

1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Αξονική Αγγειογραφία Πνευμονικών Αρτηριών σε Έγκυες Ασθενείς: Υπολογισμός Δόσεων στα Έμβρυα και τις Ασθενείς με δύο Λογισμικά Monte Carlo

Χρήστος Δημητρούκας^{1,2}, Βασίλειος Μεταξάς¹, Φώτιος Ευθυμίου¹, Βασιλική Βαβάτσικου³, Πέτρος Ζαμπάκης^{3,4},

Δημήτριος Καρναπατιδής^{3,4}, Χριστίνα Καλογεροπούλου^{3,4}, Γεώργιος Παναγιωτάκης^{1,2*}

¹Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 26504, Ελλάδα

²Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Πατρών, Πάτρα 26504, Ελλάδα

³Κλινικό Εργαστήριο Ακτινολογίας, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Πατρών, Πάτρα 26504, Ελλάδα

⁴Τμήμα Ακτινολογίας, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 26504, Ελλάδα

***Υπεύθυνος συγγραφέας επικοινωνίας:**

Γεώργιος Παναγιωτάκης, Καθηγητής

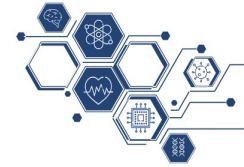
Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα 26504, Ελλάδα,

Τηλ.: +30 2610 969131, Email: panaviot@upatras.gr

Διοργανωτές



1. Εισαγωγή–Σκοπός



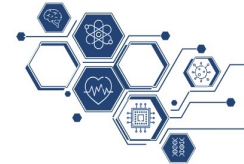
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Οι γυναίκες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης είναι πιθανό να υποστούν **πνευμονική εμβολή**, μια απειλητική για τη ζωή τους επιπλοκή με ποσοστά θνησιμότητας έως 30%.

Σε περιπτώσεις **μη φυσιολογικής ακτινογραφίας θώρακα**, η ανίχνευση της πνευμονικής εμβολής ενδέχεται να απαιτήσει εξέταση **αξονικής αγγειογραφίας πνευμονικών αρτηριών (CTPA)**.

Σκοπός της μελέτης είναι να υπολογιστούν η απορροφούμενη δόση στα έμβρυα, και η ενεργός δόση και οι δόσεις οργάνων σε έγκυες με υποψία πνευμονικής εμβολής που υπεβλήθησαν σε εξέταση CTPA.

2. Μέθοδοι και Υλικά (α)



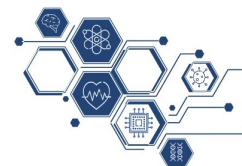
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Έξι έγκυες με υποψία πνευμονικής εμβολής υπεβλήθησαν σε εξέταση **CTPA** στο **Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Πατρών** με τον αξονικό τομογράφο **Toshiba Aquilion Prime 80**.

Δεδομένα εγκύων, παράμετροι σάρωσης και δοσιμετρικοί δείκτες από τις εξετάσεις CTPA.

	Έγκυος 1	Έγκυος 2	Έγκυος 3	Έγκυος 4	Έγκυος 5	Έγκυος 6
Ηλικία (χρόνια)	29	28	26	32	38	35
Βάρος (χλγ.)	69	63	70	67	65	75
Ύψος (εκ.)	164	162	166	170	160	165
Περιφέρεια μέσης (εκ.)	88	85	91	93	90	98
Βάθος εμβρύου (εκ.)	9.0	8.0	4.5	3.5	3.0	2.5
Στάδιο κύησης (εβδομάδα)	2	8	15	19	28	36
Τάση λυχνίας (kVp)	100					
Ρεύμα λυχνίας (mA)	109	94	107	101	103	127
Φορτίο λυχνίας (mAs)	38.1	33.0	37.5	35.4	36.0	44.5
Μήκος σάρωσης (cm)	20	22	24	26	17	21
Over-ranging	20 mm άνωθεν - 20 mm κάτωθεν (VirtualDoseCT), 35 mm (CODE)					
Pitch	0.638					
CTDI _{free-in-air} (για 100 mAs) (mGy)	19					
CTDI _{vol} (mGy)	3.5	3.0	3.4	3.2	3.2	4.0
DLP (mGycm)	68.0	62.9	78.8	80.1	52.8	81.1

2. Μέθοδοι και Υλικά (β)



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Προκειμένου να υπολογιστούν οι δόσεις, το τρίμηνο της κύησης, το βάθος του εμβρύου, η περιφέρεια της μέσης, η ηλικία, το βάρος και το ύψος, τα δοσιμετρικά δεδομένα ($CTDI_{free-in-air}$, $CTDI_w$ per 100 mAs, DLP), και οι παράμετροι του πρωτοκόλλου έκθεσης των εγκύων (τάση λυχνίας, φορτίο λυχνίας, ATCM, pitch, beam collimation, scan length, over-ranging), εισήχθησαν στα λογισμικά Monte Carlo **CODE** και **VirtualDoseCT**.

Διεπαφή CODE

0-7 week

unlock

Embryo Depth (cm)

Tube Load (mAs)

Tube Voltage (kV)

Pitch

Beam Collimation (mm)

Patient Circumference (cm)

$CTDI_{free-in-air}$ (mGy/100 mAs)

$CTDI_w$ (mGy / 100 mAs)

Calculate Save

Διεπαφή VirtualDoseCT

Patient phantoms:

Scan Protocol: CT Manufacturer: Scanner Name: Bowtie filters: Head Body

Beam Collimation (mm): kVp: Tube Current Modulation: No Yes mAs:

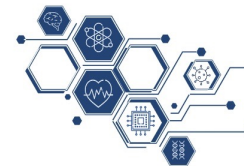
$CTDI_w$ (per 100mAs): Pitch: Organ Weighting Scheme: ICRP103 ICRP60 Z-Over Scan Length (mm): No Yes

Inferior overscan:

Superior overscan:

Calculate Dose PDF Report

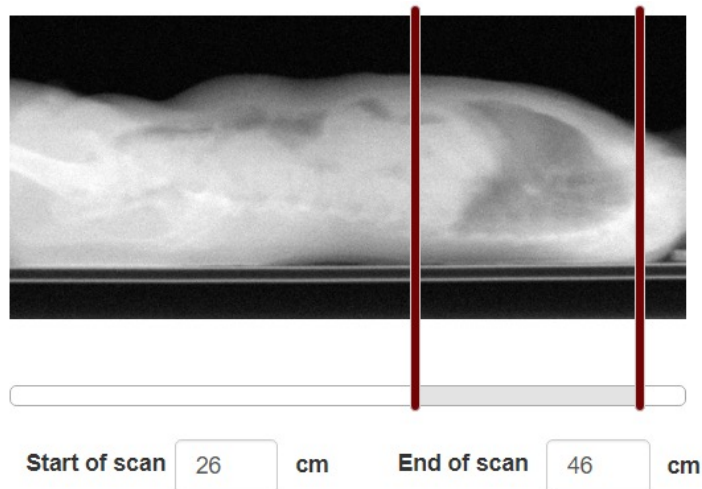
2. Μέθοδοι και Υλικά (γ)



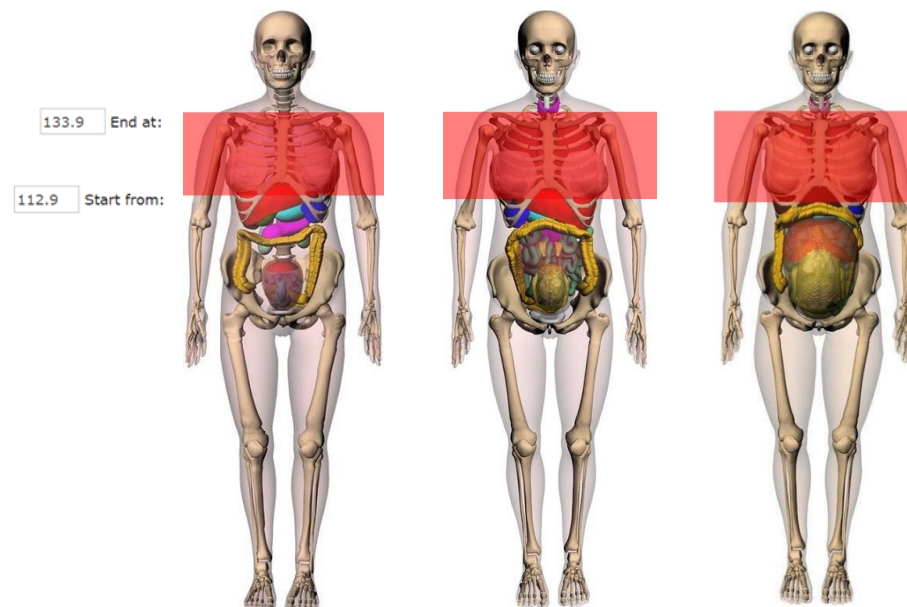
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Το **CODE** χρησιμοποιεί απλοποιημένο ομοίωμα και ο επιλογέας της περιοχής σάρωσης έχει βήμα 1 cm, ενώ το **VirtualDoseCT** χρησιμοποιεί πιο αντιπροσωπευτικό ανθρωπόμορφο ομοίωμα και ο επιλογέας της περιοχής σάρωσης έχει ακρίβεια 0.1 mm.

Ομοίωμα του CODE

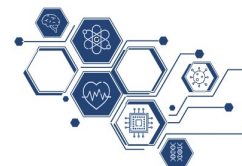


Ομοιώματα του VirtualDoseCT

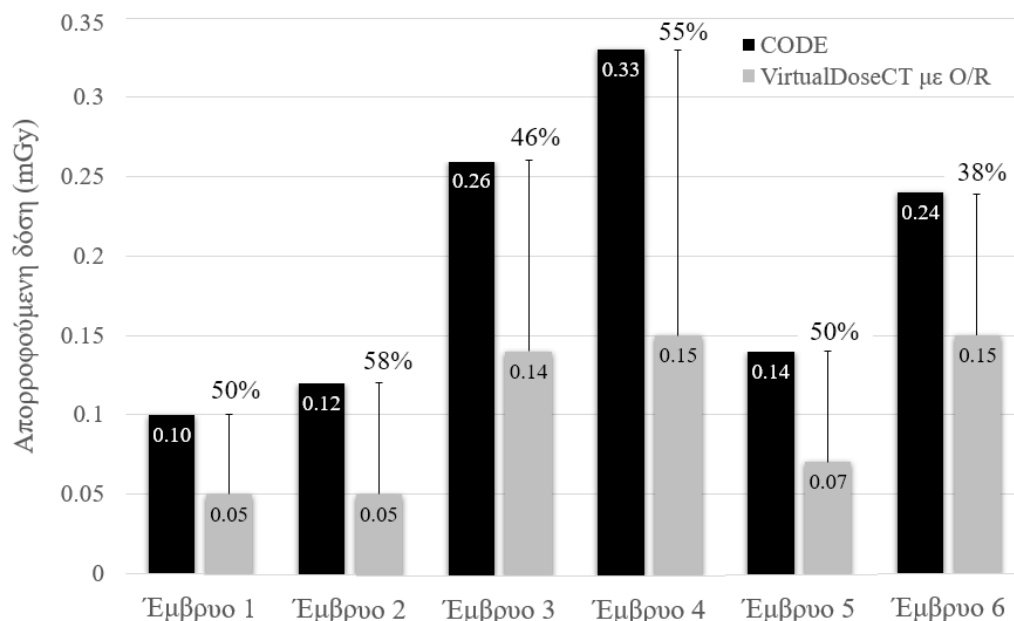


Η ενεργός δόση υπολογίστηκε με βάση το DLP και κατάλληλο συντελεστή μετατροπής.

3. Αποτελέσματα (α)



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023



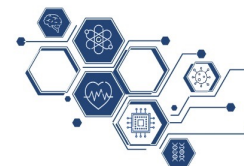
Οι απορροφούμενες δόσεις στα έμβρυα όπως υπολογίστηκαν με το VirtualDoseCT ήταν χαμηλότερες σε σχέση με το CODE, σε όλες τις περιπτώσεις (38-58%).

Οι δόσεις στα έμβρυα κυμαίνονται από **0.10** έως **0.33 mGy (CODE)** και από **0.05** έως **0.15 mGy (VirtualDoseCT)**.

Χρησιμοποιώντας το VirtualDoseCT, οι δόσεις στα έμβρυα υπολογίστηκαν με και χωρίς over-ranging (O/R). Η αύξηση της δόσης λόγω O/R ανέρχεται έως **50%**.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τις δόσεις στο έμβρυο είναι το **στάδιο κύησης** και το **μήκος σάρωσης**.

3. Αποτελέσματα (β)



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

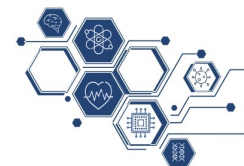
Δόση οργάνων (mGy)	Έγκυος 1	Έγκυος 2	Έγκυος 3	Έγκυος 4	Έγκυος 5	Έγκυος 6
Επινεφρίδια	1,09	1,20	3,77	3,88	0,62	2,07
Ουροδόχος κύστη	0,03	0,03	0,04	0,04	0,02	0,03
Επιφάνεια οστού	2,90	2,70	2,80	2,82	2,07	2,91
Εγκέφαλος	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,08
Μαστός	5,37	4,85	5,38	5,13	5,47	6,51
Παχύ έντερο	0,21	0,20	0,47	0,54	0,13	0,30
Θωρακικό τοίχωμα	2,61	2,55	1,89	1,97	2,12	2,41
Χοληδόχος κύστη	0,99	1,03	3,12	3,47	0,58	1,60
Ωοθήκες	0,08	0,08	0,09	0,10	0,04	0,07
Καρδιά	4,42	4,01	3,87	3,69	3,72	4,49
Νεφροί	0,48	0,49	1,50	1,81	0,30	0,74
Φακοί οφθαλμών	0,21	0,20	0,15	0,16	0,14	0,18
Ήπαρ	3,28	3,16	4,60	4,57	1,84	4,35
Πνεύμονας	4,48	4,09	4,00	3,84	3,46	4,50
Οισοφάγος	2,50	2,35	2,12	2,08	2,00	2,41
Πάγκρεας	0,51	0,51	1,32	1,56	0,30	0,77
Δέρμα	1,03	0,97	1,14	1,16	0,78	1,18
Λεπτό έντερο	0,21	0,21	0,66	0,80	0,24	0,66
Σπλήνας	1,61	1,78	4,54	4,66	0,82	3,04
Στομάχι	2,43	2,37	3,81	3,83	1,33	3,32
Θύμος	4,17	3,77	3,49	3,32	3,51	4,04
Θυρεοειδής	1,05	1,54	0,74	0,78	0,82	0,92
Μήτρα/Τράχηλος	0,10	0,10	0,45	0,54	0,19	0,52
Ενεργός δόση* (mSv)	1.8	1.6	2.0	2.1	1.4	2.1

*Χρησιμοποιήθηκε ο παράγοντας μετατροπής $k=0.026 \text{ mSv/mGycm}$.

Οι υψηλότερες μέσες **δόσεις οργάνων** όπως υπολογίστηκαν με το **VirtualDoseCT** αντιστοιχούν στον **μαστό** (5.45 mGy), τον **πνεύμονα** (4.06 mGy), την **καρδιά** (4.03 mGy) και τον **θύμο αδένα** (3.72 mGy) των εγκύων, όλα εντός της περιοχής σάρωσης.

Παρατηρήθηκε **σημαντική αύξηση της δόσης κατά το 2^ο τρίμηνο της εγκυμοσύνης** (έγκυες 3 & 4) σε νεφρούς, επινεφρίδια, σπλήνα, ήπαρ, χοληδόχο κύστη, πάγκρεας και στομάχι.

3. Αποτελέσματα (γ)



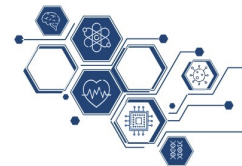
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι χαμηλότερα ή συγκρίσιμα με τις περισσότερες τιμές της βιβλιογραφίας.

Μελέτη (Έτος δημοσίευσης) [Μέθοδος υπολογισμού]	Δόση εμβρύου (mGy)			Ενεργός δόση εγκύου (mSv)		
	Τρίμηνο			Τρίμηνο		
	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο	1 ^ο	2 ^ο	3 ^ο
Αυτή η μελέτη (2023) [CODE/VirtualDoseCT με O/R]*	0.11/0.05	0.30/0.15	0.19/0.11	1.7	2.1	1.7
Tester et al. (2022) [CT-Expo]*	0.06	0.06	0.29	4.3 (δεν διευκρινίζεται το τρίμηνο)		
Hendriks et al. (2019) [Radimetrics]*	Δεν παρέχεται	1.09	1.49	9.2	9.4	9.4
Isidoro et al. (2017) [ImpaCT/CODE]*	0.28	0.73	0.57	Δεν παρέχεται		
Motavalli et al. (2017) [MCNP]*	< 0.10	< 0.10	< 0.30	Δεν παρέχεται		
Kelaranta et al. (2017) [ImpaCT/MOSFET]**	0.04/0.03	0.09/0.08	0.29-1.13/0.14-0.22 (28 ^η – 38 ^η βδομάδα)	Δεν παρέχεται		
Astani et al. (2014) [eXposure]*	0.47	0.51	0.38	21.1	21.3	20.7
Chattersson et al (2014) [TLD]**	< 0.01	Δεν παρέχεται	< 0.05	Δεν παρέχεται	2.5	Δεν παρέχεται

*Η δόση εκτιμήθηκε με Monte Carlo. **Η δόση μετρήθηκε με δοσίμετρα και ανθρωπόμορφα ομοιώματα.

4. Συμπεράσματα



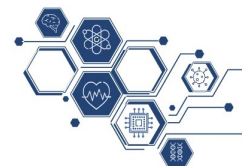
1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Από άποψη ακτινοπροστασίας και με την προϋπόθεση ότι παρέχεται επαρκής αιτιολόγηση της εξέτασης από τον παραπέμποντα ιατρό, **η CTPA μπορεί να θεωρηθεί ως μια ασφαλής second-line μέθοδος απεικόνισης για εγκύους με υποψία πνευμονικής εμβολής.**

Οι δόσεις στο έμβρυο της τάξης των 0.33 mGy (μέγιστη) από την εξέταση CTPA **δεν συνδέονται με αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης άμεσων ή απώτερων αποτελεσμάτων οφειλομένων στην ιατρική έκθεση.**

Το O/R στην εξέταση CTPA αυξάνει τη δόση στο έμβρυο μέχρι 50% και επομένως πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη σάρωση → **το μήκος σάρωσης πρέπει να είναι μικρότερο εκατέρωθεν.**

5. Βιβλιογραφία



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

- ❖ Damilakis J, Tzedakis A, Perisinakis K, Papadakis AE. A method of estimating conceptus doses resulting from multidetector CT examinations during all stages of gestation. *Med Phys.* 2010;37(12):6411-20.
- ❖ Ding A, Gao Y, Liu H, Caracappa PF, Long DJ, Bolch WE, Liu B, Xu XG. VirtualDose: a software for reporting organ doses from CT for adult and pediatric patients. *Phys Med Biol.* 2015;60(14):5601-25.
- ❖ International Commission on Radiological Protection (ICRP), *Pregnancy and Medical Radiation*, ICRP publication 84, Oxford: Pergamon. 30 (2000).
- ❖ Motavalli LR, Azghadi EH, Hakimabad HM, Akhlaghi P. Pulmonary embolism in pregnant patients: Assessing organ dose to pregnant phantom and its fetus during lung imaging. *Med Phys.* 2017;44(11):6038-6046.
- ❖ Kellaranta A, Mäkelä T, Kaasalainen T, Kortnesniemi M. Fetal radiation dose in three common CT examinations during pregnancy - Monte Carlo study. *Phys Med.* 2017;43:199-206.