	1.2195E+00	---	6.0977E-01	---
YF (keV/um)	---	1.8293E-01	---	1.8293E-01	---
ZF (Gy)	---	3.7312E-04	---	1.4925E-03	---

LET=(Stot-Srad); absorbed dose per unit fluence (DPUF1) = 1.602*LET/rho
 Avg. absorbed dose within target (i.e., DPUF2) = 2.5*pi*d*d*zf
 Edep = 0.1602*ZF*PI*d*d*d/6; yf = edep/lbar = 0.25*edep*{area}/{volume}

DAMAGE FORMATION AND CLUSTERING (normoxic conditions)

148679 segment length, nseg (bp per cell per Gy)
 1029 number of strand breaks, sigSb (per cell per Gy)
 3087 number of base damages, sigBd (per cell per Gy)
 3.0 base damage to strand break ratio, f
 9 minimum distance between clusters, Nmin (bp)
 10 maximum distance between two Sb to compose a DSB, Ndsb (bp)
 0.2 fraction Bl/Bd

OXYGEN SIMULATION (M0=2.000, K=0.2500, q=1000.00, r=2.00)

1.0000E+01 % O2 concentration (=76.00 mmHg)
 2.3809E-02 chemical repair probability (pcr)
 9.7619E-01 O2 fixation probability (1-pcr)
 1.0244E+00 Approx. HRF for SSB induction [=1/(1-pcr)]
 1.0494E+00 Approx. HRF for DSB induction [1/(1-pcr)]^2

DMSO SIMULATION

7.5000E-01 fraction of non-scavengeable DNA damage (fnsd)
 2.0000E-01 concentration (mol dm⁻³) at half-level (chmx)
 1.0000E+00 DMSO concentration (mol dm⁻³)

TABLE 1. Percent (%) cluster yields by complexity, as classified using the scheme of Nikjoo et al. (IJRB 71, 467-483 1997 and and Radiat. Res. 156, 577-583 2001).

69.974	BD	- one or more Bd (no Sb)
28.029	SSB	- Sb (no auxiliary damage)
0.937	SSB+	- two Sb on the same strand
0.091	2SSB	- two or more Sb on opposite strands separated by at least 10 bp
0.870	DSB	- two Sb on opposite strands with a separation ≤ 10 bp
0.091	DSB+	- DSB accompanied by one (or more) additional Sb within 10 bp separation
0.007	DSB++	- more than one DSB whether within the 10 bp separation or further apart
3.540	SSBc	- fraction of complex damage (SSB+ and 2SSB) among SSBs
33.117	SSBcb	- fraction of complex damage (SSB+ and 2SSB) among SSBs; base damage included
10.142	DSBc	- fraction of complex damage (DSB+ and DSB++) among DSBs
42.871	DSBcb	- fraction of complex damage (DSB+ and DSB++) among DSBs; base damage included

TABLE 2. Number of clusters per cell (DNA=6.400 Gbp, AD=0.007 Gy).

Number of lesions	DSB		SSB		OTHER	
	Average	SEM	Average	SEM	Average	SEM
ALL CLUSTERS						
Average						
1	---	---	4.69775E+00	2.30071E-03	1.40961E+01	4.41989E-03
1.87938E+01	5.37369E-03					
2	1.33684E-01	5.76100E-04	1.69936E+00	1.84788E-03	2.35016E+00	
2.06241E-03	4.18320E+00	2.67114E-03				
3	6.70957E-02	4.12905E-04	4.70482E-01	1.03519E-03	3.91630E-01	
9.23612E-04	9.29207E-01	1.38690E-03				

4	2.36214E-02	2.43710E-04	1.17921E-01	5.46621E-04	6.54022E-02	4.00506E-04	2.06945E-01	7.05770E-04
5	6.79979E-03	1.32089E-04	2.79338E-02	2.71826E-04	1.11663E-02	1.70477E-04	4.58999E-02	3.48847E-04
6	1.87909E-03	7.03159E-05	6.59100E-03	1.29836E-04	1.82754E-03	6.87668E-05	1.02976E-02	1.62658E-04
7	4.74284E-04	3.56032E-05	1.50791E-03	6.41395E-05	3.29937E-04	2.87706E-05	2.31213E-03	7.85732E-05
8	1.52080E-04	1.96068E-05	3.63446E-04	3.05449E-05	4.12421E-05	1.02847E-05	5.56768E-04	3.75772E-05
9	3.60868E-05	9.62369E-06	6.18631E-05	1.25793E-05	2.57763E-06	2.57763E-06	1.00528E-04	1.64053E-05
10	1.28881E-05	5.75991E-06	1.28881E-05	5.75991E-06	5.15526E-06	3.64471E-06	3.09316E-05	8.91279E-06
11	2.57763E-06	2.57763E-06	---	---	---	2.57763E-06	2.57763E-06	---
12	2.57763E-06	2.57763E-06	---	---	---	2.57763E-06	2.57763E-06	---
Total	2.33760E-01	7.36999E-04	7.02198E+00	1.65952E-03	1.69167E+01	3.17503E-03	2.41724E+01	3.30265E-03

NOTE: The category "OTHER" includes all classes of individual and clustered DNA lesion, except for SSB and DSB.
SEM = standard error of the mean.

TABLE 3. Number of clusters per cell per track (DNA=6.400 Gbp, ZF=0.00149 Gy).

Number of lesions	DSB		SSB		OTHER	
	Average	SEM	Average	SEM	Average	SEM
1	---	---	9.66829E-01	4.73501E-04	2.90107E+00	9.09643E-04
2	2.75130E-02	1.18565E-04	3.49740E-01	3.80307E-04	4.83679E-01	8.60931E-01

3	1.38088E-02	8.49787E-05	9.68284E-02	2.13050E-04	8.06000E-02
	1.90086E-04	1.91237E-01	2.85433E-04		
4	4.86144E-03	5.01572E-05	2.42690E-02	1.12498E-04	1.34602E-02
	8.24268E-05	4.25907E-02	1.45252E-04		
5	1.39944E-03	2.71847E-05	5.74896E-03	5.59436E-05	2.29810E-03
	3.50854E-05	9.44650E-03	7.17950E-05		
6	3.86730E-04	1.44715E-05	1.35647E-03	2.67211E-05	3.76120E-04
	1.41527E-05	2.11932E-03	3.34762E-05		
7	9.76108E-05	7.32738E-06	3.10339E-04	1.32003E-05	6.79032E-05
	5.92117E-06	4.75853E-04	1.61709E-05		
8	3.12991E-05	4.03522E-06	7.47996E-05	6.28634E-06	8.48790E-06
	2.11666E-06	1.14587E-04	7.73365E-06		
9	7.42691E-06	1.98062E-06	1.27318E-05	2.58890E-06	5.30494E-07
	0.00000E+00	2.06893E-05	3.37632E-06		
10	2.65247E-06	1.18543E-06	2.65247E-06	1.18543E-06	1.06099E-06
	7.50106E-07	6.36592E-06	1.83431E-06		
11	5.30494E-07	0.00000E+00	---	---	---
	5.30494E-07	0.00000E+00			
12	5.30494E-07	0.00000E+00	---	---	---
	5.30494E-07	0.00000E+00			
Total	4.81094E-02	1.51679E-04	1.44517E+00	3.41541E-04	3.48156E+00
	6.53442E-04	4.97484E+00	6.79707E-04		

TABLE 4. Cluster Length (in base pair)

Number of lesions	----- DSB -----		----- SSB -----		----- OTHER -----	
	Average	SEM	Average	SEM	Average	SEM
ALL CLUSTERS						
Average						
1	---	---	7.73547E-03	0.00000E+00	7.73547E-03	0.00000E+00
	7.73547E-03	0.00000E+00				
2	4.28192E-02	9.57505E-05	4.39407E-02	2.54522E-05	4.38496E-02	
	2.10781E-05	4.38527E-02	1.59118E-05			
3	7.58202E-02	1.89565E-04	8.07135E-02	6.83169E-05	8.00788E-02	
	7.48725E-05	8.00822E-02	4.85719E-05			

4	1.10456E-01	4.30453E-04	1.17385E-01	1.71780E-04	1.16216E-01	2.36406E-04	1.16302E-01	1.26276E-04
5	1.46300E-01	8.94422E-04	1.54390E-01	4.59818E-04	1.52167E-01	6.93202E-04	1.52723E-01	3.42736E-04
6	1.83600E-01	1.82318E-03	1.90515E-01	9.96694E-04	1.88135E-01	1.78272E-03	1.89015E-01	8.28996E-04
7	2.18914E-01	3.43046E-03	2.31416E-01	2.24266E-03	2.19364E-01	4.32396E-03	2.27399E-01	1.76669E-03
8	2.59728E-01	7.32253E-03	2.66089E-01	4.88495E-03	2.74126E-01	1.19623E-02	2.64479E-01	3.84580E-03
9	2.81792E-01	1.91158E-02	2.91369E-01	1.14117E-02	3.32625E-01	0.00000E+00	2.89368E-01	9.98558E-03
10	2.92401E-01	2.10995E-02	3.24890E-01	2.40920E-02	3.17154E-01	3.86773E-02	3.10063E-01	1.41056E-02
11	3.71302E-01	0.00000E+00	---	---	---	---	---	---
12	3.79038E-01	0.00000E+00	---	---	---	---	---	---
Average	6.38531E-02	1.35740E-04	2.40509E-02	1.76150E-05	1.49689E-02	7.23830E-06	1.80801E-02	7.33931E-06

TABLE 5. Density of lesions forming a cluster (in units of lesions per nucleotide).

Number of lesions	----- DSB -----		----- SSB -----		----- OTHER -----	
	Average	SEM	Average	SEM	Average	SEM
ALL CLUSTERS	Average	SEM				
1	---	---	3.86773E-03	0.00000E+00	3.86773E-03	0.00000E+00
2	2.07827E-03	7.80939E-06	1.89087E-03	1.72098E-06	1.90464E-03	1.44421E-06
3	1.43733E-03	5.21295E-06	1.33385E-03	1.76909E-06	1.34785E-03	1.91123E-06
	1.90467E-03	1.08622E-06	1.25640E-06			

4	1.23278E-03	6.43593E-06	1.14564E-03	2.35337E-06	1.16095E-03	3.33869E-06	1.15946E-03	1.76273E-06
5	1.12719E-03	8.64967E-06	1.05775E-03	4.14684E-06	1.07130E-03	6.31472E-06	1.07020E-03	3.03098E-06
6	1.06017E-03	1.33870E-05	1.00759E-03	6.31810E-06	1.02270E-03	1.14678E-05	1.01892E-03	5.41198E-06
7	1.00346E-03	1.72307E-05	9.59966E-04	1.10721E-05	1.01213E-03	2.58763E-05	9.75278E-04	9.06870E-06
8	9.68768E-04	2.97599E-05	9.45892E-04	1.88476E-05	8.97553E-04	3.85618E-05	9.50121E-04	1.51013E-05
9	1.01505E-03	7.08327E-05	9.62199E-04	4.28720E-05	8.09526E-04	0.00000E+00	9.77042E-04	3.74470E-05
10	1.04860E-03	8.84856E-05	9.42005E-04	7.17447E-05	9.57591E-04	1.16779E-04	9.89017E-04	4.90509E-05
11	8.86356E-04	0.00000E+00	---	---	---	---	---	---
12	9.47200E-04	0.00000E+00	---	---	---	---	---	---

Average 1.76956E-03 4.79321E-06 3.15912E-03 7.23685E-07 3.52391E-03
 3.45451E-07 3.40097E-03 3.26487E-07

NOTE: Lesion density computed as the number of lesions per cluster divided by twice the cluster length.

TABLE 6. Cluster composition (% Sb per cluster)

Number of lesions	DSB		SSB		OTHER	
	Average	SEM	Average	SEM	Average	SEM
ALL CLUSTERS						
1	---	---	7.73547E-01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
2	7.73547E-01	0.00000E+00	4.15615E-01	1.26344E-04	0.00000E+00	0.00000E+00
3	5.58670E-01	6.45938E-04	3.02523E-01	2.37890E-04	0.00000E+00	0.00000E+00

4	4.54630E-01	1.25715E-03	2.49654E-01	4.83486E-04	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.93907E-01	6.02164E-04		
5	3.95814E-01	2.12057E-03	2.17936E-01	1.04201E-03	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.91696E-01	1.25527E-03		
6	3.60258E-01	3.96871E-03	2.02364E-01	1.93386E-03	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.94784E-01	2.44001E-03		
7	3.30889E-01	7.55951E-03	1.90840E-01	3.71937E-03	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.93095E-01	4.45478E-03		
8	3.16302E-01	1.49370E-02	1.85679E-01	7.29541E-03	0.00000E+00
	0.00000E+00	2.07891E-01	8.54201E-03		
9	3.00824E-01	2.81336E-02	2.04130E-01	1.85185E-02	0.00000E+00
	0.00000E+00	2.34100E-01	1.82440E-02		
10	2.32064E-01	3.45941E-02	2.16593E-01	2.89435E-02	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.86940E-01	3.07926E-02		
11	3.51612E-01	0.00000E+00	---	---	---
	3.51612E-01	0.00000E+00			
12	3.22311E-01	0.00000E+00	---	---	---
	3.22311E-01	0.00000E+00			
Average	6.64005E-01	5.07192E-04	6.43654E-01	1.12610E-04	0.00000E+00
	0.00000E+00	1.93400E-01	3.41370E-05		

NOTES: (% Sb) is the percentage of lesions that are strand breaks. The number of Sb is $[(\% \text{ Sb})/100] * (\# \text{ lesions})$.
The number of Bd is $(1 - (\% \text{ Sb})/100) * (\# \text{ lesions})$.

Οι τελικοί πίνακες που παρουσιάζονται παρακάτω περιέχουν βλάβες και αλλοιώσεις που προκαλούνται στο DNA σε δυο περιπτώσεις. Στον πίνακα 3.6.1 παρουσιάζονται οι βλάβες που προκαλούνται για τις υψηλότερες τιμές δόσεων σε κάθε μια από τις εξετάσεις που είχαμε, ενώ στην δεύτερη στον πίνακα 3.6.2 παρουσιάζεται ένα ρεαλιστικό παράδειγμα ενός εξεταζόμενου από το δείγμα μας που υποβλήθηκε και στις τέσσερις καρδιολογικές εξετάσεις,

1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (mSv)						
ΕΞΕΤΑΣΗ	mSv	DSB	SSB	ΑΛΛΟ ΕΙΔΟΣ ΒΛΑΒΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ	
Αξονική Στεφανογρ	3.500E+01	1.128E+00	3.389E+01	1.167E+02	1.167E+02	
Επεμβατική Στεφαν	1.000E+01	3.223E-01	9.683E+00	2.333E+01	3.333E+01	
Αγγειοπλαστική	1.790E+01	5.770E-01	1.733E+01	4.176E+01	5.966E+01	
Σπινθηρογράφημα	1.800E+01	5.802E-01	1.743E+01	4.199E+01	6.000E+01	

Πίνακας 3.6.1: Μεγιστες δόσεις ανά εξέταση- βλάβες .

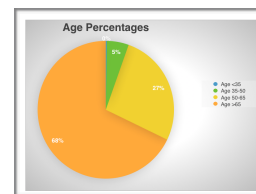
2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (mSv) (για ασθενή που έχει υποβληθεί όλες τις εξετάσεις)						
ΕΞΕΤΑΣΗ	mSv	DSB	SSB	ΑΛΛΟ ΕΙΔΟΣ ΒΛΑΒΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ	
Αξονική Στεφανογρ	2.684E+01	8.651E-01	2.599E+01	6.260E+01	8.946E+01	
Επεμβατική Στεφαν	9.530E+00	3.072E-01	9.228E+00	2.223E+01	3.177E+01	
Αγγειοπλαστική	1.746E+01	5.628E-01	1.691E+01	4.073E+01	5.820E+01	
Σπινθηρογράφημα	1.800E+01	5.802E-01	1.743E+01	4.199E+01	6.000E+01	
Συνολική Δόση	7.1828E+01	2.315E+00	6.955E+01	1.676E+02	2.394E+02	

Πίνακας 3.6.2: Βλάβες- αλλοιώσεις που προκληθήκαν σε ασθενή, που έχει υποβληθεί και στα τέσσερα είδη εξετάσεων.

ΜΕΡΟΣ 4 : ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Παρατηρώντας κάνεις τα διαγράμματα, τις πίτες άλλα και τους πινάκες στο τρίτο μέρος, όπου και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μας, προκύπτουν σημαντικές διαπιστώσεις άλλα και ερωτήματα για περαιτέρω επεξεργασία.

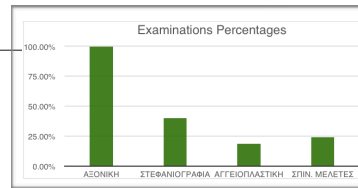
Απαρχή της μελέτης μας ήταν η συλλογή και καταγραφή δεδομένων δόσεων ασθενών οι οποίοι είχαν πραγματοποιήσει αξονική στεφανιογραφία καρδιάς, είτε για διαγνωστικούς σκοπούς είτε ήταν ήδη διαγνωσμένοι καρδιολογικοί ασθενείς. Στην συνέχεια παρακολουθήσαμε το υπόλοιπο ιατρικό προφίλ τους και την σειρά εξετάσεων ακτινοσκοπικού ή επεμβατικού τύπου στις οποίες υποβλήθηκαν μετά την αξονική στεφανιογραφία καρδιάς και σχετίζονταν με ιοντίζουσες ακτινοβολίες.



ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ

Στο Διάγραμμα 3.1 παρουσιάζεται η ηλικιακή κατανομή του δείγματος μας. Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσοστό είναι άνθρωποι ηλικίας πάνω από τα 65 χρόνια, γεγονός αναμενόμενο μιας και η εμφάνιση καρδιολογικών προβλημάτων υποστηρίζεται να έχει άμεση συσχέτιση με την ηλικία. Αρκετά ενδιαφέρον είναι και το ποσοστό που ακολουθεί και αφορά άτομα μέσης ηλικίας 35-50 χρόνων. Στο σημείο αυτό δημιουργούνται ερωτήματα αν η ηλικία είναι πρωταρχικής σημασίας παράγοντας εμφάνισης καρδιολογικών νοσημάτων.

ΠΟΣΟΣΤΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ



Στον Πινάκα 3.1 και στο Διάγραμμα 3.2 παρουσιάζεται η συμμετοχή του δείγματος μας στις εξετάσεις. Δεδομένου όπως αναφέραμε και παραπάνω ότι όλο μας το δείγμα προήλθε από ασθενείς που είχαν υποβληθεί σε αξονική στεφανιογραφία, το ποσοστό συμμετοχής στην εξέταση αυτή είναι 100%. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ποσοστό των εξεταζόμενων που έχουν υποβληθεί και σε επεμβατική στεφανιογραφία- αγγειοπλαστική 40.16%. Στο σημείο αυτό γεννιούνται ερωτήματα γύρω από την αξιοπιστία της πρώτης εξέτασης όσον αφορά την απεικονιστική της ισχύ, σε περίπτωση βέβαια που η αξονική στεφανιογραφία προηγήθηκε της επεμβατικής. Σε αντίθετη περίπτωση συμπεραίνουμε ότι η επεμβατική μέθοδος της στεφανιογραφίας αποφεύγεται έναντι της αξονικής, παρότι η δόση ακτινοβολίας υπερτερεί σημαντικά στην δεύτερη εξέταση (λόγος για δόσεις θα γίνει αναλυτικότερα στη συνέχεια). Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφέρουμε ότι οι πληροφορίες που είχαμε για το δείγμα μας δεν εξακριβώναν σε κάθε περίπτωση αν η επεμβατική στεφανιογραφία είχε προηγηθεί της αξονικής. Σε πολλές βέβαια περιπτώσεις που στην διάθεση μας την παραπάνω πληροφορία κατανοούμε ότι οι ήδη καρδιολογικά διαγνωσμένοι ασθενείς υπεβλήθησαν σε αξονική στεφανιογραφία για διαγνωστικούς λόγους. Ένα άλλο συμπέρασμα που μπορεί κανείς να αποκομίσει από αυτήν την στατιστική είναι ότι η επεμβατικές διαδικασίες διάγνωσης αποφεύγονται, φυσικό επόμενο αν αναλογιστεί κανείς την διαδικασία εξέτασης στην αξονική στεφανιογραφία έναντι της επεμβατικής μεθόδου.

Στην αγγειοπλαστική τώρα, το ποσοστό συμμετοχής ανέρχεται σε 18.69%, ασθενείς που όλοι χωρίς καμιά εξαίρεση έχουν υποβληθεί σε αγγειογραφία και πιθανότατα η μια εξέταση ακολούθησε την επομένη δεδομένης διάγνωσης άμεσης επέμβασης.

Ακόμα, ένα ποσοστό της τάξης του 23.86% υποβάλλεται σε σπινθηρογράφημα με την χρήση διαφορών σκιαγραφικών ουσιών όπως το θάλλιο (Tl-201), το τεχνήτιο (Tc-99m)κ.α. Στην δικιά μας μελέτη οι σπινθηρογραφικές μελέτες έγιναν με την χρήση θαλλίου. Η δόση ακτινοβολίας του θαλλίου είναι διπλάσια αυτής του τεχνητίου, οπότε και είναι καλύτερο να προτιμάται το τεχνήτιο με εξαίρεση τις μελέτες βιωσιμότητας (μυοκάρδιο) όπου η χρήση του θάλλιο είναι απαραίτητη.

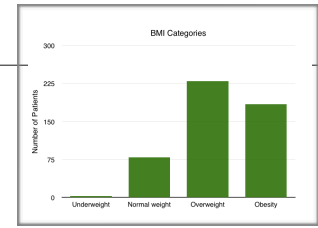
Τέλος σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι από τον συνολικό αριθμό του δείγματος μας ελάχιστοι είναι οι εξεταζόμενοι που υποβλήθηκαν και στις τέσσερις εξετάσεις. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται σε απόλυτο αριθμό μαζί με τα ποσοστά επί τοις εκατό, η συμμετοχή σε πέραν από μια εξέταση.

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ	# ΑΤΟΜΩΝ	# ΑΤΟΜΩΝ (%)
• ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦ.	503	100%
• ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦ. • ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ	204	41
• ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦ. • ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ • ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗ	54	11
• ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦ. • ΣΤΕΦΑΝΙΟΓΡΑΦΙΑ, • ΑΓΓΕΙΟΠΛΑΣΤΙΚΗ • ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ	21	4
• ΑΞΟΝΙΚΗ ΣΤΕΦ. 3)ΣΠΙΝΘΗΡΟΓΡΑΦΗΜΑ	122	24

Ο παραπάνω πίνακας γέννα ερωτήματα για την Ιατρική διαγνωστική διαδικασία που ακολουθείτε καθώς και την δυνατότητα αποφυγής κάποια από τις παραπάνω εξετάσεις. Άμεση σύγκριση για την αποτελεσματικότητα της μεθόδου μπορεί να υπάρξει μόνο μεταξύ της αξονικής στεφανιογραφίας και της επεμβατικής στεφανιογραφίας. Σε κάποιες περιπτώσεις και τα σπινθηρογραφήματα μπορούν να συγκριθούν με τις παραπάνω διαδικασίες, όταν χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση ισχαιμίας, αν και δείχνουν αιμάτωση και μόνο. Θα πρέπει να θεσπιστούν αυστηρότερα κριτήρια γύρω από την παραπομπή του ασθενούς για αξονική ή επεμβατική στεφανιογραφία και να έχουμε μια αρτιότερη ενημέρωση των γιατρών και του ιατρικού προσωπικού για την δόση απορρόφησης από την συμμετοχή στην εκάστοτε εξέταση, σταθμίζοντας έτσι την συνολική επικινδυνότητα που διατρέχουν οι εξεταζόμενοι.

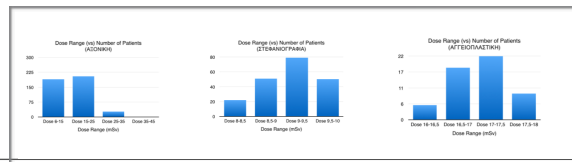
Μέσα από ενημέρωση και διάκριση των αναγκαίων περιπτώσεων που πρέπει κάποιος να υποβληθεί σε μια σειρά από διαγνωστικές εξετάσεις, επιλογή δηλαδή αυστηρότερων κριτηρίων παράλληλα με την κατανόηση της ευαισθησίας των παιδικών ασθενών, μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε την διαγνωστική διαδικασία σε μεγάλο βαθμό.

ΣΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΜΑΣ



Στο Διάγραμμα 3.3 παρουσιάζεται μια ταξινόμηση του δείγματος μας με βάση τον Δείκτη Μάζας Σώματος (BMI). Όπως παρατηρούμε το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος μας είναι υπέρβαροι, με τους παχύσαρκους να ακολουθούν σε αντίστοιχα μεγάλο ποσοστό. Η παρατήρηση αυτή ήταν αναμενόμενη μιας και οι καρδιολογικές παθήσεις οφείλονται κατά μεγάλο ποσοστό στις διατροφικές συνήθειες και στην άσκηση.

ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΩΝ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ



Στο Διάγραμμα 3.4 παρουσιάζονται οι δόσεις ακτινοβολίας στην αξονική στεφανιογραφία με επιλογή κατάλληλων εύρων επιλεγμένων από άλλες συναφείς μελέτες δόσεων ακτινοβολίας. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών μας είναι συγκεντρωμένο στην περιοχή από 6-25 mSv και ειδικότερα στο εύρος από 15-25 mSv. Η δόση αυτή είναι αρκετά μεγάλη σε σύγκριση με την επεμβατική στεφανιογραφία Διάγραμμα 3.5, όπου οι περισσότεροι ασθενείς του δείγματος μας δέχονται ακτινοβολία της τάξης των 9-9.5 mSv. Αν και προτιμάται σαν διαγνωστική εξέταση η αξονική στεφανιογραφία έναντι της επεμβατικής η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής είναι αρκετά υψηλότερη και μπορεί να φτάσει ακόμα και την τετραπλάσια τιμή δόσης απορρόφησης.

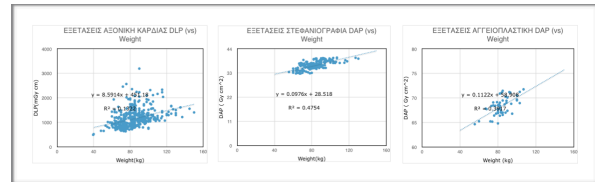
Συγκρίνοντας τις δόσεις ακτινοβολίας από την αξονική στεφανιογραφία στις μέρες μας, και σε ένα χρονικό διάστημα διαμεσολάβησης της τάξης των 8 χρόνων περίπου έχει περιοριστεί σχεδόν στο 50%. Από την άλλη οι δόσεις της επεμβατικής στεφανιογραφίας παραμένουν εδώ και μια δεκαετία στις ίδιες τιμές με ελάχιστες καθοδικές τάσεις.

Ο αμεσότερος τρόπος μείωσης της δόσης που προέρχεται από την αξονική στεφανιογραφία είναι τα Kvolts ακτινοβολήσης που επιλέγονται κατά την ακτινοσκόπηση του εξεταζόμενου.

Τέλος, ένας ακόμη τρόπος ελαχιστοποίησης της δόσης, που χρησιμοποιείται πλέον στο Ω.Κ.Κ. είναι η μέθοδος του θορύβου. Σύμφωνα με την παραπάνω μέθοδο κατά την διαδικασία ακτινοσκόπησης δεν χρησιμοποιούνται τα προεπιλεγμένα προγράμματα τις

εκάστοτε εταιρίας αλλά αντίθετα τα στοιχειά ακτινοσκόπησης επιλέγονται με αντικειμενικό τρόπο για κάθε ένα ασθενή με Ασή το θόρυβο της αρχικής εικόνας που λαμβάνεται.

Στο Διάγραμμα 3.6 παρατηρούμε τις δόσεις ακτινοβολίας από την αγγειοπλαστική με το μεγαλύτερο ποσοστό του δείγματος μας να βρίσκεται στην περιοχή από 17-17,5 mSv. Τα εύρη των δόσεων είναι ομοίως κατάλληλα επιλεγμένα όπως και παραπάνω.



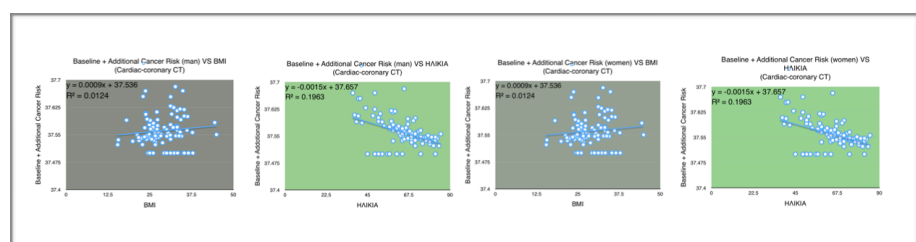
Στο Διάγραμμα 3.8 έως 3.10 παρουσιάζεται η συσχέτιση με τις δόσεις ακτινοβολίας που δέχεται ο εξεταζόμενος με το βάρος. Όπως παρατηρούμε και στα τρία διαγράμματα ο βαθμός συσχέτισης δεν είναι ο αναμενόμενος αν και θα περιμέναμε μεγαλύτερη εξάρτηση.

Ένας από τους λόγους απουσίας συσχέτισης είναι η απώλεια πληροφοριών όσον αφορά το μήκος της περιφέρειας του στήθους του εξεταζόμενου. Μετρήσεις για την συγκεκριμένη μεταβλητή δεν υπήρχαν και δεν ήταν δυνατόν να συλληθθούν καθότι η μελέτη μας ήταν αναδρομική. Γενικότερα, υποστηρίζεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα που είναι συγκεντρωμένη στην περιοχή της ακτινοβολήσης τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό ακτινοβολίας που απαιτείται προκειμένου να επιτευχθεί η αναμενόμενη απεικόνιση. Προφανώς και η συσχέτιση με το βάρος είναι έμμεσης σύνδεσης με το παραπάνω, ωστόσο είναι πολλές οι περιπτώσεις και ειδικότερα στις γυναίκες όπου ανεξαρτήτως του βάρους υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση μάζας στην περιοχή του στήθους.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΡΚΙΝΙΚΟΥ ΡΙΣΚΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ

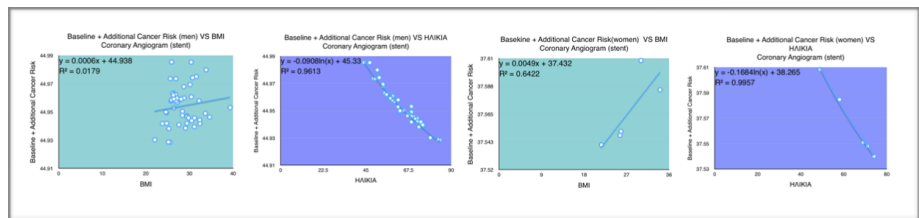
Στην σειρά αυτή διαγραμμάτων παρουσιάζεται το συνολικό καρκινικό ρίσκο που αποκομίζουν συνολικά οι εξεταζόμενοι μετά από την συμμετοχή στην εκάστοτε εξέταση. Η ομαδοποίηση τους έγινε με βάση το φύλλο καθότι η πιθανότητα υπόβαθρου, εμφάνισης καρκίνου είναι διαφορετική για τους άνδρες και διαφορετική για τις γυναίκες. Στους άνδρες ανέρχεται σε ποσοστό 44.9% ενώ στις γυναίκες σε 37.5%.

Στην αξονική στεφανιογραφία η αύξηση του καρκινικού



ρίσκου στους άνδρες από μια εξέταση κυμαίνονταν από 0.022% μέχρι και 0.668% ενώ στις γυναίκες από 0.022% μέχρι και 0.181%. Η συσχέτιση με το βάρος στην συγκεκριμένη παρουσίαση είναι ανύπαρκτη γεγονός αναμενόμενο και για τους άνδρες και για τις γυναίκες. Η συσχέτιση με την ηλικία εμφανίζει κατά κάποιως μορφής εξάρτηση σε μεγαλύτερο ποσοστό για τις γυναίκες από ότι στους άνδρες γεγονός αναμενόμενο μιας και είναι πιο ευαίσθητες στην ακτινοβολία, αν και συνολικά θα έπρεπε η συνολικότερη συσχέτιση να είναι σημαντικά μεγαλύτερη.

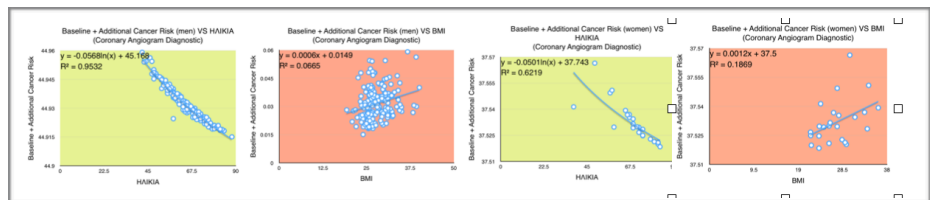
Στην επεμβατική στεφανιογραφία η αύξηση του καρκινικού ρίσκου στους άνδρες από μια εξέταση



κυμαίνονταν από 0.015%-0.059% ενώ στις γυναίκες από 0.018%-0.066%.

Στα διαγράμματα που περιέχουν την παρουσίαση της επεμβατικής στεφανιογραφίας με το BMI η συσχέτιση είναι ανύπαρκτη και στους άνδρες και στις γυναίκες. Αντιθέτως, σε αυτά που σχετίζεται το καρκινικό ρίσκο με την ηλικία, φαίνεται άμεση εξάρτηση και στις δυο περιπτώσεις, γεγονός που αναμέναμε σε ανάλογο βαθμό.

Στην αγγειοπλαστική η αύξηση του καρκινικού ρίσκου στους άνδρες από μια εξέταση κυμαίνονταν από 0.028%-0.085% για τους άνδρες και από 0.040%-0.108% για τις γυναίκες.



Στα διαγράμματα που περιέχουν την παρουσίαση της αγγειοπλαστικής με το BMI η συσχέτιση είναι επίσης ανύπαρκτη. Αντιθέτως, και σε ομοιότητα με παραπάνω η εξάρτηση από την ηλικία είναι άμεσης σχέσης και προφανώς αναμενόμενη.

Σε πολλές μελέτες έχει υποστηριχθεί ότι η συσχέτιση με την ηλικία και τους επαγόμενους καρκίνους είναι άμεσης εξάρτησης με την ηλικία. Το γεγονός αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές κατά την παιδική ηλικία καθότι έκθεση σε αυτό το ηλικιακό φάσμα σχετίζεται με μεγάλη αύξηση στο ποσοστό εμφάνισης καρκίνου. Όσον αφορά κατά την περίοδο της ενηλικίωσης σε πολλές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί υποστηρίζεται όπως και παρουσιάζεται στην ανάλυση και των δικών μας αποτελεσμάτων ότι οι επαγόμενοι κίνδυνοι από την έκθεση της ακτινοβολίας μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας έκθεσης. [βιβλ.]

ΒΛΑΒΕΣ ΣΤΟ ΜΟΡΙΟ ΤΟΥ DNA ΜΕ
ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ MCDS (ΜΙΑ
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ)

2. ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (MSV) (για ασθενή που έχει υποβληθεί όλες τις κεττάσεις)					
ΕΞΕΤΑΣΗ	mSv	DSB	SSB	ΑΛΛΟ ΕΙΔΟΣ ΒΛΑΒΗΣ	ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ
Αξονική Στεφανογρ	2.684E+01	8.651E-01	2.599E+01	6.266E+01	8.946E+01
Επεμβατική Στεφαν	9.530E+00	3.072E-01	9.228E+00	2.223E+01	3.177E+01
Αγγειοπλαστική	1.746E+01	5.628E-01	1.691E+01	4.073E+01	5.820E+01
Σπινθηρογράφημα	1.802E+01	5.802E-01	1.743E+01	4.195E+01	6.000E+01
Συνολική δόση	7.1828E+01	2.315E+00	6.955E+01	1.676E+02	2.394E+02

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες προκαλούν όπως παρατηρούμε και από τους πίνακες πολύπλευρες βλάβες στο DNA όπως DSB, SSB και άλλου είδους βλάβες. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία γνωρίζουμε ότι τα ηλεκτρόνια και άλλοι τύποι ιοντιζουσών ακτινοβολιών δημιουργούν περίπου 217 ± 22 (10%) σπασίματα κλάδων $Gy^{-1} Gbp^{-1}$ και περίπου 650 ± 65 (10%) βλάβες σε βάσεις $Gy^{-1} Gbp^{-1}$, τα οποία ανταποκρίνονται σε αναλογία περίπου 3 βάσεων που έχουν υποστεί βλάβη ανά σπάσιμο κλάδου του DNA.[55] Γενικότερα, η ακτινοβολία δημιουργεί βλάβες στο DNA διαμέσου της απευθείας εναπόθεσης ενέργειας στο DNA, όπως και από την έμμεση δράση μέσω των αντιδραστικών χημικών ειδών που σχηματίζονται κοντά στο DNA όπως έχει καταγραφεί αναλυτικότερα στο θεωρητικό μέρος. Πιο συγκεκριμένα, για τα ανθρωπινά κύτταρα έχει αποδειχτεί ότι ο αρχικός αριθμός των DSB ανά κύτταρο, είναι ανάλογος με την απορροφώμενη δόση στο εύρος από 1mGy ως 2 Gy. Στους ανθρωπινούς ινοβλάστες, η επαγωγή των DSB είναι ανάλογη με δόση απορρόφησης πάνω από 700Gy για πρωτόνια και σωματίδια α.

Στον δεύτερο πίνακα μας που αποτελεί και ρεαλιστικό παράδειγμα εξεταζόμενου από το δείγμα μας, παρατηρούμε ότι για μια συνολική δόση της τάξης των 71 mSv περίπου (71 mGy) προκαλούνται συνολικά 23 DSB, 69 SSB, καθώς και 167 ακόμα βλάβες οδηγώντας σε ένα σύνολο 239 βλαβών ανά κύτταρο. Όλες οι βλάβες που αναφέρονται παραπάνω αποτελούν μεταλλαξιογόνους παράγοντες, καθώς σε περίπτωση ανεπιτυχούς επιδιόρθωσης των μονόκλωνων θραύσεων προκαλείται αλλαγή στην αλληλουχία των βάσεων του γενετικού υλικού και συνεπώς μετάλλαξη. Έκτος από χρωματοσωματικές ανωμαλίες, οι μη επιδιορθωμένες δίκλωνες θραύσεις(ή ομαδοποιημένες βλάβες του DNA) μπορούν να οδηγήσουν επίσης σε μετάλλαξη, σε περίπτωση μη επανασύνδεσης του DNA ή εσφαλμένης επανασύνδεσης.[55]

Σημαντική παρατήρηση είναι ακόμα ότι το περίπου το 40% των συνολικών βλαβών προέρχεται από την αξονική στεφανιογραφία, με το σπινθηρογράφημα να καλύπτει το 26% περίπου, στην συνέχεια την αγγειοπλαστική και στο τέλος την επεμβατική στεφανιογραφία.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

Στην παρούσα διπλωματική αποδεικνύεται ότι ο καρδιολογικός ασθενής υποβάλλεται σε πολλές διαγνωστικές και θεραπευτικές διαδικασίες που περιλαμβάνουν την χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Είναι, συνεπώς, σημαντικό να ληφθεί μεριμνά τόσο για την βελτιστοποίηση της δόσης ακτινοβολίας σε κάθε μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται, όσο και στην αποφυγή πραγματοποίησης όσο το δυνατόν περισσότερο, αλληλοεπικαλυπτόμενων ή και περιττών πράξεων. Η τελευταία επισήμανση είναι ιδιαίτερα σημαντική για το εύρη κοινό αλλά ειδικότερα για τους καρδιολογικούς ασθενείς παιδικής ηλικίας, λόγω της αυξημένης ακτινοευαισθησίας τους αλλά και το μεγαλύτερο προσδόκιμο διαβίωσης τους.

Τέλος, μεγάλη σημασία πρέπει να δοθεί και στις κυτταρικές βλάβες ομαδοποιημένες και μη, καθώς εσφαλμένη επιδιόρθωση τους οδηγεί σε απώτερα αποτελέσματα, μεταλλάξεις, αλλοιώσεις, ογκογενέσεις και τελικά σε καθολικότερη γενωμική αστάθεια.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΑΝΑΦΟΡΕΣ (references)

ΜΕΡΟΣ 1:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Johns HE, Cunningham JR (1983), The Physics of radiology, Published by Charles C. Thomas, University of Michigan, p 49,50
2. Johns HE, Cunningham JR (1983), The Physics of radiology, Published by Charles C. Thomas, University of Michigan, p 59-61
3. Κ. Ψαρράκος , Ιατρική Φυσική, τόμος Α': Στοιχεία ακτινοφυσικής και Εφαρμογές στην Ιατρική, Ακτινοβιολογία, Ακτινοπροστασία, University Studio Press, 5η έκδοση, Θεσσαλονίκη 2009, p 60,61
4. Δ. Αλεξόπουλος Καίσαρ, Ι. Μαρίνος Διονύσιος , Ατομική και Πυρηνική Φυσική Γενική φυσική (τρίτος τόμος), εκδόσεις Ολυμπία, Δεκέμβριος 1995
5. E. Frytag "Strahlenschutz anhochenergiebschleunigern " (G.Braum, Karlsruhe 1072)
6. Ε. Γαζής, Ιονίζουσες Ακτινοβολίες, Φυσική- Εφαρμογές στην Βιολογία και Ιατρική, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Τομέας Φυσικής, 1999
7. King' s Center of the assessment of Radiological equipment (KCARE): "Photon Interactions"
<http://www.kcl.ac.uk/ip/slaviktabanov/mepmsc/board/Photon%20Interactions5.pdf>
8. J. R. Greening: "Fundamentals of Radiation Dosimetry". Medical Physics Handbook 15, Second Edition
9. "Relativistic Atom Form Factors and Photon Coherent Scattering Cross Sections", J. H. Hubbell et al., J.Phys.Chem.Ref.Data, 8,69(1979)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- 10.W. N. Cottingham (1986). An Introduction in Nuclear Physics . London: Cambridge University press. 31.
- 11.Bush berg J T: "The Essential Physics of medical Imaging", ed 3, Philadelphia 2012, Wippincott Williams & Wilkins.
- 12.Wolbart AB: "Physics of radiology", ed 2, Madison, WI, 2005, Medical Physics
- 13.International Commission on Radiological Protection, Conversion Coefficients for use in Radiological Protection Against External Radiation, ICRP Publication 74, Annals of ICRP, 26, No 3/4 (1996)
14. Brix G. Nagel HD (2006) Protocols for Multi slice CT . Eds: Bruening R., Kuettner A., Springer p 33-34
15. Shrimpton PC (2000), Wall B. Reference Doses for pediatric computed tomography. Radiation Protection Dosimetry 90:249-252

16. European Commission (2000) European guidelines on quality criteria for computed tomography, EUR 16262 EN European Commission, Luxemburg
17. Jucius RA (1977), Kambic GX radiation dosimetry in computed tomography plication of optical instrumentation in medicine Part VI Proceedings of the society of photo Optical Instrumentation in Engineering. 127:286-295.
18. Pavlicek W (1979), Horton J, Turco R. Evaluation of the MDH industries, Inc. pencil chamber for direct beam CT measurements. Health physics 37:773-774.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- 19.Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2010). Μαθήματα Ακτινοπροστασίας για Χειριστές Ιατρικών Μηχανημάτων Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών. Αθήνα: Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας . 32.
- 20.Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (2010). Μαθήματα Ακτινοπροστασίας για Χειριστές Ιατρικών Μηχανημάτων Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών. Αθήνα: Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας . 31-32
21. Electromagnetism and life. Robert Becker-Andrew Marino. Handbook of biological effects of electromagnetic fields Charles Polk-Elliot Postow CRC Press 1995.
- 22.UNSCREAR (2000) Sources and Effects of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation Report to the General assembly. Unity Nations, New York
- 23.ICRP (1991) The 1990 recommendation of International Commission of Radiological Protection. ICRP publication 60 21:1-3
- 24.ICRP (2007) The 2007 recommendation of International Commission of Radiological Protection. ICRP publication 37:2-4
- 25.Auregno (2005). Dose Effect relation and estimation of the carcinogenesis effects of low dose ionising radiation.
- 26.Kotaro Ozasa,a,1 Yukiko Shimizu,a Akihiko Suyama,a Fumiyoshi Kasagi,a,b Midori Soda,a Eric J. Grant,a Ritsu Sakata,a Hiromi Sugiyamaa and Kazunori Kodamac (2012). Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases. Tokyo: Department of Epidemiology and c Chief Scientist, Radiation Effects Research Foundation, 5. p234-236

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- 27.Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. (Αθήνα, 2005). Ακτινογράφιση & Ακτινοσκόπηση. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. 1 (1), 1-2.
- 28.Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. (Αθήνα, 2005). Αξονική Τομογραφία. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. 1 (1), 1-2.
- 29.Ε. Γαζής, Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες, Φυσική- Εφαρμογές στην Βιολογία και Ιατρική, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Εφαρμοσμένων Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών, Τομέας Φυσικής, 1999
- 30.Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. (Αθήνα, 2010). Μαθήματα Ακτινοπροστασίας για Χειριστές Ιατρικών Μηχανημάτων Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. 1 (9), 70.
- 31.Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. (Αθήνα, 2010). Μαθήματα Ακτινοπροστασίας για Χειριστές Ιατρικών Μηχανημάτων Ιοντίζουσών Ακτινοβολιών. Ελληνική Επιτροπή

Ατομικής Ενέργειας. 1 (10), 84-85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

32. David J. Brenner, Richard Doll, Dudley T. Goodhead. (November, 2003). Cancer Risks attributable to low doses of Ionizing Radiation: Assessing what we really know. PNAS. 100 (1), 1-5.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

33. UC Davis, Health System, Department of Radiology. (2015). Adult CT procedures: Estimated Effective Dose and Risk Characterization. UC Davis, Health System, Department of Radiology. 1 (1), 1-2.
34. Martha S. Linet, MD, MPH¹; Thomas L. Slovis, MD²; Donald L. Miller, MD, FSIR³; Ruth Kleinerman, MPH⁴; Choonsik Lee, PhD⁵; Preetha Rajaraman, PhD⁶; Amy Berrington de Gonzalez, DPhil⁷. (March/April, 2012). Cancer Risks Associated With External Radiation from Diagnostic Imaging Procedure. CA CANCER J CLIN 2012. 62 (2), 75-80.
35. "Radiation Dose in X-ray and CT exams", <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=safety-xray#part3> Accessed November 14, 2013

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

36. Ifigeneia V. Mavragani,†a Danae A. Laskaratou,†a Benjamin Frey,†b Serge M. Candéias,c,d,e Udo S. Gaipl,b Katalin Lumniczkyf and Alexandros G. Georgakilas*a. (26 August 2015). Key mechanisms involved in ionizing radiation- induced systemic effects. A current review. Toxicology Research. 1 (1), 1-4
37. D.J. Carlson, R. D. Stewart, V.A. Semenenko and G.A. Sandison. (2008). Combined use of Monte Carlo DNA damage simulations and deterministic repair models to examine putative mechanisms of cell killing.. Radiation Research 169. 1 (1), 447-459 .

ΜΕΡΟΣ 2:

38. SIEMENS. (2012). Somatom Definition. Available: <http://www.iatrikathemata.gr/siemens.htm>. Last accessed 10th September 2015.

- 39.dsct.com. (2010). High-speed cardiac CT acquisition modes. Available: <http://www.dsct.com/index.php/dsct-basics/increased-speed-scanning-with-two-sources/high-speed-cardiac-ct-acquisition-modes/>. Last accessed 15th September 2015.
- 40.J. VALENTIN (2007). ICRP Publication 103. Oxford, UK: The International Commission on Radiological Protection. 100-130.
- 41.Mike Hanley. (2015). Xray Risk-calculator. Available: <http://www.xrayrisk.com/about.php>. Last accessed 10th September 2015.
- 42.Robert D. Stewart. (2012). Monte Carlo Damage Simulation (MCDS) Software. Available: <http://faculty.washington.edu/trawets/mcnds/>. Last accessed 10th October 2015.

ΑΡΘΡΑ ΚΑΙ ΛΟΙΠΕΣ ΠΗΓΕΣ :

- 43.D.J. Brenner. (2012). We can do better than effective dose for estimating or comparing low-dose radiation risks. ICRP , Annals of the ICRP . 1 (1), 124-127.
- 44.Xiangxiang Ding^{1,2,3} • Lin Cheng^{1,3} • Wenwei Chen^{1,2,4} • Fei Zhou^{1,3} • Xin Dou^{1,3} • Bing Zhang^{1,3} • Bin Zhu^{1,3}. (New York 2015). Integrative analysis of gene expression in response to low-dose ionizing radiation in a human skin model. Cross Mark . 32 (1), 172-176.
- 45.Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de Gonz a. (August 4, 2012 499). Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study. US National Cancer Institute and UK Department of Health.. 380 (1), 499-504.
- 46.Jodie A. Christner¹ James M. Kofler Cynthia H. McCollough. (April 2010). Estimating Effective Dose for CT Using Dose–Length Product Compared With Using Organ Doses: Consequences of Adopting International Commission on Radiological Protection Publication 103 or Dual-Energy . Medical Physics and Informatics • Original Research. 194 (1), 881-890.
- 47.1A KARAMBATSAKIDOU, MSc, 2B SAHLGREN, MD, PhD, 3B HANSSON, MSc, 4M LIDEGREN, MD, PhD and 1A FRANSSON, PhD. (24 October 2008). Effective dose conversion factors in paediatric interventional cardiology. The British Institute of Radiology. 82 (1), 748-755.
- 48.Fred A. Mettler, Jr, MD, MPH Walter Huda, PhD Terry T. Yoshizumi, PhD Mahadevappa Mahesh, MS, PhD. (1 July 2008). Effective Doses in Radiology and Diagnostic Nuclear Medicine: A Catalog¹. Radiology. 248 (1), 254-260.
- 49.Eugenio Picano¹, Eliseo Van˜ o˜ ^{2,3}, Madan M. Rehani⁴, Alberto Cuocolo⁵, Lluís Mont⁶, Vicente Bodi⁷, Olivier Bar⁸, Carlo Maccia⁹, Luc Pierard¹⁰, Rosa Sicari¹, Sven Plein¹¹, Heiko Mahrholdt¹², Patriz. (January 8, 2014). The appropriate and justified

use of medical radiation in cardiovascular imaging: a position document of the ESC Associations of Cardiovascular Imaging, Percutaneous Cardiovascular Interventions and E. European Heart Journal. 1 (1), 1-8.

50.Kotaro Ozasa,a,1 Yukiko Shimizu,a Akihiko Suyama,a Fumiyoshi Kasagi,a,b Midori

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΑΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΡΤΥΗΤΗΡΙΑΚΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΤΕΡΙΑΚΟ	ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΙΝΙΣΜΑ	ΟΡΘΟΓΩΝΙΟΓΡΑΦΙΑ	ΑΞΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΚΤΗ	DLP	DS_CaSc	PreMonitoring	Monitoring	DS_CorCTA	Total DLP	
4	A	21641	1968	47	100	180	30.864197330864	O	N	O	O	N		03.12.2007	1	210	2	13	937	1162
5	A	217293	1967	48	92	178	29.037378786331	N	N	O	N	O		12.02.2008	—	—	—	—	—	
6	A	139754	1966	49	100	170	34.602078124567	O	N	O	O	N		03.10.2007	1	225	2	8	881	1116
7	A	216716	1965	50	93	187	16.594984128796	O	N	O	O	N		14.12.2007	1	244	2	6	1145	1397
8	A	64075	1964	51	82	178	13.883791033041	N	N	O	N	N		05.11.2007	1	281	2	8	612	873
9	A	209924	1961	52	107	187	30.988231226683	O	N	O	O	N		31.07.2007	1	377	3	2	1102	1484
10	A	212888	1960	55	98	187	18.024823985186	N	N	O	N	O		09.10.2007	1	192	2	11	833	1038
11	A	178015	1959	56	81	172	17.3796646836428	O	N	O	O	N		06.11.2007	1	232	2	4	963	1201
12	A	213316	1959	56	88	180	17.1604938271605	N	N	O	N	O		15.10.2007	1	264	3	8	1045	1320
13	θ	215591	1959	56	93	170	12.1798307958176	O	N	O	N	O		21.01.2008	1	282	2	8	977	1259
14	θ	219621	1959	56	75	158	10.043262927708	N	O	O	O	O		20.02.2008	—	—	—	—	—	
15	A	217131	1958	57	82	175	16.77551020440816	N	O	O	O	O		05.11.2007	1	191	2	12	813	1018
16	A	213113	1958	57	82	170	18.3777024221433	O	N	O	N	O	Οδοντολογικό προ	12.10.2007	1	124	2	4	585	715
17	θ	157746	1958	57	92	162	16.55563177034307	N	N	O	N	O		05.12.2007	—	—	—	—	—	
18	A	212638	1958	57	87	180	26.8181818181819	N	N	O	O	N		12.02.2008	—	—	—	—	—	
19	A	139344	1957	58	85	180	16.2345979012346	O	N	O	N	O		02.08.2007	1	255	3	6	970	1234
20	A	212793	1957	58	84	180	15.92592929292925	O	N	O	N	N		08.10.2007	1	206	2	8	833	1069
21	A	219360	1957	58	100	172	13.802055164954	O	N	O	N	N		14.02.2008	1	194	2	11	822	1029
22	A	64929	1956	59	100	178	19.258797964623	N	N	O	N	N		10.09.2007	1	614	3	5	1294	1917
23	A	218765	1956	59	97	176	18.1145661617952	O	N	O	O	O		25.01.2008	1	251	2	15	752	1020
24	θ	214910	1955	60	71	168	15.158296195151	N	N	N	O	O		05.12.2007	1	188	2	13	841	1044
25	A	216582	1954	61	85	170	19.411747958824	O	N	O	N	O		11.12.2007	1	208	2	11	946	1167
26	A	129702	1953	62	82	176	16.4721074380466	N	N	O	N	O	Νεφ.3 τομ. /	17.09.2007	—	—	—	—	—	
27	A	209190	1952	63	90	173	19.071884319256	O	N	O	N	O	Οδοντολογικό προ	04.09.2007	1	240	2	11	1044	1297
28	A	220158	1952	63	89	184	16.2878071833646	N	N	O	O	N		28.02.2008	1	267	2	11	1077	1357
29	A	92333	1951	64	88	180	17.1604938271605	O	O	O	O	O		20.12.2007	1	210	2	4	1063	1279
30	θ	217531	1951	64	70	160	27.34375	O	N	O	N	N		09.01.2008	1	195	2	4	802	1003
31	A	213803	1950	65	90	173	19.071884319256	N	N	O	O	O		24.10.2007	1	236	3	12	884	1133
32	A	18422	1950	65	60	160	23.4375	N	N	O	O	N		19.10.2007	1	190	3	9	739	941
33	A	217286	1950	65	80	175	16.1224489797968	N	N	O	N	O		03.01.2008	1	299	2	17	1137	1455
34	A	206183	1950	65	83	175	17.1020440816216	O	N	O	O	N		08.02.2008	—	—	—	—	—	
35	A	89664	1949	66	84	173	18.066423898252	O	O	O	O	O		20.11.2007	1	171	2	11	630	814
36	A	170186	1949	66	76	168	16.9274374417234	O	N	N	O	N		01.02.2008	1	224	2	6	709	941
37	A	213358	1949	66	89	180	17.4591338024591	O	O	O	O	O		14.02.2008	1	182	2	4	669	857
38	A	83154	1948	67	98	180	10.2459133802456	N	N	N	O	N		11.10.2007	1	332	2	11	981	1326
39	A	215473	1948	67	98	182	29.58798816668	N	N	O	N	N		21.11.2007	1	333	2	15	1480	1830

Soda,a Eric J. Grant,a Ritsu Sakata,a Hiromi Sugiyamaa and Kazunori Kodamac. (2012). Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An

1	ΦΥΛΟ		CTDI				ΑΠΕΙΧΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΠΕΙΧΟΛΑΪΤΗ	Conversion Factor too MSV	ΣΥΝΗΜΕΤΕΣ (TL)									
2		Total DLP to Effective Dose (mSv)	ADDITIONAL CANCER RISK 1	Topogram	DS_CaSc	PreMonitoring	Monitoring	DS_CorCTA	HM	DAP	ADDITIONAL CANCER RISK 2	HM	MSv	ADDITIONAL CANCER RISK 3	HM	MSv	ADDITIONAL CANCER RISK 4	HM	MSv	
4	A	16.268	0.108303	1	13.13	2.2	13.18	58.38							17.99.2007	18	0.068850			
5	A	0													11.01.2008	18	0.096459			
6	A	15.664	0.098140	1	17.71	2.24	8.79	68.81							22.08.2005	18	0.062580			
7	A	19.558	0.119895	1	13.39	2.2	6.59	62.73	03.11.2005	35.28793538522478.82198384630616	0.054956			26.05.2006	18	0.091012				
8	A	12.222	0.0728	1	20.07	2.24	8.64	47.63	Έγν	36.52215459939241.430538786734052	0.054451	Έγν	8.27673780694057.05918184517352	0.085344	21.08.2002	18	0.088533			
9	A	20.776	0.1205	1	17.78	2.24	2.24	51.74							02.04.1998	18	0.086151			
10	A	14.532	0.076508	1	11.53	2.12	10.99	49.16							25.07.2006	18	0.079329			
11	A	16.814	0.0873	1	11.78	2.24	4.24	48.99	12.09.2003	36.88472728195749.22118182048935	0.047924			19.10.2005	18	0.071777				
12	A	18.48	0.096	1	14.94	3.52	8.79	60.75	28.06.1995 & 24.07.2001	17.03871241518064.25968590396411	0.048709			09.11.2005	18	0.071777				
13	θ	17.766	0.124239	1	17.22	2.2	8.79	69.28							19.11.2007	18	0.092915			
14	θ	0							30.11.2005	18.04519183488339.31197979372097	0.066504	30.11.2005	19.59832134325337.3995803338133	0.108253	16.11.2006	18	0.092915			
15	A	14.252	0.0720	1	13.42	2.24	12.96	55.31							19.09.2007	18	0.079084			
16	A	10.001	0.0506	1	8.6	2.24	4.47	41.07							16.12.2007	18	0.062580			
17	θ	0																		
18	A	0							13.07.1998 & 25.05.2004	16.88755182177269.2218879554421	0.044664	Έγν	18.3038604858617.073965171494	0.073838	12.05.2004	18	0.079084			
19	A	17.276	0.0849	1	13.38	3.53	6.71	50.28							22.04.2002	18	0.079047			
20	A	14.966	0.073627	1	15.07	2.12	8.49	62.34							06.05.2007	18	0.079047			
21	A	14.406	0.078072	1	17.49	2.2	10.69	65.79	22.01.1999	17.7181901137955.429547232594138	0.045143	Έγν	50.03749795531787.2593744897844	0.079846	23.01.2008	18	0.079047			
22	A	26.838	0.1284	1	27.99	3.26	6.48	75.64	Έγν	38.1505706787397.4379449068407	0.045912	Έγν	19.42951009773487.8379721424335	0.079047	25.04.2007	18	0.071066			
23	A	14.28	0.068347	1	16.37	2.2	15.38	48.33							30.10.2007	18	0.071066			
24	θ	14.616	0.089214	1	13.2	2.2	13.18	58.01							25.09.2007	18	0.084599			
25	A	16.338	0.074012	1	14.2	2.2	10.99	64.35	03.10.2003	17.460135832269.36503397339671	0.042401			21.10.2007	18	0.067283				
26	A	0													09.05.2006	18	0.065438			
27	A	18.138	0.0778	1	13.13	2.2	10.99	56.59							22.02.2007	18	0.065438			
28	A	18.998	0.081456	1	14.4	2.2	10.99	58.53	14.02.2006	17.37285356759395.34321341439846	0.040046	Έγν	19.29109248694917.3227731313734	0.061913	10.01.2005 & 17.02.2006	18	0.065438			
29	A	17.996	0.074692	1	12.35	2.2	4.39	60.21	Έγν	19.3397604770599.0826901926481	0.037876			17.08.2004	18	0.059396				
30	θ	14.042	0.079111	1	11.62	2.2	4.39	47.9	14.06.2007	17.08799494444.2724497816104	0.040388			18.12.2007	18	0.057384				
31	A	15.59	0.0544	1	14.67	2.27	12.73	62.7	13.10.2006	17.52761692421813.3949192120832	0.039566			16.04.2004	18	0.052126				
32	A	13.174	0.0534	1	9.72	3.26	8.94	38.9	Έγν	14.9882007319167.7470268281542	0.032468			26.11.2001	18	0.050226				
33	A	20.37	0.082665	1	17.05	2.2	17.58	64.96	Έγν	17.429817582828.3574699364554	0.037944			06.06.2006	18	0.050226				

51. Alexandros G. Georgakilas. (2014). Bystander and non-targeted effects: A unifying

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΡΤΗΡΙΑΣΤΗ ΠΙΣΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗΜΙΑ	ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΤΙΝΙΕΜΑ	ΟΙΚΟΓ. ΙΣΤΟΡΙΚ	ΑΣΘΕΝΗ ΚΑΡΔΙΑΣ						
40	A	54239	1948	67	68	173	22.720438708306	O	O	O	O	O	06.12.2007	-					
41	A	82857	1948	67	92	167	32.987916282802	N	N	O	O	O	28.01.2008	1	273	2	6	999	1390
42	A	81055	1947	68	159	178	32.345972591844	N	N	O	O	N	02.10.2007	1	436	5	11	851	1403
43	A	27926	1946	69	72	163	27.0992319068122	N	O	O	N	(N)omny(μμμ)	07.09.2007	1	180	10	15	844	1049
44	A	32381	1946	69	115	184	33.9653931943476	N	N	O	N	N	06.11.2007	-					
45	A	132877	1946	69	86	174	28.4033375611045	N	N	O	O	N	29.10.2007	1	349	2	13	1320	1684
46	A	213712	1946	69	73	170	25.2591525709343	O	O	O	O	N	23.10.2007	-					
47	A	89155	1946	69	90	172	30.4218496484588	O	O	O	N	O	04.12.2007	-					
48	A	5572	1946	69	93	170	32.1799397928476	N	N	N	O	N	01.02.2008	1	267	2	6	1136	1411
49	θ	186649	1946	69	82	165	31.2213939485761	N	N	O	O	N	27.02.2008	1	212	2	8	1009	1231
50	A	129854	1945	70	80	180	34.5913582046914	N	-	O	O	N	14.09.2007	1	177	2	13	750	942
51	A	106634	1945	70	82	172	37.7176832324203	O	N	O	O	O	06.08.2007	1	242	5	19	1015	2354
52	A	21231	1945	70	84	180	35.9259192592925	N	N	O	N	N	03.10.2007	1	202	2	15	759	978
53	A	156272	1945	70	90	170	31.1418683121107	N	N	N	N	N	08.01.2008	1	192	4	11	945	1152
54	A	210513	1945	70	88	177	38.088919103674	N	N	O	O	N	21.01.2008	1	167	2	11	683	863
55	θ	139451	1944	71	83	162	34.005486968449	O	N	O	O	O	06.11.2007	1	139	2	11	608	778
56	A	18967	1944	71	86	175	38.0860361036046	N	O	N	O	N	08.10.2007	1	220	3	9	1147	1429
57	θ	59180	1944	71	82	172	27.7176832324203	O	N	O	O	O	29.11.2007	1	213	2	13	806	1034
58	θ	218826	1944	71	75	150	33.3333333333333	O	N	O	O	O	27.02.2008	-					
59	θ	128347	1943	72	90	166	32.660763336072	N	N	N	O	O	01.08.2007	1	1303	5	17	1866	3191
60	A	213125	1943	72	62	167	22.2399871275413	O	N	O	O	N	12.10.2007	1	177	2	13	726	918
61	A	82019	1943	72	72	170	34.914945096888	O	O	O	O	O	29.11.2007	1	181	2	8	690	881
62	θ	202201	1942	73	90	165	33.057811339994	N	N	O	O	N	23.08.2007	1	359	3	6	1059	1327
63	A	129608	1942	73	81	164	30.181002379206	O	N	O	O	O	17.10.2007	1	296	2	19	1276	1593
64	A	199008	1942	73	90	170	31.1418683121107	N	O	O	O	N	12.11.2007	1	281	2	21	1742	2946
65	θ	168265	1942	73	68	160	26.5625	N	N	O	O	N	27.11.2007	1	180	3	4	842	1029
66	θ	210617	1941	74	85	160	33.203125	N	N	N	O	O	04.10.2007	1	543	2	9	1289	1843
67	θ	144591	1941	74	104	153	34.427359994441	N	N	O	O	O	11.12.2007	1	491	2	19	1144	1566
68	A	7928	1940	75	98	165	35.992529054447	N	N	N	O	N	06.09.2007	1	374	3	30	1685	2992
69	A	209991	1940	75	82	167	29.402272977918	O	O	N	O	O	01.08.2007	1	227	4	19	852	1102
70	A	210513	1940	75	92	170	31.8230919346021	O	N	O	O	O	22.10.2007	1	220	3	9	1147	1429
71	A	182804	1940	75	85	167	39.472966232421	O	O	O	O	N	16.10.2007	-					
72	A	158393	1940	75	96	169	33.612268479945	N	N	O	N	(N)omny(μμμ)	12.10.2007	1	188	2	23	721	934
73	A	215078	1940	75	86	179	36.860661487938	N	O	N	O	O	06.12.2007	1	177	2	8	687	874
74	A	33770	1940	75	88	173	39.402920445781	N	O	N	O	O	25.01.2008	1	176	2	19	671	868
75	A	218759	1940	75	90	170	31.1418683121107	N	O	N	O	N	01.02.2008	1	169	2	15	825	1011
76	θ	211491	1940	75	75	158	30.04328297998	N	N	O	O	O	29.02.2008	1	224	2	8	904	1238
77	A	210513	1939	76	80	173	35.799922969791	O	N	O	O	O	25.10.2007	1	243	2	6	1068	1309
78	θ	139465	1939	76	55	156	12.60026984878	N	N	O	O	O	25.10.2007	1	159	2	2	659	813
79	A	195783	1939	76	120	173	30.0948192446607	N	O	N	O	O	24.10.2007	-					

model from ionizing radiation to cancer . Cancer Letters. 1 (1), 1-3.

52. David J. Brenner*. (2009). EXTRAPOLATING RADIATION-INDUCED CANCER RISKS

1	ΦΥΛΟ								ΑΤΙΕΡΩΠΑΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΤΙΕΡΩΠΑΙΑΣ ΚΕΙ	Conversion Factor to MSv	SIMN ΜΕΓΕΤΕΣ (TL)				
40	A	o											26.09.2005	18			0.057032
41	A	16.66	0.063991	1	17.32	2.2	6.59	56.66	20.05.2002	39.1745140555281.7939324688201	0.037603		12.01.2006 & 13.12.2006	36		0.057032	
42	A	19.644	0.073398	1	34.57	5.64	11.18	73.17					13.06.2007	18		0.052485	
43	A	14.682	0.0533	1	11.91	10.19	15.38	56.09	εξει	36.396771158717	1.0991927967924	0.033046	14.07.2004	18		0.053979	
44	A	o							24.01.1996	37.6327948154539.4018987038634	0.034173		25.06.2007	18		0.053979	
45	A	23.576	0.0857	1	16.67	2.24	13.18	62.25	06.05.2000	36.639324513949.1598308124866	0.032264		18.03.2003	18		0.053979	
46	A	o											04.10.2005	18		0.053979	
47	A	o							εξει	39.6523647333329.9139911838301	0.036027		31.05.2007	18		0.053979	
48	A	19.754	0.071815	1	14.68	2.2	6.59	61.58	13.11.2006	39.4594423860253.8641059506642	0.033846	19.01.2005	10.87848328763827.7196202219095	0.057913	10.10.2006809.02.2007	36	0.053979
49	θ	17.234	0.077463	1	13.59	2.2	8.79	66.16					18.04.2006	18		0.053770	
50	A	13.188	0.0466	1	12.82	2.24	13.41	50.32	09.01.2002	33.033935129475.4282838787957	0.029179	11.02.2002	14.5242869389295.16.1310715772314	0.049374	13.10.2006	18	0.052515
51	A	32.956	0.1165	1	14.38	5.61	20.12	60.41					31.05.2006	18		0.052515	
52	A	13.692	0.048426	1	14.26	2.24	15.38	53.83					24.05.2006	18		0.052515	
53	A	19.128	0.057042	1	12.14	3.67	10.99	61.56	εξει	38.40638744447939.6019686111928	0.039954		30.06.2004	18		0.052515	
54	A	20.482	0.049228	1	9.95	2.2	10.99	48.77					06.08.2007	18		0.052515	
55	θ	10.892	0.0374	1	19.57	2.24	10.99	40.26					13.03.2007	18		0.052515	
56	A	20.006	0.066839	1	13.32	3.26	8.94	56.22	29.10.2002	36.1100277339933.0275969344758	0.031037		09.03.2006	18		0.051091	
57	θ	14.476	0.049593	1	13.01	2.2	13.18	48.67					01.03.2007	18		0.050578	
58	θ	o											06.12.2006	18		0.050578	
59	θ	44.674	0.1813	1	66.13	5.61	17.58	108.45					13.10.2006	18		0.057587	
60	A	12.852	0.043	1	11.93	2.24	13.41	48.7					20.12.1996	18		0.049705	
61	A	12.334	0.041289	1	11.26	2.2	8.79	43.65					28.03.2003	18		0.049705	
62	θ	18.378	0.0728	1	15.13	3.23	6.59	61.38					21.04.2007	18		0.045662	
63	A	22.302	0.0726	1	15.24	2.24	19.78	64.76					13.03.2007	18		0.048327	
64	A	28.644	0.093827	1	14.81	2.24	21.97	88.64	09.07.2007	39.13756053517075.7843903379205	0.031851		05.10.2006	18		0.048327	
65	θ	14.406	0.035618	1	12.13	2.8	4.39	56.5	13.01.2001	37.4945848879999.3794642094992	0.036761		26.02.2002	18		0.052566	
66	θ	25.802	0.097844	1	30.67	2.12	8.94	70.23	21.07.2005	39.03178529310479.7844405177617	0.036973		15.02.2005	18		0.052301	
67	θ	21.924	0.083138	1	24.83	2.2	19.78	70.19					27.05.2006	18		0.052301	
68	A	29.288	0.0902	1	24.57	4.45	30.76	111.25					18.12.2006	18		0.045769	
69	A	15.418	0.0475	1	13.7	3.51	19.78	59.28	εξει	35.171693369726.79293234424345	0.027095	εξει	66.7212917713712.6.680329424241	0.047162	25.09.2006	18	0.045769
70	A	o							02.07.2002	38.189962657844.5474906404400	0.029407		21.02.2005	18		0.045769	
71	A	13.076	0.0403	1	11.75	2.24	23.75	48.89					15.02.2006	18		0.045769	
72	A	12.236	0.037717	1	10.58	2.12	8.79	40.28					20.07.2007	18		0.045769	
73	A	12.152	0.0374														

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΜΕΡΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΡΤ.ΤΗΡΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΤΕ ΡΟΛΛΙΜΙΑ	ΣΑΧΧ.ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΙΝΙΣΜΑ	ΟΡΚΟΣ ΙΣΤΟΡΙΚΟ	ΑΣΘΕΝΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑΣ						
80	A	52066	1939	76	103	180	31.70012345678901	N	N	N	O	O	14.11.2007	1	335	3	15	1198	1531
81	A	121299	1939	76	71	172	23.99949367890123	N	N	O	N	O	23.11.2007	1	111	2	8	545	668
82	A	34099	1939	76	74	173	24.75218051934111	O	O	O	N	O	26.11.2007	1	190	2	17	789	908
83	A	103905	1939	76	83	172	38.0527057866116	N	N	O	O	O	29.11.2007	1	291	2	19	1073	1385
84	A	17595	1939	76	80	176	15.82446809917	N	N	N	O	N	29.02.2008	1	251	2	23	960	1236
85	θ	174801	1938	77	70	170	24.2214323871972	O	N	O	O	O	07.09.2007	1	168	11	17	807	1003
86	A	17581	1938	77	118	185	14.4772099424074	N	N	N	O	O	10.10.2007	1	142	2	10	732	917
87	A	218182	1937	78	100	176	32.2839057812397	N	N	O	O	O	24.10.2007	1	142	3	10	584	739
88	A	102824	1937	78	69	165	35.3443546170796	N	N	O	O	O	23.10.2007	1	171	2	12	732	917
89	θ	212804	1937	78	39.5	160	15.4196875	N	O	O	O	O	08.10.2007	1	93	2	6	388	489
90	A	13874	1937	78	89	172	30.68329996809	N	N	O	O	O	09.11.2007	1	355	2	19	1467	1843
91	A	102669	1937	78	70	167	32.9992019999118	N	O	O	O	O	20.11.2007	1	159	2	13	699	783
92	θ	214964	1937	78	85	150	30.7777777777778	N	N	O	O	O	03.01.2008	1	159	2	8	1068	1207
93	A	103545	1937	78	71	167	15.4580659914196	O	O	O	O	O	28.02.2008	1	198	2	17	843	1060
94	A	196118	1937	78	83	167	35.7608376062241	N	N	O	O	O	29.02.2008	1	195	2	11	846	1054
95	A	211983	1936	79	88	165	32.3232323232323	N	N	N	O	N	24.09.2007	1	158	2	8	717	885
96	A	2923	1936	79	75	165	17.5482992363931	N	N	O	O	N	01.08.2007	1	216	3	4	925	1148
97	θ	211177	1936	79	70	163	26.34494934401	N	N	O	O	N	22.10.2007	1	189	4	9	832	1034
98	A	705	1936	79	95	178	39.9838379939846	N	O	O	O	O	01.10.2007	1	211	2	23	995	1141
99	A	50356	1936	79	77	169	26.0598202147241	N	N	N	N	O	05.12.2007	1	159	2	13	745	949
100	A	209370	1935	80	102	179	31.831212153418	N	N	O	O	N	26.10.2007	1	208	2	13	932	1155
101	A	201553	1934	81	85	162	32.388553534224	N	N	N	O	N	14.08.2007	1	272	2	11	1344	1639
102	θ	21819	1934	81	60	160	23.4375	N	N	O	O	N	03.12.2007	1	264	2	17	706	989
103	A	66687	1934	81	82	175	36.775102040816	N	N	O	O	O	08.01.2008	1	372	2	12	1301	1687
104	θ	433	1934	81	55.5	160	21.6796875	O	N	O	O	N	30.01.2008	1	217	2	8	786	1013
105	θ	78449	1934	81	74	148	33.7837837837838	N	N	N	O	O	04.02.2008	1	205	2	4	910	1121
106	A	189060	1933	82	65	170	12.491349489968	N	N	O	O	O	29.10.2007	1	185	2	12	723	922
107	A	102066	1933	82	92	168	32.99927882086	N	N	N	O	N	25.10.2007	1	224	2	21	882	1129
108	θ	209934	1932	83	94	165	34.5170897752131	N	N	O	O	N	22.10.2007	1	347	2	4	831	1184
109	θ	208960	1932	83	85	168	30.110121321974	O	N	O	O	N	15.11.2007	1	212	2	13	949	1176
110	A	219160	1932	83	95	175	31.0204081616161	N	N	N	O	O	11.02.2008	1	349	2	17	1320	1688
111	A	68390	1931	84	76	176	14.333219366422	O	N	O	O	O	26.10.2007	1	194	2	13	797	976
112	θ	146665	1931	84	60	150	16.6666666666666	N	N	O	O	O	24.10.2007	1	255	2	6	978	1241
113	θ	213122	1931	84	85	165	31.2213039485761	N	N	O	O	N	07.11.2007	1	204	2	8	782	996
114	A	207430	1931	84	77	175	25.142871428371	N	N	O	O	N	22.02.2008	1	205	2	11	846	1054
115	A	217906	1930	86	73	171	34.964944792531	N	N	O	O	O	04.02.2008	1	165	2	8	627	802
116	A	10125	1928	89	82	170	38.3727021231433	N	N	O	O	O	23.10.2007	1	212	2	11	1224	1538
117	A	39784	1927	88	80	173	26.7299274959713	N	N	O	O	O	13.11.2007	1	388	2	29	1223	1642
118	θ	28348	1926	89	75	160	29.296875	N	O	O	O	O	23.10.2007	1	142	2	10	732	917
119	A	74474	1926	89	70	165	35.7116600752984	N	N	N	O	O	07.02.2008	1	52	2	13	1137	1394

ΜΕΡΟΣ 4

54. Alexandros G. Georgakilas,a,b,1 Peter O’Neillc and Robert D. Stewartd. (2013).

1	ΦΥΛΟ								ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΓΓΕΙΟΜΑΣΤΙ ΚΗ	Conversion Factor too MSV	SHIN MEASURES (TL)							
80	A	21.74	0.065117	1	17.07	2.95	15.38	66.68	εγν	18.31780687252626.58695171812814	0.028729		04.04.2006	18	0.044527					
81	A	9.352	0.028045	1	6.38	2.2	8.79	32.36					06.06.2005	18	0.044527					
82	A	13.972	0.041000	1	11.98	2.2	17.58	48.7	07.01.1999	33.7932007968208.39.482319920391	0.021630	07.01.1999	04.05998406435216.238996016088	0.041884	28.02.2004	18	0.044527			
83	A	19.39	0.038148	1	23.17	2.2	19.78	81.61	07.03.2001	35.99859127594095.09214018191015	0.029960		20.02.2004	18	0.044527					
84	A	17.304	0.051892	1	11.99	2.2	24.17	45.93	13.01.2008&15.06.1992	15.66089690858385.91522412714581	0.031566	13.01.2005	07.02120973388716.753392423472	0.020946	16.05.2007	18	0.050284			
85	θ	14.042	0.0480	1	10.41	11.33	17.58	50.27								25.07.2005	18	0.048584		
86	A	0							10.08.2005	28.2830060837693.37071512094144	0.027921		05.03.2007	18	0.043320					
87	A	10.366	0.03091	1	10.79	3.26	10.8	24.09	εγν	38.309799460609295.6274670057312	0.027395		03.10.2007	18	0.022141					
88	A	12.838	0.0394	1	11.26	2.24	12.66	48.13	22.10.2002	37.47912160994498.399780697026	0.026597		20.01.2004	18	0.042144					
89	θ	6.846	0.022660	1	5.79	2.24	6.71	24.33								07.07.2006	18	0.046660		
90	A	25.802	0.073236	1	17.42	2.24	19.78	73.53	12.06.2003	38.8095995454964.72240448633956	0.027589				15.06.2007	18	0.042144			
91	A	10.962	0.031114	1	11.26	2.24	13.41	43.46								16.05.2007	18	0.042144		
92	θ	16.898	0.055931	1	13.67	2.2	8.79	73.82								20.07.2007	18	0.046660		
93	A	14.84	0.042122	1	11.82	2.2	17.58	49.85	13.02.2001	37.0515913334779.26289003339963	0.026483				08.12.2000	18	0.042144			
94	A	14.756	0.041892	1	15.21	2.2	10.99	44.25	10.11.2000	38.41603641099493.61407104079761	0.025337	10.11.2000	9.58320090020417.3958032539103	0.044203	13.12.2006	18	0.046660			
95	A	12.39	0.0348	1	13.28	2.24	8.64	53.91								19.09.2006	18	0.041001		
96	A	16.072	0.0443	1	13	3.17	4.47	54.55	εγν	37.2142799789844.3935969947496	0.025981	εγν	58.51783513944417.1289448978411	0.049894	11.07.2007	18	0.041001			
97	θ	14.476	0.049312	1	14.72	3.9	8.64	65.51								01.06.2007	18	0.043390		
98	A	15.974	0.039467	1	14.63	2.12	23.75	65.11	εγν	38.8641249208829.7160313575064	0.028813		17.07.2007	18	0.041001					
99	A	13.286	0.036888	1	11.71	2.2	13.18	48.07								15.01.2006	18	0.041001		
100	A	16.17	0.0434	1	13.87	2.24	13.18	62.11								29.03.2007	18	0.039889		
101	A	24.796	0.05995	1	15.21	2.2	10.99	74.26	15.10.2003	37.0515913334779.26289003339963	0.025422	24.08.2005	38.07672997216217.168918244394	0.041887	22.02.2007	18	0.022141			
102	θ	12.846	0.04374	1	17.02	2.2	17.58	44.85	εγν	33.09925437876737.2748164904143	0.024719		11.10.2009	18	0.042146					
103	A	23.618	0.061728	1	17.7	2.2	12.66	62.85	εγν	35.7528291415448.34895943294	0.023340		10.05.2006	18	0.028807					
104	θ	14.182	0.042359	1	14.44	2.2	8.79	55.34	23.12.2003	33.3943801739040.61407104079761	0.024928	23.12.2003	65.1710381681316.2927596922128	0.040022	10.01.2006	18	0.042146			
105	θ	15.564	0.04608	1	14.4	2.2	4.39	63.65	20.11.2004&14.03.2000	38.0692648194420.31574945148961	0.028425		02.11.2004	36	0.042146					
106	A	12.908	0.0398	1	11.61	2.12	12.73	48.31								03.11.2006	18</			

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΡΤΥΠΕΡΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΗ	ΣΑΚΧΑΡΩΔΗΣ	ΚΑΤΙΝΙΣΜΑ	ΟΙΚΟΓ. ΙΣΤΟΡΙΚ	ΑΣΘΙΝΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑ						
120	A	169060	1925	90	77	175	25.1448571428571	N	N	N	O	O	15.11.2007	1	144	2	9	648	803
121	θ	8396	1925	90	60	160	23.4375	O	N	O	O	N	18.12.2007	1	244	2	11	1176	1433
122	A	38	1924	91	67	162	35.5296448712088	N	N	N	O	O	30.10.2007	1	329	2	19	1281	1631
123	A	11975	1924	91	85	178	36.827420780204	N	O	O	O	O	12.11.2007	1	363	2	19	1318	2075
124	θ	114124	1954	64	72	170	31.999173274969	N	O	O	O	N	28.09.2007	1	182	2	6	748	938
125	A	210229	1963	52	86	175	35.084636306666	O	N	O	O	N	28.09.2007	1	173	2	8	646	839
126	A	129708	1953	62	84	184	35.287807833648	N	N	O	N	N	28.09.2007	1	166	2	17	665	990
127	A	212224	1938	77	72	170	31.914998096888	N	N	O	O	N	27.09.2007	1	118	2	4	580	704
128	A	151516	1953	62	114	177	36.3880111079192	N	O	O	N	O	27.09.2007	2	255	3	13	895	1466
129	A	212220	1950	65	78	174	35.7629880278676	N	N	O	N	N	27.09.2007	1	174	2	4	635	816
130	θ	163908	1942	73	80	165	39.384235657483	N	O	O	O	O	27.09.2007	1	258	2	9	1006	1275
131	A	212225	1945	73	85	163	31.999173274969	N	N	O	O	O	27.09.2007	1	152	2	4	737	895
132	A	212128	1936	59	83	175	27.10220408161246	N	N	O	O	O	28.09.2007	1	149	2	4	609	764
133	A	212144	1943	72	77	172	36.027824770048	N	N	N	O	O	28.09.2007	1	147	2	6	581	736
134	A	212159	1953	62	100	185	29.2184075969786	O	N	O	N	N	28.09.2007	1	163	2	15	594	774
135	A	197563	1938	77	73	170	25.3595155709343	N	N	N	O	N	25.09.2007	1	123	2	6	511	644
136	θ	112393	1933	82	71	163	36.722872206065	N	N	N	O	N	24.09.2007	1	146	2	2	562	712
137	A	208577	1938	77	94	179	29.3374114415905	N	O	O	N	O	24.09.2007	1	214	2	15	846	1077
138	θ	211966	1938	69	108	155	44.632737779353	N	O	O	O	O	24.09.2007	1	372	2	3	676	1053
139	A	21071	1928	63	107	176	34.948789008086	N	N	O	O	N	24.09.2007	1	354	2	10	740	1106
140	θ	198978	1946	66	40	160	15.625	N	N	O	N	N	21.09.2007	1	104	2	9	493	518
141	A	209409	1927	78	75	158	30.0432862977087	N	N	O	O	O	21.09.2007	1	147	2	11	477	637
142	A	129597	1935	80	80	178	35.2493372048948	N	N	O	O	N	21.09.2007	1	176	2	13	764	955
143	A	211811	1930	85	69	168	24.4472789419346	N	O	O	O	N	20.09.2007	1	177	2	4	661	844
144	θ	211815	1927	88	70	162	36.6727639982777	N	N	O	O	O	20.09.2007	1	141	2	4	550	697
145	A	211869	1964	61	81	186	25	N	O	N	O	N	20.09.2007	1	131	2	4	594	791
146	θ	211812	1947	88	93	167	23.3448289494312	N	O	O	O	N	20.09.2007	1	241	2	6	826	1106
147	A	211740	1950	65	73	168	25.8645124716533	N	N	O	O	O	19.09.2007	1	149	2	4	484	639
148	A	104346	1945	70	78	182	31.5478860960731	N	N	O	5,6 ton	N	19.09.2007	1	270	2	13	1064	1349
149	θ	211736	1941	74	66,5	155	37.6795002520914	N	N	O	δυσκολη προ	N	19.09.2007	1	164	2	4	646	816
150	θ	187022	1956	59	73	164	27.14152823944337	N	O	O	O	N	18.09.2007	1	244	2	6	1016	1268
151	θ	211652	1949	66	80	175	36.1224489789928	O	O	O	O	N	18.09.2007	1	247	3	13	931	1167
152	A	211968	1959	65	99	175	39.4210481948286	N	O	N	O	N	17.09.2007	1	164	2	13	784	951
153	A	208523	1931	84	73,5	170	25.4352355915271	N	O	N	N	N	17.09.2007	1	271	2	15	892	1090
154	A	211994	1931	84	75,8	169	35.9368686687498	O	O	O	O	O	17.09.2007	1	467	2	19	2075	2563
155	θ	211584	1964	61	85	165	31.2213919385769	O	O	O	O	O	17.09.2007	1	184	3	4	945	1106
156	A	211587	1946	69	80	170	27.684666896954	O	N	O	N	N	17.09.2007	1	174	2	8	668	852
157	A	211515	1945	70	80	174	36.4232595824283	O	N	O	O	O	14.09.2007	1	174	2	2	654	832
158	A	176376	1947	68	78	165	38.6591377441028	N	–	O	N	N	12.09.2007	1	173	2	19	641	835
159	A	212170	1941	75	105	176	39.4204898983621	N	N	O	N	N	14.09.2007	1	171	2	22	937	1652
160	A	211522	1971	44	78	176	32.108781239466	O	O	N	N	N	14.09.2007	1	692				
161	A	211551	1966	50	70	184	31.000838280422	O	N	O	O	N	14.09.2007						

1	ΦΥΛΟ							ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΗ	Conversion Factor too MSV	ΣΗΜ. ΜΕΤΑΒΕΤ (TL)				
120	A	11.242	0.022940	1	11.26	2.24	8.64	48.71	01.04.2005	37.0587973941545; 267199325693871	0.018896	24.01.2007	18		0.031959	
121	θ	20.062	0.044157	1	14.26	2.2	10.99	70.22	Έχει	13.4999799946909; 37324477365319	0.018422	08.02.2005	18		0.031227	
122	A	22.834	0.04453	1	17.73	2.24	20.12	69.25	27.01.2004	36.6864119411539; 1716028982848	0.018205	13.07.2006	18		0.029477	
123	A	29.05	0.057971	1	16.67	2.24	19.78	59.89	Έχει	36.8098868112348; 2014967028086	0.018264	11.09.2007	18		0.029477	
124	θ	13.132	0.0774	1	15.66	2.24	6.71	63.93								
125	A	11.606	0.0673	1	12.99	2.24	8.64	47.47								
126	A	19.986	0.0666	1	16.79	2.24	17.28	43.33	31.07.2003	37.4211499187969; 35528522967736	0.044207	18.11.2003	8.44323902699437; 1108907587261	0.028331		
127	A	9.826	0.0287	1	8.27	2.24	4.32	38.52								
128	A	16.324	0.0719	2	19.63	2.77	13.18	68.85								
129	A	14.244	0.0463	1	12.96	2.24	4.47	49.5	15.12.2003	35.16605579047118; 7915139476777	0.029571	15.12.2003	67.07631361209; 6.769932900302	0.057829		
130	θ	17.85	0.07	1	21.21	2.24	8.64	79.84								
131	A	12.53	0.0408	1	19.93	2.24	4.32	57.75								
132	A	10.696	0.0511	1	11.64	2.24	4.32	47.79								
133	A	16.314	0.0544	1	11	2.24	6.28	43.2								
134	A	10.836	0.0477	1	13.71	2.12	15.38	48.9								
135	A	9.016	0.0263	1	9.88	2.12	6.71	39.02	28.07.1998	35.4479413370598; 8619103429257	0.025849					
136	θ	9.968	0.0287	1	11.52	2.12	2.24	43.76								
137	A	13.078	0.0439	1	15.21	2.24	15.65	66.84								
138	θ	14.742	0.0504	1	30.02	2.24	2.77	53.62								
139	A	13.484	0.0853	1	28.2	2.24	10.8	59.21	Έχει	39.688869974699; 62171599439729	0.042333					
140	θ	7.252	0.099	1	7.95	2.24	8.64	27.58								
141	A	8.918	0.0283	1	10.22	2.24	11.58	41.65								
142	A	13.37	0.0359	1	11.51	2.12	13.18	49.62	23.12.2002	36.59643924222; 14993348933302	0.024554	Έχει	67.9543960341118; 6.9885999008271	0.038175		
143	A	11.816	0.0276	1	11.83	2.24	4.47	50.28								
144	θ	9.758	0.0229	1	10.18	2.24	4.47	39.96								
145	A	10.234	0.0610	1	8.52	2.24	4.47	38.69								
146	θ	13.484	0.072	1	18.57	2.77	6.71	65.85								
147	A	8.946	0.0983	1	10.76	2.12	4.39	39.34	18.11.2005	36.5524914135216; 18186253333879	0.024554	23.11.2005	77.8979748257224; 6.999933764394	0.088919		
148	A	18.886	0.0667	1	13.64	2.24	13.18	53.47	Έχει	34.1581819456168; 6.427891649994	0.029219					
149	θ	11.424	0.0433	1	11.7	2.24	4.47	51.71	Έχει	37.894971820029; 323744959799	0.033142					
150	θ	17.752	0.0321	1	17.03	2.24	6.71	70.51								
151	A	16.338	0.0813	1	15.48	3.26	13.18	66.04								
152	A	13.482	0.0578	1	10.87	2.24	13.41	51.94								
153	A	15.26	0.0367	1	14.22	2.5	15.12	41.55	Έχει	35.60889322766; 9022233396792	0.021419					
154	A	35.882	0.0893	1	29.35	2.54	19.78	90.42	Έχει	35.39433992766; 65.8403359819164	0.021275					
155	θ	12.48														

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΡΤ.ΥΠΕΡΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΑΙΜΙΑ	ΣΑΧΧ.ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΙΝΙΣΜΑ	ΟΡΚΟΣ/ΙΣΤΟΡΙΚΟ	ΑΣΘΕΝΗ ΚΑΡΔΙΑΣ						
2023	Α	209936	1955	60	86	183	26.68079195467	0	N	N	N	N	31.07.2007	1	257	3	11	1218	1499
2024	Θ	209921	1955	80	82	166	33.202125	N	O	O	O	N	31.07.2007	1	459	3	2	991	1446
2025	Θ	209903	1937	78	105	170	36.331796939795	N	N	O	O	N	31.07.2007	1	334	4	4	1768	2110
2026	Α	124758	1943	72	75	175	24.4879959183672	N	N	O	O	O	06.11.2007	1	127	2	6	496	631
2027	Α	56625	1958	57	118	175	39.639612244898	O	N	O	O	O	06.11.2007	1	243	2	8	817	1070
2028	Α	214504	1947	68	85	175	27.751029401816	N	O	O	O	O	06.11.2007	1	185	2	15	675	877
2029	Θ	148933	1939	76	83	156	34.1058514135437	N	N	O	O	N	05.11.2007	1	250	2	21	891	1164
210	Α	214423	1952	83	79	182	31.849770297979	O	N	O	N	N	05.11.2007	1	146	2	13	560	701
211	Α	214441	1938	77	85	168	30.1032125194574	N	N	O	N	O	05.11.2007	1	186	2	11	752	951
212	Α	21684	1948	67	90	171	39.778701138812	N	O	O	O	O	05.11.2007	1	195	2	17	842	1056
213	Θ	209528	1934	81	76	170	26.3973778546713	N	O	O	N	O	05.11.2007	1	287	2	21	1253	1593
214	Α	99132	1943	72	82	170	38.3727024214433	O	N	O	O	N	05.11.2007	—	—	—	—	—	—
215	Α	22506	1947	68	97	173	32.4100378877744	N	N	N	O	N	05.11.2007	1	194	2	17	754	967
216	Θ	214230	1946	69	63	155	16.2226847034331	O	N	O	O	N	01.11.2007	1	195	2	4	749	950
217	Α	51319	1943	72	85	175	31.244897959184	N	N	N	O	N	01.11.2007	1	136	2	6	594	738
218	Α	248866	1943	72	135	172	45.627741216579	N	N	N	O	N	01.11.2007	1	620	4	16	959	1509
219	Α	195997	1960	55	83	174	17.4144359269292	O	N	O	N	N	31.10.2007	1	262	2	2	919	1185
220	Α	214140	1946	69	88	184	25.99438593327	O	N	O	N	N	31.10.2007	1	199	2	12	855	1068
221	Α	213525	1962	53	91	173	30.405292525944	N	O	O	N	O	31.10.2007	1	172	2	8	755	937
222	Α	159984	1959	46	139	180	40.1214156791231	O	O	O	N	O	31.10.2007	1	433	2	9	1034	1498
223	Α	119608	1932	83	122	175	39.8397315698772	N	O	O	O	O	30.10.2007	1	346	3	21	1055	1425
224	Α	214202	1959	86	72	158	38.3412318695906	N	O	O	O	O	30.10.2007	1	164	2	4	623	793
225	Θ	214059	1944	71	53	158	23.230271032141	O	N	O	O	N	30.10.2007	1	171	2	8	683	854
226	Θ	214044	1966	46	48	163	18.066467117875	O	O	O	O	N	30.10.2007	1	127	2	9	515	653
227	Θ	214075	1970	45	64	164	23.7933599048186	O	O	O	O	O	30.10.2007	1	158	2	8	594	762
228	Α	105046	1959	56	82	179	15.5922099880961	O	N	O	O	N	29.10.2007	1	205	2	16	898	1121
229	Α	90970	1939	76	80	176	15.824468809931	N	O	N	O	N	29.10.2007	1	195	2	8	727	932
230	Α	213888	1959	56	64	168	22.673735691412	O	O	O	O	N	29.10.2007	1	131	2	4	549	686
231	Α	213855	1952	63	66	166	22.387812	O	O	O	O	N	29.10.2007	—	—	—	—	—	—
232	Α	205294	1972	42	107	172	33.7908881511116	O	O	O	O	O	29.10.2007	1	395	2	15	876	1198
233	Α	181799	1954	61	81	178	15.5648539199296	N	O	O	O	O	29.10.2007	1	211	2	12	845	1070
234	Α	211791	1953	62	88	180	27.160493871606	N	N	O	O	N	26.10.2007	1	259	1	21	216	216
235	Α	213874	1944	71	95	179	29.649115613996	N	O	N	O	N	25.10.2007	1	202	3	10	878	1093
236	Α	213875	1961	54	115	185	33.601183793933	N	O	O	O	N	25.10.2007	1	271	4	13	1118	1406
237	Α	213889	1946	69	74	174	24.441802087462	N	N	O	O	N	25.10.2007	1	195	2	6	797	1000
238	Α	191997	1936	79	63	162	14.002656684409	N	O	O	O	O	25.10.2007	—	—	—	—	—	—
239	Α	205204	1943	72	82	172	18.7391676904196	N	O	O	O	O	23.10.2007	—	—	—	—	—	—
240	Α	213477	1936	79	65	175	11.2344807959184	O	O	O	N	O	23.10.2007	—	—	—	—	—	—
241	Θ	213642	1951	64	97	160	37.890665	O	N	N	O	N	22.10.2007	1	359	5	11	1105	1105
242	Θ	213637	1939	76	51	160	19.021875	N	N	O	N	N	22.10.2007	1	138	2	13	495	648
243	Θ	190270	1949	66	85	160	33.203125	O	N	O	O	N	22.10.2007	1	286	2	6	1369	1663

1	ΦΥΛΟ								ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΓΓΕΙΟΓΡΑΦΙΚΗ	Conversion Factor too MSV	ΣΗΜΗ ΜΕΤΑΤΞΕ (TL)	
203	Α	20 986	0.0977	1	13.56	2.14	11.38	60.0						
204	Θ	20 244	0.0666	1	24.2	3.33	2.24	53.15						
205	Θ	29 54	0.0997	1	17.89	4.51	4.47	96.34						
206	Α	8 834	0.0285	1	9.03	2.24	6.59	38.02						
207	Α	14 98	0.0757	1	18.61	2.24	8.79	61.62						
208	Α	12 278	0.0458	1	12.27	2.24	15.65	51.9						
209	Θ	16 296	0.0797	1	21.08	2.24	21.97	70.16						
210	Α	9 814	0.0242	1	8.21	2.24	13.41	35.9						
211	Α	13 314	0.0388	1	12.1	2.24	10.99	55.62						
212	Α	14 784	0.0567	1	14.07	2.24	17.88	56.31						
213	Θ	21 882	0.0654	1	17.73	2.24	22.35	71.38						
214	Α	0							Εχει	36.60916266703143.15229666675854	0.030639	Εχει	38.0238745848184.17.0084683639621	0.050381
215	Α	13 338	0.0595	1	13.74	2.24	17.88	54.04	Εχει	38.4139355848979.60348389621427	0.035879			
216	Α	13 3	0.0597	1	13.57	2.24	4.47	54.05						
217	Α	10 328	0.0345	1	9.06	2.24	5.73	40.43	08.06.1993	33.0282656272428.2570666068066	0.027617			
218	Α	22 226	0.0743	1	49.27	3.9	16.29	60.39						
219	Α	16 59	0.0886	1	15.48	2.24	2.24	67.54						
220	Α	14 952	0.0543	1	14.82	2.24	12.73	61.97						
221	Α	13 118	0.074	1	11.44	2.12	8.64	49.18						
222	Α	20 972	0.1435	1	27.95	2.24	8.94	62.85						
223	Α	19 95	0.0493	1	21.21	3.26	21.97	66.37						
224	Θ	11 002	0.02795	1	10.95	2.24	1.47	43.48						
225	Θ	12 996	0.050795	1	11.6	2.24	8.79	45.54						
226	Θ	9 142	0.039819	1	8.47	2.24	8.94	34.1						
227	Θ	10 668	0.108437	1	10.11	2.16	8.79	39.45	Εχει	34.59434846319018.648871137876	0.041363			
228	Α	15 694	0.0815	1	13.73	2.12	16.97	55.6	20.12.2006	37.0383174014389.259433503975	0.048079	20.12.2006	38.0377334260327.0144333336988	0.073549
229	Α	13 048	0.0391	1	12.77	2.24	8.49	46.63	28.09.2005	36.3212733379433.0830183344858	0.027239			
230	Α	9 604	0.0499	1	8.75	2.24	4.32	36.87						
231	Θ	0												
232	Α	16 772	0.1281	1	20.64	2.24	15.12	60.59						
233	Α	14 98	0.0678	1	14.48	2.24	12.96	56.16						
234	Α	0			15.29	1.56	21.65	5.78						
235	Α	15 302	0.0526	1	12.52	3.37	10.8	53.05						
236	Α	19 684	0.1080	1	16.89	3.9	13.18	74.03						
237	Α	14	0.0598	1	12.25	2.5	6.71	49.66	Εχει	34.0053664666468.5001341616664	0.023472			
238	Α	0												
239	Α	0												
240	Α	0												
241	Θ	0			26.86	5.04	11.18	88.41						
242	Θ	9 072	0.032140	1	9.12	2.24	13.18	35.58						
243	Θ	23 282	0.113885	1	20.45	2.24	6.48	99.53						

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΝΑΙΚΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΤΥΠΕΡΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕ ΡΟΔΑΣΜΙΑ	Σ	ΣΑΧΧ.ΔΙΑΒΗΤΗ	ΚΑΤΙΝΕΜΑ	ΟΙΚΟΣ ΓΕΤΟΦΙΚ Ο	ΑΣΟΝΙΚΗ ΚΑΡΔΙΑΣ					
244	A	29007	1948	67	100	179	31.210032770948	N	N	O	O	N	19.10.2007	1	225	4	13	1032	1278
245	A	182087	1953	62	70	168	24.806587901587	N	N	O	O	N	17.10.2007	1	197	3	9	832	1041
246	A	18995	1957	58	125	181	38.1551234699796	N	N	O	N	N	17.10.2007	1	435	4	9	906	1352
247	A	213374	1947	68	90	170	31.1418683121107	N	N	N	N	N	17.10.2007	1	288	3	13	1085	1389
248	Θ	211788	1957	87	87	157	35.3955493151933	O	O	O	O	N	16.10.2007	1	251	2	9	845	1105
249	A	213283	1960	55	80	175	36.1224489799918	N	N	O	O	O	16.10.2007	1	159	2	4	697	862
250	A	42248	1955	85	73	170	25.599435799943	N	N	O	O	N	15.10.2007	1	241	2	9	1066	1318
251	A	213194	1957	58	73	168	25.8643121715333	O	N	O	N	N	15.10.2007	1	140	2	4	575	721
252	A	7983	1942	73	64	182	19.3211380026595	N	N	O	N	O	15.10.2007	1	153	2	15	530	700
253	Θ	69927	1943	72	102	168	36.1394557823299	O	O	N	O	N	15.10.2007	1	265	4	17	814	1100
254	A	211849	1942	73	112	187	32.0283679830970	O	N	N	O	-	12.10.2007	1	200	2	99	855	1066
255	Θ	213143	1956	49	69	166	35.0399187109682	O	N	O	N	N	12.10.2007	1	156	2	6	534	698
256	A	208356	1961	54	70	173	35.88686528187	N	N	O	O	N	12.10.2007	1	145	2	2	567	716
257	A	14977	1955	83	76	173	25.393431101818	O	N	N	O	N	12.10.2007	1	231	2	15	1091	1339
258	A	213111	1966	55	76	166	32.5803003193495	O	O	O	O	O	12.10.2007	1	146	2	6	617	771
259	A	209410	1967	48	75	175	24.4879699183672	O	N	O	N	N	11.10.2007	1	154	2	6	623	785
260	A	213933	1956	49	139	173	43.4381311794915	O	O	O	O	N	11.10.2007	1	375	2	16	980	1373
261	A	213036	1956	49	72	170	34.9144948066886	N	N	N	O	N	11.10.2007	1	158	2	8	590	752
262	A	212943	1956	55	85	166	30.842756729256	N	N	N	O	N	10.10.2007	1	435	2	8	1445	1892
263	A	179664	1938	77	105	173	35.0830298372818	N	N	O	N	N	10.10.2007	1	338	2	13	1215	1568
264	A	128596	1954	61	82	165	30.1163575793921	N	N	N	N	N	10.10.2007	1	258	2	11	987	1228
265	A	212870	1946	75	82	173	35.4945629163538	N	N	O	O	O	09.10.2007	1	229	2	4	864	1109
266	A	212876	1947	68	91	178	28.721216705278	N	O	N	N	N	09.10.2007	1	249	2	11	1049	1311
267	A	211520	1942	73	67	165	34.6907327006428	O	N	O	O	O	09.10.2007	-	-	-	-	-	-
268	A	211885	1944	71	82	165	30.11937573921	O	N	O	O	O	09.10.2007	1	212	2	6	718	938
269	A	33562	1943	72	92	179	28.712111981234	N	N	O	O	O	08.10.2007	1	234	2	11	914	1161
270	A	188810	1940	66	80	176	35.828442880991	N	N	N	N	N	05.10.2007	-	-	-	-	-	-
271	A	207950	1946	95	87	167	24.0286380369985	N	N	O	N	N	05.10.2007	-	-	-	-	-	-
272	A	187803	1946	75	82	182	25.461426304784	N	N	O	N	N	05.10.2007	1	190	2	13	668	873
273	A	212729	1948	67	88	167	31.5536591487881	O	O	N	O	N	05.10.2007	-	-	-	-	-	-
274	A	167356	1968	47	90	173	39.0701684319259	O	O	O	O	O	05.10.2007	-	-	-	-	-	-
275	A	212628	1968	47	77	175	25.14481128571	O	-	O	N	O	04.10.2007	1	146	2	6	592	746
276	A	132937	1939	76	107	165	39.3021120293845	N	N	N	O	O	04.10.2007	1	233	2	6	944	1185
277	Θ	212625	1968	47	61	160	23.828125	O	N	O	O	N	04.10.2007	1	151	2	8	634	795
278	A	92341	1949	66	90	177	38.797377949465	N	N	O	O	N	04.10.2007	1	211	2	8	871	1094
279	A	212527	1964	51	100	175	34.6236461244896	N	N	O	N	O	03.10.2007	1	122	2	10	638	772
280	A	212566	1966	49	90	180	27.72777777778	O	O	O	N	O	03.10.2007	-	-	-	-	-	-
281	A	212541	1959	65	130	180	40.123459901232	O	N	O	N	O	03.10.2007	1	413	2	4	876	1295
282	A	212468	1948	67	90	171	30.77870113812	N	N	O	O	O	02.10.2007	1	202	2	9	796	1040
283	A	212473	1948	67	115	185	33.6018878369335	N	N	N	O	N	02.10.2007	1	263	2	25	950	1209
284	Θ	211376	1960	55	88	167	34.5536591487881	O	N	N	O	O	02.10.2007	1	214	2	2	833	1051

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΝΑΙΚΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΤΥΠΕΡΤΑΣΗ	ΑΙΤΕΡΟΠΑΡΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΙΤΕΡΟΠΑΡΙΑ KH	Conversion Factor too MSv	ΣΠΗΝ ΜΕΓΕΤΟΣ (TL)
244	A	17.892	0.0687	1	13.65	4.51	13.18	66.17					
245	A	14.574	0.0642	1	12.41	2.77	8.94	52.01	30.09.2005	34.27390224076131	568326069078	0.037725	
246	A	18.628	0.0931	1	25.37	4.28	8.94	39.47					
247	A	19.446	0.0795	1	16.23	2.77	13.41	63.66	16.11.2004	38.2869400659315	57173201734036	0.032761	
248	Θ	15.47	0.101071	1	16.88	2.12	8.94	62.29					
249	A	12.068	0.0644	1	10.32	2.24	4.32	45.28	ζητει	37.4912679096813	3728167267033	0.050061	
250	A	18.452	0.0459	1	14.27	2.24	8.94	58.24	ζητει	36.084951915173	021237987932	0.022313	
251	A	10.094	0.0496	1	9.29	2.24	4.47	42.09					
252	A	9.8	0.0319	1	8.04	2.24	15.65	31.09	ζητει	34.609761829053	6324404579538	0.028171	
253	Θ	15.4	0.062097	1	17.06	4.55	17.58	60.71	ζητει	38.7437803440213	689450859234	0.039290	
254	A	14.924	0.0486	1	13.74	2.24	8.94	58.58					
255	Θ	9.72	0.085699	1	11.42	2.24	6.71	39.14					
256	A	10.024	0.0550	1	8.6	2.24	2.24	35.12	13.01.2004	34.9015750318018	7253802659594	0.047887	
257	A	18.746	0.0403	1	11.08	2.24	15.38	52.82	ζητει	36.219399616837	05379997670929	0.022387	
258	A	10.794	0.0576	1	10.41	2.24	6.59	43.26					
259	A	10.99	0.0705	1	10.34	2.24	6.71	41.68					
260	A	19.222	0.1331	1	27.81	2.24	16.48	66.43					
261	A	10.612	0.0668	1	10.64	2.24	8.79	35.95					
262	A	26.488	0.1415	1	29.35	2.24	8.94	108.92					
263	A	21.922	0.0640	1	15.42	2.24	13.41	60.74	26.10.2005	37.5167324899979	37918812127437	0.027337	
264	A	17.192	0.0778	1	15.25	2.24	11.18	65.83	07.01.2003	39.299508798795	824877996998	0.044485	07.01.2003 70.85756112336917.714930280842
265	A	15.806	0.0487	1	11.31	2.24	4.47	44.37	19.10.1989	37.0034656612279	2508864133067	0.028513	
266	A	18.354	0.068885	1	16.09	2.24	11.18	69.04					
267	A	0											
268	A	13.125	0.043386	1	10.28	2.24	6.59	54.41					
269	A	18.254	0.054411	1	13.74	2.24	11.18	53.61	14.02.1996	35.378272511028	84320681277631	0.029592	
270	A	0							ζητει	36.5521687948878	4387794979717	0.036046	
271	A	0							ζητει	33.9148605128338	47871512820831	0.015063	
272	A	12.222	0.057674	1	11.86	2.24	13.18	40.61					
273	A	0							ζητει	37.9788102868479	4947026477118	0.036451	
274	A	0											
275	A	10.444	0.056230	1	10.57	2.12	6.59	41.71					
276	A	16.59	0.040751	1	15.23	2.24	6.71	59.58	29.08.2002	39.998906567611	39997267419027	0.029959	29.08.2002 71.55232899519047.8881459989796
277	Θ	11.13	0.105985	1	11.59	2.12	8.49	45.63					
278	A	15.316	0.060499	1	16.21	2.24	8.64	66.67	17.02.2004	35.8289499377578	9573373494396	0.033335	17.02.2004 36.97319043857456.743929609435
279	A	10.808	0.064428	1	10.13	2.24	10.8	49.25					
280	A	0											
281	A	18.13	0.073575	1	28.25	2.24	4.47	59.81	18.10.2006	39.502232331999	879538333998	0.040054	
282	A	14.105	0.043396	1	14.81	2.24	8.94	58.25	28.11.2003	38.41950654329	609504066392	0.038874	
283	A	17.36	0.066680	1	18.24	2.12	26.37	67.25					
284	Θ	14.714	0.106454	1	15.76	2.24	2.12	60.6					

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΑΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΤΥΗΡΙΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕ	ΣΑΚΧ. ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΤΙΝΙΣΜΑ	ΟΙΚΟΣ	ΙΣΤΟΡΙΚ	ΑΣΟΝΙΚΗ	ΚΑΡΙΑΣ					
285	Θ	104579	1926	89	63	170	21,7999307884775	Ο	Ο	Ο	Ο	Ν	Ο	02.10.2007	1	121	2	17	934	1074
286	Α	212401	1966	49	110	173	36,733650905723f	Ο	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	01.10.2007	1	775	2	22	1360	2159
287	Α	212424	1944	71	102	173	34,086657356216a	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	01.10.2007	1	220	2	8	865	1095
288	Α	212421	1952	63	78	174	35,762980578676c	Ο	Ν	Ο	Ν	Ν	Ν	01.10.2007	1	155	2	11	656	824
289	Α	212420	1940	75	90	169	31,5123016918198	Ο	Ο	Ο	Ν	Ν	Ν	07.10.2007	1	160	2	17	622	801
290	Α	212397	1945	70	108	168	38,2626306121149	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	Ν	01.10.2007	1	203	2	15	904	1124
291	Α	149625	1951	64	76	183	12,5962018613194f	Ν	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	01.10.2007	1	197	2	14	668	881
292	Α	212396	1939	76	70	170	24,221453381707e	Ο	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	01.10.2007	1	184	2	10	674	870
293	Α	214603	1953	62	88	176	8,40990909090909	Ν	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	07.11.2007	1	190	2	13	931	1136
294	Θ	188663	1945	70	71	169	24,859073561850f	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ο	09.11.2007	1	164	2	4	679	849
295	Α	214799	1937	78	81	180	25	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	09.11.2007	1	188	2	6	760	956
296	Α	81203	1946	69	93	172	31,433911303497e	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ο	12.11.2007	1	191	2	9	858	1060
297	Α	187512	1964	51	93	189	16,0231054090184f	Ο	Ν	Ο	Ν	Ο	Ο	12.11.2007	1	235	2	13	792	1042
298	Α	214840	1961	54	75	178	23,6712316209622	Ο	Ο	Ο	Ν	Ν	Ν	02.12.2007	1	157	2	17	650	826
299	Α	198112	1960	55	93	187	16,5949848128799e	Ο	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	12.12.2007	1	168	2	13	1040	1223
300	Α	16864	1939	76	85	180	16,234557901234f	Ο	Ο	Ο	Ο	Ν	Ν	13.12.2007	1	331	2	26	1399	1778
301	Α	214941	1954	61	85	178	16,8274207820204f	Ν	Ο	Ν	Ο	Ο	Ν	13.12.2007	1	191	2	6	829	1028
302	Α	214957	1948	67	72	167	25,816630212628e	Ο	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	13.12.2007	1	164	2	11	593	770
303	Α	46315	1941	74	82	170	28,37702422143f	Ο	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	13.12.2007	1	288	2	16	1196	1503
304	Α	2539	1948	67	93	170	32,179309765074e	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	13.12.2007	1	203	2	13	1133	1442
305	Α	214651	1955	60	92	180	28,395601728393f	Ο	Ο	Ο	Ν	Ο	Ν	13.12.2007	1	209	2	13	838	1063
306	Α	215053	1931	84	80	172	27,041644131993e	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ο	14.12.2007	1	192	2	17	707	918
307	Θ	214324	1943	72	66	162	25,148663955319	Ο	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	14.12.2007	1	147	2	9	565	723
308	Α	215076	1971	44	100	189	27,994735698944e	Ο	Ο	Ο	Ν	Ν	Ν	14.12.2007	1	230	2	8	798	1038
309	Α	215050	1944	71	75	170	25,951557093229e	Ν	Ο	Ο	Ν	Ο	Ν	14.12.2007	1	201	2	15	795	983
310	Α	214942	1959	59	70	170	24,221453381707e	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ο	14.12.2007	1	153	2	6	618	781
311	Θ	215066	1958	65	86	163	33,9929772124186	Ο	Ο	Ν	Ο	Ν	Ν	15.11.2007	1	164	2	6	800	972
312	Α	215056	1940	75	67	170	15,1832010913450c	Ο	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	14.12.2007	1	190	2	13	786	991
313	Α	215133	1964	51	110	190	30,4709941274238	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	Ν	15.11.2007	1	244	3	15	865	1127
314	Α	54922	1947	68	72	162	27,434842249571	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	15.11.2007	1	174	2	9	645	810
315	Θ	58907	1951	64	75	170	25,951557093229e	Ο	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	16.11.2007	1	166	2	8	768	944
316	Α	215204	1953	62	110	172	37,1822606814994	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ν	16.11.2007	1	252	2	16	922	1183
317	Α	214998	1948	67	97	177	30,9917297497207	Ν	Ο	Ο	Ο	Ο	Ν	19.11.2007	1	210	2	15	993	1189
318	Α	20502	1943	73	102	170	35,294174170298	Ο	Ν	Ο	Ο	Ν	Ν	19.11.2007	1	192	2	19	822	1037
319	Α	215390	1946	69	90	172	39,42184658458f	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	Ν	19.11.2007	1	207	2	6	727	942
320	Θ	3646	1956	89	68	163	25,992373064999e	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	19.11.2007	1	244	2	9	961	1216
321	Α	215364	1946	69	85	167	30,477966222421	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	20.11.2007	1	165	2	6	611	784
322	Α	215361	1932	83	106	176	34,2200413232141	Ν	Ν	Ο	Ο	Ο	Ν	20.11.2007	1	250	2	13	873	1140
323	Α	215378	1937	78	84	180	15,9259259235925e	Ν	Ν	Ν	Ν	Ο	Ο	20.11.2007	1	160	2	6	737	905
324	Α	20049	1949	66	94	172	31,7729131509298	Ν	Ν	Ν	Ν	Ο	Ο	20.11.2007	1	227	2	15	975	1219
325	Α	215449	1936	79	85	167	30,477966222421	Ν	Ν	Ο	Ν	Ο	Ο	21.11.2007	1	333	2	11	1291	1637

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΑΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΤΥΗΡΙΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕ	ΣΑΚΧ. ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΤΙΝΙΣΜΑ	ΟΙΚΟΣ	ΙΣΤΟΡΙΚ	ΑΣΟΝΙΚΗ	ΚΑΡΙΑΣ	ATTEIΟHIACTH KH	Conversion Factor too MSU	SPIN MEASTES(TL)
285	Θ	104579	1926	89	63	170	21,7999307884775	Εχει	34,9883136184149f	7,47128404663e	0,09902							
286	Α	212401	1966	49	110	173	36,733650905723f	26.03.2002	37,541594699,3869133398927	0,059105								
287	Α	212424	1944	71	102	173	34,086657356216a	Εχει	39,0183381200729,754384330018c	0,033549								
288	Α	212421	1952	63	78	174	35,762980578676c	04.01.2002	37,10335143467	6,272840386675	0,039746							
289	Α	212420	1940	75	90	169	31,5123016918198											
290	Α	212397	1945	70	108	168	38,2626306121149											
291	Α	149625	1951	64	76	183	12,5962018613194f											
292	Α	212396	1939	76	70	170	24,221453381707e											
293	Α	214603	1953	62	88	176	8,40990909090909											
294	Θ	188663	1945	70	71	169	24,859073561850f											
295	Α	214799	1937	78	81	180	25											
296	Α	81203	1946	69	93	172	31,433911303497e											
297	Α	187512	1964	51	93	189	16,0231054090184f											
298	Α	214840	1961	54	75	178	23,6712316209622											
299	Α	198112	1960	55	93	187	16,5949848128799e											
300	Α	16864	1939	76	85	180	16,234557901234f											
301	Α	214941	1954	61	85	178	16,8274207820204f											
302	Α	214957	1948	67	72	167	25,816630212628e											
303	Α	46315	1941	74	82	170	28,37702422143f											
304	Α	2539	1948	67	93	170	32,179309765074e											
305	Α	214651	1955	60	92	180	28,395601728393f											
306	Α	215053	1931	84	80	172	27,041644131993e											
307	Θ	214324	1943	72	66	162	25,148663955319											
308	Α	215076	1971	44	100	189	27,994735698944e											

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΙ.ΠΡΟΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΡΟΛΑΙΜΙΑ	ΕΛΑΧ.ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΠΝΙΣΜΑ	ΟΙΚΟΓ.ΕΤΟΙΚ	ΑΔΙΟΝΙΣΗ ΚΑΡΜΙΑΣ						
326	A	24129	1945	73	105	165	38.574931129477	N	O	O	O	N	21.11.2007	1	234	2	13	999	1248
327	A	23588	1946	69	96	172	33.449979283550	O	O	O	O	O	26.11.2007	1	197	2	8	868	1075
328	A	23593	1954	63	122	180	37.654329987654	N	N	O	N	N	26.11.2007	1	281	4	11	996	1292
329	A	23599	1938	77	73	169	35.2092913584955	N	N	O	O	N	26.11.2007	1	151	2	3	608	768
330	A	23708	1963	52	92	183	27.479701277316	N	N	O	N	O	26.11.2007	1	362	2	8	1021	1296
331	A	23565	1966	49	90	180	37.777777777778	N	N	O	N	N	26.11.2007	1	225	2	11	840	1078
332	Θ	142176	1933	82	73	165	36.833994499544	N	N	N	O	O	26.11.2007	1	208	2	11	912	1133
333	A	118963	1951	64	110	172	37.182266814494	O	N	O	O	O	27.11.2007	1	251	2	12	994	1259
334	A	23804	1945	70	73	165	36.813599449954	N	N	O	O	N	27.11.2007	1	177	2	11	714	904
335	A	235790	1940	75	93	171	31.804657843439	O	N	O	O	O	27.11.2007	1	250	2	8	985	1245
336	A	235783	1965	50	94	178	29.667971215559	O	N	O	O	N	27.11.2007	1	253	2	13	1052	1300
337	A	235782	1966	79	116	174	38.314175431007	N	N	O	O	N	27.11.2007	1	415	3	17	1601	2036
338	A	235883	1969	46	65	180	20.0647178399141	O	O	O	N	N	28.11.2007	1	196	3	15	797	951
339	A	235800	1964	51	75	179	13.4075991289286	O	O	O	N	N	28.11.2007	1	157	2	11	1189	1359
340	A	235887	1955	60	85	175	37.551020408363	N	N	O	O	O	28.11.2007	1	209	2	4	846	1061
341	A	160558	1956	59	83	176	36.794938165286	O	O	O	O	O	28.11.2007	1	185	2	15	730	932
342	A	104727	1947	68	99	178	31.24640547916617	N	N	N	N	N	28.11.2007	1	287	2	11	1079	1379
343	A	121955	1931	84	86	180	36.543209876543	N	O	O	O	N	28.11.2007	1	243	2	15	1109	1399
344	A	84729	1942	73	75.5	169	36.4346486467561	O	N	O	O	O	29.11.2007	1	166	2	8	579	757
345	A	23962	1959	56	79	171	27.016898885121	O	O	O	N	N	29.11.2007	1	229	2	11	665	937
346	A	14844	1937	78	65	168	33.0300433344730	O	N	O	O	N	29.11.2007	1	231	2	11	947	1191
347	Θ	199809	1944	71	85	160	33.203125	N	N	N	N	N	29.11.2007	1	224	2	11	967	1204
348	A	189849	1935	77	70	177	32.3413332992854	N	O	N	O	N	29.11.2007	1	236	2	13	993	1254
349	A	23579	1945	72	94	176	30.36748380462	N	N	O	N	O	29.11.2007	1	195	2	11	803	1012
350	A	236667	1950	65	95	167	34.0639003983296	N	N	O	O	O	30.11.2007	1	308	2	8	1179	1497
351	A	236077	1936	79	67	176	31.6296487960306	O	O	O	O	O	30.11.2007	1	244	2	21	908	1175
352	A	57991	1947	68	90	180	37.777777777778	N	N	O	O	N	03.12.2007	1	233	2	11	815	1061
353	A	236144	1953	63	120	180	37.037037037037	O	O	O	N	O	03.12.2007	1	317	2	19	955	1293
354	A	125444	1950	65	105	187	30.0265949812881	O	N	O	O	N	03.12.2007	1	269	2	15	1007	1293
355	A	28593	1939	76	70	170	34.2214533879792	N	N	O	N	O	03.12.2007	1	213	2	8	865	1088
356	A	23697	1966	79	95	175	31.0284081664562	N	N	O	O	N	04.12.2007	1	234	2	27	872	1183
357	A	79264	1962	53	127	180	39.3932068419975	N	N	N	O	N	04.12.2007	1	292	4	11	1226	1533
358	A	125469	1953	62	91	178	28.712120070519	N	N	N	O	O	04.12.2007	1	187	2	11	715	955
359	A	61261	1959	56	96	184	38.3338732329202	O	N	O	O	N	05.12.2007	1	249	2	8	889	1148
360	A	236279	1965	50	99	190	37.42382716814	O	N	O	N	O	05.12.2007	1	236	2	13	1015	1266
361	A	236276	1947	68	82	178	35.88037639320201	O	N	O	N	O	05.12.2007	1	146	2	11	642	801
362	A	236289	1958	63	84	167	30.1194019147334	N	O	O	O	O	05.12.2007	1	167	2	19	647	835
363	A	79077	1947	68	104	180	32.9997654329984	N	N	O	N	N	06.12.2007		204	2	8	1348	1562
364	A	236245	1966	79	99	172	30.4218464484581	N	O	N	O	O	06.12.2007	1	294	2	8	1348	1562
365	A	107399	1940	66	103	184	30.4229679858941	O	N	O	N	N	06.12.2007	1	241	2	15	1046	1394
366	A	88854	1947	68	94	172	31.7793918599568	N	N	N	N	N	06.12.2007	1	168	2	13	608	791

1	ΦΥΛΟ					ΑΤΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΠΕΘΩΝΙΑΣΤΙ ΚΗ	Conversion Factor MSV	ΣΗΜΗ ΜΕΑΥΕΤΕ (TL)					
326	A	17.472	0.056902	1	13.18	2.24	13.18	56.28	Εχει	37.5824959667963.395239916623f	0.039181				
327	A	15.05	0.054713	1	13.07	2.2	8.79	57.99							
328	A	18.088	0.077555	1	19	4.55	10.99	65.31							
329	A	10.752	0.031999	1	10.04	2.2	4.39	40.13	12.04.2001	36.47731687246959.193292181597	0.026579				
330	A	18.144	0.069919	1	16.88	2.2	8.79	65.97							
331	A	15.992	0.069907	1	13.96	2.2	10.99	54.81							
332	Θ	15.862	0.045266	1	14.93	2.2	10.99	65.57							
333	A	17.665	0.073524	1	17.66	2.2	12.96	67.6							
334	A	12.659	0.044762	1	11.51	2.2	10.99	46.34							
335	A	17.43	0.053728	1	18.76	2.2	8.64	75.79							
336	A	18.48	0.113287	1	16.56	2.2	13.18	68.28							
337	A	28.304	0.079711	1	19.41	3.18	17.58	14.47	12.08.2004	38.78724617923236.6968119448383	0.029758				
338	A	12.991	0.0882	1	10.79	3.1	15.38	37.79							
339	A	19.026	0.133470	1	8.52	2.2	10.99	66.22							
340	A	14.854	0.069905	1	13.13	2.2	4.39	54.44							
341	A	13.048	0.064640	1	13.2	2.2	15.38	53.31							
342	A	19.306	0.072143	1	14.95	2.2	10.99	55.78	Εχει	39.5790470970413.8947617742802	0.039957				
343	A	19.166	0.049126	1	16.31	2.2	15.38	74.2	24.02.1986	35.620097131151.1.9050242828771	0.021419				
344	A	10.998	0.034515	1	10.67	2.2	8.79	36.74							
345	A	13.118	0.068185	1	15.61	2.2	10.99	47.13							
346	A	16.674	0.033009	1	11.71	2.2	10.99	47.58	Εχει	34.32417619980288.3830440499507	0.024333				
347	Θ	16.856	0.070783	1	14.1	2.2	10.99	60.64							
348	A	16.195	0.047335	1	14.41	2.2	13.18	24.95	Εχει	33.0211778790761.3670444616996	0.024099				
349	A	14.168	0.047408	1	10.60	2.2	10.99	44.56	Εχει	39.5167559421919.877688876054751	0.023040				
350	A	20.958	0.083031	1	16.1	2.2	8.79	62.22	18.06.2003	38.0171993918478.504289484617	0.038533				
351	A	16.45	0.045425	1	9.92	2.2	21.97	36.92	Εχει	33.3324629979053.3383100744014	0.026650				
352	A	14.854	0.055507	1	14.11	2.2	10.99	50.32							
353	A	18.102	0.077615	1	15.33	2.2	19.78	58.43							
354	A	18.102	0.073461	1	16.57	2.2	15.38	65.19							
355	A	15.232	0.045979	1	11.31	2.2	8.79	45.14	Εχει	34.5441758783931.6718944469437	0.025880				
356	A	15.89	0.042378	1	13.91	2.2	28.55	51.59	Εχει	39.21020094658869.807315167173	0.027064				
357	A	21.462	0.121148	1	20.43	4.55	10.99	66.68	Εχει	39.8934106452425.9733266138361	0.056279				
358	A	12.81	0.056456	1	14.58	2.2	10.99	53.74							
359	A	16.072	0.083539	1	14.89	2.2	8.79	58.69							
360	A	17.724	0.108652	1	17.17	2.2	13.18	67.68							
361	A	11.214	0.044905	1	9.28	2.2	10.99	42.68							
362	A	11.69	0.039122	1	12.26	2.2	19.78	47.37							
363	A	0													
364	A	21.868	0.060386	1	15.42	2.24	8.79	100.18							
365	A	18.256	0.072976	1	16.01	2.2	15.38	67.02	08.02.2006	37.5321859967446.3830469999111	0.037033	08.03.2006	19.46678795688847.366696942221	0.00082	

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΑΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΠΤΥΠΕΡΤΑΣΗ ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕ ΠΟΛΑΔΜΑ	ΣΑΧΧΑΡΙΑΣ Σ	ΚΑΙΝΕΜΑ	ΟΚΟΣ ΛΕΤΟΦΚ	ΑΣΟΝΙΚΗ ΕΣΤΙΑΣ												
407	Θ	216457	1939	76	71	151	31.13985132231	N	N	O	O	N	15.01.2008	1										
408	A	217843	1944	71	65	165	23.8751147849057	O	N	O	N	N	15.01.2008	1	204	3	21	762	990					
409	A	217842	1931	84	73	165	26.8135904499541	O	N	O	N	O	15.01.2008	1	174	2	4	687	867					
410	Θ	1974	1929	86	58	149	36.124949256606	O	N	O	O	O	15.01.2008	1	187	3	8	797	995					
411	A	213222	1968	47	91	173	30.405392525944	O	O	O	O	N	17.01.2008	-										
412	A	19137	1953	62	106	182	32.0009606696900	O	O	O	O	N	17.01.2008	1	191	2	8	916	1117					
413	A	158003	1942	73	85	182	23.6615203427784	O	O	O	N	O	21.01.2008	1	370	2	17	1360	1749					
414	A	217597	1954	61	90	172	30.421849484848	O	N	O	O	O	21.01.2008	1	184	2	8	728	922					
415	A	217907	1951	64	97	179	30.272118060476	N	O	O	N	N	21.01.2008	1	182	2	12	777	973					
416	Θ	64827	1939	85	63	149	38.277001305248	O	N	N	O	O	21.01.2008	1	292	2	13	1107	1414					
417	A	214844	1950	65	100	180	30.8641975386641	O	O	N	N	N	21.01.2008	1	194	2	19	824	1039					
418	A	111295	1941	74	90	179	38.089109547142	N	N	N	O	O	21.01.2008	1	239	2	17	890	1148					
419	A	166486	1952	63	95	172	32.1119344067963	N	N	O	O	O	21.01.2008	1	231	2	8	749	990					
420	A	208221	1947	68	89	178	30.690807949449	N	N	O	N	N	25.01.2008	1	201	2	11	790	1004					
421	A	218462	1940	75	73	169	25.259391551416	O	N	O	O	N	25.01.2008	1	255	2	15	900	1172					
422	A	14783	1953	62	89	180	27.4591359024691	N	N	O	N	O	25.01.2008	-										
423	A	218476	1947	68	95	169	33.2621406813487	N	N	O	N	O	25.01.2008	1	247	2	8	982	1239					
424	A	218473	1951	64	115	190	31.8599559786704	O	O	O	O	O	25.01.2008	1	430	2	23	1771	2226					
425	A	214227	1950	65	90	170	31.1418685121107	N	O	O	O	O	25.01.2008	-										
426	A	217979	1952	63	90	188	35.464101684444	N	N	N	O	O	25.01.2008	1	220	2	11	809	1042					
427	A	218477	1955	60	99	175	39.3875510300408	N	N	O	N	N	25.01.2008	1	305	2	15	1169	1491					
428	A	218462	1951	64	82	165	30.11917573921	N	N	N	O	O	25.01.2008	1	218	2	17	853	1090					
429	A	218479	1938	77	99	170	31.1418685121107	N	N	O	O	N	25.01.2008	1	401	2	23	1461	1877					
430	Θ	219509	1934	81	70	162	26.672763298777	N	N	N	O	N	28.01.2008	1	214	2	13	893	1122					
431	A	218352	1961	54	100	178	31.564671506523	N	N	N	N	N	28.01.2008	-										
432	A	179149	1944	71	77	170	26.64339815917	N	N	O	O	O	28.01.2008	1	173	2	6	648	829					
433	A	218533	1937	78	76	174	25.100391330961	N	N	N	N	N	28.01.2008	1	254	2	6	1017	1279					
434	A	218525	1946	69	79	173	36.3952834013831	N	N	N	O	O	28.01.2008	1	284	2	11	1107	1404					
435	A	189496	1959	46	80	180	34.5913380245914	O	N	O	N	O	29.01.2008	1	182	2	6	748	938					
436	A	211993	1937	78	85	167	30.4779662234421	N	N	N	O	O	29.01.2008	1	197	2	11	876	1086					
437	A	49934	1960	55	80	173	36.7999274959717	O	N	O	N	O	29.01.2008	1	204	2	4	745	955					
438	Θ	218599	1948	67	102	170	33.294117470988	N	N	O	N	N	29.01.2008	1	544	4	6	1209	1763					
439	A	218612	1922	93	70	160	27.34375	O	N	N	O	O	29.01.2008	1	308	2	17	1155	1482					
440	Θ	216748	1938	77	62	160	24.21875	N	N	O	O	O	30.01.2008	1	404	2	8	1518	1932					
441	A	104904	1965	33	73	179	34.6702092704164	O	O	O	O	O	30.01.2008	1	228	2	13	1035	1378					
442	A	218216	1941	71	79	170	24.2244538781972	O	N	N	N	N	30.01.2008	1	149	2	6	538	745					
443	A	194407	1932	82	78	178	24.6181071747799	N	N	O	O	O	30.01.2008	1	234	2	11	935	1182					
444	A	218684	1962	53	99	182	27.17061596636	O	N	O	N	N	30.01.2008	1	238	2	11	964	1315					
445	A	218668	1933	82	83	169	39.060607215994	O	N	O	N	O	30.01.2008	1	376	2	8	1325	1711					

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΑΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	BMI	ΑΠΤΥΠΕΡΤΑΣΗ ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕ ΠΟΛΑΔΜΑ	ΣΑΧΧΑΡΙΑΣ Σ	ΚΑΙΝΕΜΑ	ΟΚΟΣ ΛΕΤΟΦΚ	ΑΣΟΝΙΚΗ ΕΣΤΙΑΣ	ΑΤΕΓΩΡΙΑΣ CONVERSION FACTOR TO MSX	ΑΤΕΓΩΡΙΑΣΤΙ KH	Conversion Factor too MSX	ΣΗΜ. ΜΕΛΕΤΕΣ (TL)
407	Θ	13.86	0.049103	1	9.58	3.18	21.97	39.48								
408	A	19.67	0.067682	1	17.54	2.2	10.99	69.41								
409	A	12.138	0.029212	1	11.83	2.2	4.39	46.54								
410	Θ	13.93	0.035127	1	10.08	2.8	8.79	38.79								
411	A	0														
412	A	14.548	0.068919	1	11.59	2.2	8.79	57.64	ΕΥΝ	38.0116843687579	30022109171893	0.041868				
413	A	24.486	0.079745	1	22.79	2.2	17.58	90.34	19.10.1999	35.87132057534468	9698826437864	0.029181				
414	A	12.908	0.079683	1	13.62	2.2	8.79	56.22								
415	A	13.622	0.059822	1	11.26	2.2	12.66	48.73								
416	Θ	19.796	0.031645	1	20.45	2.2	13.18	88.55	17.12.2007	15.0128802824333	75322006591334	0.0222828				
417	A	14.546	0.059930	1	12.42	2.2	19.78	52.63								
418	A	16.072	0.059923	1	11.37	2.2	17.58	48.5	ΕΥΝ	37.8967246169966	34068115414915	0.029593				
419	A	13.86	0.039256	1	15.23	2.2	8.79	49.59								
420	A	14.056	0.052525	1	13.23	2.2	10.99	48.58								
421	A	16.408	0.050377	1	12.48	2.2	15.38	44.57								
422	A	0														
423	A	17.346	0.064819	1	17.54	2.2	8.79	69.12								
424	A	31.164	0.129995	1	23.73	2.2	24.17	103.28								
425	A	0														
426	A	14.388	0.065248	1	14.75	2.2	10.99	57.41								
427	A	20.874	0.079797	1	13.37	2.2	15.38	59.71	17.01.2001	35.9441821742189	9386469355496	0.041814				
428	A	15.26	0.069654	1	12.08	2.2	17.58	48.61	ΕΥΝ	39.119171007295	779792926813	0.040754				
429	A	26.418	0.077705	1	19.09	2.2	24.17	73.4	02.07.1993	38.493806081834	623420704585	0.028096	16.09.2004	36.6714854200528	17.417873535457	0.048717
430	Θ	15.708	0.049650	1	13.78	2.2	13.18	57.22								
431	A	0														
432	A	11.606	0.039935	1	11.65	2.2	6.59	43.32	ΕΥΝ	33.4688988374707	6072247993531	0.030486				
433	A	17.906	0.059824	1	11.83	2.2										

1	ΦΥΛΟ	ΑΜ	ΕΤΟΣ ΓΕΝ.	ΗΛΙΚΙΑ	ΒΑΡΟΣ(kg)	ΥΨΟΣ(cm)	ΒΜΙ	ΑΡΤ.ΥΠΕΡΤΑΣΗ	ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΑΙΜΙΑ	ΣΑΚΧ.ΔΙΑΒΗΤΗΣ	ΚΑΙΝΙΣΜΑ	ΟΙΚΟΓ.ΙΣΤΟΡΙΚ.Ο	ΑΣΘΙΝΗ ΚΑΡΔΙΑΣ								
486	Θ	219609	1957	58	102	167	36.5735594678904	N	O	O	N	N	20.02.2008	--							
487	A	219612	1927	88	95	179	30.6689049588777	O	O	O	O	N	20.02.2008	1	271	2	30	1054	1357		
488	Θ	204849	1949	66	75	170	35.299455799343	O	O	O	N	N	21.02.2008	1	190	2	6	745	943		
489	A	96172	1933	82	68	179	23.5294417479591	N	O	O	O	N	21.02.2008	1	171	2	8	593	774		
490	A	171223	1953	62	75	168	26.8731195217907	N	N	O	O	N	21.02.2008	--							
491	A	217654	1945	70	85	186	24.9593143716496	O	N	O	O	N	O	21.02.2008	--						
492	A	95899	1964	51	102	190	18.2548478454294	N	O	O	O	N	21.02.2008	1	276	2	27	2009	2314		
493	A	219712	1946	69	82	166	39.7575845559876	O	N	O	O	N	O	21.02.2008	--						
494	A	3706	1938	77	80	172	27.041441319532	N	O	N	N	O	22.02.2008	1	332	2	15	1623	1972		
495	A	220065	1956	59	74	174	24.44180120187402	O	N	O	O	O	27.02.2008	1	137	2	11	605	755		
496	A	220077	1946	69	100	179	31.2100121719485	N	O	O	O	N	27.02.2008	--							
497	A	220053	1941	74	100	170	34.6020761245678	N	O	O	N	O	27.02.2008	--							
498	Θ	220067	1963	52	95	164	35.3312373387131	O	N	O	O	N	O	27.02.2008	--						
499	A	220058	1947	68	82	167	29.402272397716	N	N	O	O	N	O	27.02.2008	1	203	2	13	1522	1740	
500	A	220062	1953	62	98	178	0.9304138076000	O	O	N	O	O	27.02.2008	--							
501	A	35448	1943	72	80	178	15.2493372048988	N	N	N	O	N	27.02.2008	1	297	2	19	1419	1737		
502	Θ	62445	1959	56	64	160	25	O	O	O	N	N	28.02.2008	--							
503	A	220122	1956	59	94	175	30.6930775310204	N	N	O	O	N	28.02.2008	--							
504	A	193491	1959	56	81	180	25	O	N	O	N	N	29.02.2008	--							
505	A	13825	1928	87	80	166	39.0317898098414	O	N	O	N	N	29.02.2008	--							
506	Θ	81665	1926	89	68	155	18.3038591156087	N	N	O	O	O	29.02.2008	1	285	2	11	1177	1475		

1	ΦΥΛΟ	ο							ΑΙΤΕΙΟΓΡΑΦΙΑ	CONVERSION FACTOR TO MSV	ΑΙΤΕΙΟΠΛΑΣΤΙ ΚΗ	Conversion Factor too MSV	ΣΗΜΗ ΜΕΛΕΤΕΣ (TL)	
486	Θ	ο												
487	A	18.998	0.049059	1	15.9	2.2	30.76	62.73	24.02.1992	18.9395500439809.7348875109952	0.020977			
488	Θ	13.202	0.065712	1	11.26	2.2	6.59	44.2						
489	A	10.836	0.027533	1	9.82	2.2	8.64	34.39	23.01.1998	34.0002721232016.5000680380004	0.021613			
490	A	ο							έχει	35.6057825337679.02394081339415	0.039212			
491	A	ο							έχει	34.8348593874738.7087148418878	0.039779	15.97749480885616.4943737022141	0.048940	
492	A	32.396	0.193208	1	13.74	2.2	28.56	100.18						
493	A	ο												
494	A	27.608	0.080647	1	18.25	2.2	15.38	101.12						
495	A	10.57	0.059590	1	9.29	2.2	10.69	41.27						
496	A	ο												
497	A	ο							έχει	39.1900210179396.7975952544848	0.031019	10.8252995314087.7063999132852	0.040322	
498	Θ	ο												
499	A	24.35	0.091029	1	13.6	2.2	13.18	105.33	24.04.2001	36.69005391044919.17251347761226	0.034267			
500	A	ο												
501	A	24.318	0.081406	1	12.32	2.2	19.78	66.13	έχει	35.1767905704898.7941976426231	0.029445			
502	Θ	ο												
503	A	ο							07.12.1995	37.51772544418499.37943161104623	0.044846	19.12.1995	39.09291533428497.27322883371	0.074234
504	A	ο												
505	A	ο							έχει	35.0016989812738.759086747453188	0.021327			
506	Θ	20.65	0.047023	1	21.86	2.2	10.69	86.2						

