



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ

**“Μελέτη της επίδρασης της Ιοντίζουσας
Ακτινοβολίας στο έμβρυο κατά την
περίοδο κύησης”**

ΚΟΡΔΩΝΗ ΕΛΕΝΗ

Αριθμός Μητρώου: 15052

Επιβλέπων Καθηγητής

Όνομα ΚΑΛΥΒΑΣ ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ

Αθήνα 13/07/2021

Εξεταστική Επιτροπή

Νεκτάριος Καλύβας (επιβλέπων)

Γεώργιος Φούντος

Αικατερίνη Σκουρολιάκου

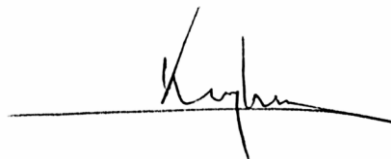
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη **Ελένη Κορδώνη** του **Αθανασίου**, με αριθμό μητρώου **15052** φοιτητήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής **Μηχανικών** του Τμήματος **Μηχανικών Βιοιατρικής**, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα
Ελένη Κορδώνη



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο στόχος της συγκεκριμένης μελέτης ήταν η ανάλυση της επίδρασης των ιοντιζουσών ακτινοβολιών στα έμβρυα σε περιόδους κύησης καθώς και η αναζήτηση εύρων δόσεων σε διάφορες ακτινολογικές εξετάσεις και η σύγκριση των μεθόδων μεταξύ τους.

Χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικές πηγές για την ανάλυση των μεθόδων υπολογισμού δόσεων καθώς και για τις δόσεις απορρόφησης που δέχονταν τα έμβρυα σε διάφορες περιόδους κύησης με μεθόδους όπως IMPACT και MDCT υπολογισμού δόσεων, ανθρωπόμορφα ομοιώματα, μέθοδοι Μοντε Καρλο, Organ Effective Modulation (OEM), συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα. Οι δόσεις προέρχονταν από βάσεις δεδομένων από την Διεθνή Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (ICRP) και από άλλες βιβλιογραφίες.

Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν ότι η απορροφούμενη δόση του εμβρύου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, η εβδομάδα κύησης, το βάθος του εμβρύου μέσα στη μητέρα, το μέγεθος του ασθενούς, η ποσότητα της ακτινοβολίας, το σημείο της ακτινοβόλησης, όσο πιο κοντά στην πυελική και κοιλιακή χώρα τόσο μεγαλύτερη επίδραση στο κύημα, και τέλος η μέθοδος ακτινοδιαγνωστικής ή ακτινοθεραπείας που θα χρησιμοποιηθεί. Όποια μέθοδος και να χρησιμοποιηθεί το τέλος θα πρέπει πάντα να ακολουθούνται οι κανονισμοί και τα πρωτόκολλα της εκάστοτε χώρας.

Λέξεις Κλειδιά: Δόση

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the effect of ionizing radiation on the fetus during pregnancy as well as to search for dose ranges in different radiological examinations and to compare the methods between them.

Bibliographic sources were used for the analysis of dose calculation methods as well as for the absorption doses that embryos received in different periods of pregnancy with methods such as IMPACT and MDCT dose calculation, anthropomorphic phantoms, Monte Carlo models and Organ Effective Modulation (OEM) methods. Doses were taken from databases by the International Radiation Protection Commission (ICRP) and other reports and papers.

The result of the study was that the absorbed dose of the fetus depends on many factors such as the week of pregnancy, the depth of the fetus in the mother, the size of the patient, the amount of radiation, the point of irradiation, the closer to the pelvis and abdomen country the greater the effect on the fetus, and finally the method of diagnosis or radiotherapy is used. Whichever method is used in the end, the regulations and protocols of each country should always be followed.

Key Words: Dose

Ευχαριστίες:

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλλαν στην πραγματοποίησή της.

Πρώτα από όλους θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή, κύριο Καλύβα Νεκτάριο, για την άμεση ανταπόκριση και την στήριξη αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την επιστημονική του καθοδήγηση, τις υποδείξεις του, την επιμονή του, το αμείωτο ενδιαφέρον του και τη συμπαράστασή του που έδειξε από την αρχή μέχρι το τέλος.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω και τους καθηγητές μου που μέσα από τις διαλέξεις τους αναπτύχθηκε το ενδιαφέρον μου για τις ιοντίζουσες και μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες και έτσι επέλεξα να εκπονήσω το συγκεκριμένο θέμα.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου και την αδερφή μου καθώς και τον σύντροφό μου για όλη τη στήριξη, την υπομονή τους και τη συμπαράσταση τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και της διπλωματικής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1 Ορισμός ιοντίζουσας ακτινοβολίας	9
1.2 Είδη Ιοντίζουσας ακτινοβολίας	9
1.2.2 Ακτινοβολία γ	9
Αλληλεπιδράσεις Ηλεκτρονίων	10
1.2.4 Γραμμική Μεταβίβαση Ενέργειας	10
1.2.5 Απορροφούμενη Δόση D	10
1.2.6 Ενεργός Δόση	10
1.2.7 Εγκυμοσύνη και Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες- Βιολογικές Επιπτώσεις στα έμβρυα.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μέθοδοι υπολογισμού δόσεων σε ασθενείς σε περιόδους κύησης... 15	
2.1 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στις εξετάσεις Ακτινοδιαγνωστικής.....	15
2.2 Απεικόνιση CT: Monte Carlo Simulations	15
2.3 Αυτοματοποιημένο μοντέλο συνελκτικών νευρικών δικτύων	17
2.4 Μελέτη Δόσης ακτινοβολίας στο έμβρυο από Σαρωτές MDCT (Multi Detector CT).....	18
2.5 Αξιολόγηση της δόσης έκθεσης με μέθοδο Organ Effective Modulation (OEM)20	
2.6 Υπολογισμός Δόσης ακτινοβολίας κατά την εξέταση CT Πνευμονικής Αγγειογραφίας	20
2.7 Υπολογισμοί Δόσεων Νετρονίων σε έγκυες αεροσυνοδούς	21
2.8 Έκθεση εμβρύου σε ακτινοβολία από εξέταση οδοντικής ακτινογραφίας.....	21
2.9 Απεικονιστικές μέθοδοι με χρήση ραδιοφαρμάκων: Υπολογισμός εμβρυϊκής ακτινοβολίας από 18F-FDG.....	22
2.11 Υπολογισμός δόσης εμβρύου σε έγκυους ασθενείς με θυρεοειδή που έλαβαν κατά λάθος ραδιοϊώδιο για διάγνωση και θεραπεία.	23
2.12 Μεθοδολογίες Υπολογισμού Δόσεων σε εξετάσεις Ακτινοθεραπείας.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα Μεθόδων υπολογισμού δόσεων σε έγκυες ασθενείς24	
3.1 Μεθοδολογίες εξετάσεων Ακτινοδιαγνωστικής	24
3.2 Συνελκτικά νευρωνικά δίκτυα	27
3.3 Μέθοδος Σαρωτών MDCT (Multi Detector CT).....	29
3.4 Μέθοδος Organ Effective Modulation (OEM) υπολογιστικής τομογραφίας....	29
3.5 Μελέτη υπολογισμού δόσης ακτινοβολίας κατά την εξέταση CT Πνευμονικής Αγγειογραφίας στις εγκύους.....	30
3.6 Υπολογισμοί Δόσεων Νετρονίων σε έγκυες αεροσυνοδούς	31
3.7 Έκθεση εμβρύου σε ακτινοβολία από εξέταση οδοντικής ακτινογραφίας.....	32
3.8 Αποτελέσματα μεθόδων απεικόνισης με ραδιοφάρμακα: Δοσολογία εμβρυϊκής ακτινοβολίας από 18F-FDG σε έγκυες ασθενείς.	36
3.10 Αποτελέσματα δόσης εμβρύου σε έγκυους ασθενείς με θυρεοειδή που έλαβαν κατά λάθος Ραδιοϊώδιο για διάγνωση και θεραπεία.	40
3.11 Αποτελέσματα Μεθοδολογιών Ακτινοθεραπείας.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Οδηγίες Ακτινοπροστασίας για εγκύους ασθενείς	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Βάση Δεδομένων	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Δημιουργία Βάσης Δεδομένων με το Πρόγραμμα Apache OpenOffice 4.....	48

Αναφορές - Πηγές..... 64

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι ανάλυση των επιδράσεων των ιοντιζουσών ακτινοβολιών στους ιστούς και στα όργανα των εμβρύων σε περιόδους κύησης.

Στην παρακάτω μελέτη αναλύονται αρχικά οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες ως προς το είδος τους και την προέλευσή τους, τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης των ιοντιζουσών ακτινοβολιών με την ύλη, τον υπολογισμό των δόσεων και στην συνέχεια οι βιολογικές επιπτώσεις των ιοντιζουσών ακτινοβολιών κατά την περίοδο κύησης των ασθενών που υποβάλλονται σε εξετάσεις ιοντιζουσών ακτινοβολιών και οι επιδράσεις στους ιστούς των εμβρύων.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύονται οι μέθοδοι για τον υπολογισμό των ιοντιζουσών ακτινοβολιών σε γυναίκες ασθενείς κατά την περίοδο κύησης. Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται είναι αλγόριθμοι και υπολογιστικά μοντέλα όπως το IMPACT και MDCT υπολογισμού δόσεων, ανθρωπόμορφα ομοιώματα, μέθοδοι Μοντε Καρλο και βάσεις δεδομένων από την Διεθνή Επιτροπή Ακτινοπροστασίας (ICRP) και από άλλες βιβλιογραφίες.

Στο κεφάλαιο 3 αναφέρονται οι δόσεις για την κάθε εξέταση με τις μεθοδολογίες που αναφέρθηκαν. Καθώς και οι τιμές των δόσεων που υπολογίστηκαν για κάθε ανατομικό σημείο που πραγματοποιήθηκε η εξέταση αλλά και η δόση που έλαβε το έμβρυο στα διάφορα στάδια της κύησης.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύονται οι ευρωπαϊκές οδηγίες ακτινοπροστασίας και τα πρωτόκολλα που θα πρέπει οι εγκυμονούσες ασθενείς και το ειδικό ιατρικό προσωπικό να ακολουθήσουν καθώς και συμπεράσματα από τις προαναφερθείσες μελέτες ως προς τα όρια των δόσεων ακτινοβολίας και τον υπολογισμό τους ώστε να μπορούν να προληφθούν προβλήματα κατά την διάρκεια της κύησης αλλά και στη συνέχεια της ζωής του νεογνού.

Στο κεφάλαιο 5 δημιουργήθηκαν οι πίνακες από τις βιβλιογραφικές αναφορές της εργασίας με τα εύρη εμβρυακών δόσεων και ονομαστικών- τυπικών δόσεων ανά εξέταση.

Τέλος, στο κεφάλαιο 6 δημιουργήθηκε μία Βάση Δεδομένων η οποία περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα ανάλογα την εξέταση που υποβάλλεται η ασθενής, το ποσό δόσης που ελήφθη, την μέθοδο της απεικόνισης που χρησιμοποιήθηκε και τις αναφορές. Καθώς και η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για να δημιουργηθεί η βάση δεδομένων με το πρόγραμμα Apache OpenOffice 4.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ορισμός ιοντίζουσας ακτινοβολίας

Ιοντίζουσα ορίζεται η ακτινοβολία που έχει ενέργεια ικανή να ιονίσει άτομα, να σπάσει χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογική βλάβη στους ανθρώπινους ιστούς. Ο ιονισμός ενός ατόμου ενός ατόμου ηλεκτρικά ουδέτερου έγκειται στην αποχώρηση ηλεκτρονίων από τη στιβάδα του, και την παραγωγή δύο αντίθετα φορτισμένων ιόντων, ένα θετικό άτομο και ένα αρνητικό ηλεκτρόνιο.[1]



Εικόνα 1: Από Βικιπαίδεια η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια

1.2 Είδη Ιοντίζουσας ακτινοβολίας

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες χωρίζονται σε 2 κατηγορίες ανάλογα με τη φύση των σωματιδίων τους. Η 1η σχετίζεται με ιοντίζουσες ακτινοβολίες από σωματίδια με φορτίο όπως πρωτόνια και ηλεκτρόνια και η 2η από φωτόνια.

Τα παραπάνω είδη υπάρχουν και σε φυσικές πηγές ιοντίζουσας ακτινοβολίας οι οποίες προέρχονται από το φυσικό περιβάλλον, είναι συνεχής και αναπόφευκτες όπως είναι η Κοσμική ακτινοβολία, η Ακτινοβολία από το φλοιό της γης, η Ακτινοβολία από την τροφική αλυσίδα και η Ακτινοβολία από την εισπνοή ραδιοϊσοτόπων. [2]

1.2.1 Ακτίνες X

Η ακτινοβολία X είναι τεχνητά παραγόμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ενέργειας που προκαλεί ιοντισμό. Όταν το ηλεκτρόνιο με μεγάλη ταχύτητα συγκρούεται με ένα υλικό μεγάλου ατομικού αριθμού τότε επιβραδύνεται. Κατά την επιβράδυνση εκπέμπει ακτινοβολία πέδησης και με αυτό το τρόπο δημιουργούνται οι ακτίνες-X [3].

1.2.2 Ακτινοβολία γ

Η ακτινοβολία γάμμα είναι φυσικά παραγόμενη ακτινοβολία, που εκπέμπεται από διεγερμένα άτομα κατά τη διαδικασία αποδιέγερσής τους. [3], [4]

1.2.3 Η συμπεριφορά ενός σωματιδίου στην ύλη- Σκέδαση

Σκέδαση είναι η αλλαγή της κατεύθυνσης της πορείας ενός σωματιδίου ή φωτονίου λόγω της αλληλεπίδρασής του με άλλα άτομα της ύλης. Υπάρχει ο ελαστικός σκεδασμός (σκέδαση Rayleigh) και ο ανελαστικός σκεδασμός (σκέδαση Compton).[3]

Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Κατά τη διάρκεια του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, η ενέργεια ενός φωτονίου απορροφάται από ένα ηλεκτρόνιο το οποίο αλλάζει θέση. Οι κενές θέσεις των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων είναι φυσικά γεμάτες με εξωτερικά ηλεκτρόνια με μικρότερη ενέργεια δέσμευσης. Με τη σειρά του, η δεύτερη κενή θέση θα καλυφθεί από άλλα ή ακόμα περισσότερα εξωτερικά ηλεκτρόνια, και ούτω καθεξής. Η μετάβαση ηλεκτρονίων συνοδεύεται από την εκπομπή ενέργειας με τη μορφή χαρακτηριστικών ακτίνων X. [3]

Αλληλεπιδράσεις Ηλεκτρονίων

Τα ηλεκτρόνια που προσπίπτουν στην ύλη ακολουθούν πορεία με διαφορετική διεύθυνση το καθένα, έτσι υπάρχουν πολλές σκεδάσεις λόγω των δυνάμεων Coulomb [3]

1.2.4 Γραμμική Μεταβίβαση Ενέργειας

Από την ακτινοβόληση η ενέργεια που εναποτίθεται στην ύλη, ανά μονάδα μήκους διαδρομής, ονομάζεται γραμμική μεταβίβαση ενέργειας LET και συνήθως μετράται σε eV ανά cm και επηρεάζει τη βλάβη που θα πάθει ο ιστός. [3]

1.2.5 Απορροφούμενη Δόση D

Η δόση είναι η ενέργεια (ΔE) που εναποτίθεται στη μονάδα μάζας του υλικού από την iontίζουσα ακτινοβολία (Δm):

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

Σχέση 1

Η μονάδα μέτρησης της D (απορροφούμενη δόση) στο διεθνές σύστημα μονάδων είναι το gray (Gy). Ένα gray είναι ίσο με 1 J/kg. [3]

1.2.6 Ενεργός Δόση

Ως ενεργός δόση ορίζεται το άθροισμα της δόσης από όλα τα είδη iontίζουσών ακτινοβολιών κανονικοποιημένα ως προς την επικινδυνότητά τους, HT, σταθμισμένο με την ευαισθησία του κάθε ιστού wT.

$$E(Sv) = \sum [wT \times HT(Sv)]$$

Σχέση 2

Η Ενεργός Δόσης έχει μονάδα μέτρησης Sv sievert [3]

1.2.7 Εγκυμοσύνη και Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες- Βιολογικές Επιπτώσεις στα έμβρυα

Μερικές φορές, οι έγκυες γυναίκες θα πρέπει να υποβληθούν σε διαγνωστικές εξετάσεις ή θεραπείες με ιοντίζουσες ακτινοβολίες, ή να ακτινοβοληθούν χωρίς να γνωρίζουν ότι είναι έγκυες. Έγκυες γυναίκες μπορεί να εργάζονται στον κλάδο των ιοντίζουσων ακτινοβολιών και να έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με ιοντίζουσες ακτινοβολίες.



Εικόνα 2: Από Βικιπαίδεια η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια

Για μία έγκυο ασθενή τα όρια δόσης ακτινοβολίας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Η κατηγορία I περιλαμβάνουν πρακτικά αμελητέες δόσεις στο κύημα (<0.1 mGy), όπως οι πράξεις με DXA οι πανοραμικές λήψεις και οι επίπεδες ακτινογραφικές λήψεις στις οποίες το έμβρυο βρίσκεται σε απόσταση μεγαλύτερη ή ίση από ~30 cm από την πρωτογενή δέσμη ακτίνων X. Στη συνέχεια είναι η κατηγορία II που περιλαμβάνει χαμηλές δόσεις στο κύημα (0.1 ως 1.0 mGy), η κατηγορία III που περιλαμβάνει μεσαίες δόσεις στο κύημα (1-10 mGy), όπως οι επίπεδες ακτινογραφικές λήψεις κοιλίας / πυέλου, ΟΜΣΣ, η ενδοφλέβια ουρογραφία, όπου το έμβρυο είναι εντός ή πολύ κοντά στη πρωτογενή δέσμη, και τέλος, η κατηγορία IV που περιλαμβάνει υψηλές δόσεις στο κύημα (>10 mGy), όπως ορισμένες ακτινοσκοπικά καθοδηγούμενες πρακτικές στην περιοχή της πυέλου / λεκάνης ή πολλές λήψεις υπολογιστικής τομογραφίας στην περιοχή της κοιλίας ή/και λεκάνης.[5]

Το αναπτυσσόμενο έμβρυο σύμφωνα με [6] είναι αρκετά ραδιοευαίσθητο. Η πιθανότητα μη εμφάνισης δυσμορφιών και καρκίνου από δόσεις 0 mGy έως 100 mGy κυμαίνεται από 96%-95,8% και από 99,9% έως 99,07% αντίστοιχα. [2] Τα αποτελέσματα της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στο έμβρυο μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα καθορισμένα ή άμεσα αποτελέσματα και τα στοχαστικά ή απώτερα αποτελέσματα.[2]

Η ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος συμβαίνει στη διάρκεια του 1ου και του 2ου τριμήνου, κατά το οποίο το έμβρυο παραμένει ευπαθές στην έκθεση σε ακτινοβολία. Μια ανασκόπηση των δεδομένων των επιζώντων της ατομικής βόμβας [6] σχετικά με τη σοβαρή ψυχική αναπηρία που προκαλείται από την ακτινοβολία αποκάλυψε ότι η πιο ευαίσθητη προγεννητική περίοδος εμφανίζεται κατά τη διάρκεια του «Παραθύρου φλοιώδους ευαισθησίας» (8–15 εβδομάδες μετά τη σύλληψη), με όριο δόσης περίπου 300 mGy ή περισσότερο [6]. Τα καθορισμένα αποτελέσματα της ακτινοβολίας στα διάφορα στάδια κύησης αναφέρονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Καθορισμένα αποτελέσματα ακτινοβολίας σε διαφορετικά στάδια κύησης [6],[7],[8],[9]

Εβδομάδα κύησης (εβδομάδα)	Πιθανό Σύμπτωμα Ακτινοβόλησης	Χαρακτηριστικά Δόσης	Εκτιμώμενη δόση κατωφλίου (mGy)
3-4	Πιο ευαίσθητη περίοδος για πρόκληση εμβρυϊκού θανάτου	Ελάχιστη θανατηφόρα δόση (από μελέτη ζώου)	100-200
4-8	Το έμβρυο έχει επίσης προδιάθεση για επαγωγή σημαντικών δυσπλασιών και επιβράδυνση της ανάπτυξης	Ελάχιστη θανατηφόρα δόση (από μελέτη ζώου)	250 >500
		Ελάχιστη δόση για επιβράδυνση της ανάπτυξης	200-500
8-15	Πιο ευαίσθητη περίοδος για μη αναστρέψιμη καθυστέρηση ανάπτυξης ολόκληρου του σώματος, μικροκεφαλία και σοβαρή ψυχική αναπηρία	Ελάχιστη δόση για επιβράδυνση της ανάπτυξης	250-500
		Όριο για σοβαρή ψυχική αναπηρία	60-500
		Μείωση του IQ που μπορεί να συμβεί σε χαμηλότερες δόσεις	~100
		Μικροκεφαλία	≥20,000
16- Τέλος	Τα υψηλότερα ανοίγματα μπορούν να προκαλέσουν ανάπτυξη καθυστέρησης και μειωμένο μέγεθος εγκεφάλου και διάνοια, αν και τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο σοβαρά όσο συμβαίνει από Παρόμοιες εκθέσεις κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης	Ελάχιστη θανατηφόρα δόση (από μελέτες ζώων)	>1.500
		Ελάχιστη δόση για σοβαρή διανοητική αναπηρία	>1.500
		Μείωση του IQ μπορεί να συμβεί σε χαμηλότερες δόσεις	> 100

Επίδραση	Η πιο ευαίσθητη περίοδος μετά την σύλληψη (μέρες)	Δόση κατωφλιού και σε ποιά επίδραση παρατηρήθηκε		Απόλυτη Επίπτωση*	Σχόλια
		Μελέτες ζώων	Ανθρώπινες Μελέτες		
Προγεννητικός Θάνατος	0-8		ΟΔ	ΟΔ	Εάν το έμβρυο επιβιώσει, θα αναπτυχθεί πλήρως χωρίς την επίδραση της ακτινοβολίας.
Προεμφύτευση Μετά την Εμφύτευση Καθυστέρηση ανάπτυξης	8-56	50-100 250 10	200	ΟΔ	Επιζώντες ατομικής βόμβας που έλαβαν >200mGy ήταν 2-3cm κοντίτεροι και 3kg ελαφρότεροι και είχαν περιφέρεια κεφαλιού 1cm μικρότερο
Δυσμορφία Οργάνου Μικρό μέγεθος κεφαλής	14-56 14-105	250 100	250 Δεν παρατηρήθηκε κατώφλι	ΟΔ 0,05%-0,10%	Τίποτα Περίπου το 25% των παιδιών με μικρό μέγεθος κεφαλιού ήταν νοητικά καθυστερημένα.
Σοβαρή νοητική καθυστέρηση	56-105	ΟΔ	100	0,04%	Δεν παρατηρήθηκε κάποια άυξηση στην Απόλυτη Επίπτωση στις πρώτες 7 εβδομάδες ή μετά την 25η εβδομάδα.
Μείωση του δείκτη IQ	56-105	ΟΔ	100	ΟΔ	Επιστώσεις δόσης των 100mGy ή λιγότερο ήταν στατικά αγνώριστες. Στα 100mGy ή περισσότερο, η μείωση του IQ ήταν 0,025 πόντοι ανά milligray.
Παιδικός καρκίνος	0-77 (1ο τρίμηνο)	Δεν παρατηρήθηκε	Δεν παρατηρήθηκε	0,017%	Ο πιο συχνός τύπος παιδικού καρκίνου είναι η λευχαιμία.

Πίνακας 2: ΟΔ: ΌΧΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

*Απόλυτη Επίπτωση: είναι το ποσοστό των εμβρύων που εκτείθονται σε ακτινοβολία στα οποία η επίδραση αναμένεται να παρατηρηθεί με δόση 1mGy.[10]

Γι' αυτό το λόγο υπάρχουν διάφορες περιόδους κήσεως που θεωρείται η ακτινοβόληση λιγότερο ή περισσότερο επικίνδυνη (Πίνακας 2). Η περίοδος από τη σύλληψη έως την προσκόλληση του εμβρύου στη μήτρα εμφανίζεται στην 1η φάση της εγκυμοσύνης (1-2 εβδομάδες). Σε αυτό το στάδιο, η ακτινοβολία συνήθως προκαλεί την αποτυχία εμφύτευσης του γονιμοποιημένου ωαρίου στη μήτρα, έτσι δεν υπάρχει γνώση ότι υπήρξε εγκυμοσύνη. Εάν το έμβρυο συνεχίσει να μεγαλώνει, θεωρείται ότι η δόση ακτινοβολίας είναι πολύ μικρή για να το επηρεάσει. Αυτό το στάδιο θεωρείται χαμηλού κινδύνου.[13]

Με βάση τα δεδομένα από μελέτες ζώων αναμένεται ότι σε σχετικά υψηλές δόσεις η αποτυχία εμφύτευσης είναι πιο πιθανό να συμβεί από οποιοδήποτε αποτέλεσμα ακτινοβολίας στο νεογέννητο.

Λόγω της χαμηλής πιθανότητας εμβρυικού θανάτου, η πρώιμη περίοδος της εγκυμοσύνης γενικά είναι περίοδος χαμηλού κινδύνου σε σχέση με την ακτινοβολία.[2],[13]

Από την 3η έως την 8η εβδομάδα είναι η περίοδος της οργανογένεσης [11] και η δόση ακτινοβολίας εκείνη τη περίοδο αυξάνει τη πιθανότητα δυσπλασιών. [13],[14] Σε ορισμένες μελέτες παιδιών που εκτέθηκαν κατά την περίοδο κύησης στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι έχουν αναφερθεί τιμές νοημοσύνης (IQ) χαμηλότερες από το αναμενόμενο. Εκτιμάται πως στην 8^η έως την 15^η εβδομάδα μετά τη σύλληψη μεταβάλλεται το IQ σε αναλογία με τη δόση ακτινοβολίας κατά 30 μονάδες προκαλώντας ήπια καθυστέρηση σε κατώφλι δόσης μεγαλύτερο από 100 mGy. [6] Έτσι, για μια δόση έως 100 mSv η αλλαγή στο IQ ενός ατόμου δεν θα είναι περισσότερο από τρεις μονάδες. Κατά την περίοδο από 16 έως 25 εβδομάδες μετά τη σύλληψη αναγνωρίζονται μικρές αλλαγές στο IQ. Οι αλλαγές και οι παρατηρήσεις σχετικά με τις μονάδες IQ έχουν σχέση με υψηλές δόσεις. [15]

Στο τρίτο στάδιο της εγκυμοσύνης (9-40 εβδομάδες), σχηματίζεται το κεντρικό νευρικό σύστημα του έμβριου και η ακτινοβολία μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του IQ. Ο τύπος της επίδρασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στο αγέννητο παιδί εξαρτάται από την περίοδο της εγκυμοσύνης όταν εφαρμόζεται ακτινοβολία. Οι ιστοί με αναπτυσσόμενα κύτταρα είναι σχετικά πιο ραδιοευαίσθητοι.[11],[13]

Έχει βρεθεί ότι η δόση σχετίζεται με την αύξηση της συχνότητας των παιδιών που χαρακτηρίζονται ως περιστατικά «Σοβαρής καθυστέρησης». Τα δεδομένα υποδεικνύουν πως έχει αυξηθεί η πιθανότητα 0,4 στο 1 sievert να προκληθεί σοβαρή νοητική καθυστέρηση. Παρατηρήθηκε το φαινόμενο αυτό από την 8^η μέχρι τη 15^η εβδομάδα μετά τη σύλληψη. Για λόγους σύγκρισης, η φυσιολογική συχνότητα εμφάνισης σοβαρής διανοητικής καθυστέρησης σε πραγματικό χρόνο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι περίπου 1 στα 200. [13]

Ιδιαίτερα στη μεταγενέστερη φάση της εγκυμοσύνης υπάρχει κίνδυνος διαταραχής της ανάπτυξης χωρίς δυσπλασία για παιδιά ακτινοβολημένα κατά τη διάρκεια κύησης, αν και ο κίνδυνος αυτός υπάρχει για όλη τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Ο κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου είτε στην παιδική ηλικία είτε στην ενήλικη ζωή μετά την ακτινοβολία της μητέρας σε όλη την περίοδο της εγκυμοσύνης θεωρείται η ίδια με εκείνη των παιδιών έως την ηλικία των 10 ετών.[13]

Στην περίπτωση της Ακτινοθεραπείας ή Πυρηνικής Ιατρικής και εφόσον δεν γίνεται να αναβληθεί η θεραπεία, θα πρέπει το ειδικό ιατρικό προσωπικό να υπολογίσει τη δόση που θα λάβει το έμβρυο. Το κύημα μπορεί να εκτεθεί σε ιοντίζουσα ακτινοβολία εάν η μητέρα έχει υποστεί εξέταση ή θεραπεία πυρηνικής ιατρικής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το ραδιοφάρμακο που χορηγείται στη μητέρα θα παραμείνει στο σώμα της για κάποιο χρονικό διάστημα. [13],[15]

Ορισμένα ραδιοφάρμακα που χορηγούνται σε μια γυναίκα που θηλάζει θα έχουν ως αποτέλεσμα τη μεταφορά ραδιενεργών ουσιών στο γάλα της. Οι ασθενείς συχνά μπορούν να μολύνουν το περιβάλλον γύρω τους από τα σωματικά υγρά που εκκρίνουν γι' αυτό το λόγο χρειάζεται μεγάλη προσοχή κατά τον θηλασμό και την επαφή με το νεογέννητο παιδί. Ο κύριος κίνδυνος για ένα νεογέννητο παιδί από ιοντίζουσα ακτινοβολία θα είναι ο καρκίνος και θεωρείται ότι είναι της ίδιας τάξης με τα μικρά παιδιά, δηλαδή ένας παράγοντας 2-3 φορές υψηλότερος από ό,τι για τον μέσο πληθυσμό.[15]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Μέθοδοι υπολογισμού δόσεων σε ασθενείς σε περιόδους κύησης

2.1 Μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στις εξετάσεις Ακτινοδιαγνωστικής

Για εξετάσεις ακτίνων X ο τεχνολόγος ιοντιζουσών ακτινοβολιών μπορεί να υπολογίσει τις δόσεις στο αγέννητο παιδί εάν είναι γνωστά, η τάση του σωλήνα (kV), και το ρεύμα (mAs). Δηλαδή για 70 kV και το Current time product είναι 1mAs τότε η ισοδύναμη δόση στο έμβρυο είναι 0,04mSv, αντίστοιχα για 90kV, 1mAs, η δόση είναι 0,1 και για 110kV, 1 mAs η δόση είναι 0,2mSv. Ενώ η απορροφούμενη δόση θα αυξηθεί ανάλογα με το ρεύμα. Για εξετάσεις CT σε τάση 120-130kV, Current time product 1mAs η απορροφούμενη δόση σε 360° θα είναι 0,1mSv. [13]

Κατά τη διενέργεια ακτινολογικών εξετάσεων, η πρωτογενής ή κύρια δέσμη ακτινοβολίας ακτίνων X περιορίζεται σε ένα πεδίο απεικόνισης της ανατομικής περιοχής ενδιαφέροντος και εισέρχεται στο σώμα. Η απορροφούμενη δόση ακτινοβολίας στο έμβρυο όταν η μήτρα βρίσκεται εντός της κύριας δέσμης ακτινοβολίας οφείλεται σε εξωτερική έκθεση της μήτρας την πρωτογενή και στη σκεδαζόμενη ακτινοβολία. Οι μέθοδοι υπολογισμού της απορροφούμενης δόσης στο έμβρυο διαφοροποιούνται ως προς την άμεση ή έμμεση έκθεσή του στις ακτινογραφικές- ακτινοσκοπικές εξετάσεις, και στις εξετάσεις αξονικής τομογραφίας. Στις ακτινογραφικές- ακτινοσκοπικές εξετάσεις, σε περιπτώσεις άμεσης έκθεσης, η δόση στο έμβρυο υπολογίζεται από τη μετρούμενη δόση απορρόφησης του δέρματος στην περιοχή της μήτρας μη εγκυμονούσας γυναίκας, από την ποσοστιαία τιμή της δόσης βάθους και από παράγοντες σκέδασης, ενώ στις περιπτώσεις έμμεσης έκθεσης εκτιμάται το ποσοστό της σκεδαζόμενης ακτινοβολίας, ανάλογα με τη θέση του εμβρύου στην απεικόνιση. Στις εξετάσεις αξονικής τομογραφίας οι απορροφούμενες δόσεις στο έμβρυο προσδιορίζονται από ειδικούς πίνακες με μέτρηση του δοσιμετρικού δείκτη αξονικής τομογραφίας computerized tomography dose index (CTDI), στον αέρα ή σε ειδικό ομοίωμα, λαμβάνοντας υπόψη την άμεση ή την έμμεση έκθεσή του στην ακτινοβολία.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται σε αυτούς τους υπολογισμούς έχουν προσδιοριστεί με τεχνικές Monte Carlo και μετρήσεις με δοσίμετρα θερμοφωταύγειας- thermoluminescence dosimeter (TLD) σε ανθρωπόμορφα ομοιώματα. [66]

2.2 Απεικόνιση CT: Monte Carlo Simulations

Ορισμός προσομοίωσης Μόντε Κάρλο.

Οι Monte Carlo προσομοιώσεις μοντελοποιούν την πιθανότητα πραγματοποίησης διαφορετικών αλληλεπιδράσεων με χρήση τυχαίων στατιστικών μεταβλητών. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την κατανόηση του κινδύνου και της αβεβαιότητας στα μοντέλα πρόβλεψης.[17]

Στην μελέτη (John Damilakis et al,2002)[19] αναφέρονται κανονικοποιημένες δόσεις εμβρύων για ακτινογραφικές εξετάσεις στη κοιλιακή χώρα χρησιμοποιώντας τεχνική Monte Carlo.

Ο σκοπός της μελέτης ήταν η εκτίμηση των δόσεων ακτινοβολίας εμβρύων που προκύπτουν από κοιλιακές ακτινογραφικές εξετάσεις των 3ων τριμήνων της εγκυμοσύνης. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίστηκαν οι ομαλοποιημένες δόσεις εμβρύων με τη χρήση μοντέλων Monte Carlo και χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας μεταφοράς ακτινοβολίας MonteCarlo N-Particle MCNP. Η εγκυρότητα της υπολογιστικής προσέγγισης MCNP πραγματοποιήθηκε με σύγκριση δεδομένων δόσεων από ανθρωπομορφικά ομοιώματα (phantoms) που προσομοίωναν την εγκυμοσύνη. Τα αποτελέσματα των διαδικασιών MCNP συγκρίθηκαν με δεδομένα από δημοσιεύσεις που ελήφθησαν από μετρήσεις TLD. Οι δόσεις κανονικοποιήθηκαν σε air kerma για έτσι ώστε για οποιαδήποτε τεχνική ακτινοβολήσης στην κοιλιακή χώρα να μπορεί να υπολογιστεί εύκολα η απορροφούμενη δόση. Έτσι από την παραπάνω μελέτη βγήκε το συμπέρασμα ότι οι κανονικοποιημένες δόσεις εμβρύου εξαρτώνται από το μέγεθος του πεδίου ακτινοβολήσης.

Σε μία επόμενη μελέτη (Erin Angel et al, 2008)[18] χρησιμοποιήθηκαν στην διαδικασία 24 μοντέλα μητρικής και εμβρυϊκής ανατομίας και δημιουργήθηκαν από δεδομένα εικόνων έγκυων ασθενών που είχαν προηγουμένως υποβληθεί σε εξέταση CT. Η ηλικία κύησης κυμαινόταν από 5 έως 36 εβδομάδες. Πραγματοποιήθηκαν σαρώσεις προσομοίωσης της κοιλιακής και της πυελικής περιοχής και υπολογίστηκε για κάθε έμβρυο μια κανονικοποιημένη δόση (σε mGy ανά 100mAs). Πραγματοποιήθηκε γραμμική παλινδρόμηση (linear regression) για να εξεταστεί ο συσχετισμός δόσης με την ηλικία κύησης και τις ανατομικές μετρήσεις του μεγέθους της μητέρας και της εμβρυϊκής θέσης. Τα αποτελέσματα στη συνέχεια συγκρίθηκαν με αρκετές υπάρχουσες μεθόδους εκτίμησης της εμβρυϊκής δόσης. Η μέση δόση ακτινοβολίας στο έμβρυο μετρήθηκε όταν το έμβρυο ήταν διακριτό από τον πλακούντα και τη μήτρα. Εάν το έμβρυο δεν ήταν ορατό, η μέση δόση μετρήθηκε στον πλακούντα.

Οι μέθοδοι εκτίμησης της δεύτερης και τρίτης εμβρυϊκής δόσης που χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση, ήταν ο υπολογιστής δόσης ImPACT και το Λογισμικό CT-Expro, τα οποία υπολογίστηκαν και τα δύο με βάση προσομοιώσεις του Μόντε Κάρλο. Έτσι με τις συγκεκριμένες μεθόδους εκτίμησαν τις δόσεις στην μήτρα και τις δόσεις που απορροφήθηκαν από το κύημα για ηλικίες περίπου 8 εβδομάδων σε έναν ασθενή με κανονικό μέγεθος. Η περίμετρος του γεωμετρικού ομοιώματος MIRL (Medical Internal Radiation Dose) που χρησιμοποιήθηκε με το λογισμικό ImPACT ήταν περίπου 99 cm στη λεκάνη. Τα λογισμικά ImPACT και CT-Expro παρήγαγαν το καθένα μια δόση στο έμβρυο, η οποία συγκρίθηκε με τα αποτελέσματα της μελέτης των (Felmlee JP et al,1990) [20].

Για την εκτίμηση της εμβρυϊκής δόσης συνέβαλε η μελέτη των (Felmlee JP et al,1990)[20]. Για τους υπολογισμούς, το έμβρυο θεωρούνταν ότι βρισκόταν στο κέντρο του άξονα, και χρησιμοποιούνται συνεχόμενες αξονικές σαρώσεις αντί για ελικοειδείς σαρώσεις, με βήμα 1,0. Οι (Felmlee JP et al,1990) [20] δηλώνουν ότι μια δόση μπορεί να διαφέρει κατά 20% λόγω των διακυμάνσεων στο μέγεθος του ασθενούς. Η κοιλιά του ανθρωπομορφικού ομοιώματος που χρησιμοποιήθηκε για την τεχνική είχε περίμετρο περίπου 88 cm.

Τέλος, στην μελέτη (A. Kellarantaa et al,2017) [21] υπολογίστηκαν 3 διαφορετικές εξετάσεις CT με τη μέθοδο Monte Carlo: Αγγειογραφία, Κοιλιο-πυελική εξέταση και αξονική πολυτραυματία. Για τις εξετάσεις αυτές χρησιμοποιήθηκε ανθρωπομορφικό

ομοίωμα το οποίο σαρώθηκε με CT 64 τεμαχίων διενεργώντας εξέταση πνευμονικής αγγειογραφίας, πρωτόκολλα αξονικής τομογραφίας κοιλιακής πυέλου και αξονική πολυτραυματία. Τρία διαφορετικά μεγέθη ζελατίνης τοποθετήθηκαν πάνω στην κοιλιά του ομοιώματος προσομοιώνοντας διαφορετικά στάδια εγκυμοσύνης. Η ενδομήτρια δόση χρησιμοποιήθηκε ως υποκατάστατο μιας δόσης απορρόφησης στο έμβρυο. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις Monte Carlo για τον υπολογισμό των δόσεων της μήτρας. Τα επίπεδα δόσης προσομοίωσης ήταν βαθμονομημένα και συγκρίθηκαν με δόσεις 10 σημείων που μετρήθηκαν με δοσίμετρα Μετάλλου-Οξειδίου-ημιαγωγού τρανζίστορ επίδρασης πεδίου (MOSFET).

2.3 Αυτοματοποιημένο μοντέλο συνελκτικών νευρικών δικτύων

Στην μελέτη (Tianwu Xie et al, 2019) [22] αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος τρισδιάστατου δικτύου για την αυτοματοποιημένη τμηματοποίηση των εικόνων CT ώστε να δημιουργηθούν ρεαλιστικά υπολογιστικά ομοιώματα. Το νευρικό δίκτυο έχει μία αρχιτεκτονική από διαδρομές τεσσάρων επιπέδων ανάλυσης το καθένα, εκπαιδευμένο να αναγνωρίζει αξονικές τομογραφίες έξι ανατομικών δομών. Στην μελέτη λοιπόν αυτή μελετήθηκαν 32 εξετάσεις CT σε 128 σύνολα δεδομένων και χωρίζονταν τυχαία σε 80% και 20% για εκπαίδευση. Οι δόσεις που απορροφήθηκαν από έξι όργανα - ιστούς από αξονικές τομογραφίες υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις Monte Carlo. Οι δόσεις ακτινοβολίας που προέκυψαν χρησίμευσαν ως αναφορά αφού συγκρίθηκαν με τα υπολογιστικά μοντέλα που δημιουργήθηκαν, χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένη τμηματοποίηση και μη αυτόματη τμηματοποίηση.

Η δόση του εμβρύου κατά τη διάρκεια διαγνωστικών απεικονίσεων για έγκυες ασθενείς αναπτύσσει ανησυχίες για την υγεία του λόγω της υψηλής ραδιοευαισθησίας του αναπτυσσόμενου εμβρύου. Στόχος της εργασίας ήταν η ακριβή εκτίμηση της δόσης εμβρύου από πραγματικές εικόνες CT ασθενών με αυτοματοποιημένο τρόπο.

Περιελάμβανε τριάντα δύο εγκύους ασθενείς του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου της Γενεύης (HUG) οι οποίες εισήχθησαν για κοιλιακή και πυελική αξονική τομογραφία. Προέκυψαν 32 voxelized υπολογιστικά μοντέλα από τις τμηματοποιημένες εικόνες CT των εγκύων ασθενών ώστε να μετρηθούν οι δόσεις αναφοράς. Το 80% (102) από τα 128 σύνολα δεδομένων επιλέχθηκαν τυχαία για εκπαίδευση ενώ τα υπόλοιπα (26) σύνολα δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν για δοκιμές. Περισσότερα για τις λεπτομέρειες τις μελέτης στο άρθρο [22].

Ο υπολογισμός των ομοιωμάτων και τα μοντέλα CT και gantry ενσωματώθηκαν στον κώδικα MCNPX Monte Carlo για την προσομοίωση εξετάσεων CT χαμηλής δόσης με ελικοειδή διαδρομή προέλευσης και σύνολο πλάτος κλίσης $64 \times 0,625$ mm. Οι εκτιμώμενες απορροφούμενες δόσεις (σε mGy) σε επίπεδο οργάνου χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση των δοσιμετρικών χαρακτηριστικών των υπολογιστικών μοντέλων που δημιουργούνται χρησιμοποιώντας χειροκίνητες και αυτοματοποιημένες τεχνικές τμηματοποίησης.[22]

2.4 Μελέτη Δόσης ακτινοβολίας στο έμβρυο από Σαρωτές MDCT (Multi Detector CT)

Η μελέτη των (Jianwei Gu et al, 2013) [23] περιγράφει την εκτίμηση των δόσεων στα όργανα εγκύων ασθενών που χρησιμοποιήθηκαν επιλεγμένα δεδομένα TCM (Tube Current Modulation) από αρχειοθετημένα κλινικά αρχεία για έγκυες ασθενείς που υποβλήθηκαν σε διαδικασίες CT στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης. Χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές προσομοίωσης MC για τη μοντελοποίηση ενός σαρωτή CT, τα σχήματα TCM και των εγκύων ασθενών σε διαφορετικές περιόδους εγκυμοσύνης.

Για τη μείωση της δόσης ακτινοβολίας στη μέλλουσα μητέρα και το έμβρυό της, ήταν πλέον δυνατό να χρησιμοποιηθεί χαμηλότερο ρεύμα σωλήνα χωρίς συμβιβασμούς στην ποιότητα της εικόνας μέσω αυτόματου ελέγχου έκθεσης (AEC) (Automatic Exposure Control) που βασίζεται στην αρχή του TCM (Tube Current Modulation). Αυτά τα συστήματα AEC σχεδιάστηκαν ώστε να ρυθμίζουν το ρεύμα του σωλήνα ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς και τα χαρακτηριστικά εξασθένησης των ακτίνων X.

Στο Γενικό Νοσοκομείο της Μασαχουσέτης (MGH) στη Βοστώνη, πραγματοποιήθηκαν εξετάσεις CT σε έγκυες ασθενείς χρησιμοποιώντας Tube Current Modulation.

Έτσι στην μελέτη αυτή εξετάστηκε η δόση ακτινοβολίας στο έμβρυο στην πρόωμη κύηση με σύγχρονους σαρωτές οι οποίοι προτίστως χρησιμοποιούνταν για κοινές κλινικές ενδείξεις. Χρησιμοποιήθηκαν ομοιώματα τα οποία κατασκευάστηκαν για να αντιπροσωπεύουν μια έγκυο γυναίκα. Δοσίμετρα θερμοφωταύγειας (TLD) και ανιχνευτές τρανζίστορ πεδίου ημιαγωγού (MOSFET) τοποθετήθηκαν σε συγκεκριμένες θέσεις ώστε να απενεργοποιήσουν την έκθεση του εμβρύου στην ακτινοβολία σε πραγματικό χρόνο σε περίοδο κύησης 0 μέχρι 3 μηνών. Στην απεικόνιση με σαρωτή 16-MDCT οι πηγές τοποθετήθηκαν σε ελικοειδή τροχιά για την προσομοίωση της CT εξέτασης. Για σαρώσεις CT χρησιμοποιούνται δύο τύποι bowtie filters: bowtie φίλτρα κεφαλής και φίλτρα bowtie σώματος.

Χρησιμοποιήθηκαν τα bowtie φίλτρα σώματος και το αλουμίνιο επιλέχθηκε ως υλικό φίλτρου για όλες τις προσομοιώσεις. Σε αυτή τη μελέτη, για το σώμα CTDI χρησιμοποιείται ομοίωμα, μήκους 15 cm με διάμετρο 32 cm, κατασκευασμένο από

PMMA(ακρυλικό γυαλί ή πλέξιγκλας) με πυκνότητα $1,19 \text{ g cm}^{-3}$.

Ο υπολογισμός της απορροφούμενης δόσης στο όργανο ή τον ιστό (DT) σε mGy δίνεται από:



Σχέση 3

Όπου, $D_{simulated}$ είναι το αποτέλεσμα του αποτελέσματος που λαμβάνεται απευθείας από το αρχείο εξόδου MNCPX (το MNCPX προσομοιώνει την πηγή ακτίνων X συμπεριλαμβανομένου του φίλτρου φάσματος ενέργειας και της σάρωσης τροχιάς) και το I_i είναι το ρεύμα σωλήνα σε κάθε πλάκα κατά μήκος του εύρους σάρωσης. [23]

Σε μία επόμενη μελέτη των (J Gu et al, 2009) [24] εξετάστηκε η εφαρμογή του επικυρωμένου μοντέλου MDCT για την αξιολόγηση των δόσεων των οργάνων καθώς και του εμβρύου σε δόσεις ομοιωμάτων έγκυων ασθενών. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν 2 ειδών bowtie filters και δεδομένου ότι το πραγματικό σχήμα του bowtie filter είναι σχετικά περίπλοκο, μια απλοποιημένη γεωμετρία χρησιμοποιήθηκε που περιλαμβάνει ορθογώνιο και ελλειπτικό σχήμα. Το φίλτρο ήταν από Teflon, PMMA ή αλουμίνιο.[25] Για αυτήν τη μελέτη, ως υλικό φίλτρου επιλέχθηκε το αλουμίνιο, για τις προσομοιώσεις. Επίσης χρησιμοποιήθηκε για τις προσομοιώσεις τον κώδικα MCNPX Monte Carlo [26]. Το MCNPX είναι ένας κώδικας μεταφοράς ακτινοβολίας Monte Carlo γενικής χρήσης που παρακολουθεί όλα τα σωματίδια σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες για αυτές τις προσομοιώσεις. Το πακέτο MCNPX παρέχει γεωμετρία μοντελοποίησης (της εγκύου ασθενούς) βασισμένη σε ένα συνδυαστικό σύστημα που χρησιμοποιεί επίπεδα, κυλίνδρους, κώνους και σφαίρες. Τέλος, ως ασθενείς κατασκευάστηκε ένα σύνολο ρεαλιστικών υπολογιστικών ομοιωμάτων έγκυων ασθενών στο τέλος των τριών περιόδων κύησης 3, 6 και 9 μηνών (που ονομάστηκαν RPI-P3, RPI-P6 και RPI-P9) που είχαν κατασκευαστεί για την μελέτη των (Xu XG et al, 2007) [27] στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 3D μοντέλα και όχι voxelized μοντέλα. Τέλος, στα 3 ομοιώματα οι όγκοι και οι μάζες οργάνων ήταν προσαρμοσμένες ώστε να είναι σύμφωνες με τις τιμές αναφοράς της δημοσίευσης [28]. Για το ομοίωμα του εμβρύου δόθηκε έμφαση σε συνολικά 35 όργανα και ιστούς ενώ το ομοίωμα του εμβρύου αποτελούνταν από σκελετό (εκτός από το ομοίωμα 3 μηνών), εγκέφαλο και μαλακό ιστό. Το κάθε ομοίωμα περιείχε συνολικά περίπου 25 εκατομμύρια voxels.

Στην μελέτη (John Damilakis et al, 2010) [29] χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος με τον κώδικα μεταφοράς ακτινοβολίας Monte Carlo N-Particle MCNP για να μοντελοποιήσει τους αξονικούς τομογράφους Siemens Sensation 16 και Sensation 64 MDCT. Χρησιμοποιήθηκαν 4 μαθηματικά ομοιώματα, προσομοιώνοντας έγκυες γυναίκες 0, 3, 6 και 9 μηνών. Ελήφθησαν οι δόσεις εμβρύου από απλές προσομοιωμένες σαρώσεις σε διάφορες θέσεις στα ομοιώματα. Για να διερευνηθεί η επίδραση του μεγέθους του μητρικού σώματος και του βάθους του εμβρύου στη δόση του, παρήχθησαν ομοιώματα από διαφορετικά μεγέθη προσθέτοντας στρώματα λιπώδους ιστού γύρω από τον κορμό των μαθηματικών ομοιωμάτων. Για την επαλήθευση των αποτελεσμάτων MCNP, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις δόσης εμβρύου μέσω τριών φυσικών ανθρωπόμορφων ομοιωμάτων, προσομοιώνοντας την εγκυμοσύνη στους 0, 3 και 6 μήνες κύησης και έγινε χρήση δοσιμέτρων θερμοφωταύγειας TLD. Αναφέρθηκε ότι τα αποτελέσματα των εξετάσεων αποτελούνται από συντελεστές κανονικοποιημένων δόσεων εμβρύων Monte Carlo που δημιουργήθηκαν από μονές σαρώσεις σε τέσσερα μαθηματικά ομοιώματα. Οι συντελεστές ορίστηκαν ως η συνεισφορά δόσης εμβρύων από μία μόνο σάρωση διαιρεμένη με το CTDIair που μετρήθηκε με παρόμοιες παράμετρος σάρωσης. Οι δόσεις των εμβρύων μετρήθηκαν με κρυστάλλους TLD και έδειξαν διαφορά έως και 19% σε σύγκριση με εκείνες από μαθηματικές προσομοιώσεις.

Η μελέτη αυτή είχε ως στόχο την ανάπτυξη μιας μεθόδου εκτίμησης της δόσης εμβρύου από εξετάσεις MDCT που εκτελούνται στο πέρας όλων των τριμήνων της κύησης. Η επίδραση των διαφόρων παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένου του μήκους σάρωσης, της μητέρας μέγεθος σώματος και απόσταση του εμβρύου από την πρόσθια επιφάνεια του δέρματος, ελήφθη υπόψη η δόση του εμβρύου.

Οι παραπάνω μελέτες συμπεριλαμβανομένου αυτή των (Erin Angel et al, 2008) [18] υπολογίζουν τις δόσεις εμβρύων σε συνάρτηση με τον ασθενή, το βάθος του εμβρύου και την περίμετρο.

2.5 Αξιολόγηση της δόσης έκθεσης με μέθοδο *Organ Effective Modulation (OEM)*

Στη μελέτη (Masanao Kobayashiet al, 2020) [30] χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Organ-Effective Modulation (OEM), η οποία είναι μια τεχνική υπολογιστικής τομογραφίας που μειώνει τον κίνδυνο δόσης έκθεσης στα όργανα. Παρότι υπάρχουν πολλές αναφορές σχετικά με τη δόση έκθεσης που σχετίζεται με εμβρυακές αξονικές τομογραφίες, δεν υπάρχουν αναφορές σχετικά με τη χρήση OEM σε εμβρυϊκές αξονικές τομογραφίες. Στη μελέτη μετρήθηκαν τα βασικά χαρακτηριστικά της αποτελεσματικής διαμόρφωσης (γωνία διαμόρφωσης εξόδου ακτίνων X, μέγιστη έξοδος ακτίνων X), ο ρυθμός διαμόρφωσης, ο συνολικός ρυθμός διαμόρφωσης εξόδου ακτίνων X και η διαμόρφωση θορύβου) και χρησιμοποιήθηκαν σε προσομοίωση Μόντε Κάρλο για να αξιολογηθεί η ποιότητα της εικόνας και η δόση έκθεσης στη έγκυο γυναίκα και το έμβρυο σε εμβρυϊκές αξονικές τομογραφίες. Χρησιμοποιώντας το λογισμικό ImPACT MC, πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις Monte Carlo σε 8 περιπτώσεις αξονικής τομογραφίας εμβρύου.

2.6 Υπολογισμός Δόσης ακτινοβολίας κατά την εξέταση CT Πνευμονικής Αγγειογραφίας

Η πνευμονική εμβολή (PE) είναι μία από τις συχνότερες αιτίες θανάτου κατά τη διάρκεια της κύησης [32]. Η παρακάτω μελέτη (Jorge Isidoro et al, 2017) [34] με αφορμή την πνευμονική εμβολή στις εγκύους, συγκρίθηκαν δύο μέθοδοι, V/P-SPECT και CT-Αγγειογραφίας, ως προς την έκθεση των οργάνων σε ιοντίζουσα ακτινοβολία. Για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε πρωτόκολλο V/P-SPECT το οποίο δέχεται ομαλοποιημένα δεδομένα δόσης στη χορηγούμενη δραστηριότητα από τη δημοσίευση της ICRP Publication 128 [35]. Πραγματοποιήθηκε μία εισπνοή ^{99m}Tc Technegas, φτάνοντας τα 30 MBq στους πνεύμονες. η έγχυση πραγματοποιήθηκε μετά από ενδοφλέβια χορήγηση 60–120 MBq των ^{99m}Tc -MAA. Οι απορροφούμενες δόσεις (mGy) στους πνεύμονες και το στήθος από CTPA υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας το “ IMPACT Υπολογιστής δοσομετρίας ασθενούς CT” [36]. Η δόση του εμβρύου εκτιμήθηκε για διαφορετικά στάδια κύησης από 0–7, 8–12, 13–25 και 26–40 εβδομάδες χρησιμοποιώντας το εργαλείο υπολογισμού “Conceptus Dose Estimation”(CODE). Οι δόσεις στα όργανα και το έμβρυο από το V / P-SPECT υπολογίζονται στη δημοσίευση (Damilakis J et al, 2010) [37] για την χορηγούμενη δραστηριότητα και το πλεονέκτημα της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της δόσης ήταν ότι επέτρεπε τις μεταβολές στο μέγεθος της μητέρας και της θέσης του εμβρύου.

Σύμφωνα με τη μέθοδο (Stuart L. et al, 2019) [33], αποκτήθηκαν δεδομένα από 534 ασθενείς σχετικά με την εξέταση CT από τον ηλεκτρονικό φάκελο υγείας και τον διακομιστή Radimetrics (Radimetrics Inc, Bayer) ώστε να υπολογιστεί η δόση του εμβρύου από την εξέταση CTPA. Προσδιορίστηκε η αποτελεσματική δόση ακτινοβολίας σε mSv και πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολλαπλών μεταβλητών για τη δόση ακτινοβολίας με βάση τους ασθενείς και τους παράγοντες CT.

2.7 Υπολογισμοί Δόσεων Νετρονίων σε έγκυες αεροσυνόδους

Τα μέλη του πληρώματος εκτίθενται σε πρωτογενείς κοσμικές ακτίνες καθώς και σε δευτερεύουσες ακτινοβολίες από την αλληλεπίδρασή τους με τις κοσμικές ακτίνες με την ατμόσφαιρα και με το αεροσκάφος. Η μελέτη των (Alves et al, 2017) [38] εξέτασε τον ισοδύναμο ρυθμό δόσης στο έμβρυο σε υψόμετρα εμπορικών αεροσκαφών πτήσης που λήφθηκε χρησιμοποιώντας μοντέλα ομοιωμάτων εγκύου γυναίκας και ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν ο υπολογισμός της ροής των νετρονίων στη δόση των συντελεστών μετατροπής για ένα έμβρυο ηλικίας έξι μηνών χρησιμοποιώντας ένα ρεαλιστικό ομοίωμα εγκύου. Ο ισοδύναμος ρυθμός δόσης στο έμβρυο υπολογίστηκε συγκρίνοντας τους συντελεστές μετατροπής με δημοσιευμένα δεδομένα φασματικής ροής νετρονίων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας Monte Carlo MCNPX ver. 2.7.0, που αναπτύχθηκε στο Εθνικό Εργαστήριο Los Alamos (LANL). Το μοντέλο Maria που προσομοιώνει μια έγκυο γυναίκα σε όρθια στάση στο τέλος του δεύτερου τριμήνου της εγκυμοσύνης (6 μήνες) υλοποιήθηκε στο MCNPX προκειμένου να επιτευχθεί ροή νετρονίων με ισοδύναμους συντελεστές δόσης. Το ομοίωμα παρουσιάστηκε σε κυβικά voxels $(1,2 \times 1,2 \times 1,2) \text{ mm}^3$ και περιείχε ένα μοντέλο εμβρύου με συνολικό μαλακό ιστό μάζας 633 g. Πρόσθετες λεπτομέρειες σχετικά με το ομοίωμα Maria και το έμβρυο μπορεί να βρεθεί στη βιβλιογραφία [39]. Για να ληφθεί η δόση στο έμβρυο πραγματοποιήθηκε μία πτήση από το Tenton, Καναδά στο Koln στην Γερμανία 9 Μαΐου 1995[40]. Τέλος, πραγματοποιήθηκε μία σύγκριση μεταξύ των συντελεστών δόσεων της ροής με απορρόφηση νετρονίων για το ομοίωμα εμβρύου Maria και τα αποτελέσματα αναφέρθηκαν από τους (Chen, J. et al, 2005) [41].

Στη μελέτη (Kyle Copeland et al, 2008) [53] υπολογίστηκαν ισοδύναμοι ρυθμοί δόσης και δόσεις κοσμικής ακτινοβολίας (GCR) και ηλιακής κοσμικής ακτινοβολίας (SCR), που δέχθηκαν οι επιβάτες αεροσκαφών σε προσομοιωμένες πτήσεις μεγάλου γεωγραφικού πλάτους για τα υψόμετρα 30, 40, 50 και 60 kft. Χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας μεταφοράς Monte Carlo για τον υπολογισμό των φασμάτων σωματιδιακού φθορισμού (fluence spectra).

2.8 Έκθεση εμβρύου σε ακτινοβολία από εξέταση οδοντικής ακτινογραφίας

Στην παρακάτω μελέτη των (Anna Kellaranta et al, 2016) [42] εξετάστηκαν οι ανώτερες εκτιμήσεις δόσεων ακτινοβολίας στο έμβρυο και στο στήθος της εγκύου με ένα ανθρωπόμορφο θηλυκό ομοίωμα σε ενδοστοματική, πανοραμική, κεφαλομετρική εξέταση και CBCT (Αξονική τομογραφία κωνικής δέσμης) με και χωρίς ασπίδες μολύβδου. Οι ευρωπαϊκές οδηγίες για την ακτινοπροστασία στην οδοντιατρική ακτινολογία δηλώνει ότι δεν υπάρχει αντένδειξη από το να υποβληθούν σε

οδοντιατρική ακτινογραφία όταν κλινικά τεκμηριωθεί το αν είναι έγκυες ή όχι. Επιπλέον, οι ευρωπαϊκές οδηγίες αναφέρουν επίσης ότι δεν χρειάζεται να χρησιμοποιείται προστατευτική ποδιά μολύβδου. Για τις εξετάσεις ενδοστοματική, πανοραμική και κεφαλομετρική χρησιμοποιήθηκε το ακτινοσκοπικό Planmeca ProX ενώ για την CBCT εξέταση χρησιμοποιήθηκε το Planmeca ProMax 3D Mid.

2.9 Απεικονιστικές μέθοδοι με χρήση ραδιοφαρμάκων:Υπολογισμός εμβρυϊκής ακτινοβολίας από 18F-FDG

Στην μελέτη (Paolo Zanotti-Fregonara et al, 2015) [44] υπολογίστηκε η δοσολογία εμβρυϊκής ακτινοβολίας από 18F-FDG σε έγκυες ασθενείς. Η 18F-φθοροδεοξυγλυκόζη είναι μια ραδιοφαρμακευτική ουσία που χρησιμοποιείται στην τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων με ιατρική απεικόνιση.[43]

Η εμβρυϊκή δόση ακτινοβολίας από 18F-FDG εκτιμήθηκε από μια σειρά εγκύων γυναικών που υποβλήθηκαν σε εξέταση PET κατά τη διάρκεια μιας κλινικής εξέτασης για κακοήθειες. Χορηγήθηκε σε 6 εγκύους ασθενείς 18F-FDG με εύρος 296-385 MBq. Σαρώθηκαν 3 ασθενείς στο 1ο τρίμηνο της εγκυμοσύνης τους 1 ασθενής με PET και 2 ασθενείς με PET / CT, 2 σαρώθηκαν κατά το 2ο τρίμηνο (με απεικόνιση PET / MR) και 1 σαρώθηκε κατά το 3ο τρίμηνο (με PET). Οι συντελεστές ενεργειακής ολοκλήρωσης (time-integrated activity coefficients) προήλθαν από τις συγκεντρώσεις ραδιενέργειας του εμβρύου που μετρήθηκαν στις εικόνες για όλες εκτός από μία ασθενή (στην αρχή της εγκυμοσύνης (5η εβδομάδα), στον οποίο η ενεργότητα στη μήτρα χρησιμοποιήθηκε ως αντιπροσωπευτική της εξέτασης. Οι συντελεστές υπολογισμού των δόσεων ανά ενεργότητα που απορροφήθηκαν από τα όργανα της μητέρας χρησιμοποιήθηκαν από τυπικές τιμές από τη Διεθνή Επιτροπή Ακτινολογικής Προστασίας. Στην μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι εικόνες από 6 έγκυες γυναίκες (ηλικίας 23-39 ετών) από το Τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο της Ουάσιγκτον, St. Louis, Missouri.

Στο πλαίσιο διαγνωστικής επεξεργασίας καρκίνου οι ασθενείς υποβλήθηκαν σε σάρωση 18F-FDG . Η 1η ασθενής είχε καρκίνο στις φωνητικές χορδές, η 2η στον τράχηλο, η 3η στο στήθος, με μεταστάσεις στον άξονα, στο άνω στέρνο και στο περικάρδιο. Η τέταρτη είχε λέμφωμα Hodgkin στον αυχένα, τη μασχάλη και το μεσοθωράκιο. Η πέμπτη ασθενής είχε λέμφωμα Burkitt στο κεφάλι και το λαιμό. Η 6η μελάνωμα του αριστερού κάτω άκρου, με μετάσταση του βουβωνικού λεμφαδένα. Οι 6 κηύσεις κατανεμήθηκαν στα 3 τρίμηνα, κυμαινόμενες από 5 εβδομάδες (πρώιμη) εγκυμοσύνη έως 7 μήνες (προχωρημένη) εγκυμοσύνη. Χρησιμοποιήθηκαν ανθρωπόμορφα ομοιώματα μιας εγκύου γυναίκας για να προσομοιώσουν όλες τις ασθενείς.

Ο κύριος λόγος για την ευρεία χρήση της τεχνολογίας PET στην κλινική πρακτική είναι εύκολη σταδιοποίηση του καρκίνου με χρήση 18F-FDG. Ανάμεσα στις χρονιές 2001 και 2010, ο ετήσιος αριθμός εξετάσεων PET που πραγματοποιήθηκαν στις Η.Π.Α. αυξήθηκε σχεδόν 7 φορές (από 250.000 σε > 1,7 εκατομμύρια) και το 18F-FDG χρησιμοποιείται για τις περισσότερες εξετάσεις PET. Κατά συνέπεια, εφόσον υπάρχει αύξηση των περιπτώσεων εγκύων ασθενών που τους χορηγούνται ραδιοφάρμακα θα πρέπει να υπάρχει γνώση της δόσης που απορροφάται από το έμβρυο ώστε να εκτιμάται ο κίνδυνος για το έμβρυο αλλά και το όφελος της μητέρας.

Στη μελέτη (Paolo Zanotti Fregonara et al, 2016) [45] υπολογίστηκαν οι δόσεις FDG στο έμβρυο (n = 19, 5 έως 34 εβδομάδες εγκυμοσύνης) με νέα ανθρωπομορφικά ομοιώματα με βάση την απεικόνιση της εγκύου. Οι ολοκληρωμένες τιμές δραστηριότητας συνδύαστηκαν με αυτές των οργάνων της μητέρας από την βιβλιογραφία ICRP Publication 106 [57]. Καταγράφηκαν οι δόσεις με τα κλασικά ανθρωπόμορφα ομοιώματα των εγκύων γυναικών στο OLINDA / EXM 1.1, για τη λήψη και στη συνέχεια στο OLINDA / EXM 2.0 για να αξιολογηθεί η δόση χρησιμοποιώντας νέα ομοιώματα με βάση το voxel.

Σε μία δημοσίευση των (Takalkar AM et al, 2011) [46] μελετήθηκαν οι ποσοτικές τιμές για την εμβρυϊκή πρόσληψη 18F-FDG σε περιπτώσεις που οι μητέρες είχαν διαγνωστεί με κακοήθεια.

Επίσης αναπτύχθηκε μέθοδος στην μελέτη των (Tianwu Xie et al, 2016) [47] υπολογίζει τη δόση ακτινοβολίας στο αναπτυσσόμενο έμβρυο και όχι σε επίπεδο οργάνου. Αναπτύχθηκαν μαθηματικά μοντέλα έγκυων ασθενών και ενσωματώθηκαν στον υπολογιστή MIRDOSE και OLINDA / EXM για την αξιολόγηση της εσωτερικής δόσης. Χρησιμοποιήθηκαν οι παραπάνω μελέτες από τους (Paolo Zanotti Fregonara et al, 2016) [45] και (Takalkar AM, 2011) [46] για την εκτίμηση της εμβρυϊκής απορροφούμενης δόσης από εξετάσεις 18F-FDG σε διάφορες περιόδους εγκυμοσύνης. Όπου για την μέθοδο στη πρώτη αναφορά χρησιμοποιήθηκαν ανθρωπομορφικά μοντέλα έγκυων ασθενών βασισμένα στα voxels και τα δεδομένα τους εισήχθησαν το OLINDA/ EXM 2.0 για τον υπολογισμό της δόσης, και για τη μέθοδο στη δεύτερη αναφορά εισήχθησαν πέντε ασθενείς με κακοήθεια σε εξέταση PET μόνο με χορήγηση 18F-FDG.

Έτσι κατασκευάστηκαν οκτώ μοντέλα εμβρύου σε διάφορες περιόδους κύησης με 25 αναγνωρισμένους ιστούς οι οποίοι ταυτοποιήθηκαν και κατασκευάστηκαν σύμφωνα με δεδομένα αναφοράς που δημοσιεύτηκαν από την ICRP 89 [48]. Η μελέτη εξετάζει τα χαρακτηριστικά των ατόμων αναφοράς δηλαδή τις διαφορές που σχετίζονται με το φύλο και την ηλικία στα ανατομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά. Αυτές οι τιμές αναφοράς βοηθούν στους υπολογισμούς δοσιμετρίας για σκοπούς προστασίας από την ακτινοβολία τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τα μέλη του κοινού [48]. Ενσωματώθηκαν λοιπόν ανεπτυγμένα μοντέλα εμβρύου σε ρεαλιστικά ανθρωπομορφικά υπολογιστικά ομοιώματα εγκύου γυναίκας και χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση, χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις Monte Carlo, απορροφούμενη δόση οργάνου και αριθμό ραδιοανιχνευτών με εκπομπή ποζιτρονίων.

2.11 Υπολογισμός δόσης εμβρύου σε έγκυους ασθενείς με θυρεοειδή που έλαβαν κατά λάθος ραδιοϊώδιο για διάγνωση και θεραπεία.

Στη μελέτη (Mustafa Demir et al 2019) υπολογίστηκαν οι δόσεις των εμβρύων σε 16 ασθενείς μετά τη χορήγηση του ¹³¹I ραδιοϊσότοπου για διάγνωση και θεραπεία σε διάφορα κέντρα πυρηνικής ιατρικής. Ο εμβρυϊακός θυρεοειδής αδένας αναπτύσσεται από τη 10η εβδομάδα της εγκυμοσύνης, έτσι λαμβάνοντας υπόψη αυτό, η δόση του θυρεοειδούς του εμβρύου υπολογίστηκε επίσης σε έμβρυα 10 εβδομάδων κύησης.

Περιπτώσεις εμβρυακών δόσεων θυρεοειδούς άνω των 100 mGy επανέρχονται στην κλινική εξωτερικών ασθενών του ιατρικού τμήματος γενεσιολογίας. Ο ειδικός γενετικός ιατρός δίνει αναφορά στον μαιευτήρα και στην μητέρα ως προς τους κινδύνους τερατογέννεσης και ως αποτέλεσμα, η απόφαση διακοπής της κύησης λαμβάνεται από τους γονείς σε συνεργασία με την ενημέρωση των ειδικών.

2.12 Μεθοδολογίες Υπολογισμού Δόσεων σε εξετάσεις Ακτινοθεραπείας

Στην μελέτη των (Evangelos Pantelis et al 2016) [50] εξετάστηκε μια 26χρονη έγκυος γυναίκα με ένα ραγδαία αναπτυσσόμενο γλοιώμα βαθμού III κατά το τρίτο τρίμηνο της κύησης χρησιμοποιώντας CyberKnife. Χρησιμοποιήθηκε η απεικόνιση με υπερήχους ώστε να προσδιοριστεί η θέση του εμβρύου πριν από τη θεραπεία. Συνταγογραφήθηκε μια δόση 1400 cGy με στόχο τον έλεγχο της ανάπτυξη του όγκου μέχρι τον τοκετό. Πριν από την ακτινοχειρουργική, η θεραπεία προσομοιώθηκε ένα ανθρωπόμορφο ομοίωμα.

Όταν είναι απαραίτητο να γίνουν διαδικασίες ακτινοθεραπείας κεφαλής και λαιμού σε έγκυες ασθενείς αρκεί να προστατεύσουν την περιοχή της μήτρας με ένα στρώμα μολύβδου πάχους 7 cm. Η τιμή της απορροφούμενης δόσης στο έμβρυο μειώνεται σε περισσότερο από 40% περίπου (0.52 ± 0.039) cGy στον όγκο-στόχο μειώνοντας έτσι πολύ την δόση ακτινοβολίας στο έμβρυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αποτελέσματα Μεθόδων υπολογισμού δόσεων σε έγκυες ασθενείς

Από τις παραπάνω μεθοδολογίες προκύπτουν συμπεράσματα και αποτελέσματα που μας βοηθούν να κατανοήσουμε τελικά ποιές μεθόδους ενδείκνυνται ή αντεδίκνυνται, στην περίπτωση που μία έγκυος ασθενής εκτεθεί σε ιοντίζουσα ακτινοβολία και κατά πόσο αυτό θα επηρεάσει την κύησή της.

3.1 Μεθοδολογίες εξετάσεων Ακτινοδιαγνωστικής

Με την μεθοδο (Erin Angel et al, 2008) [18] υπολογίστηκε ότι ο μέσος όρος της δόσης του εμβρύου ήταν 10,8 mGy / 100 mAs με 1,8 (τυπική απόκλιση). Οι ελάχιστες, μέγιστες και οι μέσες εμβρυϊκές δόσεις ήταν 7.3, 14.3 και 11.2 mGy / 100 mAs, αντίστοιχα. Στον παρακάτω πίνακα 3 υπολογίζονται οι δόσεις εμβρύου ανάλογα με την εβδομάδα κύησης, την περίμετρο της μητέρας και το βάθος στο οποίο βρίσκεται το έμβρυο, έτσι συμπεραίνεται ότι οι μεγαλύτερες δόσεις ανιχνεύονται όταν το βάθος του εμβρύου είναι μικρό 5,90cm-6,70cm και όταν η περίμετρος της μητέρας είναι μικρή 87cm-92cm όπως αναφέρεται στον Πίνακα 3.

Εβδομάδα κύησης (εβδομάδα)	Περίμετρος μητέρας (cm)	Βάθος του εμβρύου (cm)	Κανονικοποιημένη δόση εμβρύου(mGy/100mAs)
<5,00	123	10,60	7,30*
5,00	89	4,20	11,80+
5,00	88	7,60	10,30
6,60	102	10,90	8,80
7,10	90	5,90	12,60
12,1	88	4,60	14,20
14,30	105	6,50	10,90
14,90	93	7,10	11,20
17,00	94	7,70	11,30
17,10	87	6,70	12,20
18,50	87	5,60	14,30
20,30	112	8,00	8,50
22,00	108	4,70	11,10
23,70	118	6,30	8,10
24,00	95	5,60	11,50
24,40	94	6,60	11,50
25,00	92	2,50	12,30
27,00	89	9,00	11,20
27,40	104	3,60	11,90
27,40	122	6,00	8,60
28,30	119	5,50	9,50
29,40	105	3,50	9,70
35,00	100	5,10	10,40
35,90	119	3,40	8,90

Πίνακας 3: Μετρήσεις μοντέλου ασθενούς και δόση ακτινοβολίας ανά 100 mAs στο έμβρυο σύμφωνα με την ηλικία κύησης 24 Voxelized μοντέλων

*Υπολογίστηκε η δόση της μήτρας επειδή το έμβρυο και ο πλακούντας δεν ήταν εμφανείς.

+Υπολογίστηκε η δόση του πλακούντα επειδή δεν ήταν ορατό το έμβρυο.

Μέθοδος Εκτίμησης Δόσης	Αρ. Μοντέλων Ασθενών	Κανονικοποιημένες δόσεις εμβρύων (mGy/100mAs)	
		Μέσος Όρος	Εύρος
Monte Carlo	24	10.80	7.3-14.30
Μελέτη [20] (συνιστώμενο εύρος μεγέθους 20%)	1	11.30	9.00-13.60
ImPact	1	12.00	Χωρίς εφαρμογή
CT-Expro	1	11.70	Χωρίς εφαρμογή

Πίνακας 4: Δόση ακτινοβολίας στο έμβρυο όπως εκτιμάται με την τεχνική του Μόντε Κάρλο σε σύγκριση με αυτό των τριών υφιστάμενων τεχνικών εκτίμησης εμβρυϊκής δόσης [20]

Τα αποτελέσματα των υφιστάμενων μεθόδων όπως φαίνεται στον Πίνακα 4 παρήγαγαν εκτιμήσεις 11.3 mGy / 100 mAs (το εύρος 20% είναι ίσο με 9,0 –13,6), ενώ το IMPACT και οι μέθοδοι CT-Expro εξήγαγαν δόσεις 12,0 και 11,7 mGy / 100 mAs, αντίστοιχα

Στη μελέτη (John Damilakis et al, 2002) [19] οι μετρήσεις δόσεων εμβρύου από τη μέθοδο Monte Carlo (Πίνακας 4) ήταν κανονικοποιημένες και κυμαίνονταν από 7,3

έως 14,3 mGy / 100 mAs, με μέσο όρο 10,8 mGy / 100 mAs. Η εμβρυϊκή δόση μειώθηκε με την αύξηση της περιμέτρου του ασθενούς, και το μοντέλο έδειξε ότι η περίμετρος της ασθενούς και το βάθος του εμβρύου είχαν ισχυρή συσχέτιση με την εμβρυακή δόση.

Στη μελέτη παρατηρήθηκε ότι οι κανονικοποιημένες απορροφούμενες δόσεις εξαρτώνται από το μέγεθος του πεδίου ακτινοβολήσης. Ωστόσο, για μικρές αλλαγές στο μέγεθος του πεδίου ακτίνων γ , δεν υπάρχουν αλλαγές στις κανονικοποιημένες δόσεις.

Στην μελέτη των (A. Kellarantaa et al, 2017) [21] τα αποτελέσματα ήταν ότι οι μέσες ενδομήτριες δόσεις σε διαφορετικά στάδια της εγκυμοσύνης κυμαίνονταν από 0,04 έως 1,04 mGy, από 4,8 έως 5,8 mGy και από 9,8 έως 12,6 mGy στις αξονικές τομογραφίες για πνευμονική αγγειογραφία, κοιλιακές πυελικές και τραυματικές CT σαρώσεις, αντίστοιχα. Έτσι παρατηρείται μεγαλύτερη απορροφούμενη δόση στις κοιλιακές και πυελικές εξετάσεις και στις τραυματικές. Οι προσομοιώσεις Monte Carlo έδειξαν καλή συσχέτιση με τη μέτρηση MOSFET στις μετρηθείς τοποθεσίες όπως παρατίθενται στους Πίνακες 5, 6 και 7.

Πίνακας 5: Τα στάδια εγκυμοσύνης και οι αντίστοιχες μέσες τιμές δόσεων στην αξονική τομογραφία πνευμονικής αγγειογραφίας. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μέτρησης MOSFET.

Στάδιο εγκυμοσύνης (εβδομάδες)	Ενδομητρική δόση (mGy)	Συνολική δόση μήτρας (mGy)	Εμβρυϊκή δόση σε μετρήσεις MOSFET (mGy)[51]
12	0.04	0.04	0.03
20	0.09	0.09	0.08
28	0.27	0.29	0.14
38	1.04	1.13	0.22

Πίνακας 6: Τα στάδια εγκυμοσύνης και οι αντίστοιχες μέσες τιμές δόσεων στην αξονική τομογραφία και κοιλιακο- πυελική αξονική τομογραφία. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μέτρησης MOSFET.

Στάδιο εγκυμοσύνης (εβδομάδες)	Ενδομητρική δόση (mGy)	Συνολική δόση μήτρας (mGy)	Εμβρυϊκή δόση σε μετρήσεις MOSFET (mGy)[51]
12	5.2	5.1	4.7
20	5.8	5.8	5.5
28	4.9	4.9	4.9
38	4.8	4.8	5.1

Πίνακας 7: Τα στάδια εγκυμοσύνης και οι αντίστοιχες μέσες τιμές δόσεων στην αξονική τομογραφία πολυτραυματία. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μέτρησης MOSFET.

Στάδιο εγκυμοσύνης (εβδομάδες)	Ενδομητρική δόση (mGy)	Συνολική δόση μήτρας (mGy)	Εμβρυϊκή δόση σε μετρήσεις MOSFET (mGy)[51]
12	11.3	11.3	10.6
20	12.6	12.6	11.2
28	10.3	10.3	10.1
38	9.8	9.9	10.7

Από τη μελέτη (Kellaranta A et al (2007) [51] υπολογίστηκε ότι οι εμβρυακές δόσεις κανονικοποιημένες σε CTDI_{air} (volumetric CT dose index) για τραύμα και κοιλιακές-πνευλικές εξετάσεις για τα στάδια εγκυμοσύνης 12, 20, 28 και 38 ήταν 0,26, 0,25, 0,24 και 0,21 mGy / 100 mAs και 0,41, 0,43, 0,39 και 0,29 mGy / 100 mAs, αντίστοιχα.

3.2 Συνελικτικά νευρωνικά δίκτυα

Για την μέθοδο (Tianwu Xie et al, 2019)[22] τα αποτελέσματα της αυτοματοποιημένης τμηματοποίησης συγκρίθηκαν με εκείνα της χειροκίνητης τμηματοποίησης όλων των ασθενών στο συνολικό σώμα, το σκελετό, το συκώτι, τους πνεύμονες, τα νεφρά και τη μήτρα χρησιμοποιώντας διαφορετικές μετρήσεις. Υπολογίστηκε ο συντελεστής Jaccard ομοιότητας για τα διάφορα τμηματοποιημένα όργανα, όπως φαίνεται στο παρακάτω Πίνακα 8. Επίσης χρησιμοποιήθηκε στους υπολογισμούς η δόση της μήτρας αντί της δόσης εμβρύου. Για τμηματοποιημένη μήτρα μεταξύ των ασθενών, ο συντελεστής ομοιότητας Jaccard, DSC, ευαισθησία, PPV, διαφορές όγκου και HD είναι $0,88 \pm 0,06$, $0,94 \pm 0,04$, $0,94 \pm 0,05$, $0,93 \pm 0,03$, $1,49\% \pm 4,19\%$ και $16,1 \text{ mm} \pm 8,16 \text{ mm}$, αντίστοιχα. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε με σκοπό τον υπολογισμό της δόσης σε συγκεκριμένα όργανα. Στον Πίνακα 9 αναφέρεται η δόση του εμβρύου στη αυτόματη και μη αυτόματη τμηματοποίηση και σε σχέση με την μελέτη των (Erin Angel et al (2008) [18], ανάλογα την περίμετρο της εγκύου ασθενούς και της ηλικίας κύησης σε σύγκριση

Όργανα	Jaccard συντελεστής ομοιότητας	Dice συντελεστής ή ομοιότητας	Ευαισθησία	Θετική προβλεπτική τιμή	Διαφορά όγκου (%)	Απόσταση Hausdorff (mm)
Σώμα	0.96 ± 0.01	0.98 ± 0.01	0.97 ± 0.01	0.98 ± 0.01	$-1.29\% \pm 1.17$	25.24 ± 18.03
Σκελετός	0.87 ± 0.02	0.93 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.92 ± 0.03	$2.96\% \pm 4.14$	50.07 ± 18.75
Πνεύμονας	0.93 ± 0.03	0.96 ± 0.01	0.97 ± 0.02	0.96 ± 0.02	$0.92\% \pm 2.41$	15.49 ± 11.21
Συκώτι	0.90 ± 0.01	0.95 ± 0.01	0.96 ± 0.01	0.94 ± 0.02	$2.36\% \pm 2.82$	24.08 ± 14.88

Πίνακας 8: Μετρήσεις τμηματοποίησης, συμπεριλαμβανομένου του συντελεστή ομοιότητας Jaccard, τον συντελεστή ομοιότητας Dice, ευαισθησία, θετική τιμή πρόβλεψης, διαφορά όγκου και απόσταση Hausdorff, που χρησιμοποιείται για τη συγκριτική αξιολόγηση της αυτοματοποιημένης τμηματοποίησης εικόνας αλγόριθμος για έξι αναγνωρισμένα όργανα

Ηλικία κύησης (εβδομάδες)	Περίμετρος μέσης (cm)	Δόση Εμβρύου (mGy)		
		Μελέτη [18]	Μη αυτόματη τμηματοποίηση	Αυτόματη τμηματοποίηση
8	83.4	3.0	3.8	3.9
8	81.8	3.0	3.5	3.5
8	84.4	2.9	3.4	3.6
8	93.2	2.7	4.0	4.0
8	81	3.0	3.9	3.9
8	95.6	2.6	3.1	3.1
8	80.8	3.0	2.7	2.7
10	86.8	2.9	4.4	4.4
10	88.6	2.8	3.4	3.4
10	110.6	2.2	2.7	2.7
12	110.2	2.2	4.7	4.4
15	91.6	2.7	3.3	3.2
16	99	2.5	2.8	2.9
17	84.6	2.9	3.0	3.0
18	78	3.1	3.2	3.1
20	109.4	2.2	2.6	2.6
21	84	2.9	3.2	3.2
21	75.2	3.2	3.0	2.9
22	65.2	3.5	2.8	2.9
22	95.4	2.6	2.8	2.9
25	100.8	2.5	2.0	2.0
25	93	2.7	2.8	2.7
25	89.6	2.8	2.6	2.6
26	103	2.4	2.2	2.2
26	102.8	2.4	2.2	2.1
28	92.6	2.7	2.5	2.4
29	127.7	1.7	1.8	1.8
29	86.4	2.9	2.5	2.4
30	92.2	2.7	2.4	2.4
32	103.8	2.4	1.8	1.8
33	123	1.9	1.9	1.9
35	99.2	2.5	2.1	2.2

Πίνακας 9: Περίληψη της περιόδου κύησης και περιμέτρου μέσης των τριάντα δύο έγκυων ασθενών καθώς και τις αναφερόμενες δόσεις της μήτρας σε κοιλιακές αξονικές τομογραφίες όταν χρησιμοποιήθηκαν μη αυτόματες τεχνικές διαχωρισμού. [18]

3.3 Μέθοδος Σαρωτών MDCT (Multi Detector CT)

Στην μελέτη των (Jianwei Gu et al, 2013) [23] συγκρίθηκαν δύο σειρές εμβρυϊκών δόσεων αυτές που προέκυψαν από RPI ομοιώματα και αυτές από τους υπολογισμούς ImPACT βρέθηκε ότι η εμβρυακή δόση από τον πρώτο τρόπο ήταν 7,94-20,92mGy και από τον δεύτερο τρόπο 11,6-28,90mGy και η διαφορά ανάμεσα στους δύο τρόπους ήταν στο 38,1% με 46,1%.

Οι συνολικές εμβρυϊκές δόσεις από σαρωτές που τις χρησιμοποίησαν TCM (Tube current modulation) είναι 7,94, 7,81 και 20,92 mGy σε σύγκριση με 9,27, 9,47 και 28,00 mGy όταν δεν εφαρμόστηκαν TCM. Η μέθοδος είχε ως σκοπό να βελτιώσει την ακρίβεια υπολογισμού της δόσης.

Από τη μελέτη των (J Gu et al, 2007) [24] που εξετάστηκε η μέθοδος με MDCT βγήκε το συμπέρασμα ότι η δόση στο έμβρυο του 3μηνου έγκυου ομοιώματος ασθενούς ήταν 0,13 mGy / 100 mAs και 0,57 mGy / 100 mAs από τη σάρωση στο στήθος και τα νεφρά, αντίστοιχα. Για τη θωρακική σάρωση του 6μηνου ομοιώματος ασθενούς και το ομοίωμα του ασθενούς 9 μηνών, οι εμβρυϊκές δόσεις ήταν 0,21 mGy / 100 mAs και 0,26 mGy / 100 mAs, αντίστοιχα.

3.4 Μέθοδος Organ Effective Modulation (OEM) υπολογιστικής τομογραφίας

Το αποτέλεσμα της μελέτης των (Masanao Kobayashi et al, 2020) [30] έδειξε ότι ο OEM παρήγαγε μεγαλύτερη μείωση στη δόση της περιοχής του θώρακα-κοιλίας απ' ό,τι στο κεφάλι και την περιοχή του λαιμού, αν και ο OEM δεν μείωσε τη μέση δόση για συγκεκριμένα σημεία όργανων στη θωρακοκοιλιακή περιοχή.

Η μέση δόση των εγγύων ασθενών αξιολογήθηκε στο ήπαρ, την κύστη και το κόλον. Το D_{colon} (μέση δόση κόλον) για OEMOFF ήταν $0,55 \pm 0,10$ mGy, όταν για το OEMON, εμπρός ήταν $0,53 \pm 0,09$ mGy (4%), και αυτό για OEMON, πίσω ήταν $0,51 \pm 0,10$ mGy (8%), δείχνοντας πολύ ελαφρώς μεγαλύτερη μείωση της δόσης με το OEMON, πίσω. Αυτά τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η μείωση της δόσης που επιτεύχθηκε χρησιμοποιώντας OEM ήταν όχι τόσο μεγάλη στις εγκύους αλλά ήταν αρκετή στα έμβρυα.

Συμπερασματικά η χρησιμότητα του OEM στην εμβρυακή σάρωση CT είναι σημαντική από την πλευρά της ποιότητας της εικόνας και της έκθεσης δόσης στην έγκυο μητέρα και το έμβρυο. Η μέθοδος OEM, μπορεί να χρησιμεύσει ως αποτελεσματικό εργαλείο για τη μείωση της δόσης σε CT εμβρυακές εξετάσεις. Γι' αυτό τον λόγο η μέθοδος OEM, έτσι όπως χρησιμοποιείται για τη μείωση της δόσης έκθεσης στο στήθος και του φακού του ματιού, πρέπει επίσης να ενθαρρύνεται η χρήση του στην αξονική τομογραφία εμβρύου.

3.5 Μελέτη υπολογισμού δόσης ακτινοβολίας κατά την εξέταση CT Πνευμονικής Αγγειογραφίας στις εγκύους

Στη μελέτη των (Jorge Isidoro et al, 2017) [34] υπολογίστηκε ότι οι δόσεις που έχουν απορροφηθεί από το έμβρυο είναι παρόμοιες για CTPA και V/P-SPECT και κάτω από 1 mGy. Η δόση που υπολογίστηκε στους πνεύμονες και στο στήθος ήταν 1,3-10,6 (27–136) φορές υψηλότερη από το CTPA σε σύγκριση με το V / P SPECT όπως φαίνεται στον Πίνακα 11 .

Οπότε οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι τόσο το CTPA όσο και το V / P-SPECT σε έγκυες ασθενείς, όταν εκτελείται με βελτιστοποιημένες ρυθμίσεις, είναι ασφαλείς για την έκθεση του εμβρύου στην ακτινοβολία παρόλα αυτά συνιστάται να χρησιμοποιείται το V/P SPECT παρά το CTPA λόγω της χαμηλότερης δόσης στο στήθος όπως αναφέρεται στον Πίνακα 11.

Στην μελέτη των (Stuart L. et al, 2019) [33] εκτιμήθηκε ότι η μέση δόση ακτινοβολίας ήταν 3,96 mSv. Έδειξε σημαντικές διαφορές στη δόση ακτινοβολίας ανά τρίμηνο, στο 1ο τρίμηνο η δόση ήταν 4,52 mSv, στο 2ο τρίμηνο 3,73 mSv και στο 3ο τρίμηνο 3,95 mSv. Η συγκεκριμένη ανάλυση εξήγαγε στατιστικές διαφορές στη δόση ακτινοβολίας ανά φυλή όπως φαίνεται στον Πίνακα 10.

Χαρακτηριστικά ασθενή	Δόση Ακτινοβολίας (mSv)
Όλοι οι ασθενείς	3.96 ± 1.97
Μεταβλητές κατηγοριών	
Φυλή	
Ασιατική	3.58
Αφροαμερικάνικη	4.46
Λευκή	3.98
Άλλη	3.61
Άγνωστη	3.04
Τρίμηνο	
1ο	4.52
2ο	3.73
3ο	3.95
Άγνωστο	4.04
Προτεραιότητα	
Ρουτίνας	4.19
STAT/ Επίγουσα	3.89
Τάξη ασθενούς	
Τμήμα επειγόντων περιστατικών	3.89
Εσωτερικός ασθενής	4.18
Εξωτερικός ασθενής	4.00
Διαμόρφωση mAs	
Αληθής	3.75
Ψευδής	4.84
kVp	
80	1.32
100	2.38
120	3.93
140	5.67
Συνεχείς μεταβλητές	Συσχέτιση
Μέση ηλικία	0.032
Μέγεθος ασθενούς	0.506

Μήκος Σκαναρίσματος	0.178
Μέσο mAs	0.777
Pitch	0.038

Πίνακας 10: Δόσεις ακτινοβολίας για διάφορους παράγοντες και μεταβλητές.

Ηλικία κύησης	Απορροφούμενη Δόση εμβρύου (mGy)					
	CTPA			V/P- SPECT		
	Ενισχυμένο χωρίς αντίθεση CT	Ενισχυμένη αντίθεση CT	Full CT	P50	V30P60	V30P 120
Πρώιμο	0.16	0.21	0.37	0.14	0.18	0.34
3 μήνες	0.20	0.28	0.48	0.20	0.25	0.49
6 μήνες	0.43	0.73	1.1	0.25	0.31	0.61
9 μήνες	0.42	0.57	0.98	0.20	0.25	0.49

Πίνακας 11: Εκτιμήσεις δόσης στο έμβρυο

3.6 Υπολογισμοί Δόσεων Νετρονίων σε έγκυες αεροσυνοδούς

Στη μελέτη των (Alves et al, 2017) [38] ο υπολογιζόμενος ισοδύναμος ρυθμός δόσης εμβρύου στο μοντέλο- έμβρυο ήταν $2,35 \mu\text{Sv}h^{-1}$. , το οποίο είναι 1,5 φορές μεγαλύτερο από τις τιμές που εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας το έμβρυο τριών μηνών, 1,6 φορές μεγαλύτερο από το εξάμηνο έμβρυο και 1,8 φορές μεγαλύτερο από το ενιάμηνο έμβρυο.

Στη μελέτη των (Chen, J. et al, 2005) [41] φαίνεται ότι η υψηλότερη δόση εγκεφάλου εμφανίζεται στο έμβρυο στο πρώτο και το δεύτερο τρίμηνο της εγκυμοσύνης. Κατά το τελευταίο τρίμηνο, ο εμβρυϊκός εγκέφαλος λαμβάνει τη μικρότερη δόση από νετρόνια. Κατά μέσο όρο, ένα έμβρυο μπορεί να λάβει δόση νετρονίων 0,015 mSv σε πτήση 10 ωρών (σε υψόμετρο 11 km και γεωγραφικό πλάτος $\sim 55^\circ\text{N}$).

Στη βιβλιογραφία (Kyle Copeland et al , 2008) [53] αναφέρθηκαν εκατό εβδομήντα συμβάντα ηλιακών πρωτονίων, υπολογίστηκε ότι, οι μέσες τιμές δόσης SCR ήταν υψηλότερες στις 20 Ιανουαρίου 2005: σε έναν ενήλικα, οι ρυθμοί δόσης ήταν 0,10, 0,35, 0,87 και 1,7 mSv / h. σε ένα έμβρυο, οι ρυθμοί δόσεων ήταν 0,11, 0,37, 0,89 και 1,6 mSv / h. Οι μέσες δόσεις GCR + ήταν υψηλότερες στις 29 Σεπτεμβρίου 1989 και στις 20 Ιανουαρίου 2005: για έναν ενήλικα, οι υψηλότερες δόσεις σε 1 ώρα ήταν 0,048, 0,16, 0,42 και 0,90 mSv σε έναν ενήλικα, οι υψηλότερες δόσεις σε 10 ώρες ήταν 0,20, 0,57, 1,3 και 2,6 mSv. Στο έμβρυο, οι υψηλότερες δόσεις σε 1 ώρα ήταν 0,050, 0,17, 0,44 και 0,83 mSv. σε ένα έμβρυο, οι υψηλότερες δόσεις σε 10 ώρες ήταν 0,22, 0,63, 1,4 και 2,4 mSv. Οι υψηλές δόσεις GCR + ανισοτροπικού SCR ήταν υψηλότερες στις 29 Σεπτεμβρίου 1989 και στις 20 Ιανουαρίου 2005: σε έναν ενήλικα, οι υψηλότερες δόσεις σε 1 ώρα ήταν 0,15, 0,52, 1,3 και 2,6 mSv, σε έναν ενήλικα, οι υψηλότερες δόσεις σε 10 ώρες ήταν 0,29, 0,87, 2,0 και 4,0 mSv, σε ένα έμβρυο, οι

υψηλότερες δόσεις σε 1 ώρα ήταν 0,16, 0,55, 1,3 και 2,4 mSv, σε ένα έμβρυο, οι υψηλότερες δόσεις σε 10 ώρες ήταν 0,31, 0,94, 2,1 και 3,7 mSv. Η δόση σε έναν ενήλικα ήταν συνεχώς μικρότερη από το 20 mSv (μέσος όρος των 5 ετών) του ετήσιου επαγγελματικού ορίου που συνέστησε το 1990 η Διεθνής Επιτροπή για την Ακτινολογική Προστασία. Η δόση σε ένα έμβρυο υπολογίστηκε ότι υπερέβαινε σε κάποιες περιπτώσεις το μηνιαίο όριο των 0,5 mSv που είχε συστηθεί 1993 από το Εθνικό Συμβούλιο για την Ακτινοπροστασία και Μετρήσεων[53].

3.7 Έκθεση εμβρύου σε ακτινοβολία από εξέταση οδοντικής ακτινογραφίας

Τα αποτελέσματα της μελέτης των (Anna Kellaranta et al, 2016) [42] ήταν ότι οι ανώτερες εκτιμήσεις των εμβρυϊκών δόσεων κυμαίνονταν από 0,009 έως 6,9 mGy, και οι δόσεις στο επίπεδο του μαστού κυμάνθηκαν από 0,602 έως 75,4 mGy. Οι εμβρυϊκές δόσεις υπολογίστηκαν από 0,005 έως 2,1 mGy και οι δόσεις του μαστού κυμαίνονταν από 0,002 έως 10,4 mGy. Με βάση τα αποτελέσματα της μελέτης, τα επίπεδα της δόσης του εμβρύου χωρίς ασπίδα μολύβδου ήταν, το 1% του ετήσιου ορίου δόσης του 1 mSv για ένα μέλος του κοινού. Εμβρυϊκές δόσεις σε ενδοστοματικές, πανοραμικές και κεφαλομετρικές εξετάσεις χωρίς ασπίδες μολύβδου έφτασε το 0,1-10% του μέγιστου των εμβρυϊκών δόσεων σε CBCT (Ψηφιακή Ογκομετρική Τομογραφία) όπως αναφέρεται στους Πίνακες 12, 13, 14 με τις ρυθμίσεις τάσεων και ρευμάτων για τον υπολογισμό της δόσης.

Τυπικότητα	Τάση (kV)	Φιλτράρισμα (mmAl)	Ρεύμα σωλήνα (mA)	Χρόνος (s)	FOV (cm*cm)	DAP (mGy cm ²)	FSD/FID (cm)	HVL (mmAl)
Ενδοστοματικό								
Άνω απόκρυψη	70	2.5	6	0.2	6 (διάμετρος.)	21	30	2.78
Τοξοειδής κοπήρας (Mandibular incisor)	60	2.5	7	0.1	6 (διάμετρος)	9	30	2.37
Άνω γνάθος προμοριακός (δεξιά) (Maxillary premolar)	63	2.5	6	0.2	6 (διάμετρος)	17	30	2.50
Πανοραμική	66	2.5	8	15.8	14 3 30	71	50	
Κεφαλομετρική	66	2.5	10	6.4	24 3 18	16	170	

Πίνακας 12: Παράμετροι έκθεσης σε ενδοστοματικούς, πανοραμικούς και κεφαλομετρικούς τρόπους όπως προτεινόταν από τον κατασκευαστή.

DAP: προϊόν περιοχής δόσης; διάμετρος, FID: απόσταση εστίασης σε εικόνα. FOV: οπτικό πεδίο FSD: απόσταση εστίασης προς το δέρμα. HVL: επίπεδο μισής τιμής mmAL: χιλιοστά αλουμινίου.

Τυπικότητα	Τάση σωλήνα (kV)	Φιλτράρισμα (mmAl + mmCu)	Ρεύμα σωλήνα (mA)	Χρόνος (s)	FOV (cm*cm)	DAP (mGy cm ²)	FID (cm)	CTDI (mGy)
CBCT								
Μικρό FOV	90	2.5+0.5	10	12	4 3 5	557	60	8.2
Μεσαίο FOV	90	2.5 +0.5	10	12	8 3 5	820	60	11.2
Μεγάλο FOV	90	2.5+0.5	10	12	8 3 8	1093	60	9.6
Πολύ μεγάλο FOV	90	2.5+0.5	10	27	20 3 18	2491	60	5.4

Πίνακας 13: Παράμετροι έκθεσης σε CBCT με διαφορετικό πεδίο προβολών (FOVs)
 CTDI: δείκτης δόσης CT; DAP: προϊόν περιοχής δόσης; FID: απόσταση εστίασης σε εικόνα ελάχιστο mmAL: χιλιοστά αλουμινίου. mmCu, χιλιοστά χαλκού.

Modality	Εμβρυακή δόση		
	Χωρίς ασπίδα	Ασπίδα θυρεοειδούς μολύβδου (Ασπίδα 1)	Ποδιά μολύβδου και ασπίδα θυρεοειδή (Ασπίδα 2)
Ενδοστοματικό (μGy)			
Άνω απόκρυψη(Upper occlusal)		0.022	0.017
Μείωση Δόσης(%)	0,553	-	97
Συντελεστής μετατροπής (μGy Gy cm-2)	27,00	1,1	0,8
Τοξοειδής Κοπήρας (Mandibular incisor)	-	0,006	-
Μείωση Δόσης(%)	0,009	39	-
Συντελεστής μετατροπής	1.0	0.6	-
Conversion factor			

Ανω γνάθος προμοριακός (δεξιά)	0.005	-
(Maxillary premolar)	0,012	-
Μείωση Δόσης(%)	57	-
Συντελεστής μετατροπής	0.7	0.3
Conversion factor		-
($\mu\text{Gy Gy cm}^{-2}$)		-

Πίνακας 14: Ενδοστοματικές εξετάσεις και δόσεις εμβρύου με αποτέλεσμα την σχετική μείωση της δόσης.

Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που σε μία έγκυος ασθενή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί λεμφοσκοπία (lymphoscintigraphy), λόγω του ότι υπάρχει αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του μαστού σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Philip M. Spanheimer et al,2009) [54], η μέση ενεργότητα κολλοειδούς θείου $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ήταν $39 \pm 20 \text{ MBq}$ ($1,04 \pm 0,53 \text{ mCi}$). Η κοιλιακή και πνευλική έκθεση στην ακτινοβολία δεν έδειξε συσχέτιση με την ηλικία του ασθενούς ή του δείκτη μάζας σώματος. Η μέση δόση έκθεσης στην κοιλιακή περιοχή ήταν $1,17 \pm 0,87 \mu\text{Gy}$. Η μέση δόση στη μήτρα της ουροδόχου κύστης υπολογίστηκε από τη δόση στα ούρα και ήταν $0,44 \pm 0,44 \mu\text{Gy}$. Η μέση δόση ακτινοβολίας στη μήτρα (μέσος όρος κοιλιακής και περινεϊκής δόσης μαζί με τη συνεισφορά από τη δόση της ουροδόχου κύστης) ήταν $1,14 \pm 0,76 \mu\text{Gy}$. Μία ασθενής ήταν έγκυος 16 εβδομάδων τη στιγμή της βιοψίας του λεμφαδένα (SLNB)(Sentinel Lymph Node Biopsy) (βιοψία λεμφαδένων) και η συνολική υπολογισμένη δόση της μήτρας ήταν $1,67 \mu\text{Gy}$, γεγονός που υποδηλώνει ότι η εγκυμοσύνη δεν μεταβάλλει σημαντικά τη μετρούμενη ακτινοβολία στη μήτρα. Τα δεδομένα αυτά συγκρίθηκαν με τον μέσο όρο της ακτινοβολίας του υποβάθρου που ανάγονται σε $3.000 \mu\text{Gy}$ ανά έτος ή $8,2 \text{ Gy}$ ανά ημέρα. Η μετρούμενη δόση ακτινοβολίας της μήτρας ήταν σημαντικά μικρότερη από τη μέση ημερήσια ακτινοβολία υποβάθρου.

Επίσης από τη βιβλιογραφία [55] αναφέρονται τα εύρη δόσεων των εμβρύων ανάλογα με την ακτινολογική εξέταση στους Πίνακες 15,16,17 και 18.

Εξέταση	Δόση (mGy)
Πανοραμική	0-0,001
Πράξεις με DXA (οστεοπυκνόμετρία)	<0,001
Ακτινογραφίες κεφαλής και λαιμού	0,005-0,03
Ακτινογραφία ΑΜΣΣ	<0,03
Ακτινογραφία θώρακος κατά τα δύο πρώτα τρίμηνα της κύησης	<0,01
Ακτινογραφία άνω άκρου	0,001-0,1
Ακτινογραφία κάτω άκρου ως το γόνατο	0,001-0,1
Ακτινογραφία ΘΜΣΣ κατά τα δύο πρώτα τρίμηνα της κύησης	<0,1
Μαστογραφία	<0,1
Υπολογιστική τομογραφία κεφαλιού	<0,005

Πίνακας 15: Κατηγορία I (<0,1mGy αμελητέα δόση στο κύημα) [55]

Πίνακας 16: Δόσεις εμβρύου που δέχεται από ακτινοσκοπικές διαδικασίες. [2]

Εξέταση	Εύρος δόσεων εμβρύου (mGy)
Ακτινογραφία θώρακος 3ο τρίμηνο της κύησης	0,1-0,4
Ακτινογραφία ΘΜΣΣ 3ο τρίμηνο της κύησης	0,1-0,3
Ακτινοσκόπηση ισχίου 1ο τρίμηνο της κύησης	0,09-0,125
Ακτινοσκόπηση ισχίου 2ο τρίμηνο της κύησης	0,127
Ακτινοσκόπηση ισχίου 3ο τρίμηνο της κύησης	0,155
Καθετηριασμός καρδιάς 1ο τρίμηνο της κύησης	0,04-0,2
Καθετηριασμός καρδιάς 2ο τρίμηνο της κύησης	0,3
Καθετηριασμός καρδιάς 3ο τρίμηνο της κύησης	0,6
Υπολογιστική τομογραφία πνευμονικής εμβολής	0,2-0,7
Υπολογιστική τομογραφία πνευμονικής αγγειογραφίας	0,03-0,23

Πίνακας 17: Κατηγορία II (0,1mGy μικρή δόση στο κύημα)[55]

Εξέταση	Εύρος δόσεων εμβρύου (mGy)
Ακτινογραφία κοιλιάς (μόνο προσθιοπίσθια)	1,4-4,2
Ακτινογραφία πυέλου (μόνο προσθιοπίσθια)	1-4
Ακτινογραφία ΟΜΣΣ (μόνο προσθιοπίσθια)	1-10
Βαριούχο γέυμα	1-5,8
Ενδοφλέβια ουρογραφία	1,7-4,8
Χολαγγειογραφία-χολοκυστεογραφία	2-6
Πνευλογραφία	5-7
Υπολογιστική τομογραφία πνευμόνων	1-1,4
Υπολογιστική τομογραφία ήπατος (μερική έκθεση)	2-4,40
Υπολογιστική τομογραφία σπονδυλικής στήλης (κρός κύματος)	3-10

Πίνακας 18: Κατηγορία III (1mGy -10 mGy μεσαία δόση στο κύημα) [55]

Άλλες τυπικές δόσεις εμβρύου μπορούν να βρεθούν από τη βιβλιογραφία [2]

3.8 Αποτελέσματα μεθόδων απεικόνισης με ραδιοφάρμακα: Δοσολογία εμβρυϊκής ακτινοβολίας από 18F-FDG σε έγκυες ασθενείς.

Το αποτέλεσμα της μελέτης (Paolo Zanotti-Fregonara et al, 2015) [44] ήταν ότι οι δόσεις ακτινοβολίας εμβρύου ήταν υψηλότερες στην αρχή της εγκυμοσύνης από ό, τι στα τέλη της εγκυμοσύνης, και μπορεί να υπήρχε σημαντική διακύμανση μεταξύ υποκειμένων. Προτιμάται γενικά όπου γίνεται η απεικόνιση PET / MR λόγω του ότι δεν σχετίζεται με ακτινοβολία εξασθένησης και επιτρέπει πιο ακριβείς δοσιμετρικούς υπολογισμούς. Τα αποτελέσματα της μελέτης ήταν ότι οι εμβρυϊκές δόσεις κυμαίνονταν από $6,29 \cdot 10^{-3}$ έως $2,46 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq. Μια προηγούμενη κένωση της ουροδόχου κύστης μείωσε αυτές τις δόσεις κατά 25% -45%. Οι 2 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε απεικόνιση PET / MR στους οποίους τα περιγράμματα του εμβρύου μπορούσαν να οριοθετηθούν με ακρίβεια - εμφάνισαν τη χαμηλότερη δόση που απορροφήθηκε από το έμβρυο, πιθανότατα λόγω ακριβέστερου σχεδιασμού της περιοχής, με τη συμπερίληψη περιοχών τόσο χαμηλής όσο και υψηλής πρόσληψης δόσης του εμβρύου. Ο πλακούντας, στην απεικόνιση PET / MR, συγκέντρωσε 0,27% της ενέσιμης δραστηριότητας.

Τέλος, η παρούσα μελέτη επιβεβαίωσε περαιτέρω ότι η συνολική έκθεση στην ακτινοβολία του εμβρύου από τις διαδικασίες PET είναι σημαντικά χαμηλότερη από το όριο για ντετερμινιστικά αποτελέσματα. Οι εβδομάδες 3 και 4 της κύησης είναι οι πιο ευαίσθητες για την πρόκληση εμβρυϊκού θανάτου, ο οποίος μπορεί να συμβεί μετά από ακτινοβολία με 100 mGy. Η 4^η εβδομάδα 4 έως την 15^η είναι η πιο ευαίσθητη για μη αναστρέψιμη ανάπτυξη ολόκληρου του σώματος, προκαλώντας μικροκεφαλία και διανοητική καθυστέρηση, οι οποίες μπορούν να εμφανιστούν σε δόσεις μεγαλύτερες από 200 mGy. Μία πλήρης σάρωση με PET / CT είναι απίθανο να αποδώσει περισσότερα από 15-20 mGy στο έμβρυο. Για την απεικόνιση PET / MR, η τιμή είναι πιο πιθανό 5 mGy ή λιγότερο. Ακόμα κι αν υπάρχουν στοχαστικές επιδράσεις, είναι μικρές σε σύγκριση με τους άλλους κινδύνους εγκυμοσύνης.[44]

Ασθενής	Δόση σε 1 ώρα ακύρωσης (mGy/MBq)	Δόση σε 3-5 ώρες ακύρωσης (mGy/MBq)	Δόση εμβρύου σε 1 ώρα ακύρωσης (mGy)	Δόση εμβρύου σε 3-5 ώρες ακύρωσης (mGy)	Ποσοστό δόσης σε 1 ώρα ακύρωσης
1	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$2,46 \cdot 10^{-2}$	5,12	7,28	30
2	$7,25 \cdot 10^{-3}$	$1,31 \cdot 10^{-2}$	2,79	5,04	45
3	$7,70 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-2}$	2,70	4,76	43
4	$4,59 \cdot 10^{-3}$	$6,78 \cdot 10^{-3}$	1,36	2,01	32
5	$4,10 \cdot 10^{-3}$	$6,29 \cdot 10^{-3}$	1,43	2,19	35
6	$6,22 \cdot 10^{-3}$	$8,26 \cdot 10^{-3}$	1,84	2,44	25

Πίνακας 19: Η επίδραση της ακύρωσης της ουροδόχου κύστης στον υπολογισμό της εμβρυϊκής δόσης [56]

Τα αποτελέσματα της μελέτης (Paolo Zanotti Fregonara et al, 2016) [45] ήταν ότι οι μέσες εμβρυϊκές δόσεις με OLINDA / EXM 2.0 ήταν $2,5 \cdot 10^{-2}$ mGy/MBq στην αρχή της εγκυμοσύνης, $1,3 \cdot 10^{-2}$ mGy/MBq στο τέλος του πρώτου τρίμηνου, $8,5 \cdot 10^{-3}$ mGy/MBq στο δεύτερο τρίμηνο και $5,1 \cdot 10^{-3}$ στο τρίτο τρίμηνο. Οι διαφορές σε σύγκριση με τις δόσεις που υπολογίστηκαν με το OLINDA / EXM 1.1 ήταν + 7%, + 70%, + 35% και -8%, αντίστοιχα. Έτσι βγήκε το συμπέρασμα ότι η εξέταση με PET 18F-FDG δεν είναι απόλυτη αντένδειξη σε περιόδους κύησης διότι οι δόσεις παραμένουν πολύ κάτω από το όριο ώστε να προκαλέσουν ντετερμινιστικά αποτελέσματα.

Στη μελέτη (Takalkar AM et al, 2011) [46] αναλύθηκαν οι εξετάσεις PET 18F-FDG σε 5 έγκυες ασθενείς. Λήφθηκαν οι σαρώσεις με PET στην αρχή της εγκυμοσύνης, στο δεύτερο τρίμηνο και στο τρίτο τρίμηνο. Η έκθεση στην εμβρυϊκή δόση από 18F-FDG κυμαίνονται από 1,1 έως 2,43 mGy για διάφορα τρίμηνα κατά την εγκυμοσύνη (εκτός από τον ασθενή στο πρώιμο στάδιο της εγκυμοσύνης, στο οποίο η δραστηριότητα σε ολόκληρη τη μήτρα εκτιμήθηκε ότι ήταν 9,04 mGy). Όλοι οι ασθενείς έδωσαν υγιή βρέφη χωρίς ορατές ανωμαλίες στο τέλος.

Στην μελέτη (Tianwu Xie et al, 2016) [47] αναφέρθηκαν οι απορροφούμενες δόσεις 35 μητρικών οργάνων και 25 εμβρυϊκών οργάνων που αξιολογήθηκαν από 21 συνηθισμένους ραδιοϊχνηθέντες εκπομπής ποζιτρονίων. Για τις περισσότερες στοχευμένες μητρικές περιοχές, εκτός από το τοίχωμα της ουροδόχου κύστης, μειώνεται η απορροφούμενη δόση ελαφρώς με την ηλικία κύησης. Η απορροφούμενη δόση του νεφρού και του ήπαρ του εμβρύου οκτώ εβδομάδων ήταν περίπου 47,45% και 44,76% υψηλότερη από τη μέση απορροφούμενη δόση του συνολικού σώματος του εμβρύου για τους 21 ραδιοϊχνηθέντες που είχαν αξιολογηθεί. Το εμβρυϊκό νεφρό και ήπαρ έλαβαν την υψηλότερη δόση από το 18F-FDG, δηλαδή $4,38 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq και $4,04 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq, την 8η εβδομάδα κύησης. Για το παραπάνω έμβρυο 10 εβδομάδων κύησης, ο μυελός των οστών, εγκεφάλου και θυρεοειδούς έλαβαν τις υψηλότερες απορροφούμενες δόσεις ακτινοβολίας από 18F-FDG από άλλους εμβρυϊκούς ιστούς. Οι απορροφούμενες δόσεις στον μυελό των οστών και του θυρεοειδούς ήταν περίπου 35,1% και 22,4% υψηλότερη από τη μέση απορροφούμενη δόση του συνολικού σώματος εμβρύου στις 10–38 εβδομάδες της εγκυμοσύνης. Οι απορροφούμενες δόσεις από 18F-FDG στο συνολικό σώμα του εμβρύου είναι $3,02 \cdot 10^{-2}$, $2,52 \cdot 10^{-2}$, $2,12 \cdot 10^{-2}$, $1,73 \cdot 10^{-2}$, $1,60 \cdot 10^{-2}$, $1,47 \cdot 10^{-2}$, $1,40 \cdot 10^{-2}$ και $1,32 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq στις 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35 και στην 38η εβδομάδα εγκυμοσύνης όπως αναφέρεται στον Πίνακα 20. Για την 5–15 εβδομάδα της εγκυμοσύνης η υπολογισμένη δόση στο έμβρυο ήταν περίπου 28,1% μεγαλύτερη από αυτή που ανέφεραν οι Paolo Zanotti-Fregonara et al (2015) [44]. Για το έμβρυο την 30ή εβδομάδα της εγκυμοσύνης η δόση εγκάρσιας απορρόφησης από το μητρικό σώμα και η δόση αυτοαπορρόφησης από το εμβρυϊκό σώμα συνέβαλε στο 36% και 47% της συνολικής εμβρυϊκής δόσης, αντίστοιχα, ενώ η μήτρα, ο πλακούντας, το αμνιακό υγρό και ο ομφάλιος λώρος συνέβαλαν στο 17% της εμβρυϊκής δόσης συνολικά. Για τη χορήγηση 18F-FDG σε έγκυες ασθενείς, το συστατικό της δόσης που απορροφάται από το έμβρυο και από το μητρικό σώμα αυξάνεται με την ηλικία

της κύησης, ενώ η απορροφούμενη δόση του εμβρύου αυξάνεται με την ηλικία κύησης. (Πίνακας 20). Επίσης στον πίνακα 21 συγκρίνονται οι εμβρυϊκές απορροφούμενες δόσεις από ¹⁸F-FDG για τις εγκύους ασθενείς από δημοσιευμένες μελέτες και την μελέτη του (Tianwu Xie et al,2016) [47].

Τέλος στην ίδια μελέτη υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τις απορροφούμενες δόσεις στο έμβρυο ανά μονάδα ραδιοφαρμακευτικού προϊόντος που χορηγείται στη μητέρα.

	8 εβδομάδες	10 εβδομάδες	15 εβδομάδες	20 εβδομάδες	25 εβδομάδες	30 εβδομάδες	35 εβδομάδες	38 εβδομάδες
¹¹ C-acetate	2.46*10 ⁻³	2.27*10 ⁻³	2.10*10 ⁻³	2.13*10 ⁻³	2.15*10 ⁻³	2.06*10 ⁻³	2.05*10 ⁻³	1.98*10 ⁻³
¹¹ C-amino acids	5.55*10 ⁻³	4.94*10 ⁻³	3.84*10 ⁻³	3.65*10 ⁻³	3.59*10 ⁻³	3.38*10 ⁻³	3.35*10 ⁻³	3.18*10 ⁻³
¹¹ C brain receptor substances	7.49*10 ⁻³	6.64*10 ⁻³	4.22*10 ⁻³	3.81*10 ⁻³	3.62*10 ⁻³	3.39*10 ⁻³	3.34*10 ⁻³	3.12*10 ⁻³
¹¹ C-methionine	1.29*10 ⁻²	1.16*10 ⁻²	5.41*10 ⁻³	4.38*10 ⁻³	3.77*10 ⁻³	3.47*10 ⁻³	3.38*10 ⁻³	3.04*10 ⁻³
¹¹ C (realistic maximum model)	2.22*10 ⁻²	1.98*10 ⁻²	8.03*10 ⁻³	6.01*10 ⁻³	4.82*10 ⁻³	4.34*10 ⁻³	4.15*10 ⁻³	3.58*10 ⁻³
Methyl- ¹¹ C thymidine	3.30*10 ⁻³	3.02*10 ⁻³	2.81*10 ⁻³	2.85*10 ⁻³	2.89*10 ⁻³	2.78*10 ⁻³	2.79*10 ⁻³	2.71*10 ⁻³
¹¹ C-thymidine	3.37*10 ⁻³	2.93*10 ⁻³	2.63*10 ⁻³	2.60*10 ⁻³	2.61*10 ⁻³	2.48*10 ⁻³	2.46*10 ⁻³	2.36*10 ⁻³
¹¹ C-SA4503	3.77*10 ⁻³	3.49*10 ⁻³	3.19*10 ⁻³	3.15*10 ⁻³	3.17*10 ⁻³	3.01*10 ⁻³	3.03*10 ⁻³	2.92*10 ⁻³
¹¹ C-MPDX	4.50*10 ⁻³	4.01*10 ⁻³	3.52*10 ⁻³	3.41*10 ⁻³	3.41*10 ⁻³	3.23*10 ⁻³	3.21*10 ⁻³	3.07*10 ⁻³
¹¹ C-TMSX	4.46*10 ⁻³	3.96*10 ⁻³	3.48*10 ⁻³	3.41*10 ⁻³	3.42*10 ⁻³	3.25*10 ⁻³	3.23*10 ⁻³	3.09*10 ⁻³
¹¹ C-CHIBA-1001	4.42*10 ⁻³	4.30*10 ⁻³	3.89*10 ⁻³	3.55*10 ⁻³	3.45*10 ⁻³	3.15*10 ⁻³	3.20*10 ⁻³	3.05*10 ⁻³
¹¹ C-4DST	5.75*10 ⁻³	5.13*10 ⁻³	3.80*10 ⁻³	3.61*10 ⁻³	3.53*10 ⁻³	3.35*10 ⁻³	3.31*10 ⁻³	3.15*10 ⁻³
¹⁵ O-water	4.75*10 ⁻⁴	5.38*10 ⁻⁴	4.73*10 ⁻⁴	4.78*10 ⁻⁴	4.67*10 ⁻⁴	4.40*10 ⁻⁴	4.38*10 ⁻⁴	4.23*10 ⁻⁴
¹⁸ F-amino acids	2.15*10 ⁻²	2.52*10 ⁻²	1.69*10 ⁻²	1.57*10 ⁻²	1.49*10 ⁻²	1.43*10 ⁻²	1.40*10 ⁻²	1.31*10 ⁻²
¹⁸ F brain receptor substances	2.54*10 ⁻²	2.81*10 ⁻²	1.73*10 ⁻²	1.59*10 ⁻²	1.50*10 ⁻²	1.43*10 ⁻²	1.41*10 ⁻²	1.32*10 ⁻²
¹⁸ F-FDG	2.90*10 ⁻²	3.09*10 ⁻²	1.79*10 ⁻²	1.59*10 ⁻²	1.47*10 ⁻²	1.40*10 ⁻²	1.37*10 ⁻²	1.27*10 ⁻²
¹⁸ F-L-DOPA	5.06*10 ⁻²	4.84*10 ⁻²	2.26*10 ⁻²	1.85*10 ⁻²	1.57*10 ⁻²	1.46*10 ⁻²	1.40*10 ⁻²	1.25*10 ⁻²
¹⁸ F-FBPA	4.01*10 ⁻²	4.28*10 ⁻²	2.20*10 ⁻²	1.88*10 ⁻²	1.68*10 ⁻²	1.59*10 ⁻²	1.53*10 ⁻²	1.41*10 ⁻²
¹⁸ F-FDOPA	5.52*10 ⁻²	5.40*10 ⁻²	2.61*10 ⁻²	2.16*10 ⁻²	1.86*10 ⁻²	1.73*10 ⁻²	1.66*10 ⁻²	1.49*10 ⁻²
⁶⁸ Ga-EDTA	4.43*10 ⁻²	4.57*10 ⁻²	2.23*10 ⁻²	1.90*10 ⁻²	1.68*10 ⁻²	1.57*10 ⁻²	1.50*10 ⁻²	1.38*10 ⁻²

Πίνακας 20: Σύγκριση αποτελεσμάτων εμβρυϊκών δόσεων από ραδιοχημεία σε εγκύους γυναίκες σε 10⁻² διαφορετικές περιόδους κύησης

Δοσολογία απορρόφησης εμβρύου από 18F-FDG						
Ασθενής	Στάδιο κύησης (εβδομάδα)	Δραστηριότητα (MBq)	Οι τιμές αναφέρονται σε δημοσιεύσεις		Η παραπάνω έρευνα	
			Δόση στο έμβρυο (mGy/MBq)	Συνολική Δόση στο έμβρυο (mGy)	Δόση στο έμβρυο (mGy/MBq)	Συνολική Δόση στο έμβρυο (mGy)
1	5	296	$2.46 \cdot 10^{-2}$	7.28	$3.27 \cdot 10^{-2}$	9.6
2	12	385	$1.31 \cdot 10^{-2}$	5.04	$1.62 \cdot 10^{-2}$	6.2
3	12	350	$1.36 \cdot 10^{-2}$	4.76	$1.73 \cdot 10^{-2}$	6.06
4	19	296	$6.78 \cdot 10^{-3}$	2.01	$1.43 \cdot 10^{-2}$	4.2
5	19	348	$6.29 \cdot 10^{-3}$	2.19	$1.29 \cdot 10^{-2}$	4.50
6	28	296	$8.26 \cdot 10^{-3}$	2.44	$1.38 \cdot 10^{-2}$	4.08
7	18	200	$1.03 \cdot 10^{-2}$	2.06	$1.14 \cdot 10^{-2}$	2.27
8	25	337	$7.41 \cdot 10^{-3}$	2.50	$1.33 \cdot 10^{-2}$	4.49
9	28	174	$6.93 \cdot 10^{-3}$	1.21	$9.70 \cdot 10^{-3}$	1.6
10	30	229	$1.17 \cdot 10^{-2}$	2.68	$1.38 \cdot 10^{-2}$	3.17
11	23	181	$7.27 \cdot 10^{-3}$	1.32	$1.30 \cdot 10^{-2}$	2.35

Πίνακας 21: Σύγκριση των εμβρυϊκών απορροφούμενων δόσεων από 18F-FDG για τις εγκύους ασθενείς

Από τη μελέτη των (Hays MT et al, 2002) [58], τις τιμές από τη βιοκινητική και από το MIRN βρέθηκαν οι εμβρυϊκές δόσεις σε κύηση εννέα μηνών που ήταν $2,2 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq στην πρώιμη εγκυμοσύνη, $2,2 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq σε τριών μηνών εγκυμοσύνη, $1,7 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq σε έξι μηνών εγκυμοσύνη και $1,7 \cdot 10^{-2}$ mGy / MBq σε εννέα μηνών εγκυμοσύνη. Στον παρακάτω πίνακα 22 αναφέρονται οι δόσεις στο θυρεοειδή του εμβρύου (mGy στο θυρεοειδή του εμβρύου ανά MBq) που χορηγείται στη μητέρα από τη βιβλιογραφία [47].

Πίνακας 22: Δόσεις στο θυρεοειδή του εμβρύου (mGy στο θυρεοειδή του εμβρύου ανά MBq) που χορηγείται στη μητέρα από τη βιβλιογραφία [47]

Ηλικία Κύησης (μήνας)	I^{123}	I^{124}	I^{125}	I^{131}
3	2.7	24	290	230
4	2.6	27	240	260
5	6.4	76	280	580
6	6.4	100	210	550
7	4.1	96	160	390
8	4.0	110	150	350
9	2.9	99	120	270

3.10 Αποτελέσματα δόσης εμβρύου σε έγκυους ασθενείς με θυρεοειδή που έλαβαν κατά λάθος Ραδιοϊώδιο για διάγνωση και θεραπεία.

Στην μελέτη των (Mustafa Demir et al 2019) [49] προέκυψε ο παρακάτω Πίνακας 23:

Ραδιοφάρμακο	Πρώιμη περίοδος	3 μήνες	6 μήνες	9 μήνες
¹³¹ I Ραδιοϊώδιο	$7.2 \cdot 10^{-2}$ mGy/MBq	$6.8 \cdot 10^{-2}$ mGy/MBq	$2.3 \cdot 10^{-1}$ mGy/MBq	$2.7 \cdot 10^{-1}$ mGy/MBq
¹³¹ I: Ραδιοϊώδιο ¹³¹ I				

Πίνακας 23: Δόσεις ανά μονάδα δραστηριότητας (MBq) που δίδονται στο έμβρυο (mGy) από ραδιοϊώδιο ¹³¹I που χορηγείται στη μητέρα

Η μέση δόση εμβρύου τριών εγκύων ασθενών, οι οποίες έλαβαν 0,37 MBq (10 μCi) ¹³¹I από το στόμα για τη δοκιμή πρόσληψης θυρεοειδούς, υπολογίστηκε ως 0,063 mGy. Για σπινθηρογράφημα, εφαρμόστηκαν 1,85 MBq (0,05 mCi) ¹³¹I σε 6 ασθενείς, η υπολογισμένη μέση εμβρυϊκή δόση ήταν 0,13 mGy και η δόση του θυρεοειδούς του εμβρύου ήταν 1073 mGy (1,073 Gy). Η μέση δόση εμβρύου τριών ασθενών που χορηγήθηκαν 185 MBq (5 mCi) ¹³¹I για σπινθηρογράφημα ολόκληρου του σώματος υπολογίστηκε 13,2 mGy. Για χορήγηση 370 MBq (10 mCi) ¹³¹I από το στόμα η δόση εμβρύου ήταν 26,64 mGy ενώ η δόση του θυρεοειδούς του εμβρύου ήταν 215340 mGy (215,34 Gy). Για χορήγηση 481 MBq (13 mCi) ¹³¹I η δόση εμβρύου ήταν 34,63 mGy. Για χορήγηση 3700 MBq (100 mCi) ¹³¹I η δόση του εμβρύου ήταν 266,64 mGy. Τέλος, για ληψη 5555 MBq (150 mCi) ¹³¹I στην 15η εβδομάδα κύησης, η δόση του εμβρύου ήταν 377,8 mGy και η δόση του θυρεοειδούς του εμβρύου ήταν 3221,9 Gy.

Η διαγνωστική χορήγηση ¹³¹I πριν από τη 10η εβδομάδα της εγκυμοσύνης δεν μπορεί να οδηγήσει στον τερματισμό της εγκυμοσύνης. Ενώ όταν η δόση ακτινοβολίας εμβρύου σε έγκυες γυναίκες στις οποίες έχει χορηγηθεί ¹³¹I υπολογίζεται μεγαλύτερη από 100 mGy, πρέπει να γίνεται εκτίμηση των δυνητικών κινδύνων στο έμβρυο (Πίνακας 24).

	Ασθενείς χωρίς λόγο χορήγησης	Χορηγούμενη δόση MBq (mCi)	Περίοδος κύησης (Εβδομάδα, Ημέρα)	Δόση Εμβρύου (mGy)	Δόση θυρεοειδούς εμβρύου (mGy)	Παρακολούθηση της εγκυμοσύνης
Χαμηλή δόση (διαγνωστική)	1. ΠΘ	0.37 (0.01)	3E, 3H	0.063	-	Υγιή γέννηση
	2. ΠΘ	0.37 (0.01)	3E, 1H	0.063	-	Υγιή γέννηση
	3. ΠΘ	0.37 (0.01)	6E, 2H	0.063	-	Εκτός παρακολούθησης
	4. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	2E, 5H	0.13	-	Ιατρική άμβλωση, Υγιή γέννηση
	5. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	11E, 4H	0.12	425 (0.425 Gy)	Υγιή γέννηση
	6. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	2E, 5H	0.13	-	Εκτός παρακολούθησης
	7. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	10E, 3H	0.12	425 (0.425 Gy)	Υγιή γέννηση
	8. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	5E, 5H	0.13	-	Εκτός παρακολούθησης
	9. ΣΠΘ	1.85 (0.05)	3E, 5H	0.13	-	Υγιή γέννηση
	10. ΣΟΣ	185 (5)	5E, 2H	13.2	-	Υγιή γέννηση
	11. ΣΟΣ	185 (5)	6E, 3H	13.2	-	Θάνατος
	12. ΣΟΣ	185 (5)	2E, 4H	13.2	-	Υγιή γέννηση

Υψηλή Δόση (θεραπεία)	11. ΘΥ	370 (10)	11E, 5 H	26.64	85100 (85.1 Gy)	Ιατρική άμβλωση,
	12. ΘΥ	481 (13)	3 E, 0 H	34.63	-	Υγή γέννηση
	13.ΘΚΘ	3700 (100)	2 E, 3 H	266.4	-	Ιατρική άμβλωση,
	14. ΘΚΘ	5555 (150)	13E, 0 H	377.8	1277650 (1277.6 Gy)	Ιατρική άμβλωση,
ΠΘ: Πρόσληψη θυρεοειδούς, ΣΠΘ: Σπινθηρογραφία πρόσληψης θυρεοειδούς, ΣΟΣ: Σπινθηρογραφία ολόκληρου του σώματος, ΘΥ: Θεραπεία του υπερθυρεοειδισμού,ΘΚΘ: Θεραπεία του καρκίνου του θυρεοειδούς, E: Εβδομάδα, H: Ημέρα						

Πίνακας 24: Δόσεις εμβρύου και θυρεοειδούς του εμβρύου που υπολογίστηκαν μετά τη χορήγηση ¹³¹I

3.11 Αποτελέσματα Μεθοδολογιών Ακτινοθεραπείας

Στην μελέτη (Evangelos Pantelis et al, 2016) [50] έγινε μέτρηση με θάλαμο Farmer που βρισκόταν σε βάθος 8,5 cm σε ομοίωμα και η δόση υπολογίστηκε $4,4 \pm 0,1$ cGy και $4,1 \pm 0,1$ cGy για την κεφαλή και τα πόδια του εμβρύου, που βρισκόταν σε απόσταση 56 cm και 72 cm από το ισόκεντρο, αντίστοιχα. Η μέση τιμή δόσης εμβρύου ήταν $4,2 \pm 0,1$ cGy και υπολογίστηκε με στάθμιση των παραπάνω μετρήσεων από το θάλαμο ιονισμού και σχετική μέτρηση με χρήση φιλμ.

Η μέση τιμή των δόσεων στην επιφάνεια $7,5 \pm 0,4$ cGy και υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας το φιλμ τοποθετημένο πάνω στην επιφάνεια του ομοιώματος σε απόσταση 56 cm.

Αυτό υποδηλώνει ότι η μέση επιφανειακή δόση ήταν 1,8 φορές υψηλότερη από την αντίστοιχη μέση δόση στο έμβρυο. Αντίστοιχα αποτελέσματα δοσιμετρίας που λαμβάνονται χρησιμοποιώντας τρία φιλμ πάνω στο δέρμα του ασθενούς με μέσο όρο $5,8 \pm 0,4$ cGy.

Από αυτά τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε ότι η εμβρυϊκή δόση βρίσκεται με ασφάλεια κάτω από την τιμή κατωφλίου των 10 cGy για συγγενείς δυσπλασίες και καθυστέρηση πνευματικής και σωματικής ανάπτυξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Οδηγίες Ακτινοπροστασίας για εγκύους ασθενείς

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία [13] η ασθενής θα πρέπει να ερωτηθεί ρητά, προφορικά ή γραπτώς, αν μπορεί να είναι έγκυος ή μπορεί να έχει χάσει κάποια περίοδο. Αν υπάρχει αμφιβολία εγκυμοσύνης, ιδίως όταν υπάρχει καθυστέρηση στην περίοδο, το περιστατικό θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως εγκυμοσύνη. Εάν δεν διαγνωστεί αλλά υπάρχει πιθανότητα εγκυμοσύνης, μπορεί να εφαρμοστεί ο κανόνας των 10 ημερών. Με βάση τον κανόνα αυτό, οι εξετάσεις επιτρέπονται μόνο μέσα στις πρώτες 10 ημέρες



Εικόνα 3: Από Βικιπαίδεια η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια

μετά την τελευταία εμμηνόρροια, αλλά και πάλι είναι πιθανό να υπάρχει εγκυμοσύνη. Εάν επιβεβαιωθεί η εγκυμοσύνη ή εάν η γυναίκα πρέπει να αντιμετωπιστεί ως έγκυος τότε θα πρέπει να ελεγχθεί αν η εξέταση μπορεί να γίνει χωρίς τη χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών. Αν όμως δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτό είναι θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την ακτινοπροστασία της εγκύου ασθενούς.

Η μείωση της δόσης στο αγέννητο παιδί μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους τρόπους όπως για παράδειγμα να ληφθούν λιγότερες ακτινογραφικές εικόνες, να επιλεγθούν οι προβολές, να περιοριστεί ο φθοροσκοπικός χρόνος στο ελάχιστο, και να χρησιμοποιηθεί θωράκιση.

Όσο αφορά τη χρήση ραδιοφαρμάκων τα οποία μεταφέρονται από τον πλακούντα στο έμβryo το κύημα, προκύπτει κάποια δόση ακτινοβολίας στους εμβρυϊκούς ιστούς αλλά και από εξωτερική ακτινοβολία από τα ραδιοφάρμακα που υπάρχουν στα όργανα της μητέρας (π.χ. στην ουροδόχο κύστη) και στους ιστούς. Μέσω του πλακούντα μπορούν να μεταφερθούν οι χημικές και βιολογικές ιδιότητες των ραδιοφαρμακευτικών προϊόντων. Για τη μείωση της δόσης θα πρέπει να επιλέγονται προσεκτικά το ραδιοφαρμάκo και το ραδιονουκλίδιο που θα χορηγηθεί για την ελαχιστοποίηση της δόσης στο έμβryo. Στην πυρηνική ιατρική, λόγω του ότι η μητέρα μπορεί να αποτελεί για κάποιο χρονικό διάστημα πηγή ακτινοβολίας μετά την θεραπεία ή την εξέταση θα πρέπει να παρέχονται συμβουλές από τους ειδικούς για αποφυγή των επιπτώσεων.

Τέλος, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος ασθενών με μη επιβεβαιωμένη κύηση, η ακτινοθεραπεία θα πρέπει να γίνεται μέχρι τις πρώτες δέκα ημέρες μετά την έναρξη της εμμήνου ρύσεως. Πριν ληφθεί μια απόφαση σχετικά με την ακτινοθεραπεία της μητέρας, η δόση στο αγέννητο παιδί θα πρέπει να εκτιμηθεί προσεκτικά. Εάν υπάρξουν ως αποτέλεσμα ντετερμινιστικές επιδράσεις ή οδηγήσουν σε υψηλή πιθανότητα στοχαστικής θα πρέπει να τερματιστεί η εγκυμοσύνη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Βάση Δεδομένων

Απο τις παραπάνω μελέτες και τις βιβλιογραφίες καταγράφηκαν τα δεδομένα απορροφούμενων δόσεων εμβρύων και των ονομαστικών εμβρυικών δόσεων στους παρακάτω Πίνακες 25, 26 και 27 χωρίζοντας τις εξετάσεις σε ακτινοδιαγνωστικές ,κοιλιακές- πυελικές ακτινοδιαγνωστικές, διάφορες εξετάσεις και εξετάσεις ακτινοθεραπείας.

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση "Τυπική εκτίμηση" (mGy)	Αναφερόμενο εύρος δόσης (mGy)	Αναφορές
Οδοντιατρική	-	~0-6,9	[42],[59]
Κρανίο (Ακτινογραφία)	~0	0,005-0,03	[7],[8],[53],[59]
Αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης	-	<0.005-0.03	[59]
Σπονδυλική στήλη	<0,001	3-10	[10],[59],[55]
Άκρα	-	<0,001-0,18	[10],[59]
Ωμος	-	<0,005-0,03	[59]
Θωρακική μοίρα	0,07	<0,001-0,43	[7],[10],[60],[24],[59]
Στήθος	<0,01	-	[10],[60],[59]
Μαστογραφία	<0,1	<0,1	[7],[59],[2]
Μηριαίος	-	0,0,1-0,50	[59]
Πόδι	<0,0001	-	[59]
Σάρωση πνευμονικής εμβολής	-	0,20-0,80	[59]
CT, Στήθος	0,06	0,02-0,2	[7],[8],[10],[59]
CT, πνευμονική αγγειογραφία	-	0,003-5,8	[21],[59],[34]
CT, Πνέυμονα	1,20	1,0-1,4	[59]
CT, αγγειογραφία στεφανιαίων αρτηριών	0,10	-	[10]
CT, πνευμονικής εμβολής	0,70	0,20-0,70	[10],[61]
CT scan (αξονική τομογραφία)	-	9.00-13.60 mGy / 100 mAs	[20]
IMPACT (λογισμικό υπολογισμού δόσης για αξονική τομογραφία)	-	12.,00 mGy / 100 mAs	[19]
CT-Expo (λογισμικό υπολογισμού δόσης για αξονική τομογραφία)	-	11,70 mGy / 100 mAs	[19]
Αξονική Τομογραφία	-	0,04- 1,04 mGy	[21]
Αξονική πολυτραυματία	-	9,8-12,6 mGy	[21]
Μέθοδος MDCT σάρωση στο στήθος 3μηνου	-	0,13 mGy / 100 mAs	[24]
Μέθοδος MDCT θωρακική σάρωση 6 μηνών	-	0,21 mGy / 100 mAs	[24]

Μέθοδος MDCT θωρακική σάρωση 9 μηνών	-	0,26 mGy / 100 mAs	[24]
Σάρωση με DXA (οστεοπυκνομετρία)	-	<0,001	[55]
Ακτινογραφία ΑΜΣΣ(αυχενική μείρα της σπονδυλικής στήλης)	-	<0,03	[55]
Ακτινοσκόπηση ισχίου 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,09-0,125	[55]
Ακτινοσκόπηση ισχίου 2ο τρίμηνο της κύησης	-	0,127	[55]
Ακτινοσκόπηση ισχίου 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,155	[55]
Καθετηριασμός καρδιάς 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,04-0,2	[55]
Καθετηριασμός καρδιάς 2ο τρίμηνο της κύησης	-	0,3	[55]
Καθετηριασμός καρδιάς 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,6	[55]
Υπολογιστική τομογραφία πνευμόνων	-	1-1,4	[55]
Πολυτραυματικές CT εξετάσεις	-	9,8-12,6 mGy	[21]
ΟΕΜ εμβρυακές αξονικές τομογραφίες	-	0,55 ± 0,10 mGy	[30]

Πίνακας 25: Εκτιμώμενη απορροφούμενη δόση εμβρύου από ακτινοδιαγνωστικές εξετάσεις.

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση "Τυπική εκτίμηση" (mGy)	Αναφερόμενο εύρος (mGy)	Αναφορές
Οσφυϊκή μοίρα σπονδυλική στήλη	4	0,20-40,00	[7],[10],[59]
Κοιλιά (νεφρά, ουρητήρες και ουροδόχος κύστη)	4	0,21-19,0	[7],[10],[62],[59]
Ακτινογραφία κοιλιάς	1,4	1,4-12	[8],[53],[55]
Κοιλιά (ασθενής πάχους 21 cm)	1	-	[10]
Κοιλιά (ασθενής πάχους 33 cm)	3	-	[7],[10]
Λεκάνη	2	0,16-22,0	[7],[59]
Πιελοβιομετρία φιλμ	10	0,35-55,0	[63],[59]
Ψηφιακή Πιελοβιομετρία	0,5	0,05-0,35	[63],[59]
Γοφοί και μηριαίοι	3	0,73-14,0	[59]
Ακτινοσκοπία κατάγματος ισχίου, πρώτο τρίμηνο	-	0,09-0,125	[64]
Ακτινοσκοπία κατάγματος ισχίου, δεύτερο τρίμηνο	0,127	-	[64]
Ακτινοσκοπία κατάγματος ισχίου, τρίτο τρίμηνο	0,155	-	[64]
Οστική πυκνότητα: διπλή ακτινογραφία νοτιαίου και ισχίου	-	0,002-0,005	[65]
Ουρογραφία, IV ή οπισθοδρομικό πνελόγραμμα	6	0,70-55,0	[59]
Ουρηθροκυστογραφία	-	2,70-41,0	[59]
Ουροδόχος κύστη (πρόσθια - οπίσθια)	3,90	0,56-11,00	[59]
CT,κοιλιά (ρουτίνα)	10	4-60	[8],[10],[61],[62],[19],[59]
CT,κοιλιά (πρωτόκολλο νεφρικής πέτρας)	10	4-10	[10],[61]
CT,σκοληκοειδίτιδα	16	4-45	[61],[59]
CT,κοιλιά, δεύτερο , τρίτο τρίμηνο	-	30-45	[55]
CT, πιελομετρία (μονό κομμάτι)	2,5	1,6-5	[59]
CT,τραύμα (στήθος / κοιλιά / λεκάνη) πρώτο τρίμηνο	-	9,25-37,7	[59]
CT, λεκάνη	25	6,7-114,0	[7],[8],[16],[59]
CT,οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης	2,5	2-8,6	[7],[8],[59]
CT, συκώτι	3,6	2,0-4,4	[59]
Σάρωση νεφρικής πέτρας,	-	0,4-1,2 cGy	[23]
Πνελογραφία	-	5-7	[55]
Ακτινογραφία ουροδόχου κύστης	-	0,56-11	[55]

Έλεγχος αιμορραγίας διηθημένου πλακούντα 3ο τρίμηνο κύησης	-	3-29	[55]
Σαλπινγογραφία	-	3-92	[55]
Αγγειογραφία χοληφόρων	-	1-56	[55]
Ακτινοσκοπική εισαγωγή stent	-	44	[55]
Προφυλακτικός εμβολιασμός αρτηρίας της μήτρας	-	11-20	[55]
Multidetector computed tomographic (CT) (Monte Carlo Simulations) κοιλιακή-πυελική εξέταση	10 –14 mGy/100 mAs	7.3-11.2 mGy / 100 mAs	[10]
Μέθοδος MDCT σάρωση νεφρά	-	0,57 mGy / 100 mAs	[24]
Υπολογιστική τομογραφία ήπατος (μερική έκθεση)	-	2-4,40	[55]
CTPA	-	3,95-4,52 mSv	[33]
Λεμφοσκόπηση (lymphoscintigraphy) κοιλιακής περιοχής	-	1,17 ± 0,87 μGy	[54]

Πίνακας 26: Εκτιμώμενη απορροφούμενη δόση εμβρύου από κοιλιακές και πυελικές Ακτινοδιαγνωστικές εξετάσεις

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση "Τυπική εκτίμηση" (mGy)	Αναφερόμενο εύρος (mGy)	Αναφορές
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, πρώτο τρίμηνο	0,15	0,04-0,20	[7],[59]
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, δεύτερο τρίμηνο	0,3	-	[59]
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, τρίτο τρίμηνο	0,6	-	[59]
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολή, πρώτο τρίμηνο	0,02	0,006-0,05	[59]
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολή, δεύτερο τρίμηνο	0,09	0,022-0,26	[59]
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολή, τρίτο τρίμηνο	0,46	0,278-0,89	[59]
Χολοκυστογραφία χολαγγειογραφία	1	0,05-16,0	[59]
Υστεροσαλπιγγογραφία	10	2,7-92	[59]
Βαριούχος υποκλεισμός	10	0,28-130	[7],[59],[62]
Γεύμα βαρίου (ανώ γαστρεντερικό)	1,5	0,1-5,8	[7],[59],[55]
Μελέτη του λεπτού εντέρου	7	-	[10]
Διαζυγική ενδοηπατική λιποσυστημική παρακέντηση (TIPS), δεύτερο τρίμηνο	5,5	-	[59]
CT, αγγειογραφία αορτής (στήθος μέσω λεκάνης)	34	-	[10]
CT, νεφροστομία χαμηλής δόσης	0,1	0,094-0,16	[59]
Εμβολή ινομώματος της μήτρας	42	-	[59]
Εμβολιασμός κισσοκήλης	15,80	-	[59]
Διουρηθρικό στεντ	44	-	[59]
Αντιδιαβρωτικό ουρητήριο stent	2,5	-	[59]
Οπισθοδρόμηση ουρητηριακού στεντ	0,4	0,03-0,79	[59]
Νεφροστομία	1,1	-	[59]
Ενδοφλέβιο ουρογράφημα (ενδοφλέβιο πυελόγραμμα)	-	1,7-12,6	[7],[59],[55]
Μη ενισχυμένο CT, νεφρά, ουρητήρες και ουροδόχο κύστη	17,7	-	[59]
Εμβολιασμός διακαθετήρα για πνευμονικό AVM	-	<0,5-2,2	[59]
Εγκεφαλική αγγειογραφία (τέσσερα αγγεία)	0,06	-	[7]
Ενδοσκοπική οπισθοδρομική χολαγγειοπαγκρεατογραφία	3,1	0,01-55,9	[7],[59]
Εξέταση οδοντικής ακτινογραφίας	-	0,009 - 6,9	[42]

Πίνακας 27: Εκτίμηση της δόσης ακτινοβολίας εμβρύου από διάφορες εξετάσεις.

Σημείωση: AVM = αρτηριοφλεβική δυσπλασία, TIPS = Διαζυγική ενδοηπατική λιποσυστημική παρακέντηση.

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση "Τυπική εκτίμηση" (mGy)	Αναφερόμενο εύρος (mGy)	Αναφορές
¹³¹ I για θεραπεία	-	26,64-377,80	[47]
Γλοίωμα βαθμού III με Cyberknife	-	4,2 ± 0,1 cGy	[50]

Πίνακας 28: Δόσεις εμβρύου από εξετάσεις Ακτινοθεραπείας

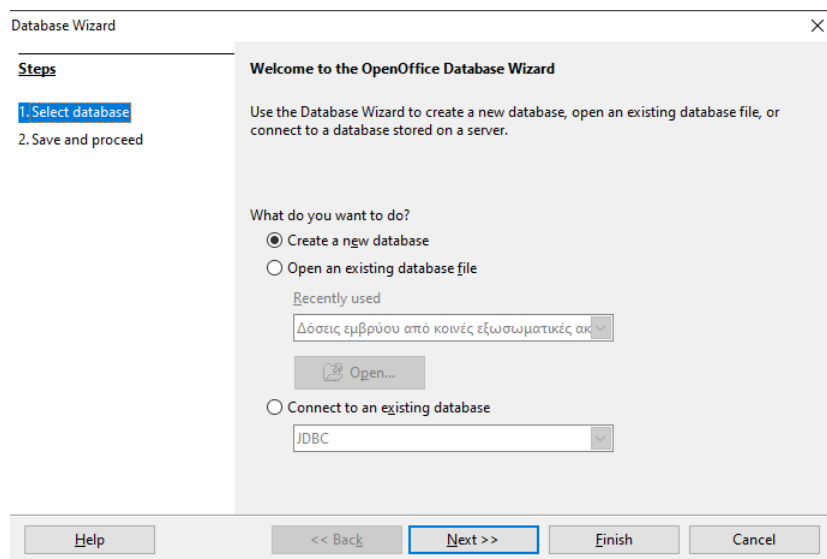
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Δημιουργία Βάσης Δεδομένων με το Πρόγραμμα Apache OpenOffice 4

Ο σκόπος της Βάσης Δεδομένων ήταν η συγκέντρωση των εξετάσεων και των απορροφούμενων εμβρυϊκών δόσεων που συλλέχθηκαν από τη βιβλιογραφία, σε πίνακες καθώς και η γρήγορη και εύκολη αναζήτηση των δεδομένων αυτών μέσω των Ερωτημάτων (Queries) μέσω του προγράμματος Apache OpenOffice 4. Έτσι δημιουργήθηκαν έξι βάσεις δεδομένων ως προς το είδος των εξετάσεων ιοντιζουσών ακτινοβολιών, σε ένα από τα πεδία (fields) των βάσεων αυτών ονομάστηκε “Αναφορά” και περιείχε τις αναφορές απ’ όπου συλλέχθηκαν οι απορροφούμενες δόσεις εβρύων που αναφέρονται σε προηγούμενο πεδίο. Η στήλη των αναφορών σχετίζεται με μία καινούργια βάση δεδομένων που εμπεριέχονται όλες οι αναφορές όλων των βάσεων όλων των εξετάσεων.

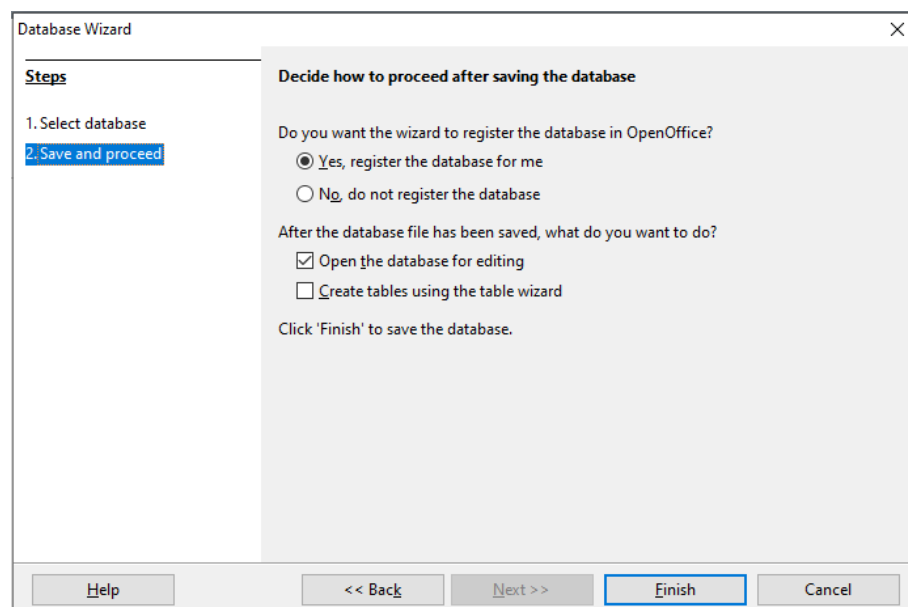


Εικόνα 4: Περιβάλλον Apache OpenOffice 4

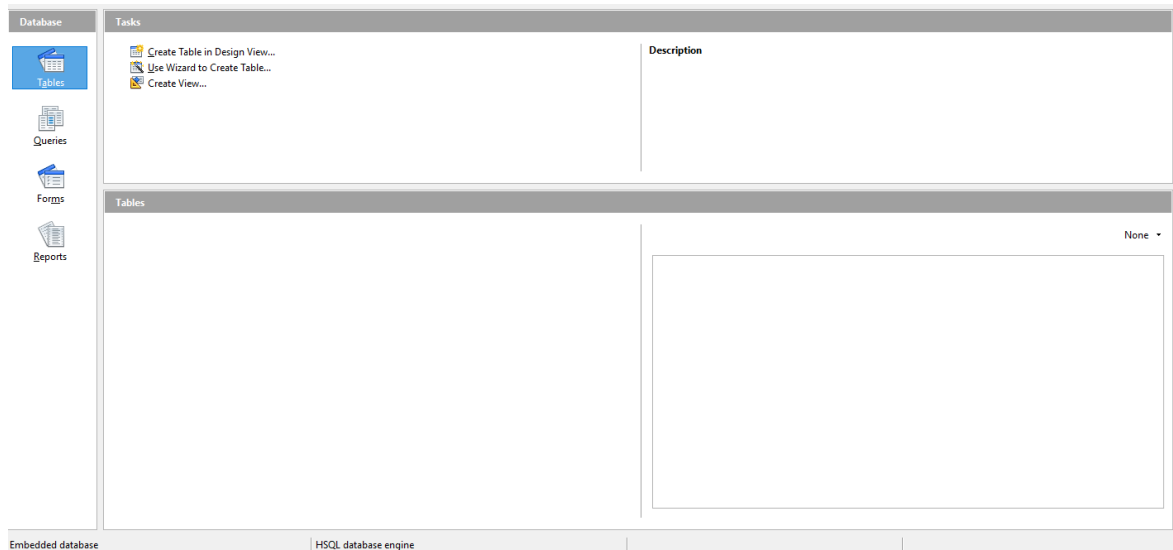
Αρχικά δημιουργήθηκε η πρώτη Βάση Δεδομένων:



Εικόνα 5: Δημιουργία Βάσης Δεδομένων

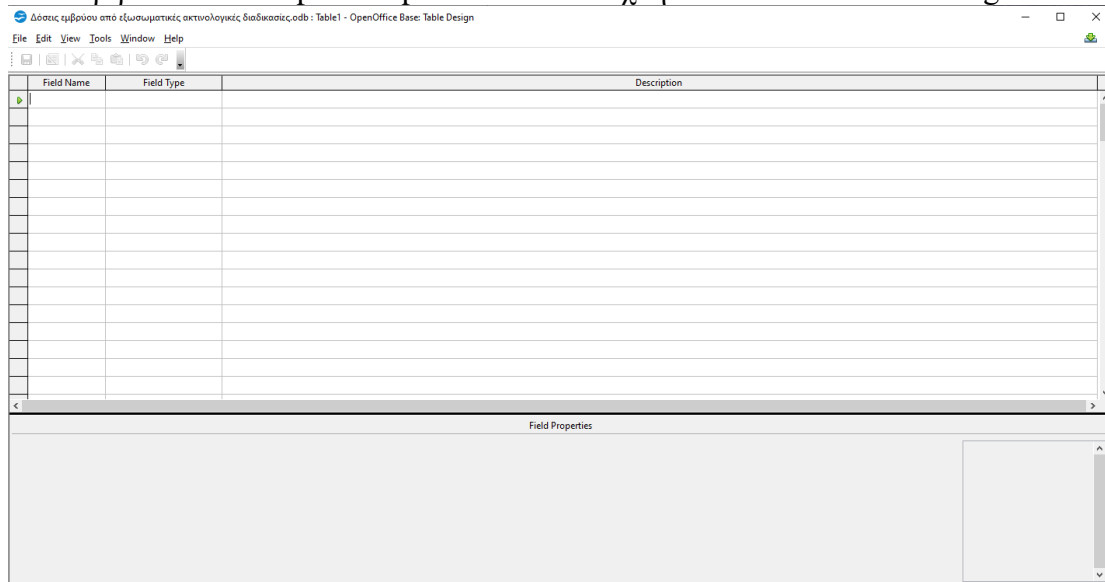


Εικόνα 6: Τρόπος αποθήκευσης βάσης δεδομένων



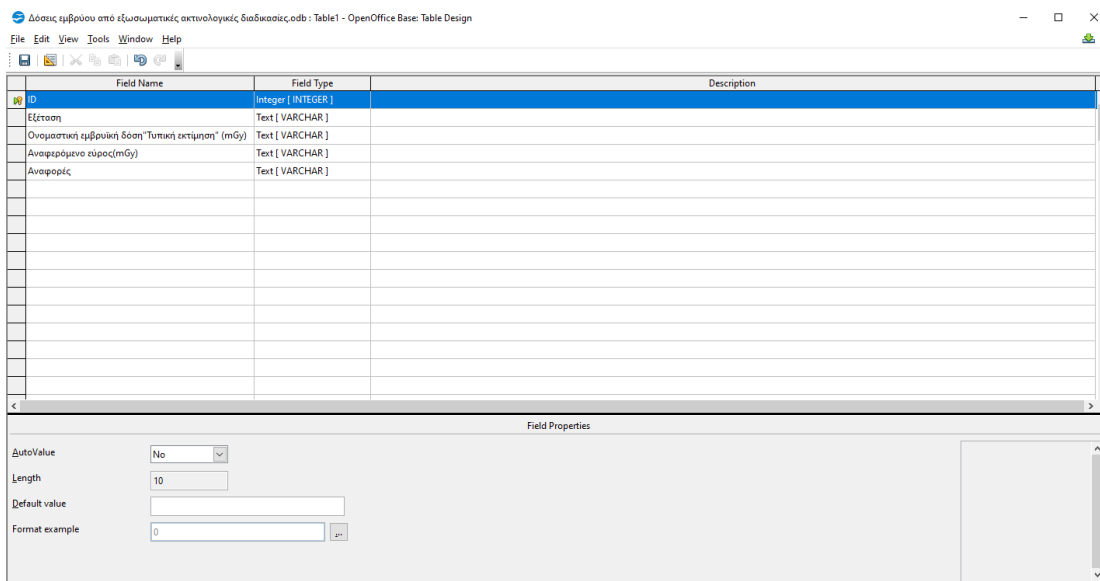
Εικόνα 7: Το περιβάλλον του Apache OpenOffice4

Στο περιβάλλον του Apache OpenOffice4 επιλέχθηκε “Create Table in Design View”.



Εικόνα 8: Συμπλήρωση των πεδίων(FIELDS)

Στη στήλη Field Name συμπληρώνουμε το όνομα της στήλης που θα έχει η βάση δεδομένων. Στη στήλη Field Type επιλέγουμε αν τα δεδομένα που θα εισάγουμε θα είναι αριθμοί, κείμενο και άλλα. Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε “κείμενο” και ρυθμίστηκε το Length με 100-500 χαρακτήρες ώστε να μπορέσουν να χωρέσουν τα δεδομένα χωρίς σφάλμα. Τέλος, στη στήλη Description μπορεί να προστεθεί κάποια περιγραφή ή σχόλιο.



Εικόνα 11: Ορίζοντας ως Primary key το πεδίο "Εξετάσεις"

Επίσης κατά την αποθήκευση το σύστημα ορίζει ως Primary key μία στήλη ID η οποία αριθμεί μία μία τις εξετάσεις. Το primary key χαρακτηρίζει το κάθε στοιχείο του πίνακα. Ο κάθε πίνακας μπορεί να έχει μόνο ένα primary key και τέλος, το κάθε primary key μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα πεδία (fields). Επειδή όμως το πρώτο field (Εξετάσεις) είναι το κύριο field που θα εμφανίζεται, ορίστηκε εκείνο ως Primary key και η στήλη ID διαγράφηκε.

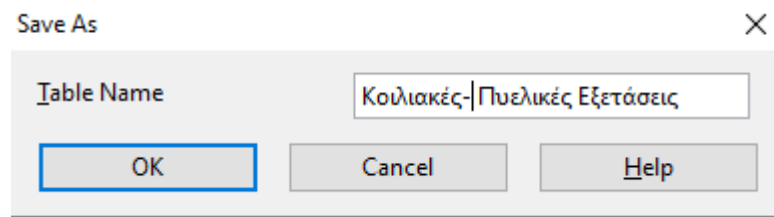
Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση(Τυπική εκτίμηση) (mGy)	Αναμενόμενο εύρος(mGy)	Αναφορά
CT αγγειογραφία στεφανιαίων αρτηριών	0,10	-	McCullough et al (2007)
CT Πνεύμονα	1,20	1,0-1,4	Lawrence T. Dauer et al (2012)
CT πνευμονική αγγειογραφία	0,003-0,80	Lawrence T. Dauer et al (2012), A. Kalaranta et al (2017), Jorge Isidoro et al (2017)	
CT πνευμονικής εμβολής	0,70	0,20-0,70	McCullough et al (2007), Hurwitz(2006)
CT Ισθμικός	0,06	0,02-0,2	Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santis M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Cynthia H. McCullough et al (2007)
CT-Επρω (λογαριακό υπολογισμοί δόσης για αξονική τομογραφία)	-	11,70 mGy / 100 mAs	John Damilakis et al (2002)
CT scan (αξονική τομογραφία)	-	9,00-13,00 mGy / 100 mAs	Feldman JP et al (1990)
IMPACT (λογαριακό υπολογισμοί δόσης για αξονική τομογραφία)	-	12,00 mGy / 100 mAs	John Damilakis et al (2002)
OEM εμβρυϊκές αξονικές τομογραφίες	-	0,55 ± 0,10 mGy	Masanao Kobayashi et al (2002)
Akqa	-	<0,001-0,18	McCullough et al (2007), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Ακτινογραφία AMΣ	-	<0,03	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινογραφία σχετικής μείρας σπονδυλικής στήλης	-	<0,03	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινογραφία ΘΜΣ κατά τα δύο πρώτα τρίμηνα της κύησης	-	<0,1	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινογραφία ΘΜΣ κατά το 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,1-0,3	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινογραφία Βυρρακος κατά τα δύο πρώτα τρίμηνα της κύησης	-	<0,01	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινογραφία Βυρρακος κατά το 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,1-0,4	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινογραφία κάτω άκρου ως το γόνατο	-	0,001-0,1	embryodose.med.uoc.gr
Ακτινοσκόπηση ισχίου 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,09-0,125	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινοσκόπηση ισχίου 2ο τρίμηνο της κύησης	-	0,127	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινοσκόπηση ισχίου 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,155	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Αξονική πολυτομογραφία	-	9,8-12,6 mGy	A. Kalaranta et al (2017)
Αξονική Τομογραφία	-	0,04-1,04 mGy	A. Kalaranta et al (2017)
Αξονική μείρας της σπονδυλικής στήλης	-	<0,005-0,03	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Θυρακική μείρας	0,07	<0,001-0,43	De Santis M et al (2005), McCullough et al (2007), John Damilakis, et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012), J Gu et al (2009)
Καθετηριασμός καρδιάς 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,04-0,2	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Καθετηριασμός καρδιάς 2ο τρίμηνο της κύησης	-	0,3	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Καθετηριασμός καρδιάς 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,6	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Κρανίο (Ακτινογραφία)	<0,005	0,005-0,03	De Santis M. et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Kyle Copeland et al (2008), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Μαστογραφία	<0,1	<0,1	De Santis M et al (2005), embryodose.med.uoc.gr, Lawrence T. Dauer et al (2012)
Μέθοδος MDCT Θυρακική σάρωση 5 μπιτών	-	0,21 mGy / 100 mAs	J Gu et al (2009)
Μέθοδος MDCT Θυρακική σάρωση 9 μπιτών	-	0,26 mGy / 100 mAs	J Gu et al (2009)
Μέθοδος MDCT σάρωση στο στήθος 3μπιτών	-	0,13 mGy / 100 mAs	J Gu et al (2009)
Μπαρτιάς	-	0,01-1,50	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Οδοντογραφία	-	<0-4,80	Kalaranta A. et al (2016), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Οδοντική ακτινογραφία	-	0,009-6,9	Anna Kalaranta et al (2016)
Πανοραμική	-	0,0-0,01	embryodose.med.uoc.gr
Παθι	<0,0001	-	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Περιορισμένες CT εξετάσεις	-	9,8-12,6 mGy	A. Kalaranta et al (2017)
Πρόβλεψη με DXA (οστεοπυκνιομετρία)	-	<0,001	embryodose.med.uoc.gr
Έλκωση με DXA (οστεοπυκνιομετρία)	-	<0,001	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Έλκωση πνευμονικής εμβολής	-	0,20-0,80	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Επιδυλική στήλη	<0,001	3-10	McCullough et al (2007), American College of Radiology(2008), Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ενδοθώρας	<0,01	-	McCullough et al (2007), John Damilakis et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Υπολογιστική τομογραφία (πλάτος (μικρή εκτίμηση)	-	2,0-4,40	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Υπολογιστική τομογραφία πνευμονικής αγγειογραφίας	-	0,03-0,23	embryodose.med.uoc.gr
Υπολογιστική τομογραφία πνευμονικής εμβολής	-	0,2-0,7	embryodose.med.uoc.gr
Υπολογιστική τομογραφία πνευμόνων	-	1,0-1,4	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ψηφιακή	-	<0,005-0,03	Lawrence T. Dauer et al (2012)

Εικόνα 12: Εισαγωγή των δεδομένων.

Στη συνέχεια εισήχθη τα δεδομένα από τη βιβλιογραφία της παραπάνω μελέτης.

Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν ως ακολούθως και οι υπόλοιπες βάσεις δεδομένων, οι Κοιλιακές και Πνευλικές Εξετάσεις, Διάφορες Εξετάσεις, Δόσεις από

Ραδιοφάρμακα, Εξετάσεις Ακτινοθεραπείας και τέλος η βάση Δεδομένων των αναφορών.

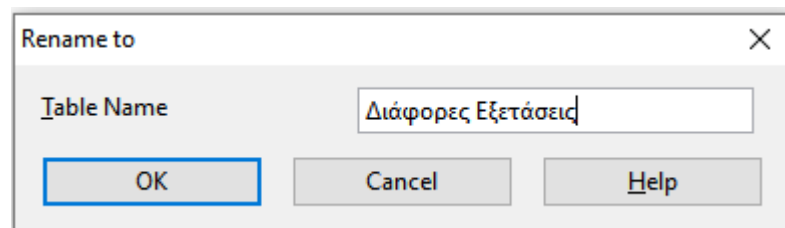


Εικόνα 13: Αποθήκευση της 2ης βάσης δεδομένων "Κοιλιακές-Πυελικές Εξετάσεις"

Κοιλιακές- Πυελικές Εξετάσεις - Δόσεις γρήβιου - OpenOffice Base: Table Data View

Εξέταση	Ονομαστική γρήβιου δόση(Τυπική εκτίμηση) (mGy)	Ανοφερόμενο εύρος(mGy)	Αναφορά
CT κοιλιά, δεύτερο τρίμηνο	-	30-44	Damalakis et al (2000)
CT κοιλιά, τρίτο τρίμηνο	-	29-42	Damalakis et al (2000)
CT κοιλιά (πρωτοκόλλο νεφρικής πέτρας)	10	4-10	McCullough et al (2007),Hurwitz et al (2006)
CT κοιλιά (πρωτοκόλλο)	10	4-40	ICRP Publication 84(2007),Wagner et al (1997),Parry et al (1999),Hurwitz et al (2006),Holmrot et al (2007),Angel et al (2008)
CT κοιλιά	25	6,7-114,0	American National Standards Institute(2008),ICRP Publication 84(2000),Goldberg-Stein et al (2011),Osei et al (1999)
CT σφαιρική μείρα της σπονδυλικής στήλης	2,5	2-8,6	American National Standards Institute(2008),ICRP Publication 84(2000),Goldberg-Stein et al (2011),Osei et al (1999)
CT πάλιομετρία (μυλό κομμάτι)	2,5	1,6-5	Wagner et al (1997),Moore et al (1989)
CT σπυλοσκελετίδα	16	4-45	Wagner et al (2004),Hurwitz et al (2006),Lazarus et al (2007)
CT σκισιτι	3,6	2,0-4,4	Osei et al (1999)
CT τράχηλο (στηθος / κοιλιά / λεκάνη) πρώτο τρίμηνο	-	9,25-37,7	Jaffe et al (2008)
Γαφρί και μισογεία	3	0,73-14,0	Wagner et al (1997),Parry et al (1999)
Κοιλιά	1,4	1,4-4,2	ICRP Publication 84(2000)
Κοιλιά (ισθητική πάχος 21 cm)	1	-	McCullough et al (2007)
Κοιλιά (ισθητική πάχος 33 cm)	3	-	American National Standards Institute(2008),McCullough(2007)
Κοιλιά (νεφρά, ουρητήρες και ουροδόχο κύστη)	4	0,21-19,0	American National Standards Institute(2008),McCullough et al (2007),Wagner et al (1997),Vetter et al (1988),Osei et al (1999),Parry et al (1999)
Λαγίτιο	2	0,16-22,0	American National Standards Institute(2008),McCullough et al (2007),Wagner et al (1997),Vetter et al (1988),Osei et al (1999),Parry et al (1999)
Οστέα πυκνότητα: Διπλή ακτινογραφία νωτιαίου και ισχίου	-	0,002-0,005	Damalakis et al (2002)
Οσφυϊκή μείρα σπονδυλικής στήλης	4	0,20-40,00	American National Standards Institute(2008),McCullough et al (2007),Wagner et al (1997),Vetter et al (1988),Osei et al (1999),Parry et al (1999)
Ουρηθροστυγογραφία	-	2,70-41,0	Wagner et al (1997)
Ουρογραφία IV ή σπασμοδρμακό πύλογραμμα	6	0,70-55,0	Wagner et al (1997),Osei et al (1999),Parry et al (1999)
Ουροδόχο κύστη (πρόσβα - οπισθία)	3,90	0,36-11,00	Osei et al (1999)
Παλμογράμια φυλά	10	0,35-55,0	Wagner et al (1997),Ferguson et al (1996),Moore(1989)
Φθοροσκοπία κατάμμετος ισχίου, δεύτερο τρίμηνο	0,127	-	Damalakis et al (2003)
Φθοροσκοπία κατάμμετος ισχίου, πρώτο τρίμηνο	-	0,09-0,125	Damalakis et al (2003)
Φθοροσκοπία κατάμμετος ισχίου, τρίτο τρίμηνο	0,155	-	Damalakis et al (2003)
Ψηφιακή Πυλοβιομετρία	0,5	0,05-0,35	Wagner et al (1997),Ferguson et al (1996)

Εικόνα 14: Εισαγωγή δεδομένων.

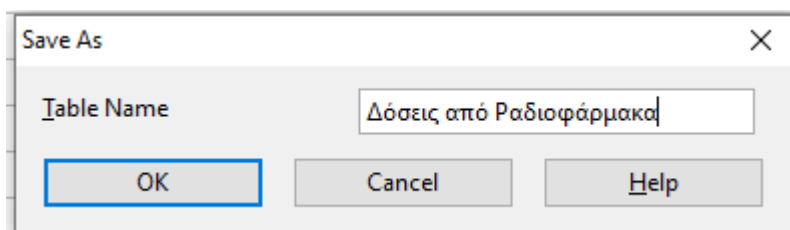


Εικόνα 15: Αποθήκευση της 3ης βάσης δεδομένων "Διάφορες Εξετάσεις"

Φθοροσκοπικές Εξετάσεις - Δόσεις γρήβιου - OpenOffice Base: Table Data View

Εξέταση	Ονομαστική γρήβιου δόση(Τυπική εκτίμηση) (mGy)	Ανοφερόμενο εύρος(mGy)	Αναφορά
CT αγγειογραφία αορτής (στηθος-μυλό λεκάνη)	34	-	McCullough et al (2007)
CT νεφροστομία χειρικής δόσης	0,1	0,094-0,16	Athanasopoulos A et al (2004)
Αντιδιαβρωτικό ουρητήρια stent	2,5	-	Hellawell GO et al (2002)
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, δεύτερο τρίμηνο	0,3	-	Damalakis et al (2001)
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, πρώτο τρίμηνο	0,15	0,04-0,20	American National Standards Institute(2008),Damalakis et al (2001)
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, τρίτο τρίμηνο	0,6	-	Damalakis et al (2001)
Γάζια βαρίου (ανά γαστρεντερικό)	1,5	0,1-5,8	American National Standards Institute(2008),Wagner LK et al (1997),Osei EK et al (1999),Parry RA et al (1999)
Διαλογική ενδοσκοπική λιποσωματική παρακέντηση (TIPS), 6,5,5	-	-	Savage C et al (2007)
Διαοφθαλμικό στέντι	44	-	Metzger RL et al (1999)
Ενεργειακή αγγειογραφία (πύεσσα ισχίου)	0,06	-	American National Standards Institute(2008)
εμβολία νεφρούμετος της μήτρας	42	-	Hellawell GO et al (2002)
εμβολιασμός δεκαθετήρα για πνευμονικό ΑVM	-	<0,5-2,2	Gershon AS (2001)
εμβολιασμός καροτίδης	15,80	-	Hellawell GO et al (2002)
Ενδοσκοπική σπασμοδρματική χολαγγειοακτινογραφία	3,1	0,01-55,9	American National Standards Institute(2008),Metzger RL et al (1999)
Ενδοφλέβιο ουρογράφημα (ενδοφλέβιο πύλογραμμα)	-	1,8-12,6	American National Standards Institute(2008),Hellawell GO et al (2002)
Κιούρα βαρίου	10	0,28-130	American National Standards Institute(2008),Wagner LK et al (1997),Osei EK et al (1999),Hellmrot et al (2007)
Μέλιτι του λεπτού εντέρου	7	-	McCullough et al (2007)
Μη ενισχυμένο CT, νεφρά, ουρητήρες και ουροδόχο κύστη	17,7	-	Hellawell GO et al (2002)
Νεφροστομία	1,1	-	Hellawell GO et al (2002)
Οπισθοδρματική ουρητηριακού stent	0,4	0,03-0,79	Hellawell GO et al (2002)
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, δεύτερο τρίμηνο	0,09	0,022-0,236	Winer-Muram et al (2002)
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, πρώτο τρίμηνο	0,02	0,006-0,005	Winer-Muram et al (2002)
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, τρίτο τρίμηνο	0,46	0,278-0,89	Winer-Muram et al (2002)
Υπερηχογράφημα	10	2,7-82	Wagner et al (1997),Parry et al (1999)
Χολοκυστογραφία χολαγγειογραφία	1	0,05-16,0	Wagner et al (1997), Osei et al (1999)

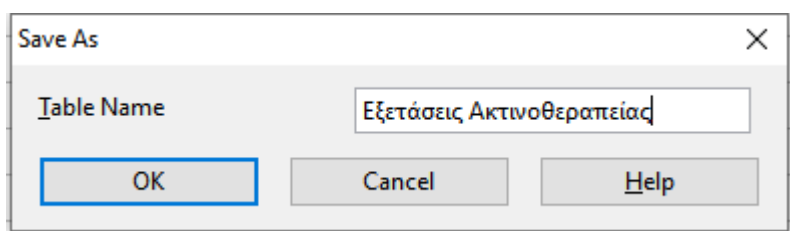
Εικόνα 16: Εισαγωγή Δεδομένων.



Εικόνα 17: Αποθήκευση της 4ης βάσης δεδομένων "Δόσεις από Ραδιοφάρμακα"

Ραδιοφάρμακο	Δόση στο Έμβρυο (mGy)	Αναφορά
11C (realistic maximum model)	3.58E-03-2.22E-02	Tianwu Xie et al (2016)
11C-4DST	3.15E-03-5.75E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-acetate	1.98E-03-2.46E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-amino acids	3.18E-03-5.55E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C brain receptor substances	3.12E-03-7.49E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-CHIBA-1001	3.05E-03-4.42E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-methionine	3.04E-03-1.29E-02	Tianwu Xie et al (2016)
11C-MPDX	3.07E-03-4.50E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-SA4503	2.92E-03-3.77E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-thymidine	2.36E-03-3.37E-03	Tianwu Xie et al (2016)
11C-TMSX	3.09E-03-4.46E-03	Tianwu Xie et al (2016)
15O-water	4.23E-04-4.75E-04	Tianwu Xie et al (2016)
18F-amino acids	1.31E-02-2.15E-02	Tianwu Xie et al (2016)
18F brain receptor substances	1.32E-02-2.54E-02	Tianwu Xie et al (2016)
18F-FBPA	1.41E-02-4.01E-02	Tianwu Xie et al (2016)
18F-FDG	0,00629-0,0140	Paolo Zanotti-Fregonara et al (2015), Tianwu Xie et al (2016)
18F-FDOPA	1.49E-02-5.52E-02	Tianwu Xie et al (2016)
18F-L-DOPA	1.25E-02-5.06E-02	Tianwu Xie et al (2016)
68Ga-DOTANOC	1.05E-02-1.71E-02	Zanotti-Fregonara P et al(2015)
68Ga-EDTA	1.38E-02-4.43E-02	Zanotti-Fregonara P et al(2015)
I-123	2.7-6.4	Tianwu Xie et al (2016)
I-124	24-110	Tianwu Xie et al (2016)
I-125	120-290	Tianwu Xie et al (2016)
I-131	0,063-13,20	Tianwu Xie et al (2016)
Methyl-11C thymidine	0,00271-0,0033	Tianwu Xie et al (2016)

Εικόνα 19: Εισαγωγή Δεδομένων.



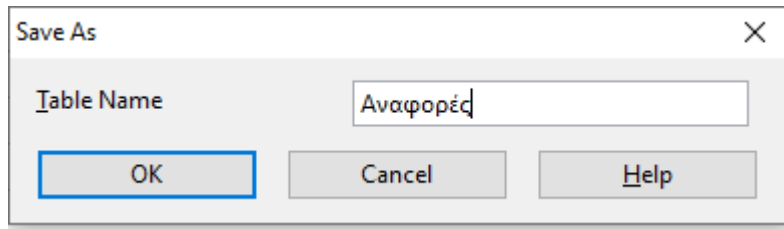
Εικόνα 18: Αποθήκευση της 5ης βάσης δεδομένων "Εξετάσεις Ακτινοθεραπείας"

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση(τυπική εκτίμηση) (mGy)	Αναφερόμενο εύρος(mGy)	Αναφορά
131 I για θεραπεία	-	26,64-377,80	Tianwu Xie et al (2016)
Γλοιώμα βαθμού III με Cyberknife	-	4,2 ± 0,1 cGy	Evaggelos Pantelis et al (2016)

Εικόνα 19: Εισαγωγή δεδομένων

Field Name	Field Type	Description
Αναφορά	Text [VARCHAR]	
Συγγραφείς	Text [VARCHAR]	
Τίτλος Μόλης/Πηγή	Text [VARCHAR]	
Χρονιά	Text [VARCHAR]	
Link	Text [VARCHAR]	

Εικόνα 20: Δημιουργία των fields για την 6η βάση δεδομένων

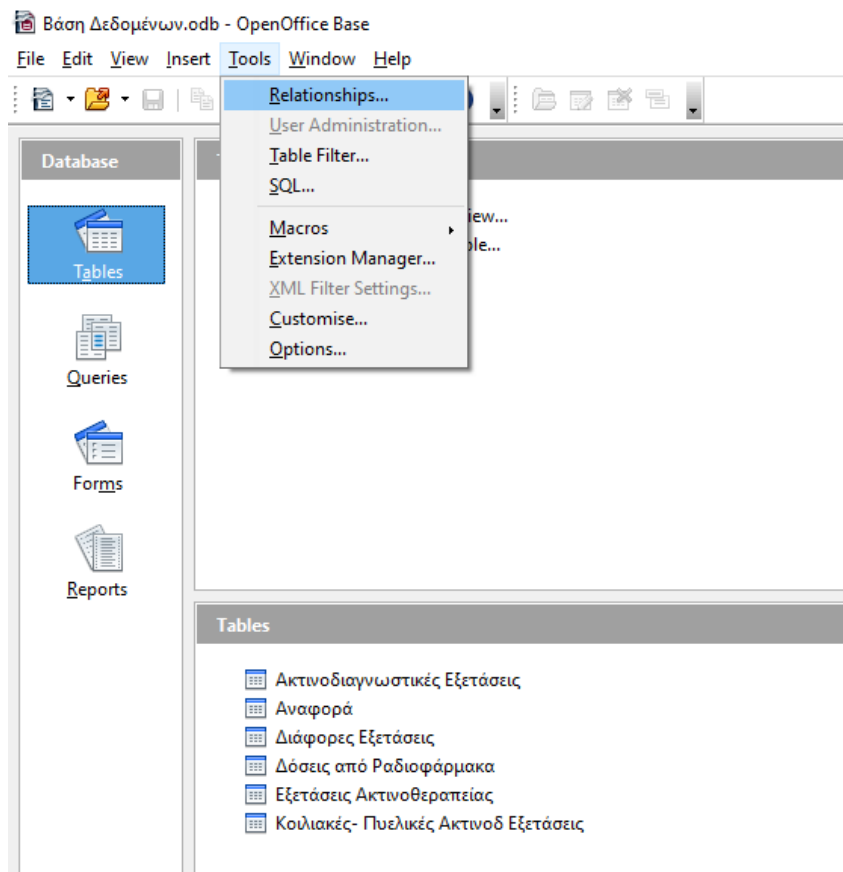


Εικόνα 21: Αποθήκευση της 6ης βάσης δεδομένων "Αναφορές"

Αναφορές	Συγγραφείς
A. Kalaranta et al (2017)	A. Kalaranta, T. Mäkelä, T. Kaasalainen, M. Kontonien
Angel et al (2008)	Erin Angel, Clinton V. Welnit, Mitchell M. Gooditt, Nazanin Yaghmai, John J. DeMarco, Christopher H. Cagnon, James W. Sayre, Dianna D. Cody, Donna M. Stevens, Andrew N. Primak, Cynthia F
Anna Kalaranta et al (2016)	Anna Kalaranta, Maja Ekholm, Paula Tori and Mia Kontonien
Damiliakis et al (2002)	John Damiliakis, Antonios Tsedakis, Liara Sideri, Kostas Patsinakos, Ion E. Stamatiadis, Nicholas Gourtoyianis
Damiliakis et al (2003)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
De Santis M. et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Kyle Coppeland et al (2008), Lawrence T. Dauer et al (2012)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
De Santis M. et al (2005), embryodosa.med.uoc.gr; Lawrence T. Dauer et al (2012)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
De Santis M. et al (2005), McCollough et al (2007), John Damiliakis, et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012), J Gu et al (2009)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
embryodosa.med.uoc.gr	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
Felinde JP et al (1990)	Felinde JP, Gray JE, Loetzow ML, Price JC,
Ferguson et al (1998)	Ferguson JE II, DeAngelis GA, Newberry YG, Finnerty JJ, Agamal S,
Helmerot et al (2007)	Helmerot E, Pettersson H, Sandborg M,
J Gu et al (2009)	J Gu, B Bednarz, P F Caracappa, X G Xu,
Kalaranta A. et al (2016), Lawrence T. Dauer et al (2012)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
Lawrence T. Dauer et al (2012)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
Lawrence T. Dauer et al (2012), A. Kalaranta et al (2017)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santis M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Cynthia H. McCollough et al (2007)	John Damiliakis, Kostas Patsinakos, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovassil, Haralambos Varvatis, Nicholas Gourtoyianis,
McCullough et al (2007)	Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D Abwell, Natalie H. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy
McCullough et al (2007), American College of Radiology(2008), Επιστημολογία Ιατρικής Φυσικής ΠΤ.Ν. Ιασηνίου	Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D Abwell, Natalie H. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy
McCullough et al (2007), Hummel(2008)	Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D Abwell, Natalie H. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy
McCullough et al (2007), John Damiliakis et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012)	Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D Abwell, Natalie H. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy
McCullough et al (2007), Lawrence T. Dauer et al (2012)	Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D Abwell, Natalie H. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy
Tanaka X et al (2016)	Tanaka Xie, Habib Zaidi,
Zanotti-Fregonara P et al(2015)	Paolo Zanotti-Fregonara, Richard Leforest, and Jerald W. Wallis,
Επιστημολογία Ιατρικής Φυσικής ΠΤ.Ν. Ιασηνίου	Paolo Zanotti-Fregonara, Richard Leforest, and Jerald W. Wallis,
De Santis M. et al (2005)	De Santis M Di Giandomenico, G. Stralace, A.F. Cavallini, A. Caruso, F. Schiavon, R. Bonetti, M. Clementi,
Karen M. Wieseler et al (2010)	Karen M. Wieseler, Puneet Bhargava, Kalpana M. Kanak, Sandeep Vaidya, Brent K. Stewart, Manjini K. Dighe,
Kyle Coppeland et al (2008)	Kyle Coppeland, Herbert H. Sauer, Frances E. Duke, Wallace Friedberg,
American College of Radiology(2008)	Kyle Coppeland, Herbert H. Sauer, Frances E. Duke, Wallace Friedberg,
Karen M. Wieseler et al (2010), Cynthia H. McCollough et al (2007), Lynne M. Hurwitz et al (2006), Helmerot E et al (2007), John Damiliakis et al(2002), Law	Kyle Coppeland, Herbert H. Sauer, Frances E. Duke, Wallace Friedberg,
Lynne M. Hurwitz et al (2006)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santis M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
Lawrence T. Dauer et al (2012), Lynne M. Hurwitz et al (2006)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
Karen M. Wieseler et al (2010), Kyle Coppeland et al (2008), Επιστημολογία Ιατρικής Φυσικής ΠΤ.Ν. Ιασηνίου	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
McCullough et al (2007), De Santis M et al (2005)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
De Santis M et al (2005), McCollough et al (2007), Lawrence T. Dauer et al (2012), Helmerot E et al (2007)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
De Santis M et al (2005), McCollough et al (2007), Lawrence T. Dauer et al (2012)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
Ferguson et al (1998), Lawrence T. Dauer et al (2012)	Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Gao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robe
Jammi Gu et al (2013)	Jammi Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu,
Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santis M et al (2005), Helmerot E et al (2007)	Jammi Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu,
De Santis M et al (2005), Lawrence T. Dauer et al (2012)	Jammi Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu,
Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santis M et al (2005), Επιστημολογία Ιατρικής Φυσικής ΠΤ.Ν. Ιασηνίου	Jammi Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu,
Paolo Zanotti-Fregonara et al (2015), Tanaka Xie et al (2016)	Jammi Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu,
Paolo Zanotti-Fregonara et al (2015)	Paolo Zanotti-Fregonara, Richard Leforest, and Jerald W. Wallis,

Εικόνα 22: Εισαγωγή των Δεδομένων.

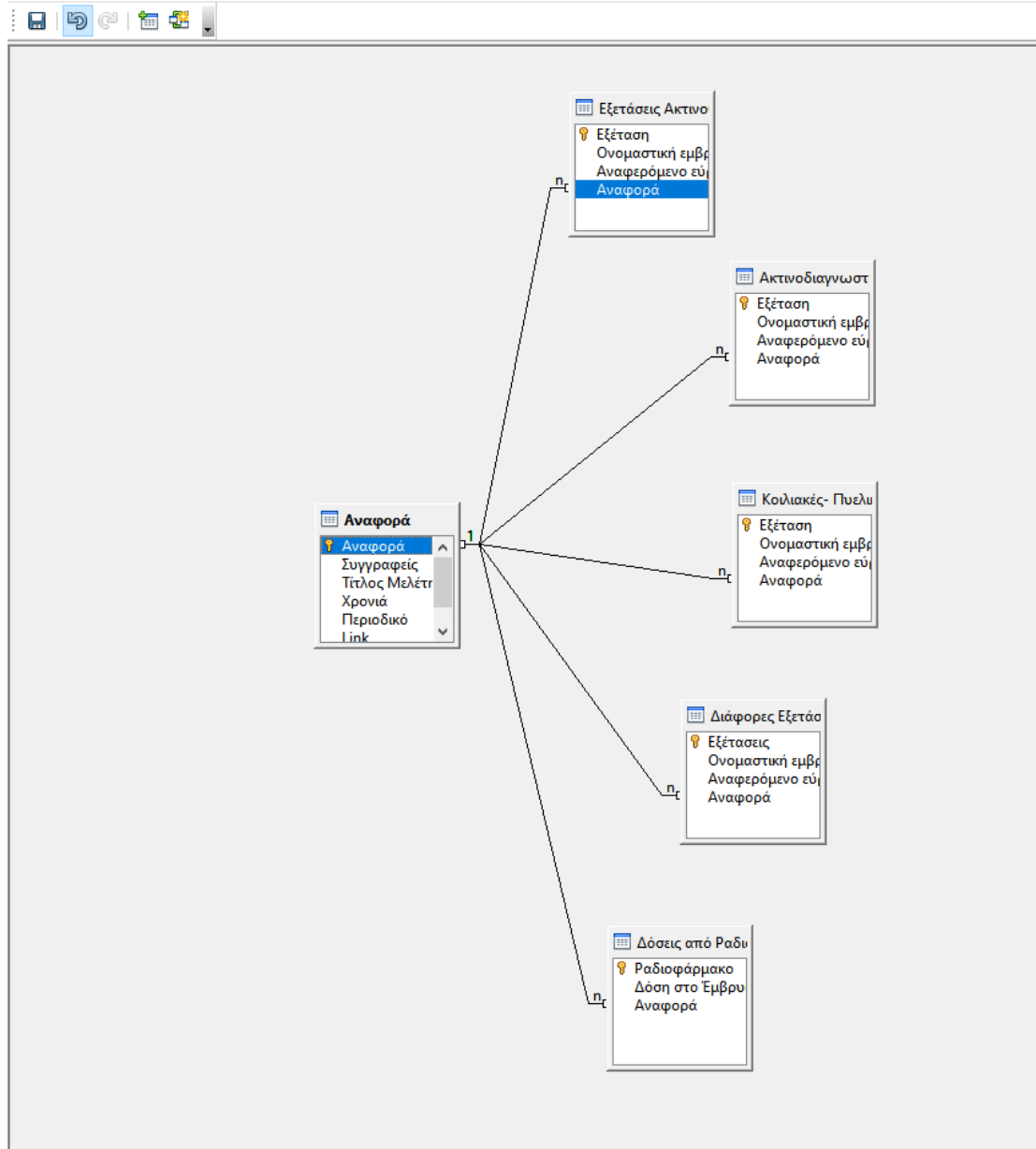
Στην καρτέλα Tools επιλέχθηκε το “Relationships” ώστε να συνδεθούν οι βάσεις δεδομένων μεταξύ τους. Σκοπός ήταν η κάθε βάση δεδομένων με τις εξετάσεις να συνδεθεί με τη βάση δεδομένων “Αναφορές”



Εικόνα 23: Δημιουργία των "Σχέσεων" μεταξύ των βάσεων δεδομένων.

Στο σημείο αυτό προστέθηκαν όλοι οι Πίνακες όμως για να υπάρχει σχέση μεταξύ βάσης δεδομένων και αναφορών θα έπρεπε το Field Αναφορές να υπάρχει στη βάση δεδομένων "Αναφορές" με το ίδιο όνομα.

Με αυτόν τον τρόπο αφού ελεγχθούν οι αναφορές ότι είναι σωστές στις βάσεις δεδομένων τότε μπορεί να υπάρξει σχέση μεταξύ βάσεων και αναφορών.



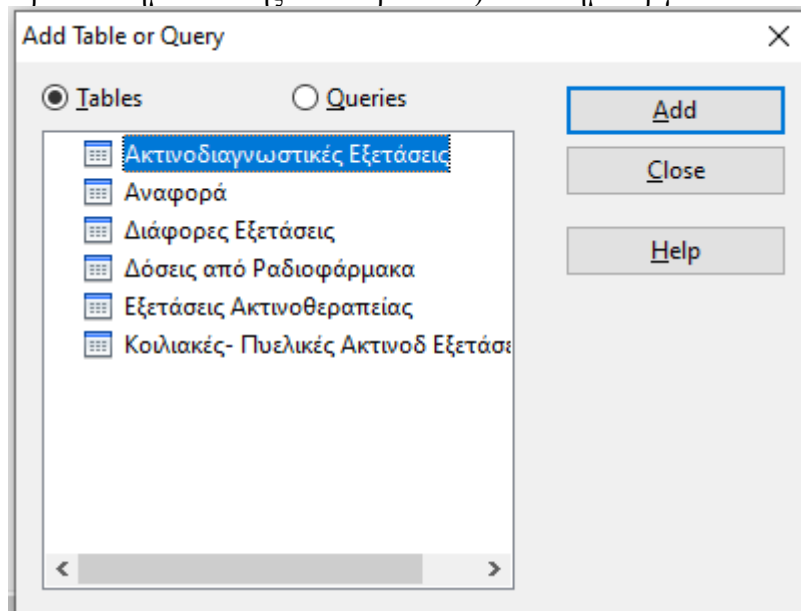
Εικόνα 24: Σύνδεση σχέσεων μεταξύ βάσεων δεδομένων και αναφορών.

Ως τελευταίο βήμα δημιουργήθηκαν τα “Ερωτήματα” (Queries). Τα “Queries” είναι ένα εργαλείο για αναζήτηση δεδομένων από τις βάσεις δεδομένων που δημιουργήθηκαν παραπάνω.



Εικόνα 25: Δημιουργία Ερωτημάτων "Queries"

Οπότε, αν χρειαστεί να αναζητηθούν μόνο οι Ακτινοδιαγνωστικές εξετάσεις ως προς την Δόση που δέχεται το έμβryo μαζί με τις αναφορές (Συγγραφές, Τίτλος Μελέτης Χρόνια Δημοσίευσης και Περιοδικό) τότε δημιουργείται απλά όπως παρακάτω:



Εικόνα 26: Επιλογή βάσεων δεδομένων από όπου θα εξαχθεί το Query.

Προστίθεται ο πίνακας “Ακτινοδιαγνωστικές Εξετάσεις” και ο πίνακας “Αναφορές” και επιλέγονται τα σωστά πεδία (fields) και πίνακες (Tables) που πρέπει να εμφανιστούν στο Ερώτημα (Query). Αφού επιλεγθούν εμφανίζεται το αποτέλεσμα που ζητήθηκε όπως παρακάτω:



Field	Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή	Αναφερόμενο εύρος(1)	Αναφερόμενο εύρος(2)	Αναφορά	Συγγραφείς	Τίτλος Μελέτης/Πηγή Χρονιά	Περιοδικό
Alias								
Table								
Sort								
Visible	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Function								

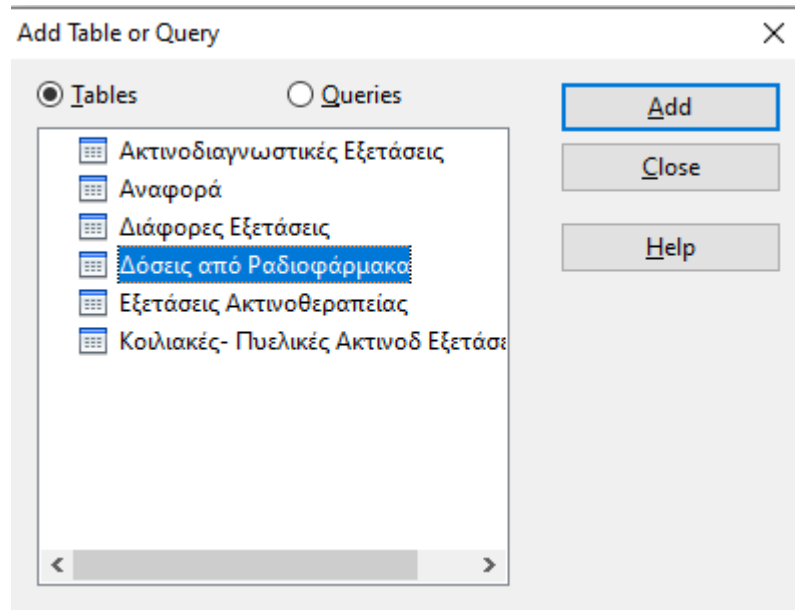
Εικόνα 27: Επιλογή των στηλών που θέλουμε να εμφανιστούν.



Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση(Τυπική εκτίμηση) (mSv)	Αναφερόμενο εύρος(mSv)	Αναφερόμενο εύρος(mSv)	Αναφορά
CT, αγγειογραφία στεφανιαίων αρτηριών	0,10	-	-	McCullough et al (2007)
CT, Πέτομον	1,20	1,0-1,4	1,0-1,4	Lawrence T. Dauer et al (2012)
CT, πευμονική αγγειογραφία	-	0,003-5,80	0,003-5,80	Lawrence T. Dauer et al (2012), A. Kalaranta et al (2017)
CT, πευμονικές αμφοβίτες	0,70	0,20-0,70	0,20-0,70	McCullough et al (2007), Hunzelmann (2006)
CT, Στήθος	0,06	0,02-0,2	0,02-0,2	Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santos M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Cynthia H. McCullough et al (2007)
CT Extra (λογισμικό υπολογισμού) δόση για αξονική τομογραφία	-	11,70 mSv / 100 mAs	11,70 mSv / 100 mAs	John Damilakis et al (2002)
CT scan (αξονική τομογραφία)	-	9,00-13,60 mSv / 100 mAs	9,00-13,60 mSv / 100 mAs	Lawrence T. Dauer et al (2012), De Santos M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Cynthia H. McCullough et al (2007)
DMRAC (λογισμικό υπολογισμού δόσης για αξονική τομογραφία)	-	12,00 mSv / 100 mAs	12,00 mSv / 100 mAs	John Damilakis et al (2002)
Εκρη	-	<0,001-0,18	<0,001-0,18	McCullough et al (2007), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Ακτινογραφία AMΣΣ	-	+0,03	+0,03	embryodose.med.usc.gr
Ακτινογραφία αγγωνικής μέρους σπονδυλικής στήλης	-	+0,03	+0,03	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινογραφία ΘΜΣΣ κατά το δύο πρώτο τρίμηνο της κύησης	-	+0,1	+0,1	embryodose.med.usc.gr
Ακτινογραφία ΘΜΣΣ κατά το 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,1-0,3	0,1-0,3	embryodose.med.usc.gr
Ακτινογραφία Θώρακος κατά το δύο πρώτο τρίμηνο της κύησης	-	+0,01	+0,01	embryodose.med.usc.gr
Ακτινογραφία Θώρακος κατά το 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,1-0,4	0,1-0,4	embryodose.med.usc.gr
Ακτινογραφία κάτω άκρου ως το γόνατο	-	0,001-0,1	0,001-0,1	embryodose.med.usc.gr
Ακτινοσκόπηση ισχίου 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,09-0,125	0,09-0,125	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινοσκόπηση ισχίου 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,127	0,127	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Ακτινοσκόπηση ισχίου 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,155	0,155	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Αξονική τομογραφία	-	9,8-12,6 mSv	9,8-12,6 mSv	A. Kalaranta et al (2017)
Αξονική μέρους της σπονδυλικής στήλης	-	0,04-1,04 mSv	0,04-1,04 mSv	A. Kalaranta et al (2017)
Αξονική μέρους της σπονδυλικής στήλης	-	+0,005-0,03	+0,005-0,03	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Ουρακική μέρους	0,07	+0,001-0,43	+0,001-0,43	De Santos M et al (2005), McCullough et al (2007), John Damilakis, et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012), J. Gu et al (2009)
Καθετηράκιος καρδιάς 1ο τρίμηνο της κύησης	-	0,04-0,2	0,04-0,2	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Καθετηράκιος καρδιάς 2ο τρίμηνο της κύησης	-	0,3	0,3	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Καθετηράκιος καρδιάς 3ο τρίμηνο της κύησης	-	0,6	0,6	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Κρουνί (Ακτινογραφία)	-0,005	0,005-0,03	0,005-0,03	De Santos M et al (2005), Karen M. Wieseler et al (2010), Kyle Coppeland et al (2008), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Μαστογραφία	+0,1	+0,1	+0,1	De Santos M et al (2005), embryodose.med.usc.gr, Lawrence T. Dauer et al (2012)
Μέθοδος MDCT θωρακική σάρωση 6 μηνών	-	0,21 mSv / 100 mAs	0,21 mSv / 100 mAs	J. Gu et al (2009)
Μέθοδος MDCT θωρακική σάρωση 9 μηνών	-	0,26 mSv / 100 mAs	0,26 mSv / 100 mAs	J. Gu et al (2009)
Μέθοδος MDCT σάρωση στο στήθος 6 μηνών	-	0,13 mSv / 100 mAs	0,13 mSv / 100 mAs	J. Gu et al (2009)
Μηριακός	-	0,01-0,30	0,01-0,30	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Όδοντογράφηση	-	-0,4-9,0	-0,4-9,0	Kalaranta A. et al (2016), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Όδοντολογική ακτινογραφία	-	0,009-6,9	0,009-6,9	Anna Kalaranta et al (2016)
Παροραμική	-	0-0,001	0-0,001	embryodose.med.usc.gr
Υδία	-0,0001	-	-	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Πρόβλεψη με DNA (οστεοπεκονομετρία)	-	+0,001	+0,001	embryodose.med.usc.gr
Πάρωση με DNA (οστεοπεκονομετρία)	-	+0,001	+0,001	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Πάρωση πευμονικής αμφοβίτες	-	0,20-0,80	0,20-0,80	Lawrence T. Dauer et al (2012)
Σπονδυλική στήλη	+0,001	3-10	3-10	McCullough et al (2007), American College of Radiology (2008), Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Στήθος	+0,01	-	-	McCullough et al (2007), John Damilakis et al (2003), Lawrence T. Dauer et al (2012)
Υπελογιστική τομογραφία έπαιτος (μιακή σάρωση)	-	2,0-4,40	2,0-4,40	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Υπελογιστική τομογραφία πευμονικής αγγειογραφίας	-	0,03-0,23	0,03-0,23	embryodose.med.usc.gr
Υπελογιστική τομογραφία πευμονικής αμφοβίτες	-	0,2-0,7	0,2-0,7	embryodose.med.usc.gr
Υπελογιστική τομογραφία ποταμών	-	1,0-1,4	1,0-1,4	Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων
Όφθαλμοί	-	+0,005-0,03	+0,005-0,03	Lawrence T. Dauer et al (2012)

Εικόνα 28: Αποτέλεσμα του 1ου Query για εμφάνιση Δόσεων εμβρύου από Ακτινοδιαγνωστικές Εξετάσεις.

Η ίδια διαδικασία μπορεί να ακολουθηθεί και για τις υπόλοιπες βάσεις δεδομένων ως εξής:



Εικόνα 29: Επιλογή δημιουργίας Query

Ραδιοφάρμακο	Δόση στο έμβρυο (mSv)	Αναφορά	Συγγραφέας
11C (ισοτικό maximum model)	3.59E-03-2.03E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-ADT	3.11E-03-3.79E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-acetate	1.88E-03-2.46E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-aminic acids	3.10E-03-5.53E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C brain receptor substances	3.13E-03-3.74E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-CHBA-1001	3.05E-03-4.43E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-methionine	3.04E-03-3.03E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-MPDX	3.07E-03-4.50E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-SAD59	2.93E-03-3.17E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-Thymidine	2.98E-03-3.13E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
11C-TM5X	3.09E-03-4.46E-03	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
125I-antiβ	4.23E-04-1.75E-04	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F-aminic acids	1.11E-02-2.15E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F brain receptor substances	1.12E-02-2.14E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F-IFBA	1.41E-02-4.61E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F-FDG	0.0029-0.0140	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F-FOPA	1.44E-02-5.53E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
18F-L-DOPA	1.29E-02-3.06E-02	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
180α-DOTANOC	1.03E-02-1.71E-02	Zanotti-Fregenera P et al(2015)	Paolo Zanotti-Fregenera,
180α-DOTA	1.39E-02-4.63E-02	Zanotti-Fregenera P et al(2015)	Paolo Zanotti-Fregenera,
-123	2.7-6.4	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
-124	20-110	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
-125	150-200	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
-131	0.063-13.20	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,
Methyl-11C thymidine	0.00271-0.0033	Tamou Xie et al (2016)	Tamou Xie, Habib Zaidi,

Εικόνα 30: Αποτέλεσμα Query για τις Δόσεις από Ραδιοφάρμακα

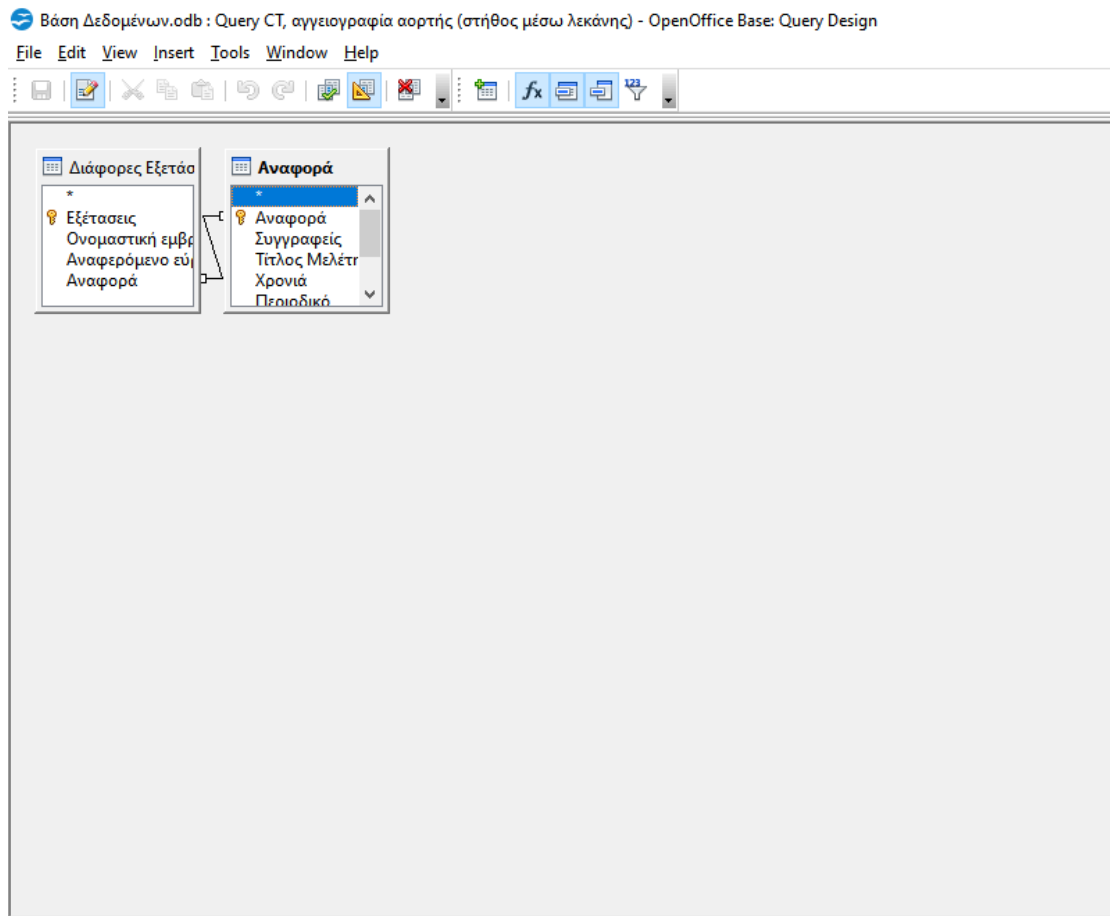
Εξέταση	Ονομαστική εμβρυϊκή δόση	Αναφερόμενο εύρος(mSv)	Αναφορά	Ίσχυριζόεις	Τίτλος Μάστερ/Πτυχίο	Χρονιά
CT κοιλιά, δεύτερο τρίμηνο	-	30-44	Damilakis et al (2000)	Damilakis J, Perinakis K, Voloudakis A, Gourtsoyanni I	Estimation of fetal radiation dose from computed tomog	2000
CT κοιλιά, τρίτο τρίμηνο	-	29-42	Damilakis et al (2000)	Damilakis J, Perinakis K, Voloudakis A, Gourtsoyanni I	Estimation of fetal radiation dose from computed tomog	2000
CT κοιλιά (πρωτοκύτταλο νεφρικής πέτρας)	10	4-10	McCullough et al (2007), Hurwitz et al (2006)			
CT κοιλιά (ρευμάτια)	10	4-60	ICRP Publication 84(2007), Wagner et al (1997), Parry et al (1999), Hurwitz et al (2006), I			
CT λεκάνη	25	6.7-114.0	American National Standards Institute(2008), ICRP Publication 84(2000), Goldberg-St			
CT οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης	2.5	2-8.6	American National Standards Institute(2008), ICRP Publication 84(2000), Goldberg-St			
CT πυελώνας (μόνη κοιλία)	10	1.6-5	Wagner et al (1997), Moore et al (1989)			
CT οκνηλοειδίτιδα	16	4-45	Wagner et al (2004), Hurwitz et al (2006), Lazarus et al (2007)			
CT σινιτίτις	3.6	2.0-4.4	Osei et al (1999)	Osei EK, Faulkner K,	Fetal doses from radiological examinations.	1999
CT τροchan (στηθος / κοιλιά / λεκάνη) πρώτο τρίμηνο	-	9.25-37.7	Jaffe et al (2008)	Jaffe TA, Yoshizumi TT, Tsonchevi GI, Nguyen G, Hurwitz	Early first-trimester fetal radiation dose estimation in 16-	2008
Γραφο και μαρμαρίο	3	0.75-14.0	Wagner et al (1997), Parry et al (1999)			
Κοιλιά	1.4	1.4-4.2	ICRP Publication 84(2000)			
Κοιλιά (σθενής πάχος 21 cm)	1	-	McCullough et al (2007)			
Κοιλιά (σθενής πάχος 33 cm)	3	-	American National Standards Institute(2008), McCullough(2007)			
Κοιλιά (νεφράς, συρτηρικός και συροδρόχος κύστη)	4	0.21-19.0	American National Standards Institute(2008), McCullough et al (2007), Wagner et al (
Λεκάνη	2	0.16-22.0	American National Standards Institute(2008), McCullough et al (2007), Wagner et al (
Οσπια πυκνότητα: έπληκ ακτινογραφία νωτιαίου και ισχίου	-	0.002-0.005	Damilakis et al (2002)	Damilakis J, Perinakis K, Vrahoriti H, Kontakis G, Varve	Embryo/fetus radiation dose and risk from dual X-rayabs	2002
Οσφυϊκή μοίρα σπονδυλικής στήλης	4	0.20-40.00	American National Standards Institute(2008), McCullough et al (2007), Wagner et al (
Ουρηθροκαταγραφή	-	2.70-41.0	Wagner et al (1997)			
Ουρογραφία, IV η οπισθοδρομικό πυελόγραμμα	6	0.70-55.0	Wagner et al (1997), Osei et al (1999), Parry et al (1999)	Wagner LK, Lester RG, Saidana LR	Wagner LK, Lester RG, Saidana LR. Exposure of the pregn	2000
Ουροδόχος κύστη (πρόσθα - οπισθία)	3.90	0.56-11.00	Osei et al (1999)	Osei EK, Faulkner K,	Fetal doses from radiological examinations.	1999
Παλποβρομια φέμ	10	0.35-55.0	Wagner et al (1997), Ferguson et al (1996), Moore(1989)			
Φθοροσκοπία καταγωγής ισχίου, δεύτερο τρίμηνο	0,127	-	Damilakis et al (2003)	Damilakis J, Theodoropoulos N, Perinakis K, Papadok	Conceptus radiation dose assessment from fluoroscopic	2003
Φθοροσκοπία καταγωγής ισχίου, πρώτο τρίμηνο	-	0.09-0.125	Damilakis et al (2003)	Damilakis J, Theodoropoulos N, Perinakis K, Papadok	Conceptus radiation dose assessment from fluoroscopic	2003
Φθοροσκοπία καταγωγής ισχίου, τρίτο τρίμηνο	0,155	-	Damilakis et al (2003)	Damilakis J, Theodoropoulos N, Perinakis K, Papadok	Conceptus radiation dose assessment from fluoroscopic	2003
Ψηφιακή Παλποβρομια	0,5	0,05-0,35	Wagner et al (1997), Ferguson et al (1996)			

Εικόνα 31: Αποτέλεσμα για Query για τις Κοιλιακές και Πνευλικές Εξετάσεις.

Εξέταση	Ονομαστική εμβρυ...	Ανοφερόμενο εύρος(mGy)	Αναφορά	Συγγραφείς	Τίτλος Μελέτης/Πηγής	Χρονιά
CT αγγειογραφία αορτής (στήθος μέσω λεκάνης)	34	-	McCullough et al (2007)	McCullough CH, Schueler BA, Atwell TD	Radiation exposure and pregnancy: when should we be c...	2007
CT νεφροστομία χαμηλής δόσης	0,1	0,094-0,16	Athanasopoulos A et al (2004)	Athanasopoulos A, Petas T, Fokas E, Skouras T, Gal...	Paraneoplastic abscess during pregnancy: a case for a low-c...	2004
Αντιδωβρυντικό σωστήριο stent	2,5	-	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, δεύτερο τρίμηνο	0,3	-	Damliakis et al (2001)	Damliakis J, Theocharopoulos N, Perisnakis K	Conceptus radiation dose and risk from cardiac catheter...	2001
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, πρώτο τρίμηνο	0,15	0,04-0,20	American National Standards Institute(2008),Damliakis et al (2001)			
Αφαίρεση καρδιακού καθετήρα, τρίτο τρίμηνο	0,6	-	Damliakis et al (2001)	Damliakis J, Theocharopoulos N, Perisnakis K	Conceptus radiation dose and risk from cardiac catheter...	2001
Γαζιο βαρίου (ανά γαστροτενερμία)	1,5	0,1-5,8	American National Standards Institute(2008),Wagner LK et al (1997),Osei EK et al (1999)			
Διαδύγκη ενδοσκοπική λιποσυστημική παρακέντηση (TPPS), 6-5,5	-	-	Savage C et al (2007)	Savage C, Patel J, Lepe MR, Lazarre CH, Rees CR	Transjugularintrahepatic portosystemic shunt creation fo...	2007
Δουροθρακό στέντ	44	-	Metzger RL et al (1999)	Metzger RL, Van Riper KA	Fetal dose assessment from invasive special procedures b...	1999
Ενδοφασκική αγγειογραφία (είσοδος αγγία)	0,06	-	American National Standards Institute(2008)	American National Standards Institute/Health Physics So...	Fetal radiation dose calculations...	2008
Εμβολία νεφροστομίας στις μήτρας	42	-	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Εμβολιασμός διακοθύνια για πνευμονικό AVM	-	<0,5-2,2	Gershon AS (2001)	Gershon AS	Transcatheter Embolotherapy of maternal pulmonary art...	2001
Εμβολιασμός κροσουλής	15,80	-	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Ενδοσκοπική σπασμοδωρική γαλλιοαγαμογραφία	3,1	0,01-55,9	American National Standards Institute(2008),Metzger RL et al (1999)			
Ενδοφλέβιο αγγειογράφημα (ενδοφλέβιο πνευλογράφημα)	-	1,8-12,6	American National Standards Institute(2008),Hellawell GO et al (2002)			
Κλύμα βαρίου	10	0,28-130	American National Standards Institute(2008),Wagner LK et al (1997),Osei EK et al (1999)			
Μυλίτη του λεπτού εντέρου	7	-	McCullough et al (2007)	McCullough CH, Schueler BA, Atwell TD	Radiation exposure and pregnancy: when should we be c...	2007
Μη ενσχυμένο CT, νεφρά, σωστήρες και ουροδόχο κύστη	17,7	-	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Νεφροστομία	1,1	-	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Οπισθοδωρική σωστήριακo στέντ	0,4	0,03-0,79	Hellawell GO et al (2002)	Hellawell GO, Cowan NC, Holt SJ, Mutch SJ	A radiation perspective for treating loin pain in pregnanc...	2002
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, δεύτερο τρίμηνο	0,09	0,022-0,26	Winer-Muram et al (2002)	Winer-Muram HT, Boone JM, Brown HL, Jennings SG, h...	Pulmonary embolism in pregnant patients: fetal radiatio...	2002
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, πρώτο τρίμηνο	0,02	0,006-0,05	Winer-Muram et al (2002)	Winer-Muram HT, Boone JM, Brown HL, Jennings SG, h...	Pulmonary embolism in pregnant patients: fetal radiatio...	2002
Πνευμονική αγγειογραφία για εμβολία, τρίτο τρίμηνο	0,46	0,278-0,89	Winer-Muram et al (2002)	Winer-Muram HT, Boone JM, Brown HL, Jennings SG, h...	Pulmonary embolism in pregnant patients: fetal radiatio...	2002
Υπεροσολπιγγιογραφία	10	2,7-92	Wagner et al (1997),Pary et al (1999)			
Κολοκαστογραφία γαλλιοαγαμογραφία	1	0,05-16,0	Wagner et al (1997), Osei et al (1999)			

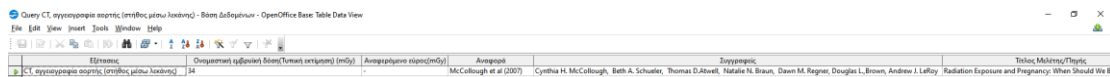
Εικόνα 32:Αποτέλεσμα Query για τις Διάφορες Εξετάσεις

Αν για παράδειγμα, αναζητηθεί σε Query η εξέταση CT, αγγειογραφία αορτής (στήθος μέσω λεκάνης) μίας εγκύου ασθενούς τότε επιλέγουμε ως field την εξέταση που θέλουμε, επίσης θέλουμε να αναφέρεται το εύρος των δόσεων σε (mGy), την αναφορά, τους συγγραφείς και τη χρονιά της μελέτης. Αυτό πραγματοποιείται ως ακολούθως:



	Εξετάσεις	Ονομαστική εμβ	Αναφερόμενο εύ	Αναφορά	Συγγραφείς	Τίτλος Μελέτης	Χρονιά	Περιοδικό
Field	Εξετάσεις	Ονομαστική εμβ	Αναφερόμενο εύ	Αναφορά	Συγγραφείς	Τίτλος Μελέτης	Χρονιά	Περιοδικό
Alias								
Table	Διάφορες Εξετάσι	Διάφορες Εξετάσι	Διάφορες Εξετάσι	Διάφορες Εξετάσι	Αναφορά	Αναφορά	Αναφορά	Αναφορά
Sort								
Visible	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Function								
Criterion	μέσω λεκάνης)							

Εικόνα 33: Παράδειγμα εξέταση CT, αγγειογραφία αορτής (στήθος μέσω λεκάνης) μίας εγκύου ασθενούς



Εικόνα 34: Αποτέλεσμα παραδείγματος

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Συμπερασματικά η απορροφούμενη δόση του εμβρύου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, η εβδομάδα κύησης, το βάθος του εμβρύου μέσα στη μητέρα, το μέγεθος του ασθενούς, η ποσότητα της ακτινοβολίας, το σημείο της ακτινοβολήσης, όσο πιο κοντά στην πυελική και κοιλιακή χώρα τόσο μεγαλύτερη επίδραση στο κύημα. Εάν μία έγκυος ασθενής έχει εξεταστεί ή έχει υποβληθεί σε θεραπεία με ιονίζουσα ακτινοβολία ή όταν η εγκυμοσύνη δεν ήταν γνωστή όταν διεξήχθη εξέταση ή θεραπεία, η δόση για το αγέννητο παιδί πρέπει να αξιολογείται και να ελεγχεται από έναν ειδικό ιατρικής φυσικής ή από τον επαγγελματία. Εάν η μήτρα δεν ήταν στο πεδίο ακτίνων X ή η δόση εκτιμάται ότι είναι κάτω από 1 mSv, αυτή η αξιολόγηση δεν είναι απαραίτητη. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δόση και ο χρόνος εγκυμοσύνης κατά την έκθεση. Συνιστάται η τεκμηρίωση και η γνώση των κινδύνων και τα οφέλη της εκτέλεσης ή όχι της διεξαγωγής της εξέτασης, ειδικά εάν το έμβρυο βρίσκεται στο πεδίο ακτινοβολήσης. Ο κίνδυνος της καθημερινής ζωής σε σύγκριση με τον κίνδυνο που οφείλεται στην έκθεση θα πρέπει να συζητηθεί με τη μητέρα.

Αν οι απαιτούμενες διαγνωστικές πληροφορίες μπορούν να επιτευχθούν με έναν τρόπο απεικόνισης που δεν χρησιμοποιεί ιονίζουσα ακτινοβολία, θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως πρώτη επιλογή.

Πρέπει να τονιστεί ότι η άμβλωση είναι μια πολύ δραστική απόφαση που δεν πρέπει να ληφθεί χωρίς πολύ σοβαρούς λόγους. Κάτω από 100 mSv, η άμβλωση δεν είναι επιλογή. Πάνω από 100 mSv και σε μεμονωμένες περιπτώσεις πρέπει να ληφθεί υπόψη. Ωστόσο, ακόμη και μια δόση αρκετά υψηλή για το αγέννητο παιδί τόσο υψηλή όσο αρκετές εκατοντάδες milligray δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να οδηγήσει σε άμβλωση. Με τις δόσεις που συνήθως εμπλέκονται σε διαγνωστικές εξετάσεις δεν υπάρχει ανάγκη για άμβλωση, μόνο σε μερικές περιπτώσεις θεραπευτικών διαδικασιών.[13]

Αναφορές - Πηγές

1. <https://eeae.gr/> Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας: Η ιονίζουσα ακτινοβολία
2. <http://embryodose.med.uoc.gr> “Ακτινοπροστασία εγκύων ασθενών και εργαζομένων από ιονίζουσες ακτινοβολίες”, ΟΔΗΓΙΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΓΚΥΩΝ ΑΣΘΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΠΛΕΥΡΑΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ, Σεπτέμβριος 2015
3. Σοφία Κόττου, ΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΑΤΡΙΚΗ, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Σεπτέμβριος 2007
4. Ιωάννης Κανδαράκης Ιατρική Φυσική- Βιοιατρική Τεχνολογία, Πυρηνική Ιατρική, εκδόσεις Αράκυνθος, Μάρτιος 2007
5. Έγκριση Κανονισμών Ακτινοπροστασίας, Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 1014 (ΦΟΡ) 94, ΦΕΚ 216/Β/6.03.2001
6. International Commission on Radiological Protection. Biological effects after prenatal irradiation (embryo and fetus). ICRP Publication 90. Annals of the ICRP. 2003; 33: 1-2 2003
7. De Santis M, Di Gianantonio, G. Straface, A.F. Cavaliere, A. Caruso, F. Schiavon, R. Berletti, M. Clementi. Ionizing radiations in pregnancy and teratogenesis. A review of literature, Reprod Toxicol 2005; 20:323–329.
8. Karen M. Wieseler, Puneet Bhargava, Kalpana M. Kanal, Sandeep Vaidya, Brent K. Stewart, Manjiri K. Dighe, Imaging in pregnant patients: examination appropriateness, , Radiographics 2010; 30:1215–1229.
9. American College of Radiology. ACR practice guideline for imaging pregnant or potentially pregnant adolescents and women with ionizing radiation. Reston, VA: ACR, 2008
10. Cynthia H. McCollough, Beth A. Schueler, Thomas D. Atwell, Natalie N. Braun, Dawn M. Regner, Douglas L. Brown, Andrew J. LeRoy, Radiation Exposure and Pregnancy: When Should We Be Concerned?, , RadioGraphics 2007; 27:909 –918
11. Γ. Β. ΚΑΛΟΓΗΡΟΣ <https://kalogeo.gr> Ακτινοβολίες στην εγκυμοσύνη
12. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection in Biomedical Research ICRP Publication 62. Oxford: Pergamon Press, 1991; 22:3
13. European Commission “Radiation protection 100, Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental exposures”, 1998
14. International Commission on Radiological Protection. Radiological Protection and Safety in Medicine ICRP Publication 73. Oxford: Pergamon Press, 1996; 26:2
15. https://www.paidiatriki.gr/poso_epikinduni_einai_i_aktinobolia_stin_diarkeia_tis_egkku_mosunis/?fbclid=IwAR1d7yYNRzOsOtR2S8nKosF4PU2FgWaz0FoOC4K7RS6DTzgWIOzCs-aqUls
16. Goldberg-Stein S, Liu B, Hahn PF, Lee SI. Body CT during pregnancy: utilization trends, examination indications, and fetal radiation doses. AJR Am J Roentgenol 2011; 196:146–151
17. <https://www.investopedia.com/terms/m/montecarlosimulation.asp>
18. Erin Angel, Clinton V. Wellnitz, Mitchell M. Goodsitt, Nazanin Yaghmai, John J. DeMarco, Christopher H. Cagnon, James W. Sayre, Dianna D. Cody, Donna M. Stevens, Andrew N. Primak, Cynthia H. McCollough, Michael F. McNitt-Gray, Radiation Dose to the Fetus for Pregnant Patients Undergoing Multidetector CT Imaging: Monte Carlo Simulations Estimating Fetal Dose for a Range of Gestational Age and Patient Size, , RSNA, 2008, Radiology: 249: 1
19. John Damilakis, Antonis Tzedakis, Liana Sideri, Kostas Perisinakis, Ion E. Stamatelatos, Nicholas Gourtsoyiannis, Normalized conceptus doses for abdominal

- radiographic examinations calculated using a Monte Carlo technique, *Medical Physics*; 29:11, 2002
20. Felmlee JP, Gray JE, Leetzow ML, Price JC, Estimated fetal radiation dose from multislice CT studies. . *AJR Am J Roentgenol* 1990;154:185–190.
 21. A. Kelarantaa, T. Mäkelä, T. Kaasalainen, M. Korttesniemi, Fetal radiation dose in three common CT examinations during pregnancy –Monte Carlo study *Physica Medica* 2017; 43:199–206
 22. Tianwu Xie, Habib Zaidi, Estimation of the radiation dose in pregnancy: an automated patient-specific model using convolutional neural networks, *European Radiology*, 2019;29:6805–6815
 23. Jianwei Gu, X. George Xu, Peter F. Caracappa, Bob Liu, Fetal Doses to Pregnant Patients from CT with tube current modulation calculated using Monte Carlo Simulations and Realistic Phantoms, *Radiation Protection Dosimetry* 2013;155: 1, 64 – 72
 24. J Gu, B Bednarz, P F Caracappa, X G Xu, The development, validation and application of a multi-detector CT (MDCT) scanner model for assessing organ doses to the pregnant patient and the fetus using Monte Carlo simulations, *Phys Med Biol.* 2009 May 7; 54(9): 2699–2717
 25. Ay, Zaidi H., S. Sarkar, M. Shahriari, D. Sardari, Development and validation of MCNP4 C-based Monte Carlo simulator for fan- and cone-beam x-ray CT. *Phys Med Biol.* 2005; 50:4863–85
 26. G. W. McKinney, J. W. Durkee, J. S. Hendricks, M. R. James, Pelowitz, L. S. Waters *MCNPXTM User's Manual Version 2.5.0.* 2005,
 27. Xu XG, Taranenko V, Zhang J, Shi C., A boundary-representation method for designing whole-body radiation dosimetry models: pregnant females at the ends of three gestational periods—RPI-P3, -P6 and -P9. *Phys Med Biol.* 2007; 52:7023–44
 28. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: reference values. ICRP-89. *Annals ICRP.* 2002; 32:3-4.
 29. John Damilakis, Antonis Tzedakis, Kostas Perisinakis, Antonios E. Papadakis, A method of estimating conceptus doses resulting from multidetector CT examinations during all stages of gestation, *Med Phys* 2010 Dec;37(12):6411-20
 30. Masanao Kobayashi, Tomonobu Haba, Sayaka Suzuki, Yusei Nishihara, Yasuki Asada, Kazuyuki Minami, Evaluation of exposure dose in fetal computed tomography using organ-effective modulation *Physical and Engineering Sciences in Medicine* 2020 43:1195–1206
 31. Alyshah Abdul Sultan, Matthew J. Grainge, Joe West, Kate M. Fleming, Catherine Nelson-Piercy, Laila J. Tata, Impact of risk factors on the timing of first postpartum venous thromboembolism: a population-based cohort study from England, 2014 *Blood*; 124:18 2872–2880
 32. J. Chang, Jeani Chang, Laurie D Elam-Evans, Cynthia J Berg, Joy Herndon, Lisa Flowers, Kristi A Seed, Carla J Syverson, Pregnancy-related mortality surveillance—United States, 1991–1999, 2003, *Surveill. Summ.* 52 (2): 1–8
 33. Stuart L. Cohen, Jason J. Wang, Nicholas Chan, Chinara Feizullayeva, John Austin McCandlish, William O'Connell, Pina Sanelli, Predictors of radiation dose for CT pulmonary angiography in pregnancy across a multi-hospital integrated healthcare network 2019, *European Journal of Radiology*; 121:108721
 34. Jorge Isidoro, Paulo Gil, Gracinda Costa, João Pedroso de Lima, Caseiro Alves, Nuno C. Ferreira, Radiation dose comparison between V/P-SPECT and CT-angiography in the diagnosis of pulmonary embolism, 2017, *Physica Medica*; 41: 93-96
 35. ICRP, 2015. Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals: a Compendium of Current Information Related to Frequently Used Substances. ICRP Publication 128, *Annals of the ICRP* 2015;44:2S
 36. <http://www.impactscan.org/ctdosimetry.htm>

37. Damilakis J, Perisinakis K, Tzedakis A, Papadakis A, Karantanas A. Radiation dose to the conceptus from multidetector ct during early gestation: a method that allows for variations in maternal body size and conceptus position 2010,Radiology;257:2
38. Alves, Galeano , Santos , John G. Hunt , Francesco d'Errico, Souza, Carvalho Júnior, Monte Carlo calculation of the neutron dose to a fetus at commercial flight altitudes Radiation Physics and Chemistry 2017; 140: 398-402
39. Cabral, Vieira, J.W., Leal Neto, V., Lima, Development of a pregnant woman phantom using polygon mesh, for dosimetric evaluations, 2015 Braz. J. Radiat. Sci. 03;1A: 01–11
40. Chen, J., Meyerhof, D., Vlahovich, S.,Neutron fluence-to-dose conversion coefficients for embryo and fetus.2004. Radiat. Prot. Dosim. 110, 693–698.
41. Chen, J., Lewis, B.J., Bennett, L.G.I., Green, A.R., Tracy, B.L.,Estimated neutron dose to embryo and fetus during commercial flight. 2005, Radiat. Prot. Dosim. 114;4: 475–480.
42. Anna Kellaranta, Marja Ekholm, Paula Toroi and Mika Kortensniemi, Radiation exposure to fetus and breasts from dental X-ray examinations: effect of lead shields,Dentomaxillofac Radiol 2016;45(1):20150095
43. Γεωργακόπουλος, Αλέξανδρος, The role of fludeoxyglucose positron emission tomography (18F-FDG PET/CT) in patients with sarcoidosis and extrathoracic disease, Διδακτορική Διατριβή, Αθήνα 2020, Ίδρυμα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Υγείας. Τμήμα Ιατρικής. Τομέας Κλινικοεργαστηριακός. Εργαστήριο Β' Ακτινολογίας Πανεπιστημιακού Γενικού Νοσοκομείου ΑΤΤΙΚΟΝ
44. Paolo Zanotti-Fregonara, Richard Laforest, and Jerold W. Wallis,Fetal Radiation Dose from 18F-FDG in Pregnant Patients Imaged with PET, PET/CT, and PET/MRI Nucl Med 2015; 56:1218–1222
45. Paolo Zanotti Fregonara , Mathieu Chastan , Agathe Edet-Sanson , Ozgul Ekmekcioglu , Ezgi Basak Erdogan , Sebastien Hapdey , Elif Hindie , Michael G. Stabin ,New Fetal Dose Estimates from 18F-FDG Administered During Pregnancy: Standardization of Dose Calculations and Estimations with Voxel-Based Anthropomorphic Phantoms, J Nucl Med 2016; 57:1760–1763
46. Takalkar AM, Khandelwal A, Lokitz S, Lilien DL, Stabin MG. 18F-FDG PET in pregnancy and fetal radiation dose estimates, J Nucl Med. 2011;52:1035–40
47. Tianwu Xie, Habib Zaidi,Development of computational pregnant female and fetus models and assessment of radiation dose from positron-emitting tracers Eur J Nucl Med Mol Imaging (2016) 43:2290–2300
48. ICRP 89 (ICRP Publication 89 Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection Reference Values 2002;32:3-4
49. Mustafa Demir, İffet Çavdar, Nami Yeyin, Mohammad Abuqbeidah, Lebriz Uslu Beşli, Nazenin İpek, Mehmet Buğrahan Düz, Mehmet Seven,Calculation of Embryo/Fetus Dose in Pregnant Thyroid Patients Who Have Accidentally Received Radioiodine Eur Arch Med, Res 2019;35(3):120-560.
50. Evaggelos Pantelis , Christos Antypas, Maria Cristina Frassanito , Liana Sideri ,Katerina Salvara , Leonidas Lekas, Olga Athanasiou , Maria Piperis , Nikolaos Salvaras, Pantaleo Romanelli, Radiation dose to the fetus during CyberKnife radiosurgery for a brain tumor in pregnancy 2016 Physica Medica; 32: 1:237-241
51. Kellaranta A, Kaasalainen T, Seuri R, Toroi P, Kortensniemi M.Fetal radiation dose in computed tomography. Radiat Prot Dosimetry 2015;165:226–30.
52. Chen, J.,Absorbed dose conversion coefficients for embryo and fetus in neutron fields. 2007. Radiat. Prot. Dosim.2007, 126, 568–571.
53. Kyle Copeland, Herbert H. Sauer, Frances E. Duke , Wallace Friedberg,Cosmic radiation exposure of aircraft occupants on simulated high-latitude flights during solar proton

- events from 1 January 1986 through 1 January 2008 , 2008,Advances in Space Research: 42:6:15 :1008-1029
54. Philip M. Spanheimer, Michael M. Graham, Sonia L. Sugg, Carol E. H. Scott-Conner, Ronald J. Weigel, Measurement of Uterine Radiation Exposure from Lymphoscintigraphy Indicates Safety of Sentinel Lymph Node Biopsy during Pregnancy 2009 Annual Meeting of The Society of Surgical Oncology, Phoenix
 55. Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής Π.Γ.Ν. Ιωαννίνων Ακτινοπροστασία εγκύων ασθενών από ακτινοδιαγνωστικές εξετάσεις – Οδηγίες διαχείρισης
 56. <https://jnm.snmjournals.org/content/56/8/1218>
 57. ICRP Publication 106 Radiation Dose to Patients from Radiopharmaceuticals - Addendum 3 to ICRP Publication 53, Volume 38 1-2 2008
 58. Hays MT, Watson EE, Thomas SR, Stabin M.,MIRD Dose Estimate Report No. 19:Radiation absorbed dose estimates from 18F-FDG. J Nucl Med. 2002;43:210–214.
 59. Lawrence T. Dauer, Raymond H. Thornton, Donald L. Miller, John Damilakis, Robert G. Dixon, M. Victoria Marx, Beth A. Schueler, Eliseo Vañó, Aradhana Venkatesan, Gabriel Bartal, Dimitrios Tsetis, John F. Cardella, Radiation Management for Interventions Using Fluoroscopic or Computed Tomographic Guidance during Pregnancy: A Joint Guideline of the Society of Interventional Radiology and the Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe with Endorsement by the Canadian Interventional Radiology Association, J Vasc Interv Radiol 2012; 23:19–32
 60. John Damilakis, Kostas Perisinakis, Panos Prassopoulos, Evangelia Dimovasili, Haralambos Varveris, Nicholas Gourtsoyiannis, Conceptus radiation dose and risk from chest screen-film radiography. Eur Radiol 2003; 13:406–412.
 61. Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Giao Nguyen, Lottie Barnes, Lynne M. Hurwitz, Terry Yoshizumi, Robert E. Reiman, Philip C. Goodman, Erik K. Paulson, Donald P. Frush, Greta Toncheva, Giao Nguyen, Lottie Barnes, Radiation dose to the fetus from body MDCT during early gestation AJR Am J Roentgenol 2006; 186:871–876
 62. Helmrot E, Pettersson H, Sandborg M, Estimation of dose to the unborn child at diagnostic X-ray examinations based on data registered in RIS/PACS. Alten JN. Eur Radiol 2007; 17:205–209.
 63. Ferguson JE II, DeAngelis GA, Newberry YG, Finnerty JJ, Agarwal S., Fetal radiation exposure is minimal after pelvimetry by modified digital radiography. Am J Obstet Gynecol 1996; 175:260–267.
 64. Damilakis J, Theocharopoulos N, Perisinakis K, Papadokostakis G, Hadjipavlou A, Gourtsoyiannis N., Conceptus radiation dose assessment from fluoroscopically assisted surgical treatment of hip fractures. Med Phys 2003; 30:2594.
 65. Damilakis J, Perisinakis K, Vrahoriti H, Kontakis G, Varveris H, Gourtsoyiannis Embryo/fetus radiation dose and risk from dual X-ray absorptiometry examinations. N. Osteoporos Int 2002; 13:716–722.
 66. Παύλος Μάρκου, Οι δόσεις απορρόφησης στο έμβρυο κατά τις διαγνωστικές εξετάσεις της πυρηνικής ιατρικής και της ακτινολογίας. Οι δυνητικοί κίνδυνοι και οδηγίες ακτινοπροστασίας , Hell J Nucl Med 2007; 10(1): 48-55