

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

**ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ
ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ – ΕΜΠΕΙΡΙΑ
ΑΠΟ ΕΙΔΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ**

Διαμαντοπούλου Αικατερίνη
Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ. Λήδα Γώγου

Αθήνα 2021

Η ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΓΩΓΟΥ ΛΗΔΑ

ΚΕΧΑΓΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ του ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 15019 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ του Τμήματος ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ, 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».

Ο/Η Δηλών/ούσα



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου Δρ. Λήδα Γώγου για την πολύτιμη καθοδήγηση και στήριξή της για την διεκπεραίωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό του τμήματος Πυρηνικής Ιατρικής του Γενικού Νοσοκομείου Παιδων «Αγία Σοφία». Ιδιαίτερα την Πυρηνική Ιατρό Ιωάννα Σεβασλίδου για τις γνώσεις και την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε για τη συγκέντρωση υλικού για την πτυχιακή εργασία. Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξη και την ενθάρρυνσή τους κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Πυρηνική Ιατρική ως τομέας της Ιατρικής δίνει απαντήσεις σε εξειδικευμένα διαγνωστικά προβλήματα. Συνεισφέρει τόσο στη διάγνωση, όσο και στη θεραπεία ορισμένων παθήσεων, με τη χρήση κατάλληλων ραδιενεργών ουσιών και οργάνων υψηλής τεχνολογίας.

Αξιοσημείωτο είναι το πεδίο εφαρμογών της μεθόδου όσον αφορά την παιδιατρική Ιατρική. Το σύνολο των εξετάσεων προσαρμόζονται στις ανάγκες απεικόνισης των μικρών ασθενών από ιατρική και τεχνολογική άποψη. Τα πρωτόκολλα απεικόνισης διαμορφώνονται ανάλογα με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε παιδιατρικού ασθενούς σύμφωνα με τα διεθνή παιδιατρικά πρότυπα.

Στην ακόλουθη πτυχιακή εργασία παρατίθενται οι ιδιαιτερότητες της Πυρηνικής Ιατρικής αναφορικά με τα παιδιά. Παρουσιάζονται κλινικές εφαρμογές ραδιοφαρμάκων για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς σε παιδιατρικούς ασθενείς.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ΕΙΣΑΓΩΓΗ – Γιατί εφαρμόζεται η Π.Ι. στα παιδιά? – Ιδιαιτερότητες της εφαρμογής της Πυρηνικής Ιατρικής σε παιδιατρικό πληθυσμό.....	6
Πίνακας υπολογισμού δόσεων σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Πυρηνικής Ιατρικής.....	8
Απώτερα αποτελέσματα ακτινοβολίας – Βασικές αρχές παιδιατρικής απεικόνισης...9	
Προβλήματα στην εξέταση παιδιατρικών ασθενών και τρόποι επίλυσής τους.....	10
Καταστολή παιδιατρικού ασθενούς.....	11
Γενικές τεχνικές παιδιατρικής απεικόνισης – Ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου στην παιδιατρική ακτινολογία.....	12
ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ	
Επίπεδη γ-camera.....	13
Τομογραφική γ-camera (SPECT).....	14
Ραδιοφάρμακα.....	15
Κλινική εφαρμογή SPECT/CT σε παιδιατρικό	
ΘΥΡΕΟΕΙΔΗΣ ΑΔΕΝΑΣ – Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς με ασθενή Tc-99m – Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς με I-123.....	16
ΟΣΤΑ – Φυσιολογικό σπινθηρογράφημα οστών.....	17
Παθολογικό σπινθηρογράφημα οστών - Οστεοσάρκωμα.....	18
Φυσιολογικό σπινθηρογράφημα οστών τριών φάσεων (Αγγειακή φάση-Αιματική φάση-Οστική φάση).....	19
Παθολογικό σπινθηρογράφημα οστών τριών φάσεων (Αγγειακή φάση-Αιματική φάση-Οστική φάση).....	21
Φυσιολογικό ολόσωμο σπινθηρογράφημα με I-123-MIBG.....	23
Παθολογικό ολόσωμο σπινθηρογράφημα με I-123-MIBG.....	24
ΓΑΣΤΡΕΝΤΕΡΙΚΟ	

Οισοφάγος – Γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση (ΓΟΠ) – Σπινθηρογράφημα με επισημασμένο γάλα (Milk Scan).....	25
Αιμορραγία από το γαστρεντερικό – Ανίχνευση έκτοπου γαστρικού βλεννογόνου (Μεκέλειος απόφυση).....	26
ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ – Κυστεογραφία	
Άμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία.....	28
Έμμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία.....	29
ΝΕΦΡΟΙ - Σπινθηρογράφημα νεφρών με Tc-99m-Mag3 (Δυναμική μελέτη νεφρών) και έμμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία.....	30
Σπινθηρογράφημα νεφρών με Tc-99m-DMSA (Στατική μελέτη νεφρών).....	32
PET/CT - Εισαγωγή – Δομή και αρχές λειτουργίας PET/CT.....	35
Ραδιοφάρμακα.....	36
Χώροι της Πυρηνικής Ιατρικής – PET/CT.....	37
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ – Πριν από την εξέταση – Την ημέρα της εξέτασης.....	41
Κλινική εφαρμογή PET/CT σε παιδιατρικό πληθυσμό.....	42
ΛΕΜΦΩΜΑΤΑ.....	43
ΣΑΡΚΩΜΑΤΑ.....	48
Οδηγίες ακτινοπροστασίας μετά από εξέταση PET/CT (F-18 FDG).....	52
ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΡΚΙΝΟΥ ΘΥΡΕΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕ I ¹³¹ – Εισαγωγή.....	54
I ¹³¹	55
ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ I¹³¹	
Άμεσες.....	56
Απώτερες.....	57
Χώροι Πυρηνικής Ιατρικής – Θεραπεία με I ¹³¹ - Θάλαμος παραμονής ασθενούς μετά τη λήψη του θεραπευτικού ιωδίου.....	58
Απομόλυνση θαλάμου.....	65
BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	68

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Πυρηνική Ιατρική αποτελεί ειδικότητα της Ιατρικής. Χρησιμοποιώντας ραδιενεργά ισότοπα στοχεύει στη διάγνωση και τη θεραπεία διαφόρων παθήσεων. Όταν διασπώνται τα ραδιοϊσότοπα, εκπέμπουν είτε β ακτινοβολία, είτε γ ακτινοβολία, είτε συνδυασμό β και γ ακτινοβολίας, είτε ποζιτρόνια. Στις θεραπευτικές εφαρμογές της Πυρηνικής Ιατρικής χορηγούνται ραδιοϊσότοπα που είναι β εκπομποί, ενώ για διαγνωστικούς σκοπούς χορηγούνται εκπομποί γ ακτινοβολίας και ποζιτρόνια.

Όσον αφορά τις διαγνωστικές εφαρμογές, διαχωρίζονται σε *in vivo* και *in vitro*.

Η κλινική εφαρμογή της Πυρηνικής Ιατρικής αφορά στη διάγνωση με τη γ-κάμερα (SPECT/CT) και PET/CT και τη θεραπεία.

Γιατί εφαρμόζεται η Π.Ι. στα παιδιά?

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '70 στην Αμερική και του '80 στην Ευρώπη, η Παιδιατρική Πυρηνική Ιατρική καθιερώθηκε επίσημα ως αναγνωρισμένος τομέας εφαρμογών της Πυρηνικής Ιατρικής.

Η Πυρηνική Ιατρική καθίσταται κατάλληλη για εφαρμογή στην Παιδιατρική καθώς αποτελεί ταυτόχρονα μη επεμβατική, απλή και εύχρηστη τεχνική, με μικρή επιβάρυνση από πλευράς δόσεως ακτινοβολίας στον ασθενή.

Ιδιαιτερότητες της εφαρμογής της Πυρηνικής Ιατρικής σε παιδιατρικό πληθυσμό

Τα παιδιά δεν είναι μικροί ενήλικες και δεν θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως μικροί ενήλικες. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο η Παιδιατρική Ιατρική διαφέρει από την Πυρηνική Ιατρική με τον τρόπο που εφαρμόζεται στους ενήλικες. Οι ασθενείς που εξετάζει, ανήκουν σε ένα ευρύ φάσμα ηλικιών, από νεογνά έως εφήβους και νεαρά άτομα που παρακολουθούνται χρόνια στο νοσοκομείο λόγω της ασθένειά τους. Η βιοκινητική των ραδιοφαρμάκων στους παιδιατρικούς ασθενείς διαφέρει συγκριτικά με τους ενήλικες και εξαρτάται από την ανάπτυξη των διαφόρων συστημάτων. Ανάλογα με την ηλικία του κάθε ασθενούς παρατηρούνται διαφορές στην φυσιολογία και την παθολογία του. Με την αύξηση της ηλικίας, οι διάφορες φυσιολογικές διεργασίες, προσομοιάζουν με αυτές του ενήλικα.

Η δοσιμετρία, η μεθοδολογία της εξέτασης και η ερμηνεία των σπινθηρογραφικών ευρημάτων ποικίλει ανάλογα με την ηλικία των παιδιατρικών ασθενών. Οι δόσεις κρίνεται απαραίτητο να προσαρμόζονται στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά κάθε εξεταζομένου (βάρος, ύψος και ηλικία), από τη στιγμή που τα παιδιά είναι περισσότερο ευάλωτα στην ακτινοβολία και ο παράγοντας κινδύνου της σε αυτά είναι κατά πολύ υψηλότερος απ' ότι στους ενήλικες. Άλλωστε, τα παιδιά έχουν μεγαλύτερο προσδόκιμο ζωής και κατ' επέκταση και περισσότερες πιθανότητες εκδήλωσης επιβλαβών επιπτώσεων από την ακτινοβολία.

Υπολογισμός δόσεων σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Πυρηνικής Ιατρικής (European Association of Nuclear Medicine, Dosage Card-version 5.7.2016):



Dosage Card (Version 5.7.2016)

Multiple of Baseline Activity

Weight kg	Class A	Class B	Class C	Weight Kg	Class A	Class B	Class C
3	1	1	1	32	3.77	7.29	14.00
4	1.12	1.14	1.33	34	3.88	7.72	15.00
6	1.47	1.71	2.00	36	4.00	8.00	16.00
8	1.71	2.14	3.00	38	4.18	8.43	17.00
10	1.94	2.71	3.67	40	4.29	8.86	18.00
12	2.18	3.14	4.67	42	4.41	9.14	19.00
14	2.35	3.57	5.67	44	4.53	9.57	20.00
16	2.53	4.00	6.33	46	4.65	10.00	21.00
18	2.71	4.43	7.33	48	4.77	10.29	22.00
20	2.88	4.86	8.33	50	4.88	10.71	23.00
22	3.06	5.29	9.33	52-54	5.00	11.29	24.67
24	3.18	5.71	10.00	56-58	5.24	12.00	26.67
26	3.35	6.14	11.00	60-62	5.47	12.71	28.67
28	3.47	6.43	12.00	64-66	5.65	13.43	31.00
30	3.65	6.86	13.00	68	5.77	14.00	32.33

$$A[\text{MBq}]_{\text{Administered}} = \text{Baseline Activity} \times \text{Multiple}$$

- For a calculation of the administered activity, the baseline activity value has to be multiplied by the multiples given above for the recommended radiopharmaceutical class (see reverse).
- If the resulting activity is smaller than the minimum recommended activity, the minimum activity should be administered.
- The national diagnostic reference levels should not be exceeded!

Examples:

- ^{18}F FDP-PET Brain, activity to be administered [MBq] = 14.0×10.71 [MBq] 50 kg: ≈ 150 MBq
- ^{123}I mIBG, activity to be administered [MBq] = 28.0×1 [MBq] = 28 MBq 3 kg: < 37 MBq (Minimum Recommended Activity) \rightarrow activity to be administered: 37 MBq

This card is based upon the publication by Jacobs F, Thierens H, Piepsz A, Bacher K, Van de Wiele C, Ham H, Dierckx RA. Optimized tracer-dependent dosage cards to obtain weight-independent effective doses. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 May; 32(5):581-8.

This card summarizes the views of the Paediatric and Dosimetry Committees of the EANM and reflects recommendations for which the EANM cannot be held responsible.

The dosage recommendations should be taken in context of „good practice“ of nuclear medicine and do not substitute for national and international legal or regulatory provisions.



Android App



iPhone App

EANM Executive Office

Schmalzhofgasse 26 · 1060 Vienna, Austria

Phone: +43 (0) 1 890 44 27, fax: +43 (0) 1 890 44 27-9

office@eanm.org - www.eanm.org - fb.com/officialEANM

Recommended Amounts in MBq Radiopharmaceutical	Class	Baseline Activity (for calculation purposes only) MBq	Minimum Recommended Activity¹ MBq
¹²³ I (Thyroid)	C	0.6	3
¹²³ I Amphetamine (Brain)	B	13.0	18
¹²³ I HIPURAN (Abnormal renal function)	B	5.3	10
¹²³ I HIPURAN (Normal renal function)	A	12.8	10
¹²³ I mIBG	B	28.0	37
¹³¹ I mIBG	B	5.6	35
¹⁸ F FDG-PET torso	B	25.9	26
¹⁸ F FDG-PET brain	B	14.0	14
¹⁸ F Sodium fluoride	B	10.5	14
⁶⁷ Ga Citrate	B	5.6	10
⁶⁸ Ga-labelled peptides	B	12.8	14
^{99m} Tc ALBUMIN (Cardiac)	B	56.0	80
^{99m} Tc COLLOID (Gastric Reflux)	B	2.8	10
^{99m} Tc COLLOID (Liver/Spleen)	B	5.6	15
^{99m} Tc COLLOID (Marrow)	B	21.0	20
^{99m} Tc DMSA	B	6.8	18.5
^{99m} Tc DTPA (Abnormal renal function)	B	14.0	20
^{99m} Tc DTPA (Normal renal function)	A	34.0	20
^{99m} Tc ECD	B	51.8	100
^{99m} Tc HMPAO (Brain)	B	51.8	100
^{99m} Tc HMPAO (WBC)	B	35.0	40
^{99m} Tc IDA (Biliary)	B	10.5	20
^{99m} Tc MAA / Microspheres	B	5.6	10
^{99m} Tc MAG3	A	11.9	15
^{99m} Tc MDP	B	35.0	40
^{99m} Tc Pertechnetate (Cystography)	B	1.4	20
^{99m} Tc Pertechnetate (Ectopic Gastric Mucosa)	B	10.5	20
^{99m} Tc Pertechnetate (Cardiac First Pass)	B	35.0	80
^{99m} Tc Pertechnetate (Thyroid)	B	5.6	10
^{99m} Tc RBC (Blood Pool)	B	56.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin (Cancer seeking agent)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 2-day protocol min)	B	42.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 2-day protocol max)	B	63.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac rest scan 1-day protocol)	B	28.0	80
^{99m} Tc SestaMIBI/Tetrofosmin ² (Cardiac stress scan 1-day protocol)	B	84.0	80
^{99m} Tc Spleen (Denatured RBC)	B	2.8	20
⁹⁹ Tc TECHNEGAS (Lung ventilation) ³	B	49.0	100

¹ The minimum recommended activities are calculated for commonly used gamma cameras or positron emission tomographs. Lower activities could be administered when using systems with higher counting efficiency.

² The minimum and maximum values correspond to the recommended administered activities in the EANM/ESC procedural guidelines (Hesse B, Tagli K, Cuocolo A, et al). EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear Cardiology. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2005 Jul;32(7):855-97.

³ This is the activity load needed to prepare the Technegas device. The amount of inhaled activity will be lower.

Απώτερα αποτελέσματα ακτινοβολίας (στοχαστικά)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΦ' ΟΡΟΥ ΖΩΗΣ
Εμφάνιση θανατηφόρου καρκίνου	5.0% ανά 1000mSv
Εμφάνιση μη θανατηφόρου καρκίνου	1.0% ανά 1000mSv
Γενετικά αποτελέσματα	1.3% ανά 1000mSv
ΣΥΝΟΛΟ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	7.3% ανά 1000mSv

Ηλικία (χρόνια)	Πολλαπλασιαστικός κίνδυνος
< 10	×3
10 – 20	×2
20 – 30	×1.5
30 – 50	×0.5
50 – 80	×0.3
80 ⁺	Αμελητέος κίνδυνος

Βασικές αρχές παιδιατρικής απεικόνισης

- Επιλογή κατάλληλης μεθόδου απεικόνισης ανάλογα με την κλινική ένδειξη.
- Απαραίτητη προϋπόθεση για την απεικόνιση παιδιατρικών ασθενών σε χώρους Πυρηνικής Ιατρικής αποτελεί η επιλογή και η χρήση πρωτοκόλλων χαμηλής δόσης ανάλογα με το ιστορικό, την ηλικία, τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά τους και το κλινικό ερώτημα.
- Άμεση συνεργασία του παιδίατρου με τον παιδιατρικό ασθενή.
- Θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν και να καλύπτονται οι ανάγκες και οι ανησυχίες τους.

Προβλήματα στην εξέταση παιδιατρικών ασθενών και τρόποι επίλυσής τους

Απώτερος σκοπός για την απεικόνιση κάθε παιδιατρικού ασθενούς είναι η λήψη εικόνων καλής ποιότητας. Ένα πρόβλημα που καλείται ο τεχνολόγος ακτινολόγος να αντιμετωπίσει είναι η ακινητοποίηση των μικρών ασθενών για το χρονικό διάστημα το απαραίτητο για την εκάστοτε εξέταση που εκτελείται. Στην ομαλή διεξαγωγή των εξετάσεων βοηθούν τα ειδικά συστήματα ακινητοποίησης για παιδιά boxes μάντες ακινητοποίησης, με τα οποία είναι εξοπλισμένα τα παιδιατρικά τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής.



Εικ.1: Boxes ακινητοποίησης



Εικ.2: Boxes ακινητοποίησης

Για να επιτευχθεί η ακριβής καταγραφή των εικόνων CT και PET απαραίτητη προϋπόθεση αποτελεί ο ασθενής να παραμείνει εντελώς ακίνητος καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης. Παρ' όλα αυτά, σε μη συνεργαζόμενους ασθενείς απαιτείται η γενική αναισθησία λόγω αυξημένου χρόνου περάτωσης της εξέτασης.

Επιπρόσθετα προτείνεται αλλαγή του προγράμματος του φαγητού και του ύπνου του παιδιού (να φάει λίγο πριν την εξέταση, έτσι ώστε να κοιμηθεί κατά τη διάρκεια αυτής). Κρίνεται απαραίτητο ήρεμο και φιλικό περιβάλλον, με παιχνίδια, κατάλληλη μουσική και χαμηλό φωτισμό.

Ο τεχνολόγος ακτινολόγος που πραγματοποιεί την εξέταση χρειάζεται να αντιμετωπίσει τα εξής προβλήματα:

- Φοβία για τον αποχωρισμό από τους γονείς. Η παρουσία των γονέων κατά τη διάρκεια της εξέτασης δίπλα στα παιδιά τους δημιουργεί το αίσθημα της ασφάλειας.

- Φοβία για το άγνωστο. Στις περισσότερες περιπτώσεις το παιδί νιώθει φόβο και κλαίει διαρκώς, αφού δεν γνωρίζει τι πρόκειται να ακολουθήσει. Γι' αυτό το λόγο απαραίτητη κρίνεται η ενημέρωσή τόσο του παιδιού, όσο και των γονέων για την όλη διαδικασία που θα υποβληθεί, καθώς ακόμη και για τις πιθανές επιπτώσεις που δύναται να ακολουθήσουν από τη χορήγηση των ραδιοφαρμάκων, μέσω ενημερωτικών φυλλαδίων.
- Περιβάλλον νοσοκομείου. Τα παιδιατρικά νοσοκομεία χρειάζεται να αποπνέουν αισθήματα άνεσης, οικειότητας. Να είναι φιλικά. Να διαθέτουν την ανάλογη διακόσμηση και επίπλωση, τον κατάλληλο φωτισμό και παιχνίδια σε όλους τους χώρους που παρεβρίσκονται οι παιδιατρικοί ασθενείς. Χρήσιμο είναι να γίνει μια ξενάγηση του παιδιού στους χώρους που θα πραγματοποιηθεί η εξέτασή του, ώστε να εξοικειωθεί με τον περιβάλλοντα χώρο και τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν κατά την εξέταση.
- Ένεση και καθετηριασμός. Κάθε παιδί φοβάται και θεωρεί απειλητικά αντικείμενα τις ενέσεις, τις σύριγγες. Γίνεται προσπάθεια μείωσης της συγκεκριμένης εντύπωσης, μέσω συζήτησης και ήρεμης ομιλίας.

Μιλώντας και ενθαρρύνοντας τον παιδιατρικό ασθενή καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης, με επιβράβευση στο πέρας αυτής, είναι πιθανό να αποφευχθεί η καταστολή του. Η παρουσία του σε ένα Τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής δεν θα αποτελέσει τραυματική εμπειρία. Εν αντιθέσει, θα βοηθήσει την επόμενη φορά που θα χρειαστεί να παρευρεθεί το παιδί σε αντίστοιχους χώρους για παρόμοιες εξετάσεις.

Καταστολή παιδιατρικού ασθενούς

Στις περιπτώσεις που οι υπόλοιποι τρόποι ακινητοποίησης κριθούν ανεπαρκείς, η καταστολή του παιδιού είναι απαραίτητη ώστε να διευκολυνθεί η εξέταση. Παρακάτω παραθέτονται οι συνηθέστερες ενδείξεις για να εφαρμοστεί η καταστολή σε παιδιατρικούς ασθενείς:

- Παιδιά μεταξύ 6 μηνών και 6 ετών.
- Παιδιά με πνευματική καθυστέρηση.
- Προηγούμενες κακές εμπειρίες και φόβος που έχει προκληθεί από άλλα νοσοκομεία.
- Φόβος για την ενδοφλέβιο ένεση.
- Ανικανότητα συνεργασίας κατά την απεικόνιση.

Η απόφαση για καταστολή ενός παιδιατρικού ασθενούς πρέπει να γίνεται με ιδιαίτερη προσοχή, αφού προηγηθεί εκτίμηση της καταστάσεώς του παιδιού, λαμβάνοντας υπ' όψιν τις παρενέργειες που δύναται να επιφέρει το φάρμακο. Μετά το πέρας της εξέτασης το παιδί πρέπει να παρακολουθείται όσο βρίσκεται σε καταστολή και θα φεύγει από το χώρο του εργαστηρίου μόνο εφόσον έχει ξυπνήσει, αναπνέει κανονικά, αντιδρά φυσιολογικά και στηρίζεται δίχως βοήθεια.

Γενικές τεχνικές παιδιατρικής απεικόνισης

- Προϋπόθεση επιτυχίας των εξετάσεων είναι η δημιουργία φιλικού περιβάλλοντος για τα παιδιά, ώστε να μην έχουν την αίσθηση του φόβου κατά την απεικόνιση.
- Η απεικόνιση των παιδιατρικών ασθενών χρειάζεται να πραγματοποιείται σε ειδικό τμήμα από εξειδικευμένους τεχνολόγους, οι οποίοι είναι πλήρως καταρτισμένοι στα παιδιατρικά πρωτόκολλα .
- Χρήση μικρού μεγέθους τομών.
- Προσέγγιση του κάθε παιδιού μιλώντας ήρεμα, με απλό λεξιλόγιο.
- Πριν από την υλοποίηση οποιασδήποτε εξέτασης εξηγούμε και κάνουμε πρόβα τις εντολές που θα πρέπει να ακολουθήσει.
- Χρησιμοποιούμε παραμύθια, αυτοκόλλητα και όποιο άλλο μέσο αποσπά την προσοχή των μικρών ασθενών από την εξέταση που θα επακολουθήσει.
- Συνίσταται οι γονείς-συνοδοί να λαμβάνουν ενεργό ρόλο στην επικοινωνία με τα παιδιά για να νιώθουν ασφάλεια.
- Κάθε φορά που οι παιδιατρικοί ασθενείς ακολουθούν τις οδηγίες που δίνονται τους επιβραβεύουμε και τους ενθαρρύνουμε διαρκώς με σκοπό να επιτευχθεί η ορθή συνεργασία για την περάτωση της εξέτασης.
- Σε χρονοβόρες εξετάσεις ενδέχεται να γίνει χρήση αναισθησίας ή μέθης.

Ο ρόλος του τεχνολόγου ακτινολόγου στην παιδιατρική ακτινολογία:

- Διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ομάδα της απεικόνισης.
- Αντιμετώπιση γονέων και παιδιών για την συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εξέτασης.
- Είναι υπεύθυνος για τη συμμόρφωση με τα παιδιατρικά πρωτόκολλα ελαχιστοποιώντας τη δόση ακτινοβολίας και τη χρήση κατάλληλων παραμέτρων προσαρμοσμένων σε παιδιατρικούς ασθενείς.
- Διασφαλίζει ότι κάθε εξέταση είναι ποιοτική, με τα ιδανικά πρωτόκολλα και τεχνικές, όπως και τη σωστή χρήση του εξοπλισμού.
- Διαχειρίζεται αποτελεσματικά περιστατικά συχνά με ιδιαίτερο αυξημένο φόρτο εργασίας.

ΤΑ ΟΡΓΑΝΑ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

Επίπεδη γ-camera

Βασικό όργανο της Πυρηνικής Ιατρικής αποτελεί η γ-camera, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για συμβατική απεικόνιση. Παλαιότερα όργανα όπως οι γραμμικοί σπινθηρογράφοι έχουν εκλείψει.

Η γ-camera κατασκευάστηκε από τον H.O.Anger το 1958. Αποτελείται από έναν κυκλικό ή τετράγωνο κρυσταλλικό σπινθηριστή NaI(Tl), διαμέτρου 30-50cm και πάχους 0,6-0,8cm. Σε άριστη οπτική και μηχανική επαφή με τον κρύσταλλο από την μία του όψη είναι συνδεδεμένοι έως και 91 φωτοπολλαπλασιαστές σε κυκλική ή πολυγωνική διάταξη. Το σύστημα κρυστάλλου-φωτοπολλαπλασιαστών αποτελεί την "κεφαλή" του οργάνου και βρίσκεται εντός θωρακίσεως από μόλυβδο, για να αποκόπτεται από τον κρύσταλλο η ακτινοβολία περιβάλλοντος. Η μία όψη της κεφαλής δεν φέρει θωράκιση, αλλά από αυτήν ο κρύσταλλος βλέπει τον ασθενή, μέσω ενός οργάνου που καλείται κατευθυντήρας. Το όργανο αυτό, το οποίο έχει πάχος μερικών εκατοστών, είναι κατασκευασμένο από μόλυβδο και φέρει ένα μεγάλο αριθμό οπών μέσω των οποίων τα φωτόνια που προέρχονται από το σώμα του ασθενούς προσβάλλουν τον κρύσταλλο. Ο κατευθυντήρας χρησιμεύει στην αποκοπή των φωτονίων που προέρχονται από σκέδαση Compton από το σώμα του ασθενούς και όταν προσβάλουν τον κρύσταλλο δημιουργούν ψευδείς πληροφορίες κατανομής του χορηγηθέντος ραδιοφαρμάκου. Ανάλογα με την εξέταση και την ενέργεια των φωτονίων του ραδιονουκλιδίου, για κάθε γ-camera υπάρχουν διάφοροι κατευθυντήρες.

Όταν τα προερχόμενα από το σώμα του ασθενούς φωτόνια εισέρχονται στον κρύσταλλο μέσω των οπών του κατευθυντήρα, χάνουν ενέργεια λόγω των μηχανισμών αλληλεπίδρασης ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και ύλης. Η ενέργεια που απορροφά ο κρύσταλλος διεγείρει την ηλεκτρονική δομή του και κατ' επέκταση κατά την αποδιέγερση να εκπέμπονται φωτόνια στην ορατή περιοχή του φάσματος, οι σπινθηρισμοί.

Οι φωτοπολλαπλασιαστές, με την βοήθεια ειδικού ηλεκτρικού κυκλώματος, δημιουργούν τέσσερις παλμούς τάσεως κατά τις τέσσερις διευθύνσεις συστήματος ορθογώνιων Oxy αξόνων παραλλήλων προς την επιφάνεια του κρυστάλλου.

Στις σύγχρονες ψηφιακές γ-camera, οι παλμοί θέσεως προσθέτουν μία μονάδα στις θέσεις της μνήμης λήψεως των πληροφοριών του συστήματος. Αυτές οι θέσεις αντιστοιχούν σε μικρές περιοχές του κρυστάλλου, όπου συνέβησαν οι σπινθηρισμοί και αποτελούν τα στοιχεία εικόνας, γνωστά ως pixels. Το αριθμητικό περιεχόμενο της μνήμης αντιστοιχεί σε κωδικό χρωμάτων και εμφανίζεται ως εικόνα σε ψηφιακή οθόνη.

Με τα συστήματα γ-camera γίνεται εφικτή η λήψη πολλών εικόνων συναρτήσει του χρόνου, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η απεικόνιση μεταβολής της κατανομής του ραδιοφαρμάκου από το εξεταζόμενο όργανο συναρτήσει του χρόνου (δυναμική μελέτη). Υπάρχουν πακέτα προγραμμάτων με τα οποία γίνεται επεξεργασία εικόνων ώστε από καμπύλες ή από άλλα στοιχεία να διευκολύνεται η διάγνωση.

Τομογραφική γ-camera (SPECT)

Η λαμβανόμενη εικόνα από μία γ-camera αποτελεί μία δισδιάστατη προβολή της τρισδιάστατης κατανομής του ραδιοφαρμάκου εντός του σώματος του ασθενούς. Η απόκτηση πληροφοριών της τρίτης διάστασης επιτυγχάνεται με την τομογραφία. Το σύστημα αυτό καλείται Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT).

Ένα σύστημα SPECT αποτελείται από μία ή/και περισσότερες κεφαλές γ-camera, με δυνατότητα αυτόματης και προγραμματιζόμενης περιστροφής της γύρω από τον ασθενή σε επιθυμητή ταχύτητα περιστροφής και ακτίνα. Για να πραγματοποιηθεί η τομογραφία λαμβάνονται διασδιάστατες λήψεις με την προγραμματισμένη αυτόματη περιστροφή της κεφαλής ή των κεφαλών του συστήματος SPECT. Οι εικόνες που προκύπτουν από τις λήψεις αυτές παρουσιάζουν την κατανομή του χορηγηθέντος ραδιοφαρμάκου στον ασθενή υπό διάφορες γωνίες.

Με στόχο να προκύψει η τρισδιάστατη παρουσίαση του εξεταζόμενου οργάνου ή οι τομές αυτού, κατά την επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιούνται διορθώσεις όσον αφορά την απορρόφηση φωτονίων. Μεταβάλλεται η διακριτική ικανότητα και η ευαισθησία κατά μήκος των ακτίνων προβολής (projection rays). Πρόκειται για φανταστικές ακτίνες οι οποίες εκκινούν από τον ανιχνευτή και περνούν μέσα από την ραδιενεργό πηγή, η άθροιση των οποίων αποτελεί τη βασική διεργασία στην προβολή.

Η ανασύνθεση της τομογραφικής εικόνας βασίζεται σε δύο στάδια, την οπισθοπροβολή (backprojection) και την ελάττωση των σφαλμάτων της. Κατά την οπισθοπροβολή τα δεδομένα των προβολών επανεισέρχονται στο χώρο κατά μήκος των ακτίνων προβολής απ' όπου προέρχονται. Καθορίζεται η γεωμετρία μέσω της οποίας συντίθενται οι τομογραφικές εικόνες. Εφαρμόζοντας διορθώσεις με ειδικά μαθηματικά φίλτρα και εφαρμογές της θεωρίας Fourier γίνεται η επεξεργασία με αριθμητικούς αλγορίθμους και σύγχρονα συστήματα υπολογιστών. Στα εξελιγμένα συστήματα SPECT δύναται να προκύψουν εγκάρσιες, οβελιαίες ή στεφανιαίες τομές, είτε κατά μήκος ανατομικών αξόνων του εκάστοτε εξεταζόμενου οργάνου ή συστήματος.

Ραδιοφάρμακα

Στους μικρούς ασθενείς χρησιμοποιούνται ραδιοφάρμακα σχεδόν ίδια με εκείνα των ενηλίκων. Η διαφορά έγκειται στο γεγονός ότι ορισμένα για λόγους ακτινοπροστασίας δεν χρησιμοποιούνται στα παιδιά.

Οι δόσεις των ραδιοφαρμάκων προσαρμόζονται στα παιδιά ανάλογα με τα σωματομετρικά τους χαρακτηριστικά. Σύμφωνα με το Pediatric Task Group of the European Association of Nuclear Medicine, οι παιδιατρικές δόσεις είναι απαραίτητο να υπολογίζονται ως κλάσμα της δόσεως ενήλικος, ανάλογα με το βάρος κάθε παιδιού που προσέρχεται για εξέταση. Κατά συνέπεια, στα νεογνά πρέπει να χορηγείται η μικρότερη δυνατή δόση ραδιοφαρμάκου για την περάτωση της εξέτασης.

Για τις περισσότερες εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής η απεικόνιση γίνεται με το ραδιοφάρμακο Tc-99m. Για την παραγωγή εικόνων μετά τη χορήγηση ραδιοφαρμάκου σε έναν ασθενή, η ενέργεια των φωτονίων ακτινοβολίας πρέπει να είναι τόση ώστε να καταφέρουν να διαπεράσουν τον ανθρώπινο οργανισμό και εν συνεχεία να ανιχνευτούν από το σύστημα απεικόνισης (γ-camera). Η γ-ακτινοβολία της τάξεως των 0.140 MeV που εκπέμπει το Tc-99m, εν αντιθέσει με του I-125 (0.025 MeV), το καθιστά το ιδανικό ραδιοφάρμακο για απεικόνιση.

Ανάλογα την ανατομική περιοχή που επιθυμούμε να εξετάσουμε κάθε φορά γίνεται και η αντίστοιχη επιλογή του ραδιοφαρμάκου που θα χρησιμοποιήσουμε ανάμεσα στα ακόλουθα: Tc-99m, Tc-99m-DTPA, Tc-99m-Mag3, Tc-99m-DMSA, I-123, I-123-MIBG, I-131.

Κλινική εφαρμογή SPECT/CT σε παιδιατρικό πληθυσμό

ΘΥΡΕΟΕΙΔΗΣ ΑΔΕΝΑΣ

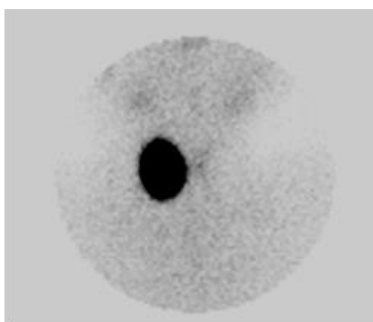
Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς με Tc-99m

Το Tc-99m εκλεκτικά παγιδεύεται από το θυρεοειδή με μηχανισμό ενεργητικής μεταφοράς, ενώ προσλαμβάνεται και από τους σιελογόνους.

Παρακάτω απεικονίζεται ένα αγόρι 7 ετών με ιστορικό ψηλαφητού ευμεγέθη όζο, σε έδαφος υπερθυρεοειδισμού.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Έγινε ενδοφλέβια χορήγηση 1,5mCi ^{99m}Tc -pertechnetate. Μετά από 20 min ακολούθησε πρόσθια λήψη με pin-hole collimator.

Στις εικόνες που λήφθηκαν παρατηρείται έντονη πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στον δεξιό λοβό όπου και το ψηλαφητό μόρφωμα, ενώ ο υπόλοιπος αδέννας δεν απεικονίζεται λόγω καταστολής του.



Εικ.3: Πρόσθια λήψη με pin-hole collimator

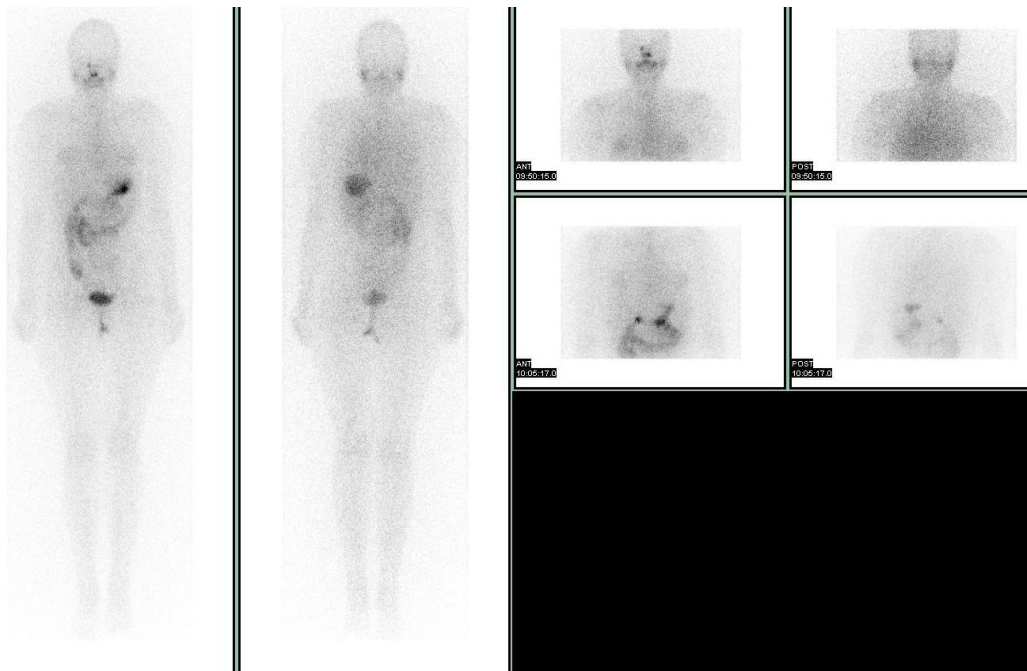
ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Εικόνα συμβατή με ύπαρξη τοξικού αδενώματος στον δεξιό λοβό.

Σπινθηρογράφημα θυρεοειδούς με I-123

Διαγνωστικό σπινθηρογράφημα σε κορίτσι δεκαπέντε ετών με διαφοροποιημένο καρκίνο θυρεοειδούς. Η εξέταση πραγματοποιήθηκε μετά από διακοπή της T4.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ: Πολυεστιακός θηλώδης καρκίνος θυρεοειδούς. Έχει προηγηθεί θυρεοειδεκτομή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Έγινε ενδοφλέβια χορήγηση Sodium Iodide (I-123). Μετά το πέρας 20 ωρών πραγματοποιήθηκε ολόσωμη σάρωση, στατική λήψη κεφαλής-τραχήλου και θώρακος.



Εικ.4: Ολόσωμη σάρωση, στατική λήψη κεφαλής-τραχήλου.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Παρατηρείται μικρή εστία ήπιας πρόσληψης του ραδιοφαρμάκου δεξιά της μέσης τραχηλικής γραμμής, συμβατό με παρουσία θυρεοειδικού υπολείμματος. Από τον ολόσωμο έλεγχο παρατηρείται η φυσιολογική πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στο στομάχι, στους σιελογόνους, στο έντερο και στην ουροδόχο κύστη.

ΟΣΤΑ

Φυσιολογικό σπινθηρογράφημα οστών



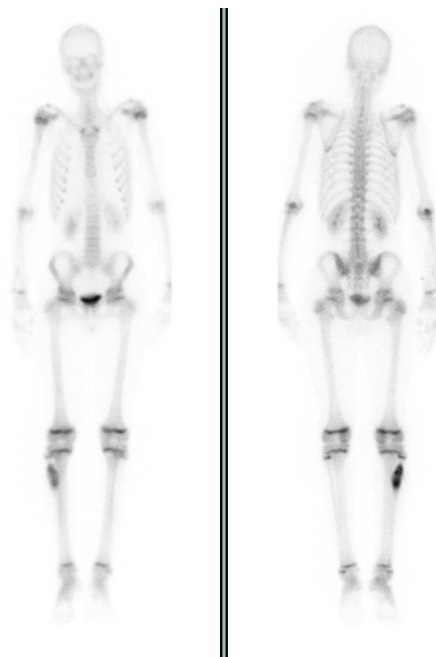
Εικ.5: Ολόσωμη σάρωση και στατική θώρακος.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Παρατηρείται η φυσιολογική για την ηλικία του εξεταζόμενου (αγόρι 12 ετών) πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στον σκελετό.

Μελέτη χωρίς παθολογικά ευρήματα.

Παθολογικό σπινθηρογράφημα οστών - Οστεοσάρκωμα

Οστεοσάρκωμα δεξιάς περόνης. Σταδιοποίηση σε αγόρι 12 ετών.



Εικ.6: Ολόσωμη σάρωση

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Παρατηρείται έντονα αυξημένη πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στο άνω τριτημόριο της δεξιάς περόνης.

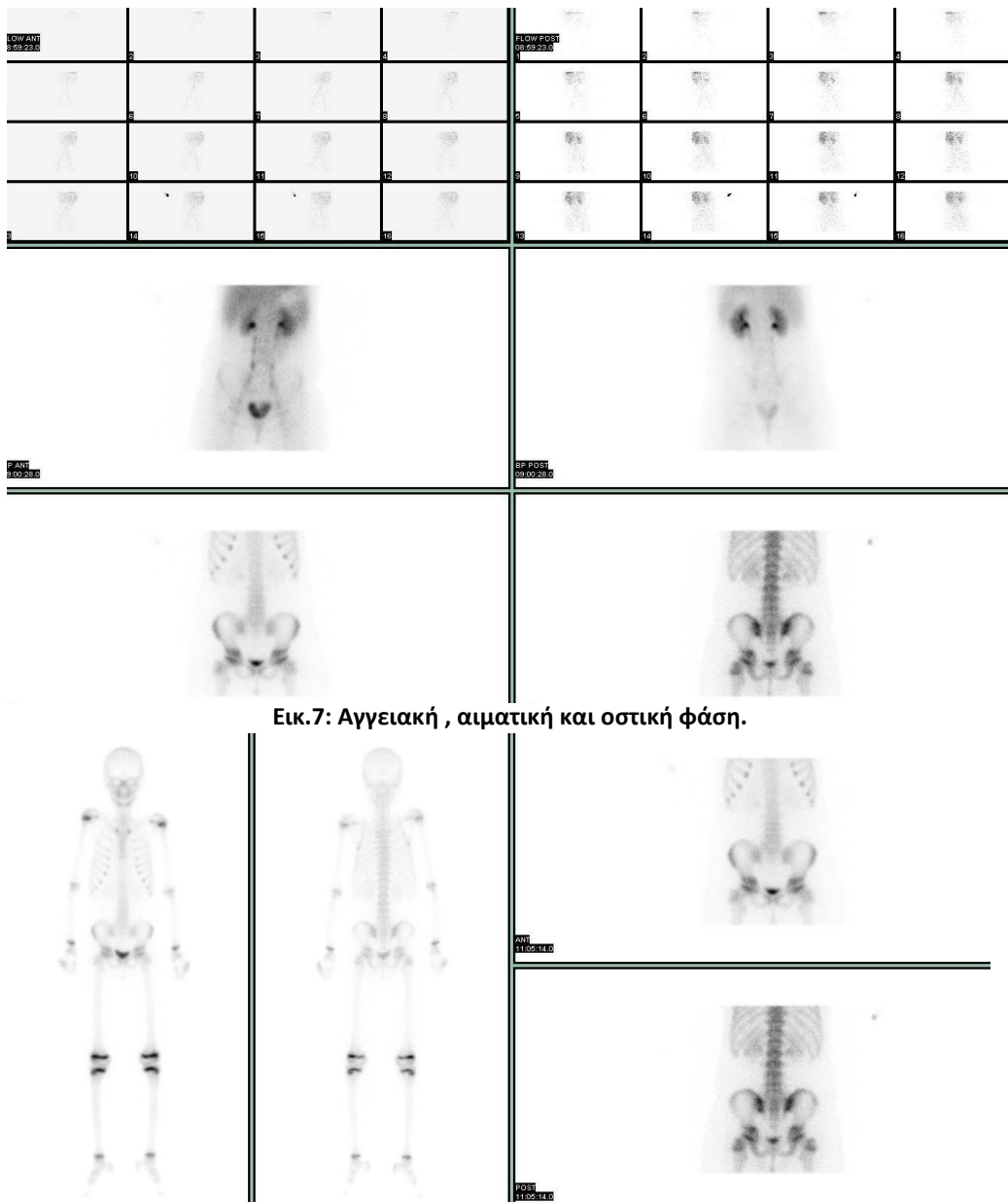
Από το λοιπό ολόσωμο έλεγχο παρατηρείται φυσιολογική για την ηλικία του εξεταζόμενου πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου από τον σκελετό.

Αυξημένη οστεοβλαστική δραστηριότητα στην δεξιά περόνη είναι συμβατή με τη γνωστή κακοήθεια (οστεοσάρκωμα). Χωρίς άλλες εστίες αυξημένης οστεοβλαστικής δραστηριότητας ενδεικτικές δευτεροπαθών εντοπίσεων.

Φυσιολογικό σπινθηρογράφημα οστών τριών φάσεων (Αγγειακή φάση-Αιματική φάση-Οστική φάση)

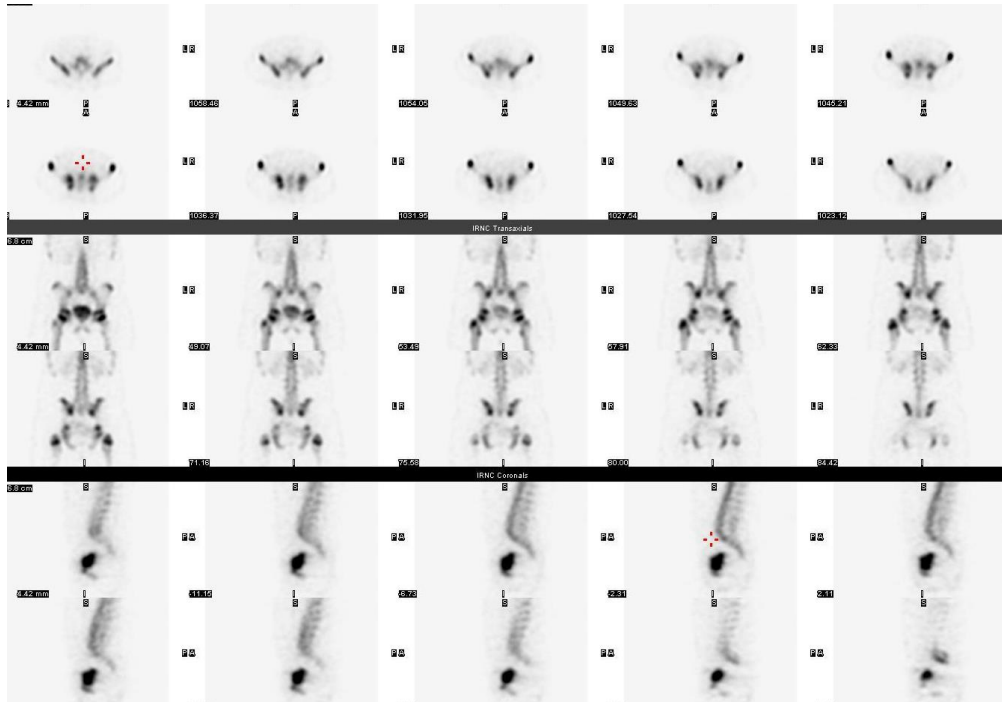
- Αγγειακή ή δυναμική φάση: Στη φάση αυτή, την στιγμή που χορηγούμε το φάρμακο παίρνουμε πολλαπλές εικόνες μικρής διάρκειας σε ένα συγκεκριμένο σημείο (περιοχή ενδιαφέροντος).
- Αιματική φάση ή αιματικής δεξαμενής: Στατική λήψη σε μία περιοχή ενδιαφέροντος (με την αγγειακή φάση) για 2 με 3 min, έπειτα από την 1^η φάση.
- Ολόσωμο σπινθηρογράφημα: Γίνεται 2 ώρες μετά τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου.

Διερεύνηση οσφυαλγίας σε κορίτσι εννέα ετών.



Εικ.7: Αγγειακή , αιματική και οστική φάση.

Εικ.8: Ολόσωμη σάρωση και στατική λήψη στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης.



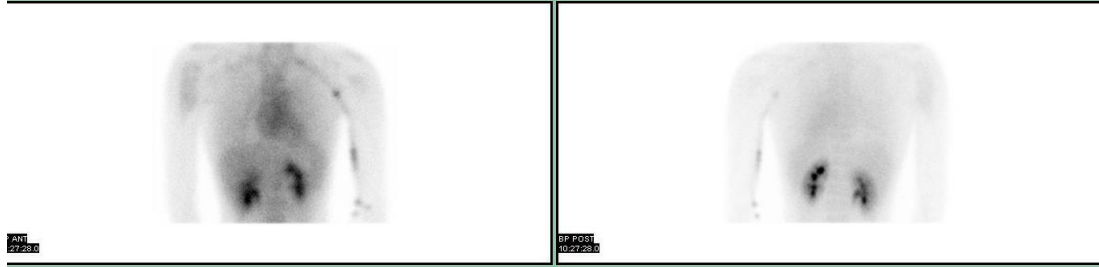
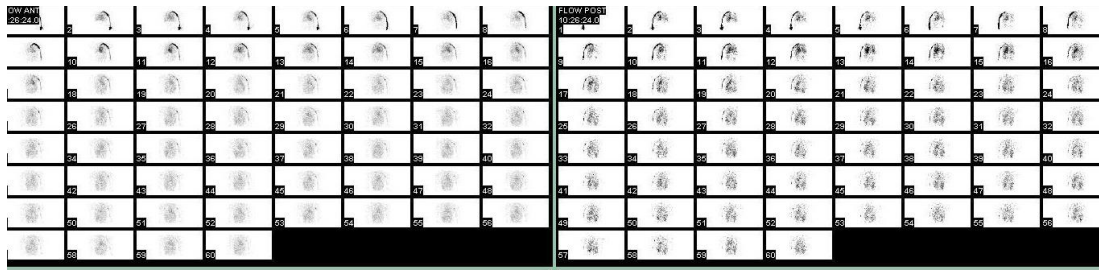
Εικ.9: Τομογραφική λήψη (SPECT).

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Παρατηρείται φυσιολογική πρόσληψη ραδιοφαρμάκου και στις τρεις φάσεις της μελέτης (αγγειακή, αιματική και οστική) στην περιοχή της οσφυϊκής μοίρας/λεκάνης.

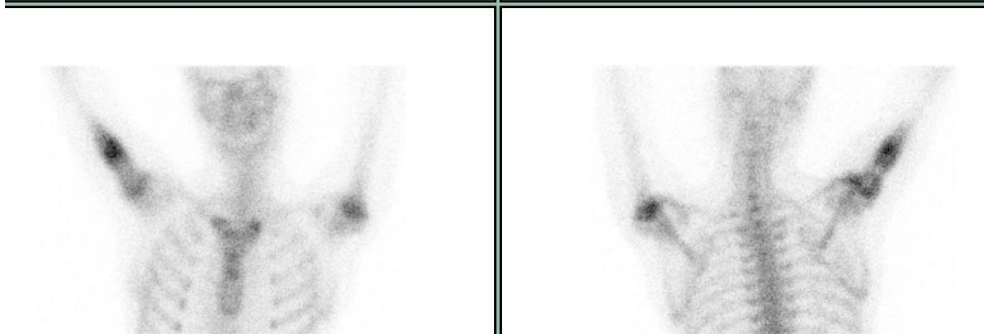
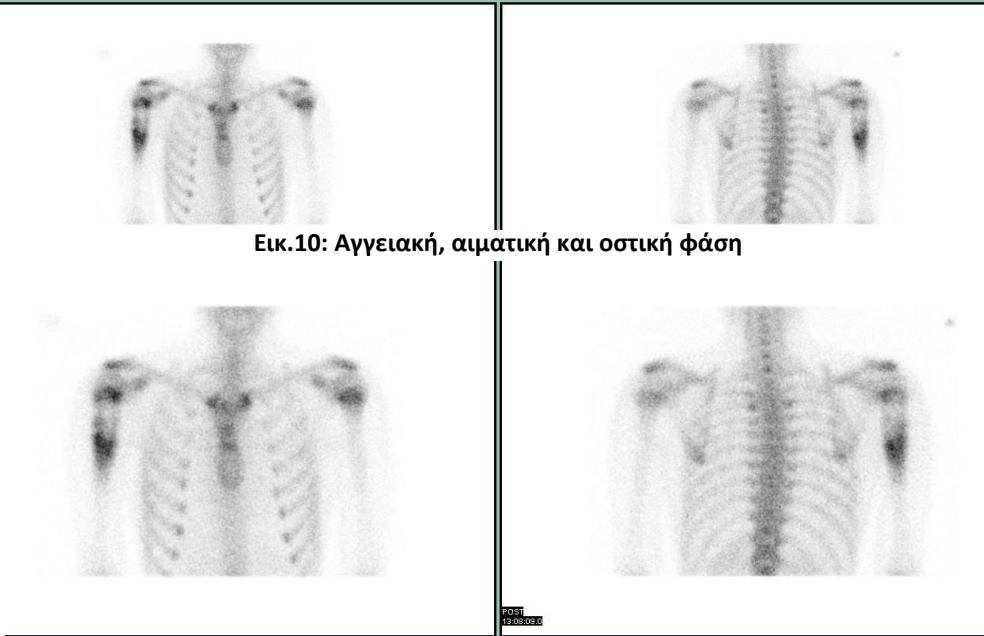
Από τον υπόλοιπο εξεταζόμενο σκελετό παρατηρείται φυσιολογική, για την ηλικία της εξεταζόμενης, πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου.

Παθολογικό σπινθηρογράφημα οστών τριών φάσεων (Αγγειακή φάση-Αιματική φάση-Οστική φάση)

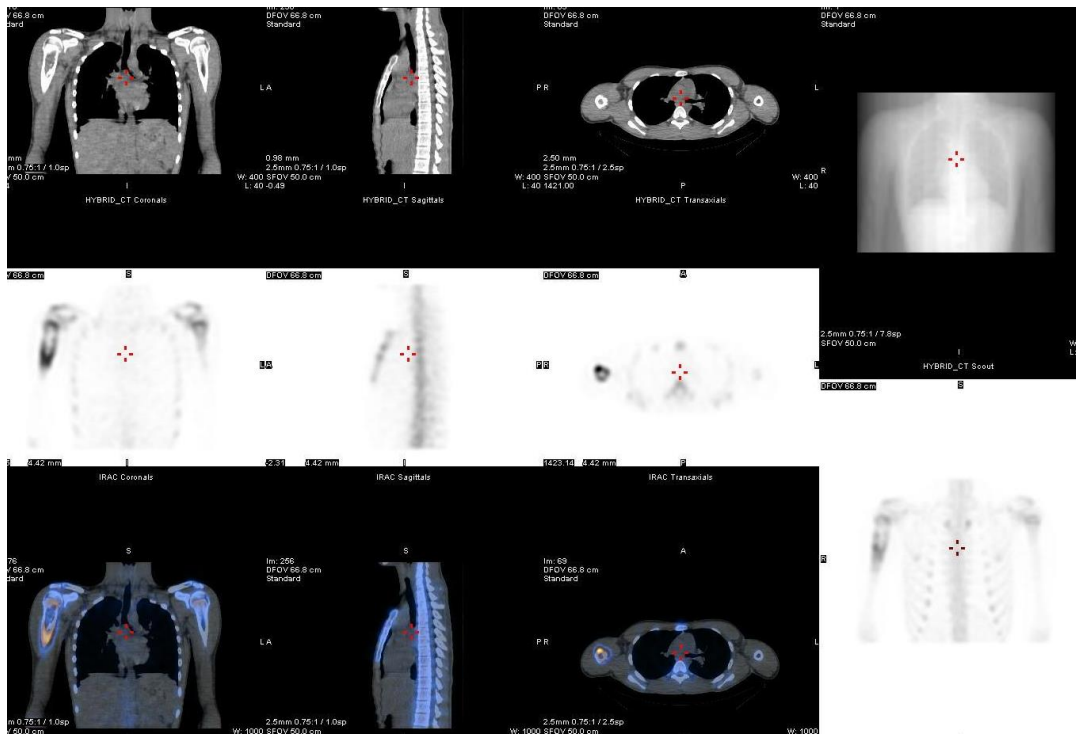
Διερεύνηση ΧΚΕ (χωροκατακτητικής εξεργασίας) δεξιού βραχιονίου σε δεκαπεντάχρονο αγόρι.



Εικ.10: Αγγειακή, αιματική και οστική φάση



Εικ.11: Οστική φάση - στατική λήψη.



Εικ.12: SPECT-CT

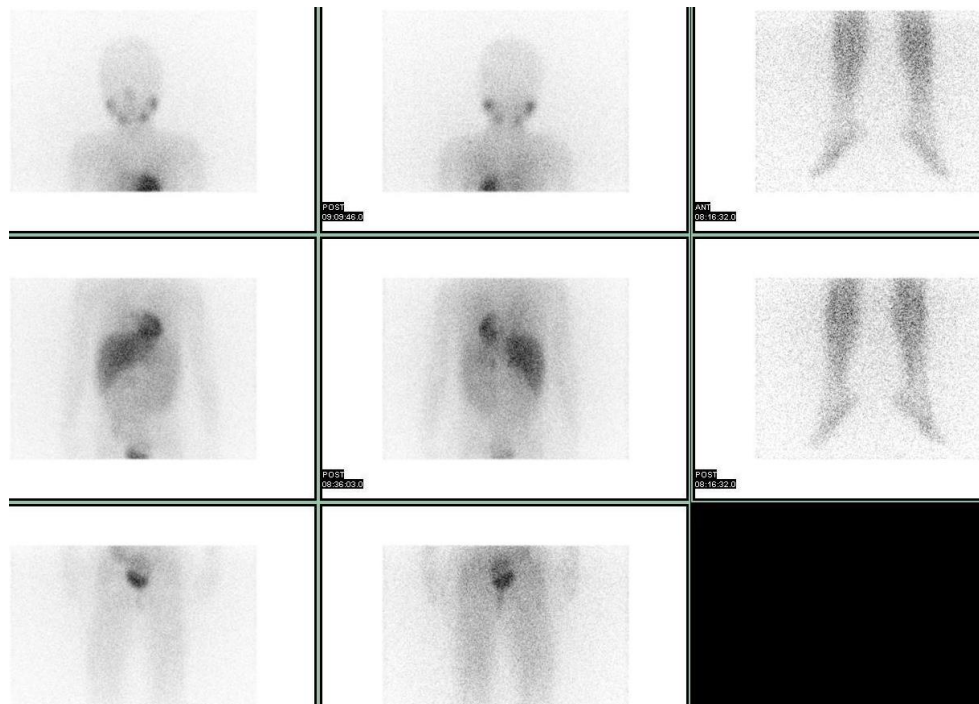
ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Και στις δύο πρώτες φάσεις της μελέτης (αγγειακή, φάση αιματικής δεξαμενής) παρατηρείται διάχυτα και ανομοιογενώς αυξημένη πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στο άνω ήμισυ του δεξιού βραχιονίου οστού.

Κατά την τρίτη φάση (οστική) παρατηρείται περιοχή αυξημένης και ανομοιογενούς πρόσληψης του ραδιοφαρμάκου με άνω όριο την άνω επιφυσιική πλάκα και κάτω όριο την μεσότητα του δεξιού βραχιονίου οστού.

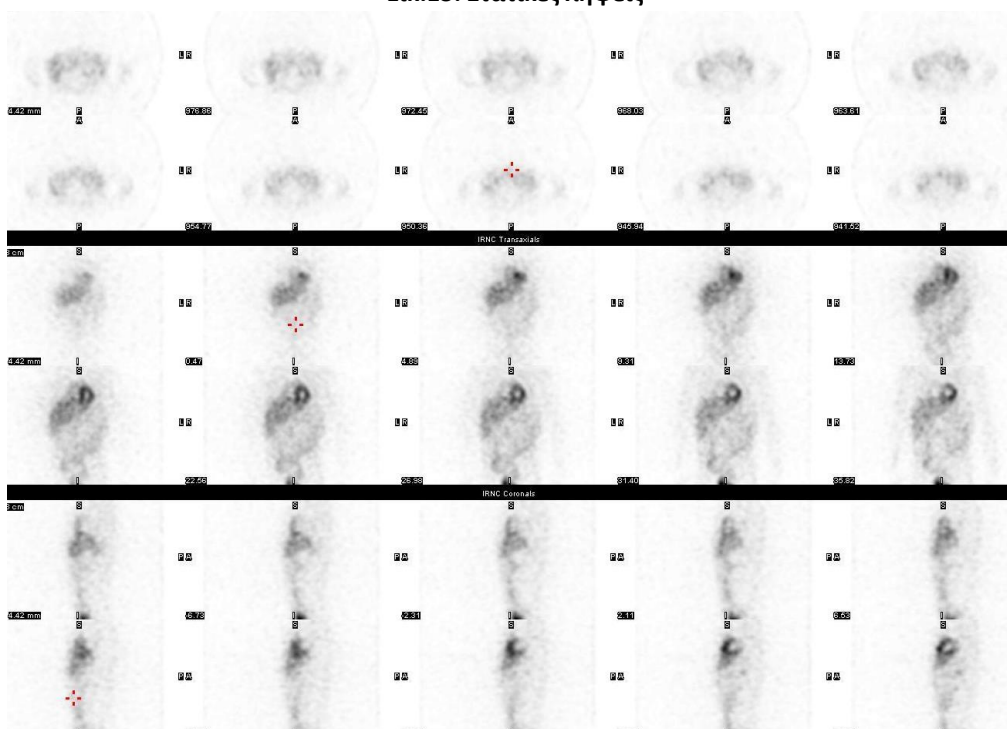
Φυσιολογικό ολόσωμο σπινθηρογράφημα με I-123-MIBG

Κορίτσι πέντε ετών με ιστορικό χωροκατακτητικής εξεργασίας στην κεντρική κοιλιά από τυχαίο απεικονιστικό έλεγχο.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Έγινε ενδοφλέβια χορήγηση I-123-MIBG. Μετά το πέρας 24 ωρών πραγματοποιήθηκαν στατικές λήψεις και τομογραφία την περιοχή θώρακος και κοιλίας.



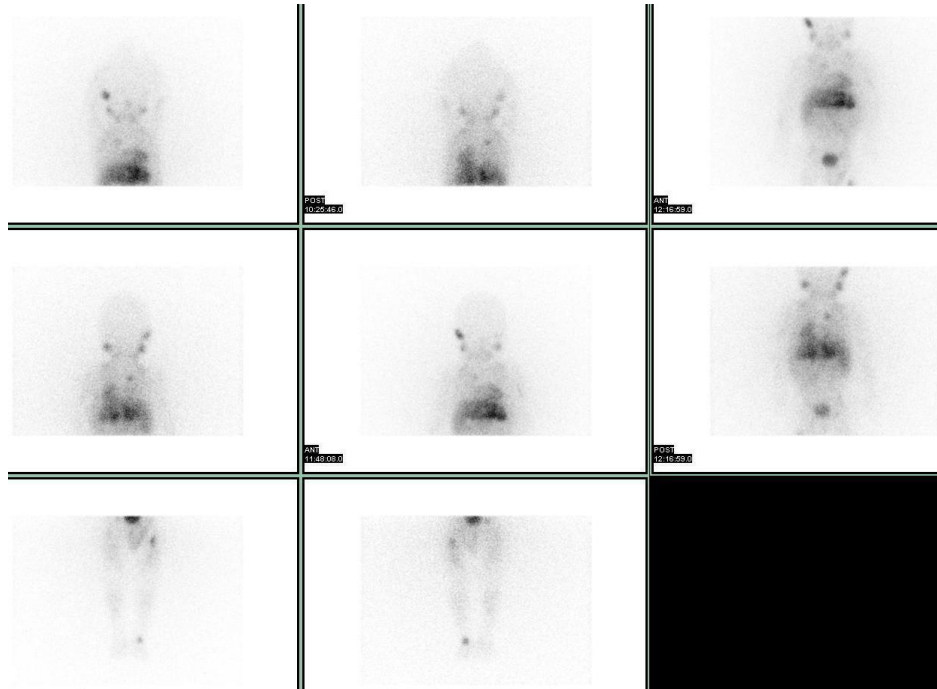
Εικ.13: Στατικές λήψεις



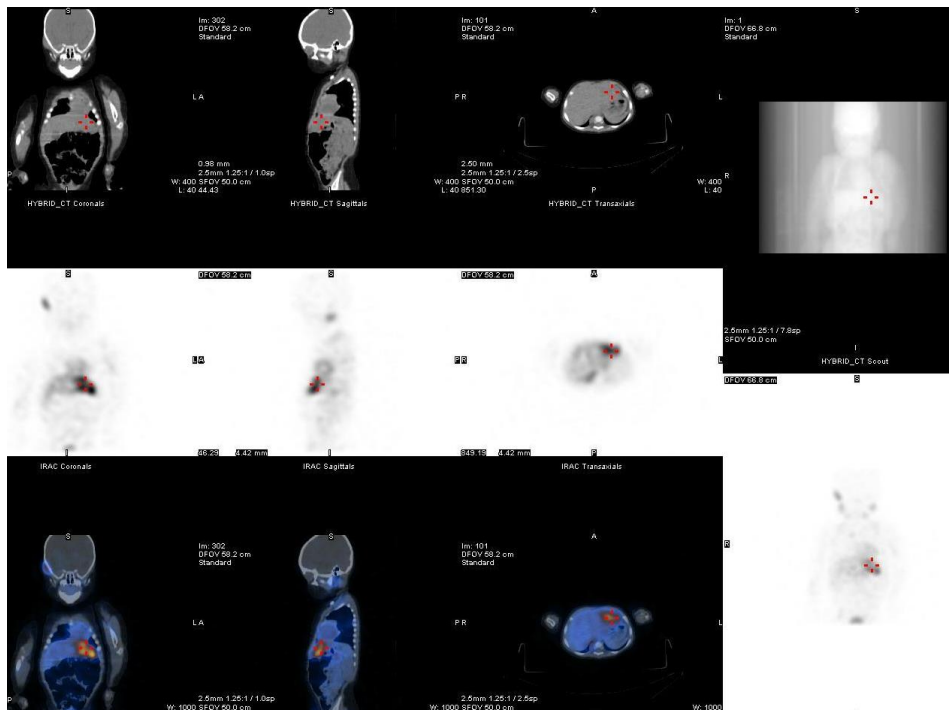
Εικ.14: Τομογραφική λήψη

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Από τον ολόσωμο έλεγχο δεν παρατηρούνται εστίες παθολογικής πρόσληψης του ραδιοφαρμάκου παρά μόνο η φυσιολογική συγκέντρωση. Εξέταση αρνητική για ανάδειξη παθολογικού νευροενδοκρινικού ιστού που προσλαμβάνει το I-123-MIBG.

Παθολογικό ολόσωμο σπινθηρογράφημα με I-123-MIBG



Εικ.15: Στατικές λήψεις



Εικ.16: SPECT-CT

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου στην πρωτοπαθή εστία και πολλαπλές δευτεροπαθείς εντοπίσεις.

ΓΑΣΤΡΕΝΤΕΡΙΚΟ

Οισοφάγος – Γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση (ΓΟΠ)

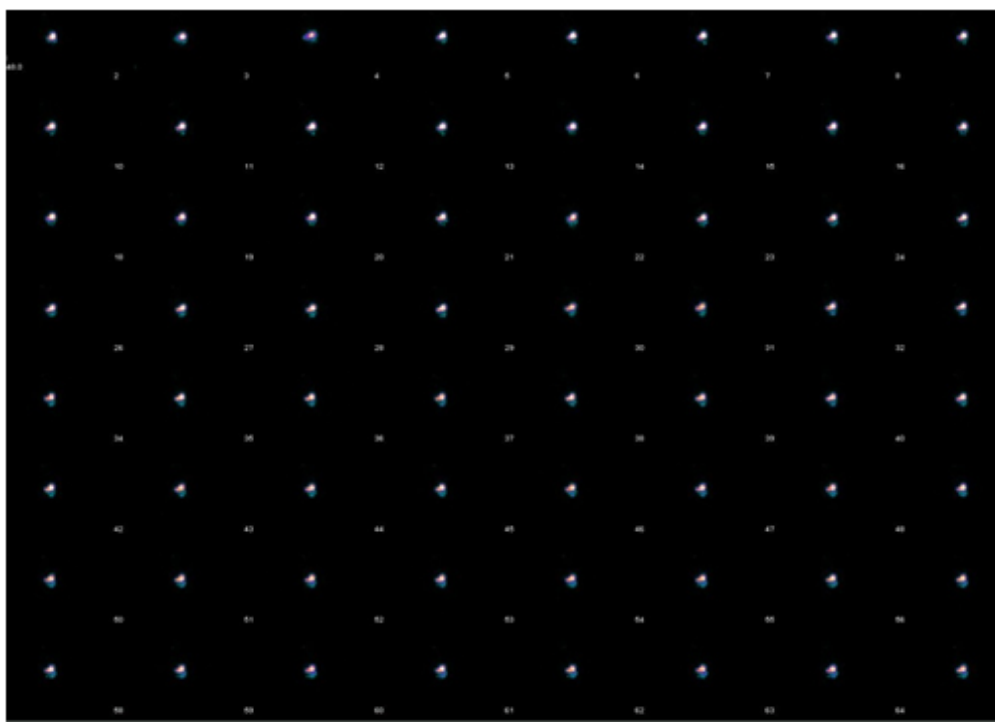
Σπινθηρογράφημα με επισημασμένο γάλα (Milk Scan)

Για την πραγματοποίηση της εξέτασης η μέθοδος των ενηλίκων τροποποιείται και προσαρμόζεται στα παιδιά. Είναι γνωστή με την ονομασία Milk Scan.

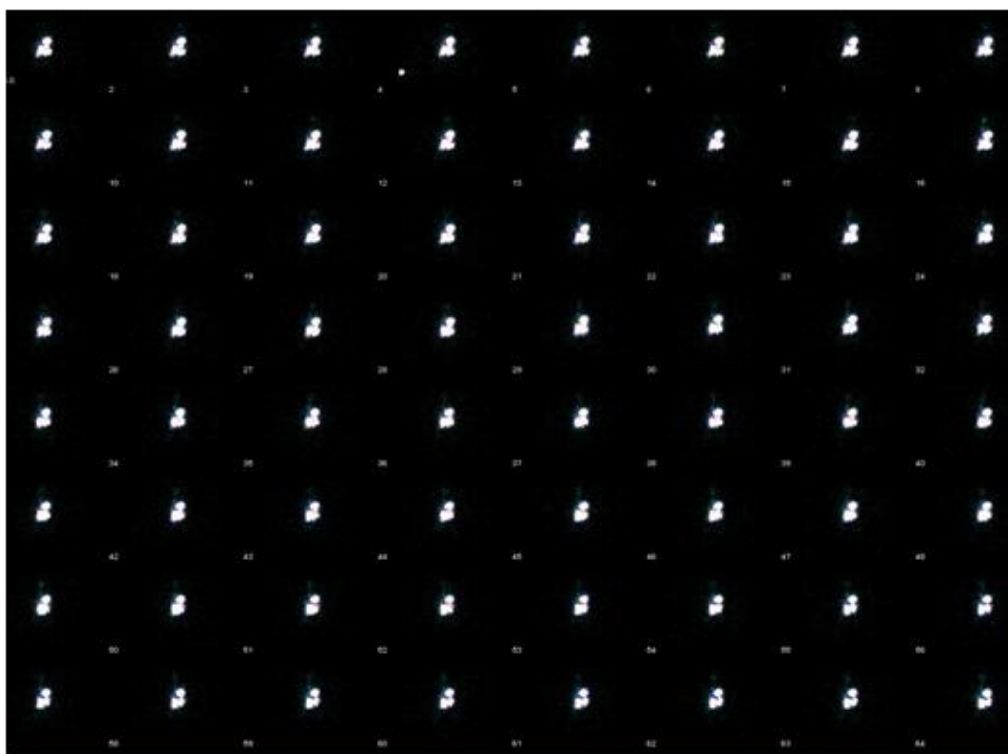
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Έγινε Αγόρι ενός έτους με ογκόμορφη διόγκωση του δεξιού επινεφριδίου και αυξημένα επίπεδα κατεχολαμίνων στο αίμα και στα ούρα.

πρόσμειξη 0.5mCi ^{99m}Tc -θειϊκού κολλοειδούς σε γεύμα 25ml γάλατος και στη συνέχεια ελήφθησαν 50ml γάλατος. Αμέσως μετά τη λήψη του επισημασμένου γάλατος ακολούθησε δυναμική μελέτη 45 min σε οπίσθια και πρόσθια λήψη στην περιοχή του οισοφάγου και του στομάχου, καθώς και πρώιμες (60min) και καθυστερημένες στατικές λήψεις (2h,3h ,4h).

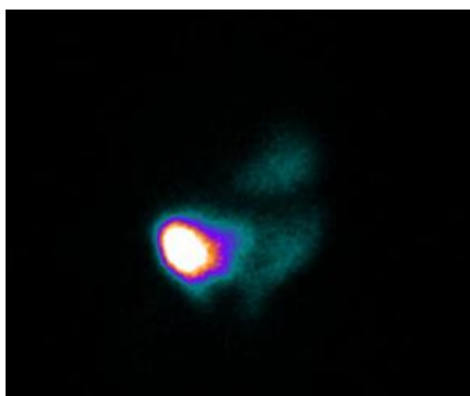
Παρακάτω απεικονίζεται η εξέταση ενός αγοριού δεκαοκτώ μηνών για διερεύνηση ΓΟΠ.



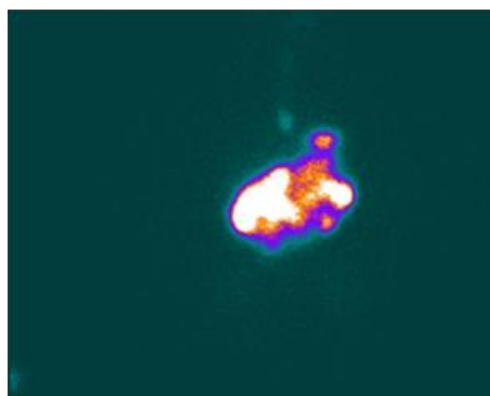
Εικ.17: Δυναμική μελέτη σε πρόσθια και οπίσθια λήψη στομάχου



Εικ.18: Πρώιμες (60min) πρόσθιες και οπίσθιες λήψεις στομάχου.



Εικ.19: Καθυστερημένη πρόσθια λήψη στις 2h.



Εικ.20: Καθυστερημένη πρόσθια λήψη στις 6h.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Εξέταση αρνητική για ανάδειξη ΓΟΠ.

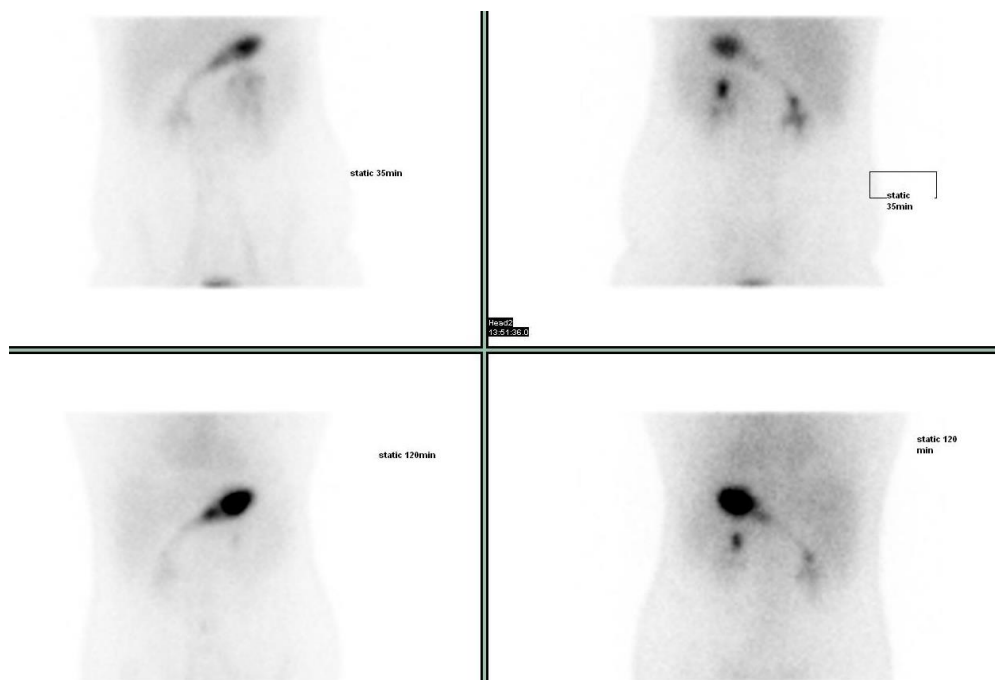
Αιμορραγία από το γαστρεντερικό - Ανίχνευση έκτοπου γαστρικού βλεννογόνου (Μεκέλειος απόφυση)

Πρόκειται για υπόλειμμα του ομφαλομεσεντέριου πόρου στα τελικά 100cm του ειλεού. Σε ποσοστό μεγαλύτερο του 50% των αιμορραγιών που παρουσιάζονται στα παιδιά, οφείλονται σε μεκέλειο απόφυση.

Για την ανίχνευση γαστρικού βλεννογόνου χρησιμοποιείται Tc-99m-υπερτεχνητικό, καθώς το υπερτεχνητικό ιόν προσλαμβάνεται από τα επιθηλιακά κύτταρα του γαστρικού βλεννογόνου.

Ακολουθεί η εξέταση ενός οκτάχρονου αγοριού για διερεύνηση αιμορραγικών κενώσεων.

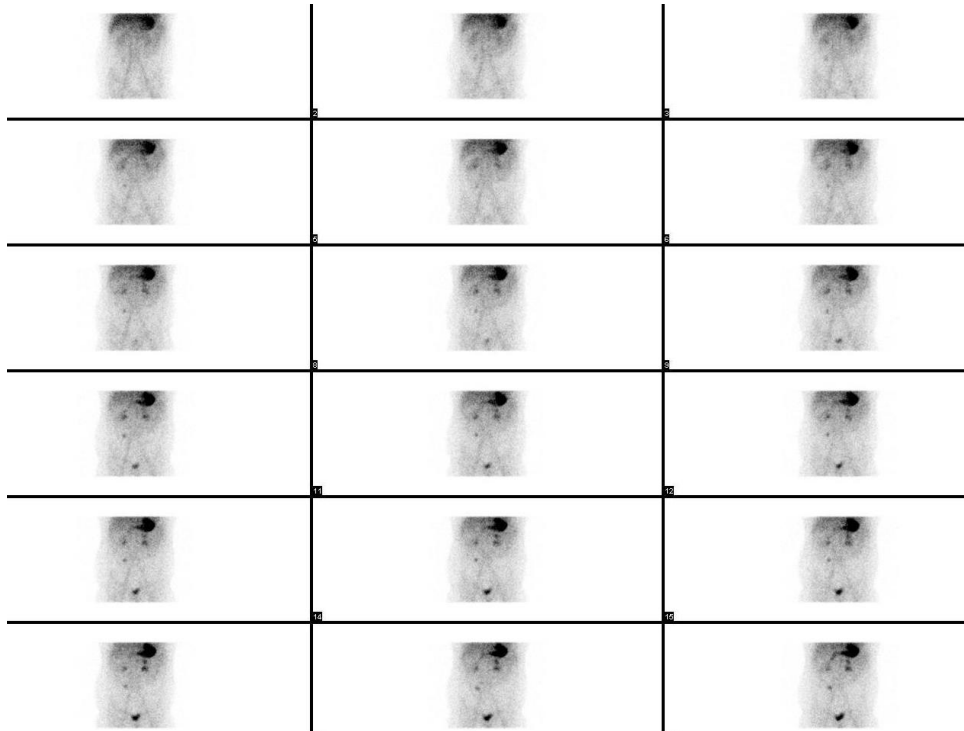
ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Μετά την χορήγηση ^{99m}Tc -pertechnetate, ακολούθησε πρόσθια δυναμική λήψη της κοιλιακής χώρας για 30min και στατικές λήψεις στο 35° και 120° μετά τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου.



Εικ.21: Στατικές λήψεις

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Σημειώνεται φυσιολογική κατανομή του ραδιοφαρμάκου στην ελεγχθείσα περιοχή. Μελέτη αρνητική για ανάδειξη έκτοπου γαστρικού βλεννογόνου.

Οι ακόλουθες λήψεις αφορούν το ίδιο παιδί. Πραγματοποιούνται για διερεύνηση διαρροικών κενώσεων με πρόσμιξη αίματος.



Εικ.22: Λήψεις δυναμικής μελέτης για 30min.



Εικ.23: Πλάγια λήψη

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Σημειώνεται εστία εκλεκτικής και παθολογικής πρόσληψης του ραδιοφαρμάκου, στην δεξιά κοιλική χώρα, άνωθεν του δεξιού λαγόνιου βόθρου. Μελέτη θετική για ύπαρξη έκτοπου γαστρικού βλεννογόνου στην προαναφερόμενη περιοχή.

ΟΥΡΟΠΟΙΗΤΙΚΟ

Κυστεογραφία

Άμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία

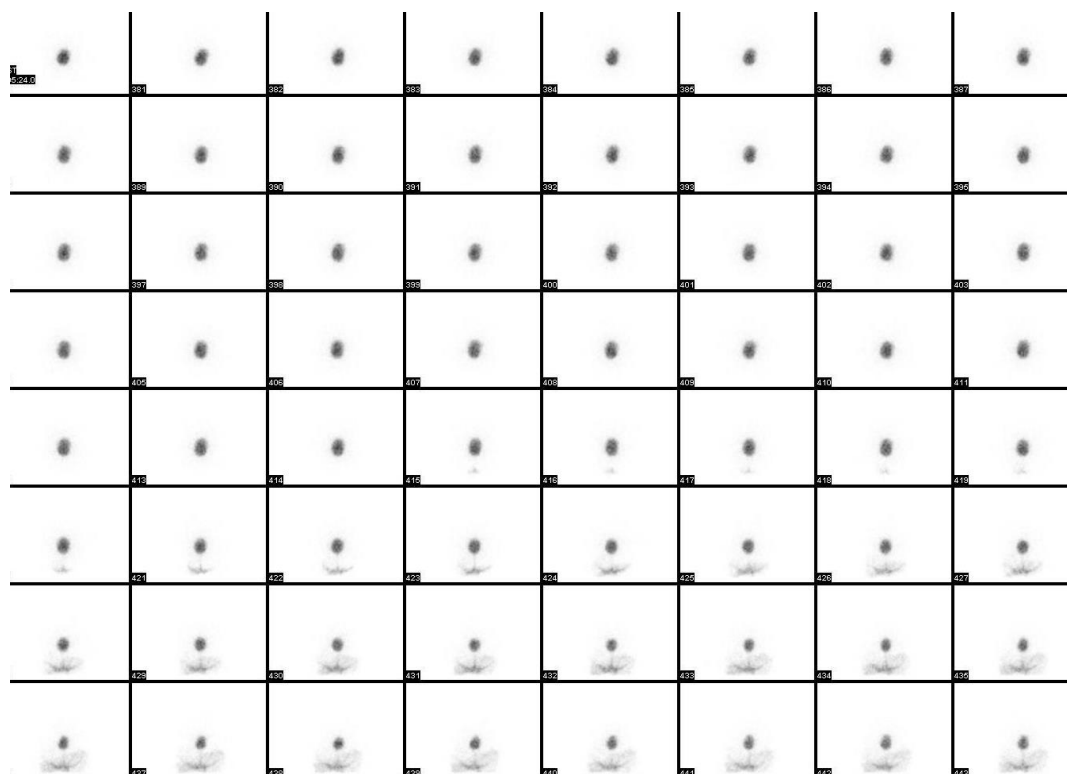
Στο τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής προσήλθε κορίτσι δύο ετών με ιστορικό συχνών ουρολοιμώξεων για διερεύνηση ΚΟΠ (κυστεοουρητηρική παλινδρόμηση).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ: Τοποθετείται καθετήρας Foley. Γίνεται χορήγηση 1mCi Tc-99m στην κύστη. Συνδέεται ο ουροκαθετήρας με φιάλη φυσιολογικού ορού 500ml, που βρίσκεται σε ύψος περίπου 1m πάνω από το επίπεδο του εξεταστικού κρεβατιού, μέχρι πλήρωση ουροδόχου και τάση προς ούρηση. Κλείσιμο του ουροκαθετήρα.

Ο γονέας-συνοδός του ασθενούς πιέζουν τα κοιλιακά τοιχώματα και αδειάζουν την κύστη.

Πραγματοποιείται δυναμική λήψη για 15-30min με collimator γενικής χρήσης παράλληλων οπών και γ-camera σε οπίσθια θέση.

Έπειτα από την εξέταση προέκυψαν οι παρακάτω λήψεις:



Εικ.24: Στατικές λήψεις

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Τόσο κατά την φάση της πλήρωσης όσο και κατά την φάση της κένωσης της ουροδόχου κύστης δεν παρατηρείται παρουσία ραδιοφαρμάκου στις νεφρικές πυέλους και στους ουρητήρες. Εξέταση αρνητική για ανάδειξη ΚΟΠ.

Έμμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία

Πρόκειται για μια απλή μέθοδο που συμπληρώνει τη δυναμική μελέτη νεφρών και εφαρμόζεται σε παιδιατρικούς ασθενείς, οι οποίοι εμφανίζουν επαναλαμβανόμενες ουρολοιμώξεις.

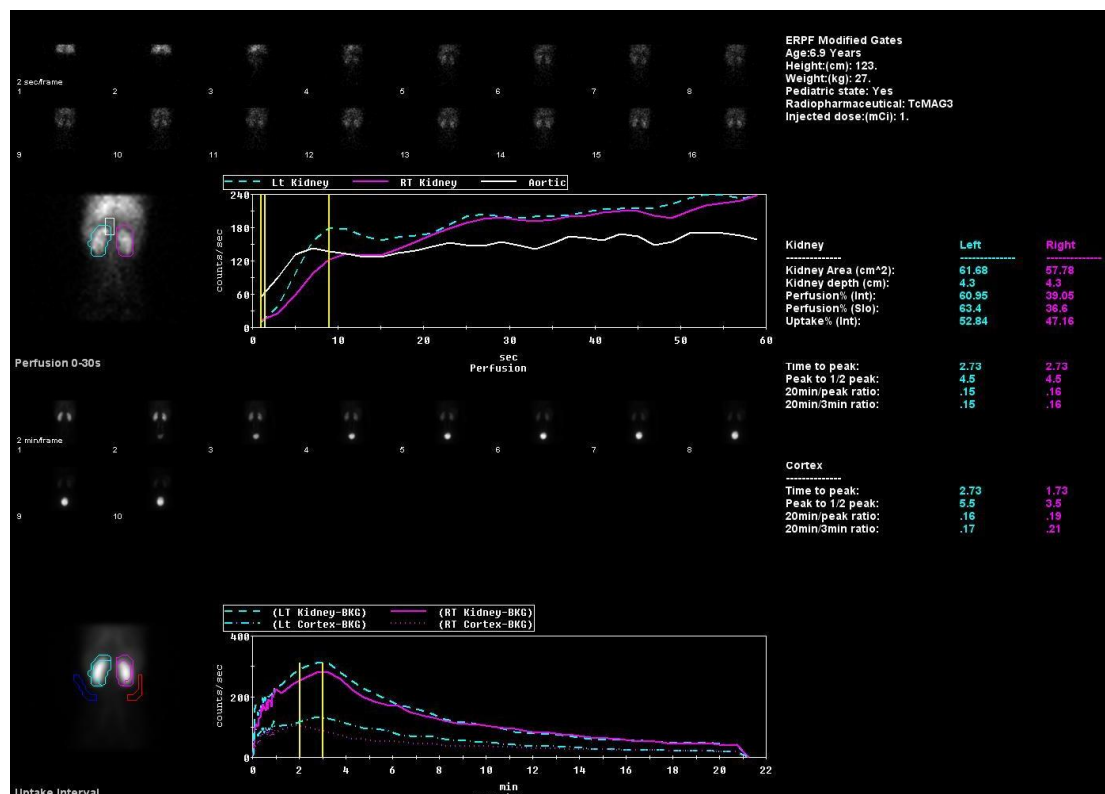
Κατά τη διάρκεια της εξέτασης καταγράφονται φάσεις προ, κατά και μετά την ούρηση στον κλασικό σπινθηρογραφικό έλεγχο με δυναμική μελέτη νεφρών από τη στιγμή που σχεδόν ολόκληρος η χορηγηθείσα δόση ανιχνεύεται στην ουροδόχο κύστη.

ΝΕΦΡΟΙ

Σπινθηρογράφημα νεφρών με Tc-99m-Mag3 (Δυναμική μελέτη νεφρών) και έμμεση ραδιοϊσοτοπική κυστεογραφία

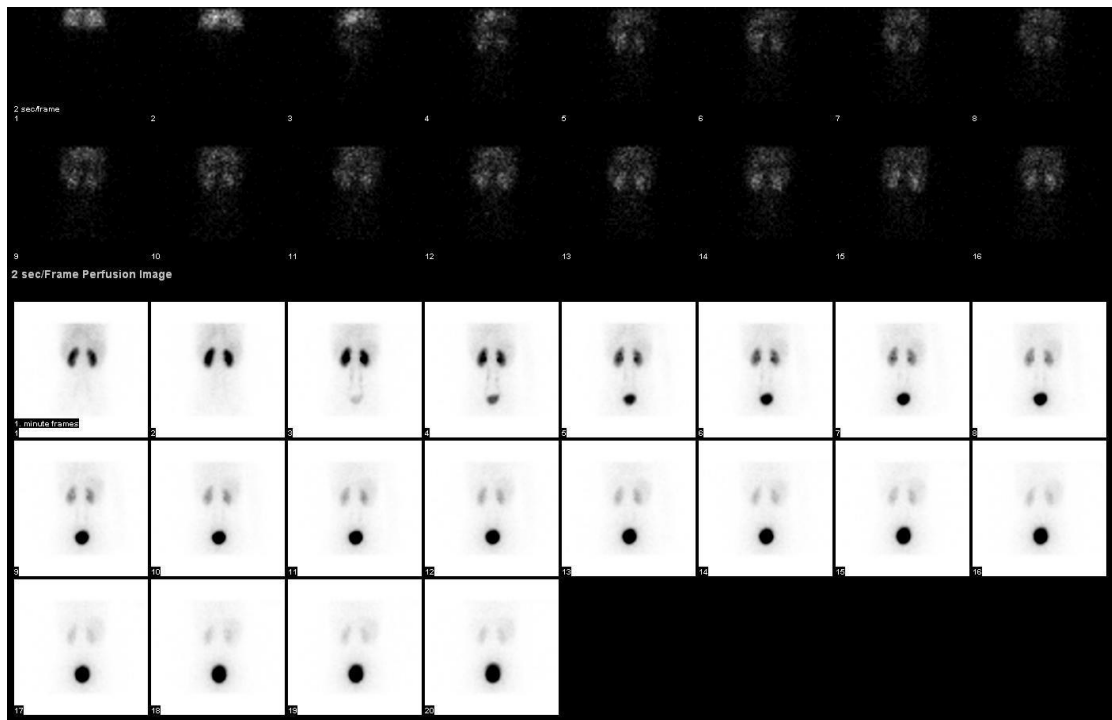
Στο τμήμα Πυρηνικής Ιατρικής προσήλθε κορίτσι τριών ετών, με ιστορικό υποτροπιάζουσών ουρολοιμώξεων και ΚΟΠ 2^{ου} βαθμού δεξιά.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Φυσιολογική εκκριτική και αποχετευτική λειτουργία νεφρών άμφω. Εξέταση αρνητική για ανάδειξη ΚΟΠ.



Εικ.25: Νεφρογραφικές καμπύλες

Σύμφωνα με τις νεφρογραφικές καμπύλες, τόσο ο αριστερός όσο και ο δεξιός νεφρός παρουσιάζουν φυσιολογικής μορφολογίας καμπύλη.

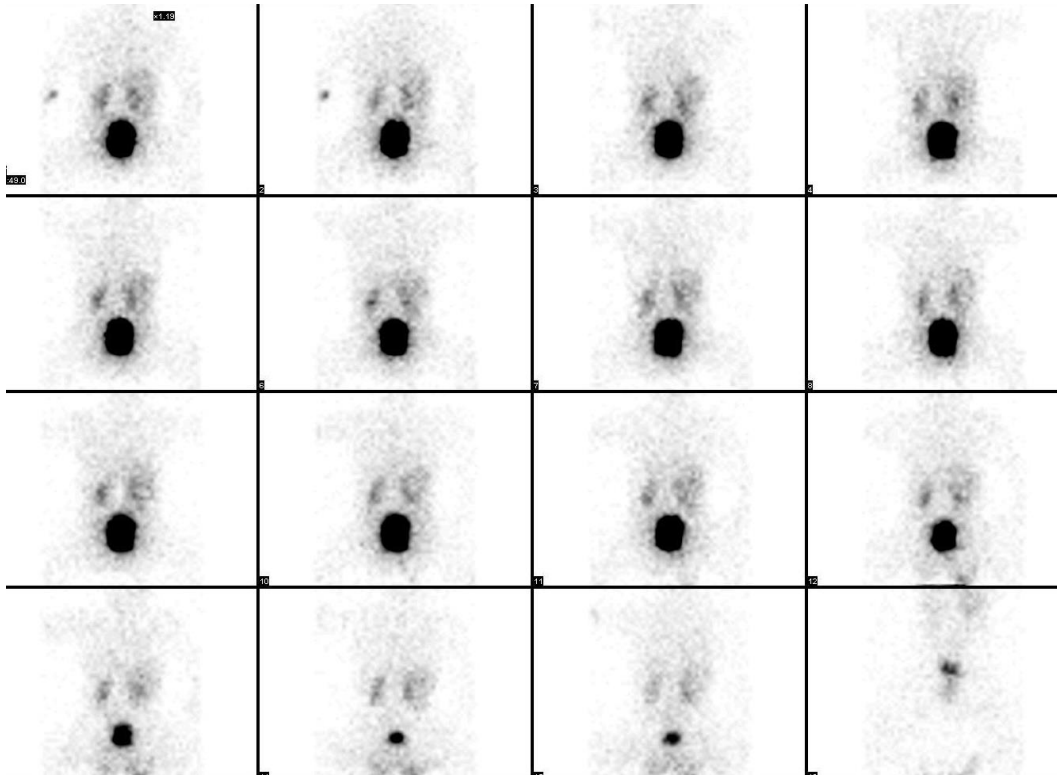


Εικ.26: Σπινθηρογραφικές εικόνες

Από τις παραπάνω σπινθηρογραφικές λήψεις συμπεραίνονται πως ο αριστερός και ο δεξιός νεφρός απεικονίζονται στη φυσιολογική θέση με φυσιολογικό σχήμα, μέγεθος και ικανοποιητική πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου.

Από τα πρώτα λεπτά της μελέτης απεικονίζονται οι ουρητήρες και οι νεφρικές πύελοι άμφω, χωρίς αξιόλογη κατακράτηση του ραδιοφαρμάκου, που απομακρύνεται ως το τέλος της μελέτης.

Στην αγγειακή φάση υπάρχει έγκαιρη και ταυτόχρονη άφιξη του ραδιοφαρμάκου σε αμφοτέρους τους νεφρούς ως επί ικανοποιητικής αιμάτωσης αυτών.

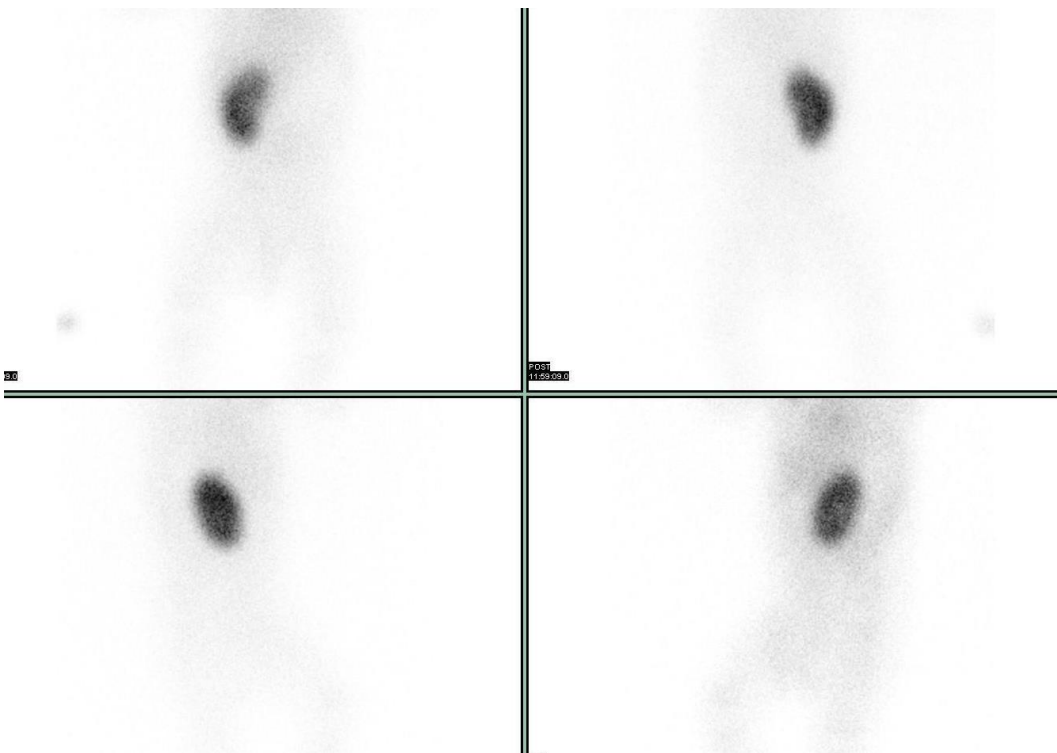


Εικ.27: Έμμεση κυστεογραφία

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Κατά την φάση της κένωσης της ουροδόχου κύστης δεν παρατηρείται παρουσία ραδιοφαρμάκου στους ουρητήρες και στις νεφρικές πυέλους.

Σπινθηρογράφημα νεφρών με Tc-99m-DMSA (Στατική μελέτη νεφρών)

Γίνεται ενδοφλέβια χορήγηση ραδιοφαρμάκου Tc-99m-DMSA και μετά από δύο ώρες λαμβάνονται προσθιοπίσθιες και πλάγες στατικές λήψεις.



Εικ.28: Μονήρης δεξιός νεφρός

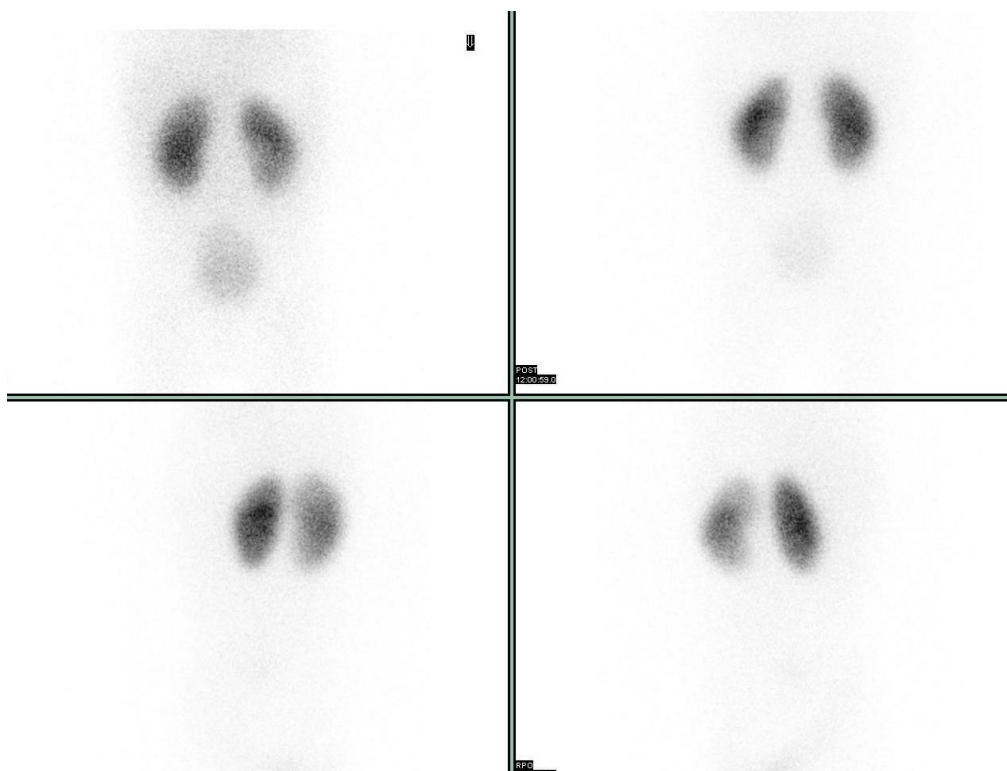
Στις παραπάνω λήψεις απεικονίζεται ένα αγόρι ενός έτους με ιστορικό μονήρους δεξιού νεφρού.

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Ο δεξιός νεφρός απεικονίζεται στην φυσιολογική θέση με φυσιολογικό σχήμα, μέγεθος και ομαλό περίγραμμα.

Η πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου από το νεφρικό φλοιό είναι ομοιογενής και ικανοποιητική.

Στην ανατομική θέση του αριστερού νεφρού ή σε άλλη έκτοπο θέση δεν παρατηρείται πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου που να αντιστοιχεί σε λειτουργικό αριστερό νεφρό.

Ακολουθεί η απεικόνιση κοριτσιού δεκαοκτώ μηνών με ένα επεισόδιο ουρολοίμωξης πριν 6 μήνες, χωρίς ΚΟΠ. Η εξέταση πραγματοποιείται για διερεύνηση.

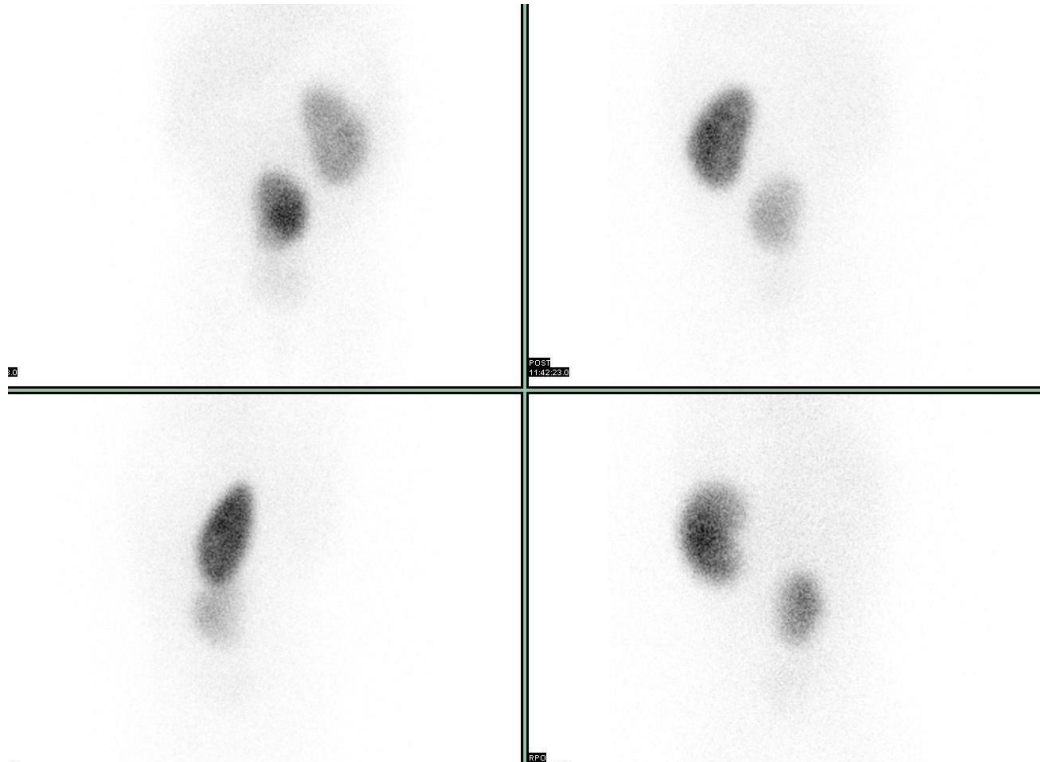


Εικ.29: Φυσιολογικό σπινθηρογράφημα νεφρών Tc-99m-DMSA

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Οι νεφροί απεικονίζονται στη φυσιολογική θέση, με φυσιολογικό σχήμα και μέγεθος .

Η πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου από το φλοιό αμφοτέρων των νεφρών είναι ομοιογενής, χωρίς την διαμόρφωση εστιακών φωτοπενικών περιοχών ενδεικτικών πυελονεφριτιδικών αλλοιώσεων.

Ακολουθεί η απεικόνιση έκτοπου δεξιού νεφρού σε αγόρι δύο ετών.



Εικ.30: Έκτοπος δεξιός νεφρός

ΕΥΡΗΜΑΤΑ: Ο αριστερός νεφρός απεικονίζεται φυσιολογικός ως προς τη θέση, το σχήμα και με συγκριτικά μεγαλύτερο μέγεθος (αντιρροπιστική υπερτροφία). Δίδεται η εντύπωση μικρής διάτασης του πυελοκαλυκτικού του συστήματος.

Ο δεξιός νεφρός απεικονίζεται σε έκτοπο. Πρόσθια πυελική θέση άνωθεν της ουροδόχου κύστης.

Η πρόσληψη του ραδιοφαρμάκου από το νεφρικό φλοιό αμφοτέρων των νεφρών είναι ομοιογενή, χωρίς τη ανάδειξη φωτοπενικών περιοχών, ενδεικτικών πυελονεφριτιδικών αλλοιώσεων.

PET/CT

Εισαγωγή

Η Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (PET/CT) αποτελεί μια υβριδική μέθοδο μοριακής απεικόνισης, στην αιχμή της τεχνολογίας, η οποία συνδυάζει δύο απεικονιστικές μεθόδους. Πραγματοποιείται σύντηξη των εικόνων από την PET (positron emission tomography) και της Αξονικής Τομογραφίας (CT), σε ένα μηχάνημα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται λήψη εικόνων CT, που αναδεικνύουν την ανατομία των οργάνων και λήψη εικόνων PET, που αναδεικνύουν τη μεταβολική λειτουργία τους. Κατά συνέπεια, απεικονίζονται οι "βιόσιμοι" – υγείες και παθολογικοί – ιστοί του οργανισμού.

Η υβριδική απεικόνιση με χρήση PET/CT παρέχει χρήσιμες πληροφορίες στη διάγνωση και τη διαχείριση μιας ποικιλίας παιδιατρικών καταστάσεων, όπως η ογκολογία (σε ποσοστό 80%). Ως απεικονιστική μέθοδος που μετράει και ποσοτικοποιεί βιοχημικές διεργασίες, η PET έχει εξελιχθεί σε μέθοδο εκλογής για την πρώιμη διάγνωση και τη σταδιοποίηση νεοπλασμάτων. Προσφέρει την απαραίτητη λεπτομερειακή ανατομική πληροφορία επιπλέον της λειτουργικής, για την πληρέστερη διαγνωστική προσέγγιση της νεοπλασματικής νόσου. Συμβάλει με καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό του βαθμού κακοήθειας τους και στην αξιολόγηση του θεραπευτικού αποτελέσματος (έπειτα από ακτινοθεραπεία ή χημειοθεραπεία) αρκετά νωρίς, ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή του θεραπευτικού σχήματος.

Δομή και αρχές λειτουργίας PET/CT

Η Ποζιτρονική Τομογραφία (PET, Positron Emission Tomography), αποτελεί μια ιατρική διαγνωστική μέθοδο ταχέως αναπτυσσόμενη στο χώρο της Πυρηνικής Ιατρικής. Παρέχει μία μεταβολική απεικόνιση των οργάνων (η οποία συμπληρώνει την ανατομική απεικόνιση), σε μοριακό επίπεδο. Αποτελεί απεικονιστική τεχνική λήψεως τομογραφικών εικόνων της κατανομής ραδιενεργών ιχνηθετών, οι οποίοι εκπέμπουν ποζιτρόνια. Στηρίζεται στην παρακολούθηση φυσιολογικών και βιοχημικών διαδικασιών *in vivo* με τη βοήθεια ειδικών ανιχνευτών (που καταγράφουν τα ποζιτρόνια) που χορηγήθηκαν στον ασθενή ενδοφλεβίως.

Η PET είναι μία μέθοδος ιατρικής απεικόνισης η οποία βασίζεται σε δύο θεμελιώδη φυσικά φαινόμενα: α) στο φαινόμενο της εξαΰλωσης ποζιτρονίου-ηλεκτρονίου και β) στο φαινόμενο της ραδιενέργειας β^+ . Η εξαΰλωση είναι η αλληλεπίδραση ενός ποζιτρονίου με ένα ηλεκτρόνιο και στη συνέχεια η μετατροπή του σε φωτόνια υψηλής ενέργειας. Ως ραδιενέργεια β^+ ορίζεται η εκπομπή ενός ποζιτρονίου από ατομικούς πυρήνες με ανεπαρκή αναλογία νετρονίων προς πρωτόνια.

Τα ραδιοφάρμακα που χορηγούνται ενδοφλεβίως στους ασθενείς είναι επισημασμένα με ραδιενεργά ισότοπα που εκπέμπουν β ακτινοβολία. Μέσω της κυκλοφορίας του αίματος και του μεταβολισμού του το ραδιοφάρμακο καθλώνεται στο μελετώμενο όργανο. Μέσω της καταγραφής των σωματίων β⁺ παρακολουθείται η πορεία του. Για κάθε σωματίο προκύπτουν δύο φωτόνια ακτίνων, γ ενέργειας 511KeV το καθένα, που εκπέμπονται κατά αντίθετες κατευθύνσεις, υπό γωνία 180°.

Για να πραγματοποιηθεί η καταγραφή των αντιδιαμετρικών φωτονίων, οι ανιχνευτές τους είναι τοποθετημένοι ο ένας απέναντι από τον άλλο σε αντίθετα σημεία της πηγής των ποζιτρονίων. Ένα σύστημα PET αποτελείται από πολλούς ανιχνευτές τοποθετημένους σε κυκλική ή πολυγωνική διάταξη γύρω από τον ασθενή. Ηλεκτρονικό κύκλωμα και υπολογιστές ζευγνύουν τους ανιχνευτές με αποτέλεσμα σε σύμπτωση. Το κύκλωμα σύμπτωσης έχει τη δυνατότητα να απορρίπτει τις μετρήσεις των φωτονίων που διαπιστώνει ότι δεν προέρχονται από το ίδιο φαινόμενο εξαΰλωσης.

Ραδιοφάρμακα

Τα ραδιονουκλίδια που χρησιμοποιούνται στην Ποζιτρονική Τομογραφία αποτελούν βασικό συστατικό των βιολογικών συστημάτων του ανθρώπινου σώματος. Τέτοιου είδους ραδιενεργά ισότοπα αποτελούν: ¹¹C, ¹⁵O, ¹³N, ¹⁸F. Κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ο μικρός χρόνος υποδιπλασιασμού $T_{1/2}=20,4\text{min}$, 2min, 10min, 110min αντίστοιχα για το κάθε ισότοπο.

Ο ιχνηθέτης που χρησιμοποιείται ευρέως στην PET είναι ένα φθοριομένο ανάλογο γλυκόζης, η FDG, που δημιουργείται όταν υπόστρωμα δεοξυ-γλυκόζης επισημαίνεται με φθόριο-18. Αναγράφεται ως F-18 FDG. Είναι β⁺ εκπομπός (φθοριομένη δεοξυ-γλυκόζη) και μιμείται τη συμπεριφορά της γλυκόζης, αλλά μέσα στο κύτταρο "παγιδεύεται", δεν διασπάται σε CO₂ και H₂O, όπως η γλυκόζη και γι' αυτό αυξάνει η συγκέντρωσή της. Η απεικόνιση νεοπλασμάτων με F-18 FDG αναπτύχθηκε ιδιαίτερα, καθώς το κοινό χαρακτηριστικό των όγκων είναι η αυξημένη πρόσληψη και κατανάλωση γλυκόζης. Ο χρόνος ημιζωής του ραδιοφαρμάκου είναι 110min. Αποβάλλεται από τους νεφρούς με τη διούρηση και η συγκέντρωσή του στο ουροποιητικό σύστημα μπορεί να δώσει ψευδή εικόνα (artifacts).

Στους όγκους οι τιμές των διαφόρων σταθερών παραμέτρων δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν με ακρίβεια εξαιτίας της ετερογένειας της σύστασή τους. Αυτό οδήγησε σε σχετικά απλούστερες μετρήσεις για την ποσοτικοποίηση της πρόσληψης του F-18 FDG σε όγκους με σχεδιασμό αρχικά των περιοχών ενδιαφέροντος, των επονομαζόμενων ROI (Regions Of Interest) σε όγκους αλλά και σε παρακείμενους φυσιολογικούς ιστούς. Εν συνέχεια ορίστηκε το SUV (Standard Uptake Value),

δηλαδή η τιμή της μετρηθείσας ενεργότητας μετά την κανονικοποίηση με τις τιμές της χορηγηθείσας δόσης, του χρόνου και των προσωπικών στοιχείων του κάθε ασθενούς (βάρος και ύψος).

$$SUV = \frac{\text{Κρούσεις} \times \text{παράγοντα}}{\text{χορηγηθείσα δόση (σε mCi)}} \times \text{βάρος (kg)}$$

Οι συνηθέστερες ενδείξεις του F-18 FDG είναι οι παρακάτω, όσον αφορά την Ογκολογία:

1. Διαφορική διάγνωση κακοηθών και καλοηθών όγκων.
2. Κατευθυνόμενη βιοψία.
3. Ανίχνευση και σταδιοποίηση ενδεχόμενης υποτροπής.
4. Σταδιοποίηση των κακοηθών νόσων.
5. Προσδιορισμός του βαθμού κακοήθειας για όγκους εγκεφάλου.
6. Διαφοροποίηση υποτροπής κακοήθειας έπειτα είτε από χημειοθεραπεία είτε από ακτινοθεραπεία.
7. Διαχείριση της εκάστοτε θεραπευτικής απάντησης.
8. Συμβολή στην πρόγνωση.

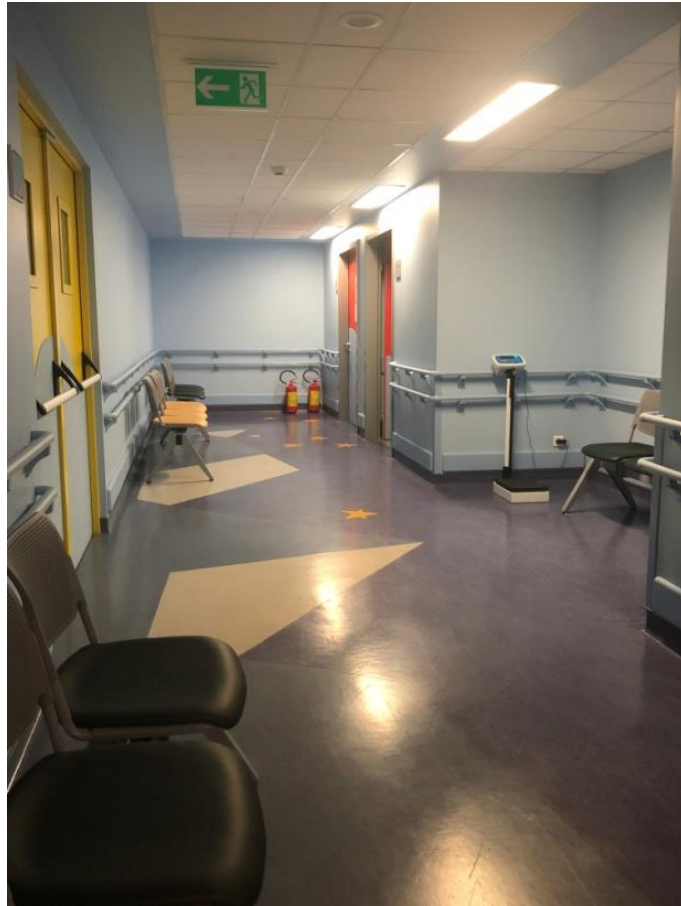
Η ποσοτική ανάλυση των εικόνων της PET είναι χρήσιμη για τους ακόλουθους λόγους:

1. Το SUV παραμένει χρήσιμο κλινικό εργαλείο για μελέτες παρακολούθησης (follow-up) μετά από κάθε θεραπευτικό χειρισμό.
2. Η εκτίμηση του βαθμού κακοήθειας με στόχο την ανάδειξη της επιθετικότητας του όγκου.
3. Αντικειμενικό καθορισμό των ορίων μεταξύ καλοήθους και κακοήθους ιστού, μεταξύ βιώσιμου και μη βιώσιμου όγκου.

Χώροι της Πυρηνικής Ιατρικής - PET/CT

Στους χώρους στους οποίους πραγματοποιείται η εξέταση του PET/CT περιλαμβάνονται τα δωμάτια χορήγησης του ραδιοφαρμάκου και παραμονής των παιδιατρικών ασθενών, διάδρομος παραμονής όσων συνοδεύουν τους παιδιατρικούς ασθενείς, ο χώρος που βρίσκεται το μηχάνημα και πραγματοποιείται η εξέταση, το χειριστήριο και το δωμάτιο ανάνηψης.

Αξίζει να σημειωθεί πως όλοι οι χώροι είναι κατάλληλα διαμορφωμένοι για μικρά παιδιά, προκειμένου το περιβάλλον να είναι ευχάριστο και να μην παραπέμπει σε χώρους νοσοκομείου.



Εικ.31: Χώρος αναμονής γονέων κατά την εξέταση PET/CT



Εικ.32: Δωμάτιο παραμονής παιδιατρικών ασθενών κατά την εξέταση PET/CT



Εικ.33: Χώρος πραγματοποίησης εξέτασης PET/CT



Εικ.34: Χώρος χειριστηρίου για την εξέταση PET/CT



Εικ.35: Χώρος χειριστηρίου για την εξέταση PET/CT



Εικ.36: Χώρος ανάληψης μετά την εξέταση PET/CT

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Πριν από την εξέταση

Νηστικός από το προηγούμενο βράδυ.

Να μην έχει λάβει τη δόση της ινσουλίνης του, σε περίπτωση που αναφερόμαστε σε διαβητικό ασθενή, για ώρες πριν από την χορήγηση του ραδιοϊσοτόπου.

Ενυδάτωση μόνο με νερό. Απαγορεύονται άλλα ροφήματα και ο καφές (επηρεάζει την πρόσληψη της γλυκόζης στο μυοκάρδιο).

Αποφυγή άσκησης.

Οδηγίες να προσέλθουν για τη εξέταση με ζεστά ρούχα (αποφυγή ενεργοποίησης του φαιού λιπώδους ιστού "brown fat").

Όχι μεταλλικά αντικείμενα στα ρούχα.

Την ημέρα της εξέτασης

Λήψη ιστορικού από τους γονείς, χρήσιμο το ιατρικό σημείωμα και η προσκόμιση πρόσφατων άλλων απεικονιστικών εξετάσεων, όπως Αξονική – Μαγνητική Τομογραφία ή Υπερηχογράφημα.

Ενημέρωση παιδιού και συνοδού (γονέα ή άμεσου συγγενή ή νόμιμου κηδεμόνα) για την διαδικασία της εξέτασης και για την λήψη μέτρων ακτινοπροστασίας.

Γραπτή συγκατάθεση γονέα ή άμεσου συγγενή ή νόμιμου κηδεμόνα.

Μέτρηση επιπέδων γλυκόζης αίματος (επιθυμητά επίπεδα ≤ 140 mg/dl). Εάν τα επίπεδα υπερβαίνουν τις επιθυμητές τιμές, η εξέταση αναβάλλεται.

Μέτρηση βάρους.

Μέτρηση ύψους.

Υπολογισμός δόσης χορήγησης F-18 FDG ανάλογα με τα σωματομετρικά χαρακτηριστικά κάθε παιδιού.

Τοποθέτηση φλεβοκαθετήρα 3 οδών για την χορήγηση του ραδιοφαρμάκου.

Σε μη συνεργάσιμους ασθενείς και σε πολύ μικρούς ασθενείς είναι αναγκαία η ακινητοποίηση με τη χορήγηση αναισθησίας.

Χορήγηση ραδιοφαρμάκου στο ειδικό δωμάτιο παραμονής (μολύβδινοι τοίχοι και πόρτα για ακτινοπροστασία), στο κρεβάτι, μέσω του φλεβοκαθετήρα.

Παραμονή του παιδιατρικού ασθενούς σε ηρεμία μία ώρα μετά τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου για να αποφευχθεί η καθήλωση του στους μύες. Επιπροσθέτως, συνιστάται να μην μιλά για να μην καθήλωθεί στις φωνητικές χορδές και δοθεί ψευδής κλινική απάντηση στην εξέταση. Κάθε παιδί παροτρύνεται να κοιμηθεί, καθώς τα φώτα στο δωμάτιο παραμονής του θα παραμείνουν κλειστά μέχρι να πραγματοποιηθεί η εξέταση. Τέλος σκεπάζονται με κουβέρτα για να μην παρουσιάσουν ρίγος από το κρύο στους χώρους του νοσοκομείου και κατ' επέκταση να αποφύγουμε την πρόσληψη από το φαιό λιπώδη ιστό (brown fat).

Προτροπή για ενυδάτωση μόνο με νερό.

Αφαίρεση του φλεβοκαθετήρα.

Πριν την απεικόνιση ζητάται στα παιδιά να ουρήσουν προκειμένου να αδειάσει η ουροδόχος κύστη τους, ώστε να μειωθεί η ακτινική επιβάρυνση και τα artifacts λόγω της φυσιολογικής πρόσληψης από την κύστη.

Στη συνέχεια το παιδί οδηγείται στο χώρο απεικόνισης, όπου πραγματοποιείται πρώτα η αξονική τομογραφία (CT) και έπειτα η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET), από το μηχάνημα PET/CT.

Μετά το πέρας της εξέτασης οι παιδιατρικοί ασθενείς που έλαβαν αναισθησία παραμένουν στο χώρο ανάνηψης, μέχρι να συνέλθουν πλήρως, να μιλούν και να περπατούν.

Το παιδί αποχωρεί από το χώρο της Πυρηνικής Ιατρικής του νοσοκομείου μετά από μέτρηση και με οδηγίες του υπεύθυνου Ακτινοπροστασίας του τμήματος.

Κλινική εφαρμογή PET/CT σε παιδιατρικό πληθυσμό

Οι κυριότερες κλινικές εφαρμογές της PET/CT είναι οι ακόλουθες:

- Διάγνωση, σταδιοποίηση και επανασταδιοποίηση ορισμένων κακοηθών νεοπλασμάτων.
- Αξιολόγηση θεραπευτικής αγωγής.
- Διερεύνηση παρατεϊνόμενου εμπύρετου.

Οι όγκοι χαρακτηρίζονται από ποικίλες αλλαγές του μεταβολισμού. Οι μεταβολικές αυτές αλλαγές των όγκων έχουν μελετηθεί με τη βοήθεια ιχνηθετών. Η χρήση του PET/CT έχει επεκταθεί στη σταδιοποίηση και ανταπόκριση του όγκου σε ποικίλες παιδικές κακοήθειες, συμπεριλαμβανομένων τα λεμφώματα Hodgkin, non-Hodgkin και τα σαρκώματα.

ΛΕΜΦΩΜΑΤΑ

Ως λέμφωμα ορίζεται ο κακοήθης πολλαπλασιασμός κλωνικών λεμφοκυττάρων. Διακρίνεται σε Hodgging Lymphoma (HL) και Non-Hodging Lymphoma (NHL).

Το λέμφωμα είναι ο πιο συνηθισμένος αιματολογικός καρκίνος και ο τρίτος πιο συχνός καρκίνος στα παιδιά.

Υπάρχουν δύο είδη λεμφωμάτων , τα Hodgkin's (HL) και τα non Hodgkin's(NHL) λεμφώματα , με πολλές διαφορετικές κατηγορίες (έξι κατηγορίες Hodgkin's και τουλάχιστον 61 non Hodgkin's).

Για να τεθεί η διάγνωση συνήθως ένας διογκωμένος λεμφαδένας θα πρέπει να γίνει ιστολογική ταυτοποίηση. Χρειάζονται όμως και εξετάσεις για να τεκμηριωθεί το μέγεθος και η θέση του λεμφώματος και επιπλέον να εξακριβωθεί εάν αυτό έχει εξαπλωθεί πέραν της αρχικής εστίας.

Αυτές οι εξετάσεις περιλαμβάνουν:

Ακτινογραφία Θώρακος

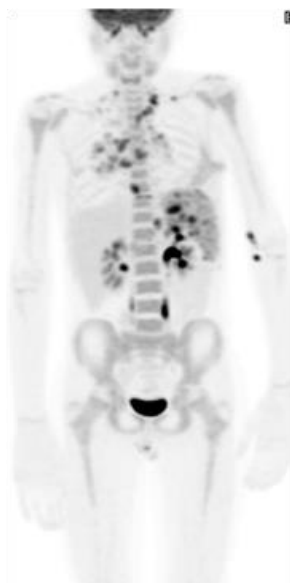
Υπερηχογράφημα λεμφαδένων, κοιλιάς

Αξονική Τομογραφία κοιλιάς, θώρακα, πυέλου,

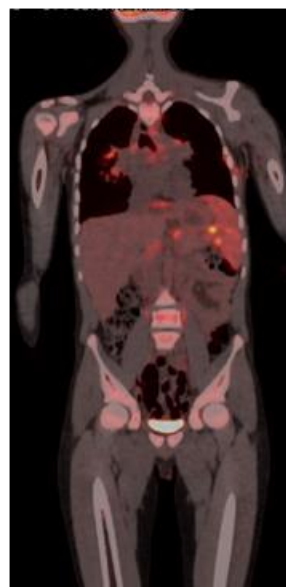
Μαγνητική τομογραφία και σπινθηρογράφημα οστών σε ειδικές περιπτώσεις
FDG PET/CT.

¹⁸F FDG PET/CT σε παιδιά και εφήβους με λέμφωμα για αρχική σταδιοποίηση και τέλος θεραπείας.

- Κορίτσι 15y με Hodgging Lymphoma (HL)
PET/ CT αρχική σταδιοποίηση



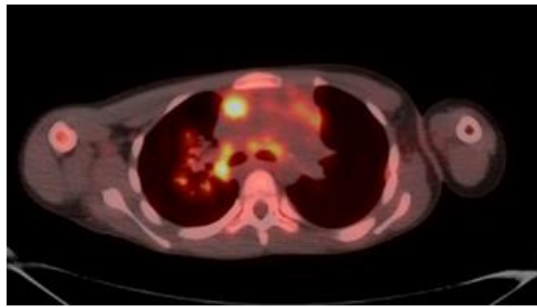
Εικ.37: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET



Εικ.38: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.39: Εγκάρσια προβολή PET

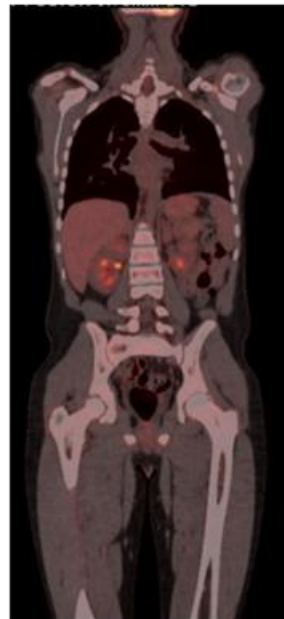


Εικ.40: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

PET/CT ανταπόκριση στη θεραπεία (απεικόνιση του θύμου αδένος)



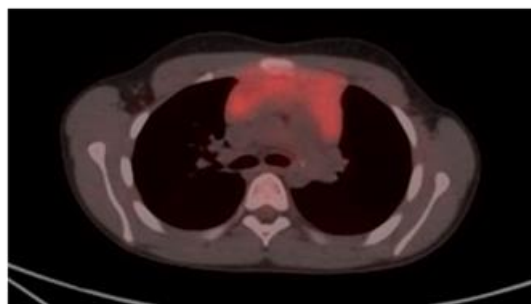
Εικ.41: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET



Εικ.42: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.43: Εγκάρσια προβολή PET

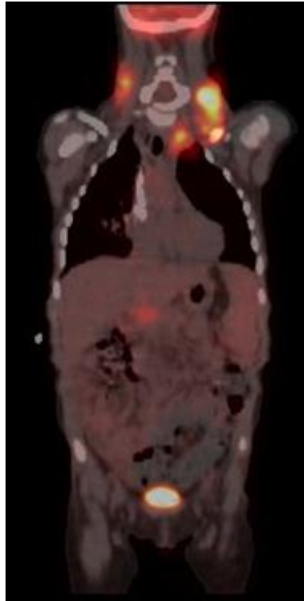


Εικ.44: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

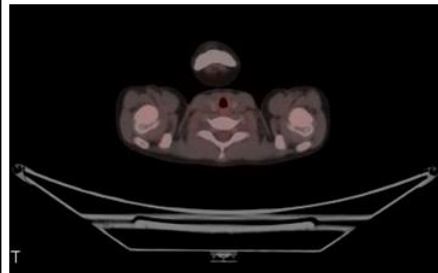
- Κορίτσι HL - 6y
PET/CT αρχική σταδιοποίηση



Εικ.45: Ολόσωμη
στεφανιαία προβολή PET

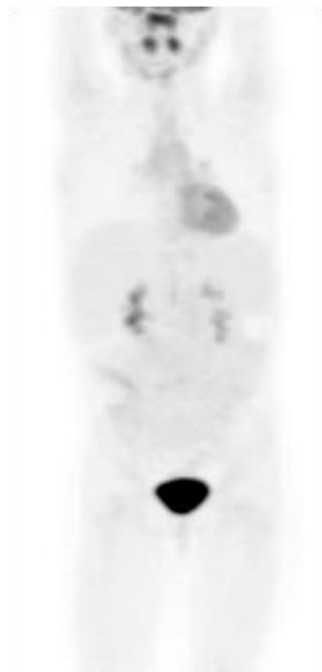


Εικ.46: Ολόσωμη
στεφανιαία προβολή
Fusion PET/CT

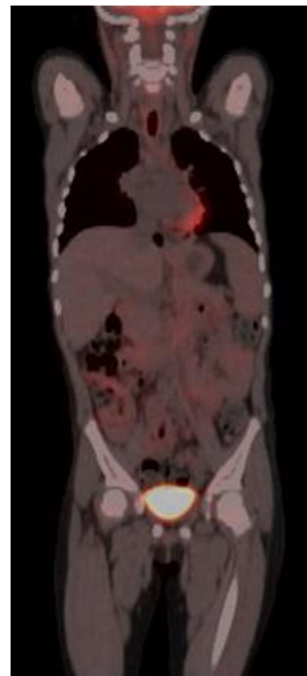


Εικ.47: Εγκάρσια προβολή Fusion
PET/CT

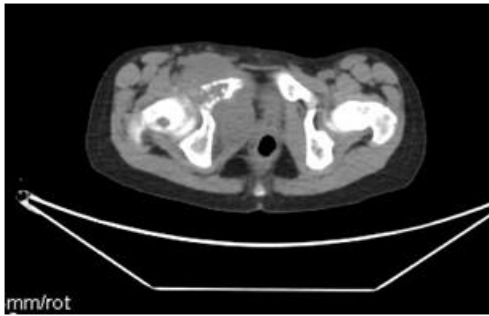
PET/CT ανταπόκριση στη θεραπεία



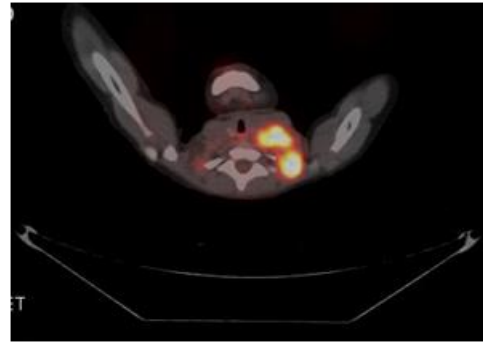
Εικ.48: Ολόσωμη
στεφανιαία προβολή PET



Εικ.49: Ολόσωμη
στεφανιαία προβολή
Fusion PET/CT



Εικ.50: Εγκάρσια προβολή PET

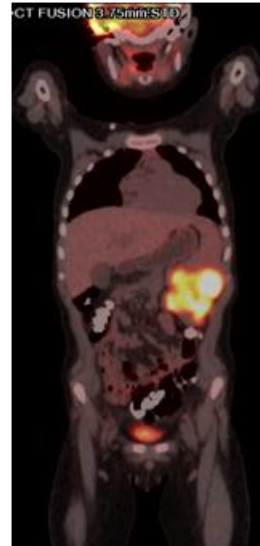


Εικ.51: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

- N HL -13y
PET/CT αρχική σταδιοποίηση



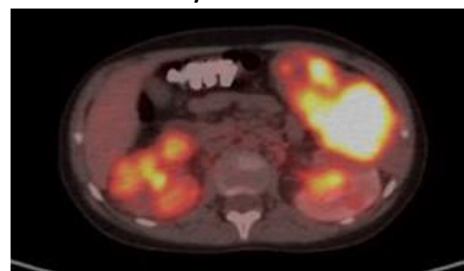
Εικ.52: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET



Εικ.53: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.54: Εγκάρσια προβολή PET

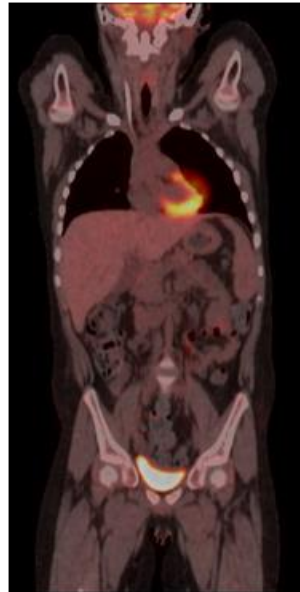


Εικ.55: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

ΡΕΤ/CT ανταπόκριση στη θεραπεία



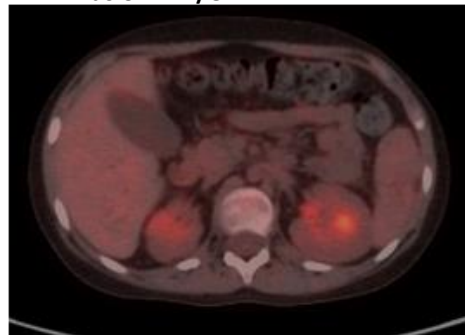
Εικ.56: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή ΡΕΤ



Εικ.57: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion ΡΕΤ/CT



Εικ.58: Εγκάρσια προβολή ΡΕΤ

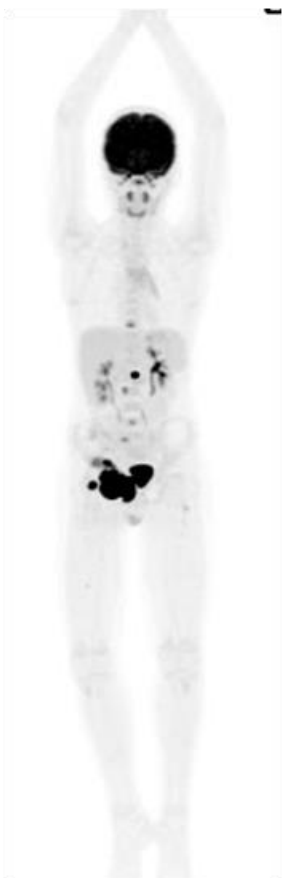


Εικ.59: Εγκάρσια προβολή Fusion ΡΕΤ/CT

ΣΑΡΚΩΜΑΤΑ

Κυριότερους όγκους των οστών αποτελούν το σάρκωμα Ewing και το οστεοσάρκωμα. Τα σαρκώματα Ewing είναι μία ομάδα κακοηθών όγκων που αναπτύσσονται είτε στα μαλακά μέρη είτε στα οστά. Εμφανίζονται οπουδήποτε στο σώμα, αλλά η αιτία εμφάνισής τους παραμένει άγνωστη. Τα οστεοσαρκώματα αποτελούν το συνηθέστερο καρκίνο των οστών σε εφήβους και μικρά παιδιά.

- Σάρκωμα Ewing δεξιού ηβικού κλάδου - 12y



Εικ.60: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET



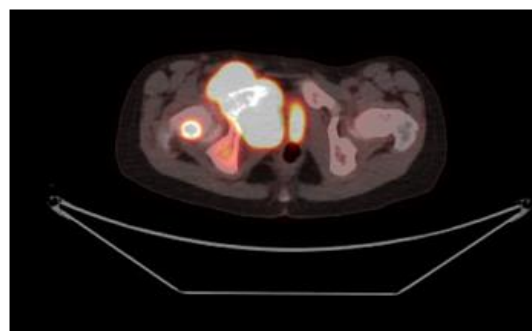
Εικ.61: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή CT



Εικ.62: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.63: Εγκάρσια προβολή PET

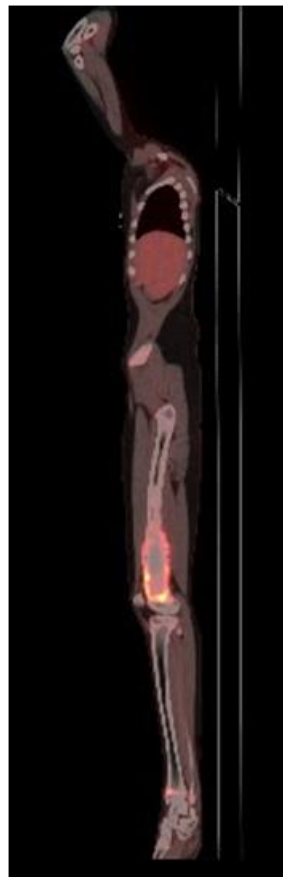


Εικ.64: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

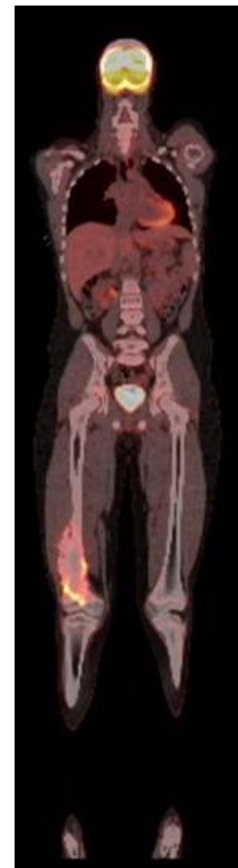
– Οστεοσάρκωμα



Εικ.65: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET



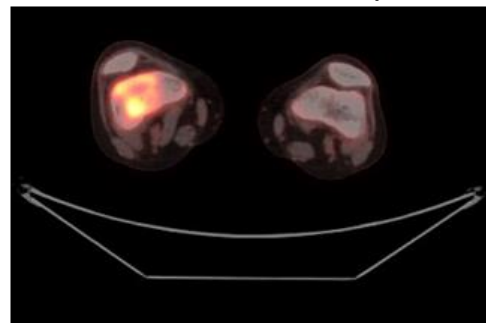
Εικ.66: Ολόσωμη οβελιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.67: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT

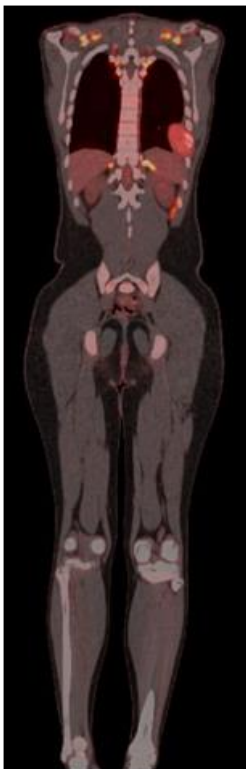


Εικ.68: Εγκάρσια προβολή PET

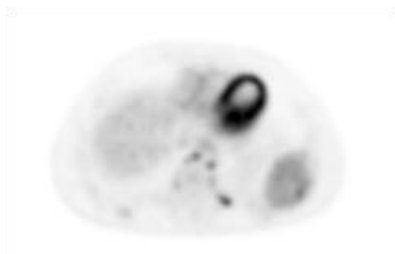


Εικ.69: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

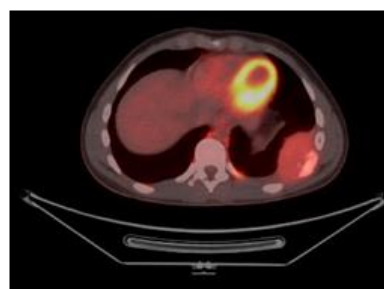
- Σάρκωμα μαλακών μορίων σε αγόρι 13γ



Εικ.70: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.71: Εγκάρσια προβολή PET



Εικ.72: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

Φυσιολογική εξέταση F-18 FDG PET/CT

Η μόνη ενεργειακή πηγή του εγκεφάλου είναι η γλυκόζη. Για το λόγο αυτό, η πρόσληψη του FDG είναι υψηλή.

Καρδιά και μεγάλα αγγεία.

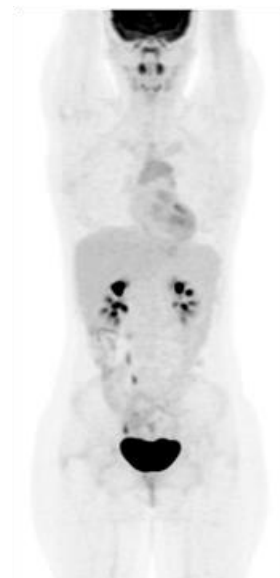
Νεφροί και αποχετευτικό σύστημα.

Ήπαρ.

Σπήνας.

Μυελός των οστών.

Θύμος.



Εικ.73: Ολόσωμη στεφανιαία προβολή PET

Φυσιολογική απεικόνιση με ενεργοποίηση φαιού λιπώδους ιστού



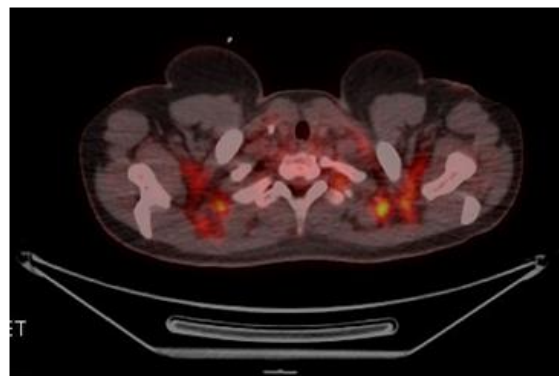
Εικ.74: Ολόσωμη στεφαναία προβολή PET



Εικ.75: Ολόσωμη στεφαναία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.76: Στεφαναία προβολή Fusion PET/CT



Εικ.77: Εγκάρσια προβολή Fusion PET/CT

Οδηγίες ακτινοπροστασίας μετά από εξέταση PET/CT (F-18 FDG)

Οι κάτωθι οδηγίες δίνονται γραπτώς σε όσους ασθενείς έχουν υποβληθεί σε εξετάσεις Πυρηνικής Ιατρικής με F-18 FDG, για την ακτινοπροστασία των εργαζομένων, των οικείων τους που τους συνοδεύουν και των ιδίων. Κρίνεται αναγκαία η ενημέρωση του γονέα ή του κηδεμόνα που συνοδεύει τον παιδιατρικό ασθενή για τους κανόνες ακτινοπροστασίας που θα ακολουθηθούν όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της εξέτασης.

- Η δόση έκθεσης ακτινοβολίας στα γύρω άτομα εξαρτάται από τον χρόνο που αυτοί παραμένουν κοντά στον ασθενή. Σημειώνεται πως για μικρό χρονικό διάστημα (μερικά λεπτά) η ακτινοβολία είναι ασήμαντη.
- Η δόση ακτινοβολίας σχετίζεται με την απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ του ασθενούς που έχει λάβει το ραδιοφάρμακο και των ανθρώπων που συναναστρέφεται. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που κρατούν, τόσο χαμηλότερη είναι η δόση ακτινοβολίας που δέχονται.
- Η επαφή με εγκύους και άλλα μικρά παιδιά πρέπει να αποφεύγεται για περίπου 10 ώρες μετά τη χορήγηση του F-18 FDG.
- Να αποφεύγεται ο ύπνος στο ίδιο δωμάτιο με άλλο άτομο για διάστημα 10 ωρών από τη χορήγηση.
- Συστήνεται η συχνή λήψη υγρών για ταχύτερη αποβολή του ισοτόπου από τον οργανισμό.
- Για όσους έρχονται σε επαφή με τα παιδιά που έλαβαν το ραδιοφάρμακο χρειάζεται να φορούν γάντια μίας χρήσης.
- Τα παιδιά είτε πρόκειται για κοπέλες, είτε για άρρενες συνίσταται η ούρηση σε καθιστή θέση χρησιμοποιώντας δύο φορές το καζανάκι, από τη στιγμή που το F-18 FDG αποβάλλεται από τον οργανισμό μέσω των ούρων. Μετά τη χρήση της τουαλέτας, τα χέρια θα πρέπει να πλένονται με άφθονο νερό.
- Εάν η εξέταση πραγματοποιηθεί σε βρέφος, το τελευταίο rampet που χρησιμοποιήθηκε μετά το πέρας της εξέτασης πρέπει να αντικατασταθεί με νέο και να παραδοθεί στο προσωπικό του χώρου της Πυρηνικής Ιατρικής του νοσοκομείου πριν αναχωρήσει από το εργαστήριο.
- Στην περίπτωση χρήσης πάντας, τα κόπρανα να απορρίπτονται στην τουαλέτα για να χρησιμοποιείται το καζανάκι δύο φορές.
- Τα απορρίμματα που προκύπτουν απ' όλη τη διαδικασία, όπως rampers των πρώτων 24ωρών από τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου, καθετήρες, αντικείμενα λερωμένα από ούρα ή αίμα, φυλάσσονται σε ξεχωριστό κάδο, σε σημείο μη προσβάσιμο στο κοινό και την επόμενη μέρα διαχειρίζονται ανάλογα με τη δόση ακτινοβολίας τους.

- Για ασθενείς με ουροκαθετήρα, η αντικατάσταση του ουροσυλλέκτη θα πρέπει να επιτυγχάνεται με γάντια μίας χρήσης και εάν είναι εφικτό, τα ούρα να απορρίπτονται στη λεκάνη και το καζανάκι να χρησιμοποιείται τουλάχιστον δύο φορές.
- Στην περίπτωση που ένας παιδιατρικός ασθενής κάνει εμετό ή γίνει διασπορά από κάποιο άλλο βιολογικό υγρό στο χώρο, άμεσα ενημερώνεται ο υπεύθυνος Ακτινοφυσικός, ώστε να πραγματοποιηθεί απορρύπανση της περιοχής.
- Στην περίπτωση μεταφοράς του ασθενούς σε άλλο νοσοκομείο, εντός του χρόνου ισχύος των μέτρων ακτινοπροστασίας, θα πρέπει να αναγράφεται στο παραπεμπτικό πως υποβλήθηκε σε εξέταση Πυρηνικής Ιατρικής.

Οι οδηγίες του Πυρηνικού Ιατρού και του Ακτινοφυσικού πρέπει να ακολουθούνται πιστά.

ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΚΑΡΚΙΝΟΥ ΘΥΡΕΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕ I¹³¹

Εισαγωγή

Κάνοντας μία σύντομη αναδρομή στο παρελθόν, αξίζει να σημειωθεί πως από το 1949 και έπειτα, η ραδιοϊσοτοπική θεραπεία άρχισε να πραγματοποιείται με I¹³¹.

Το ραδιενεργό ιώδιο χρησιμοποιείται κυρίως για τη θεραπεία διαφοροποιημένου καρκίνου του θυρεοειδούς αδένου.

Ο καρκίνος του θυρεοειδούς αδένου έχει τους ακόλουθους ιστολογικούς τύπους:

- ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ
 1. θηλώδες (συχνότερη μορφή εμφάνισης)
 2. θηλακιώδες (σπανιότερα)
 3. μικτό
- ΣΠΑΝΙΑ το ΜΥΕΛΟΕΙΔΕΣ (ανευρίσκεται σε άτομα με κληρονομική προδιάθεση, είτε Οικογενούς Μυελογενούς, είτε στα πλαίσια πολλαπλής ενδοκρινικής νεοπλασίας, MEN 2A και MEN 2B)

Σε παιδιατρικούς ασθενείς ο διαφοροποιημένος καρκίνος του θυρεοειδούς αδένου (DTC) αποτελεί μια σπάνια ασθένεια με συχνότητα 1,5%, σε σχέση με τους ενήλικες 4-7%. Μόνο που στα παιδιά κατά τη διάγνωση του θηλώδους καρκίνου είναι περισσότερο πιθανό να συνυπάρχουν ήδη διηθημένοι ή επιχώριοι και απομακρυσμένοι λεμφαδένες, εξωθυρεοειδική επέκταση και πνευμονικές μεταστάσεις. Κατά συνέπεια, γνωρίζοντας πως η πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου του θυρεοειδούς σε έδαφος οζώδους νόσου είναι τέσσερις φορές μεγαλύτερη, κρίνεται απαραίτητη η έγκαιρη διάγνωση και η γρήγορη θεραπεία.

Η συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του θυρεοειδούς στα παιδιά επιβαρύνεται από τους εξής παράγοντες:

- Προηγούμενη ακτινοβολία κεφαλής και τραχήλου ή ακόμη και ολόσωμη ακτινοβολία, όπως για παράδειγμα σε όγκους νευρικού συστήματος και λεμφώματα Hodgkin.
- Οικογενειακό ιστορικό καρκίνου του θυρεοειδούς.
- Συγγενής υποθυρεοειδισμός (θυλακιώδης μορφή).
- Έλλειψη ιωδίου.
- Αυτοάνοσος θυρεοειδική νόσος (Αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου στην παιδική και εφηβική ηλικία και κυρίως επί εδάφους χρόνιας λεμφοκυτταρικής θυρεοειδίτιδας Hashimoto).

Οι αρχές της θεραπείας του διαφοροποιημένου καρκίνου του θυρεοειδούς αδένου σε παιδιατρικούς ασθενείς, βάσει των διεθνών οδηγιών, τροποποιούνται από

εκείνες των ενηλίκων και προσαρμόζονται στην ηλικία και στα σωματομετρικά χαρακτηριστικά κάθε παιδιού.

Η θεραπεία των DTC περιλαμβάνει ολική θυρεοειδεκτομή. Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της βιοψίας ενός όζου είναι θετικά για κακοήθεια, ακολουθεί θεραπεία με ραδιενεργό ιώδιο.

Στις παρακάτω ενότητες θα αναλυθεί το πρωτόκολλο που ακολουθείται για τη θεραπεία παιδιατρικού ασθενούς με διαφοροποιημένο καρκίνο του θυρεοειδούς αδένου με ραδιενεργό ιώδιο.

¹³¹I

Το ιώδιο προσλαμβάνεται από τα θυλακίωδη κύτταρα του θυρεοειδούς αδένου, όπου χρησιμοποιείται για τη σύνθεση των θυρεοειδικών ορμονών. Οργανοποιείται και δίνει κατ' αυτό τον τρόπο τη δυνατότητα της «εσωτερικής εκλεκτικής Ακτινοθεραπείας» των καρκινικών κυττάρων [τόσο υπολειμμάτων θυρεοειδικού ιστού όσο και τυχόν μεταστάσεων], καθώς προκαλεί βλάβη στο DNA τους και οδηγεί στη νέκρωσή τους.

Το I-131 κατά κύριο λόγο εκπέμπει β-ακτινοβολία και κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό (<10%) γ-ακτινοβολία. Η διαγνωστική χρήση του ραδιοϊσοτόπου οφείλεται στη γ-ακτινοβολία που εκπέμπει. Ωστόσο, η β-ακτινοβολία δεν παρουσιάζει διηθητικό χαρακτήρα στα κύτταρα (αφού εμφανίζει εμβέλεια 2-3mm όταν εισέρχεται σε αυτά), με αποτέλεσμα στους ασθενείς αν και χορηγούνται μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας εντούτοις παρατηρούνται υψηλές δόσεις ακτινοβολίας στα «κύτταρα στόχους» και χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας των γειτονικών ιστών και οργάνων. Το γεγονός αυτό, καθιστά το I¹³¹ το καταλληλότερο φάρμακο για θεραπεία αυτή έναντι οποιουδήποτε άλλου ραδιοφαρμάκου.

Αξίζει να σημειωθεί πως έπειτα από ολική θυρεοειδεκτομή σε διαφοροποιημένα καρκινώματα του θυρεοειδούς δίδεται I¹³¹ ως ΚΥΡΙΑ και συμπληρωματική θεραπεία (ablation θεραπεία). Το ραδιενεργό ιώδιο (I¹³¹) προσλαμβάνεται από το θυρεοειδή αδένου, τα υπολείμματα θυρεοειδικού ιστού και από τις μεταστάσεις στο υπόλοιπο σώμα.

Οι ενδείξεις για τη χορήγηση του θεραπευτικού ιωδίου είναι οι ακόλουθες:

- Ύπαρξη υπολείμματος θυρεοειδικού ιστού.
- Μεταστάσεις τραχηλικών λεμφαδένων.
- Ύπαρξη απομακρυσμένων μεταστάσεων.
- Απουσία εμφανών μεταστατικών εστιών, αλλά αυξημένη Tg (θυρεοσφαιρίνη).

Το I^{131} έχει μεγάλο χρόνο υποδιπλασιασμού ($T_{1/2}=8,04$ ημέρες) και υψηλή ενέργεια ($E=364$ KeV).

Το μεγαλύτερο μέρος του ραδιοφαρμάκου αποδεσμεύεται από το σώμα του ασθενούς μέσω των ούρων, των κοπράνων και του ιδρώτα του.

Ο συγκερασμός των χαρακτηριστικών αυτών καθιστούν αναγκαία την παραμονή του ασθενούς που λαμβάνει την κάψουλα του ραδιενεργού ιωδίου σε ειδικό θωρακισμένο χώρο και συνεχείς μετρήσεις της δόσης που έχει λάβει (από έμπειρο ακτινοφυσικό για λόγους ακτινοπροστασίας).

Συμπερασματικά ως επισημανθεί ότι η χορήγηση του I^{131} αποτελεί μία μη επεμβατική και ταυτοχρόνως ανώδυνη αλλά αποτελεσματική θεραπεία χάρη στις ιδιότητες του ραδιοφαρμάκου.

ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ I^{131}

1. Άμεσες

Οι ασθενείς στους οποίους χορηγείται ραδιενεργό ιώδιο, στην πλειονότητά τους, παρουσιάζουν μέτρια έως σοβαρή ξηροστομία, η οποία ωστόσο είναι παροδική. Έχει παρατηρηθεί οξεία σιελογονίτιδα, κυρίως στις παρωτίδες, παρουσία οιδήματος και ευαισθησίας.

Για την αποφυγή των ανωτέρω συμπτωμάτων συνίσταται το μάσημα τσίχλας ή καραμέλας λεμονιού, καθώς εκκρίνεται σάλιο από τους σιελογόνους αδένες και κατ' επέκταση δεν παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση του ραδιοϊσοτόπου.

Άλγος και τοπικά φαινόμενα (πιεστικά φαινόμενα) έχουν παρατηρηθεί στις οστικές μεταστάσεις, λόγω του ακτινικού οιδήματος που προκαλεί το ραδιοϊσότοπο.

Σπάνια παρουσιάζεται οξεία γαστρίτιδα 1-3 ημέρες μετά τη θεραπεία, τα συμπτώματα της οποίας υποχωρούν με τη χρήση αναστολέων αντλίας πρωτονίων και με τη λήψη πολλών υγρών.

Σε ασθενείς με μεγάλο κολόβωμα, το ραδιοφάρμακο εγκυμονεί τον κίνδυνο 3-7 ημέρες μετά τη χορήγησή του να προκαλέσει οξεία ακτινική θυρεοειδίτιδα, με τοπικό άλγος ή οίδημα.

Ένα μήνα μετά τη θεραπεία με το I^{131} ενδέχεται να εμφανιστεί παροδικά πιθανή μυελοκαταστολή που επανανέρχεται εντός τριών μηνών, αφού πρόκειται συνήθως για μία ήπια αναιμία, λευκοπενία, θρομβοπενία.

Οι παρενέργειες, σπανιότερα, όταν ταυτίζονται με οξύ σύνδρομο από υψηλή ακτινοβολία, ως συμπτώματα εμφανίζουν καταβολή, κεφαλαλγία. Ναυτία και τάση για έμετο (6-8 ώρες μετά τη χορήγηση) και σε δόσεις συνήθως μεγαλύτερες των 200mCi.

2. Απώτερες

Όσον αφορά τις όψιμες παρενέργειες από τη χορήγηση υψηλών δόσεων του ραδιενεργού ιωδίου, ως υπογραμμιστεί πως υπάρχει το ενδεχόμενο να υποστούν βλάβη οι γονάδες. Στις κοπέλες δύναται να εμφανιστούν διαταραχές της ωθητικής λειτουργίας, διαταραχές στην εμφάνιση και στο ρυθμό εμμήνου ρύσεως, και στα αγόρια πιθανή παροδική αζωοσπερμία.

Η μετάπτωση του καλώς διαφοροποιημένου καρκινώματος σε αναπλαστικό και σε ποσοστό 3,5% εμφάνιση δευτεροπαθών μεταστάσεων συγκαταλέγονται στις απώτερες παρενέργειες που επιφέρει η θεραπεία με I^{131} (σπάνια).

Σε ασθενείς με ύπαρξη εκτεταμένων πνευμονικών μεταστάσεων εμφανίζεται μετακτινική πνευμονική ίνωση.

Για δόσεις άνω του 1Ci (σπάνια σε παιδιά διεθνώς) έχει παρατηρηθεί αναπλαστική αναιμία.

Σε χρονικό διάστημα 10 ετών από το πέρας της θεραπείας, σπάνια παρατηρείται Μυελογενής Λευχαιμία.

Χώροι Πυρηνικής Ιατρικής – Θεραπεία με I^{131}

Θάλαμος παραμονής ασθενούς μετά τη λήψη του θεραπευτικού ιωδίου



Εικ.78: Είσοδος στο θάλαμο θεραπείας με I^{131}

Ο όρος «απομόνωση» χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ειδικά διαμορφωμένου χώρου στον οποίο παραμένουν οι ασθενείς που έχουν προσλάβει ραδιενεργό ιώδιο. Πρόκειται για ένα δωμάτιο με κατάλληλες μολύβδινες θωρακίσεις στους τοίχους, στην οροφή και στο δάπεδο με 2,5εκ. μολύβδου, το οποίο και καλύπτεται από μη απορροφητικό υλικό.

Η πόρτα του δωματίου φέρει μολύβδινη θωράκιση και ανοίγει με ειδικό διακόπτη. Προτού εισέλθει είτε εξέλθει κανείς από το θάλαμο υπάρχει αισθητήρας στην πόρτα ο οποίος ηχεί μόλις ανιχνεύσει κίνηση.

Πάνω στην πόρτα αναρτάται προειδοποιητική πινακίδα με το σήμα της ραδιενέργειας και δύο έντυπα για όσους πρόκειται να εισέλθουν στο χώρο αυτό.

Στο ένα έντυπο αναγράφεται ότι το προσωπικό πριν από την είσοδό τους στο θάλαμο θα πρέπει να φορούν:

- προστατευτικά ποδονάρια
- γάντια μιας χρήσεως
- προστατευτική ποδιά μιας χρήσεως
- προστατευτικό σκουφί και μάσκα (εάν χρειάζεται)

- ηλεκτρονικό δοσίμετρο (για τους συνοδούς) του οποίου η αρχική ένδειξη θα έχει καταγραφεί

Τονίζεται ότι η παραμονή στο θάλαμο θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν συντομότερη και να χρησιμοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια ένα από τα δύο προστατευτικά μολύβδινα πετάσματα.

Στο δεύτερο έντυπο αναγράφονται οι οδηγίες ακτινοπροστασίας που πρέπει να ακολουθούνται κατά την έξοδο από το θάλαμο θεραπείας I^{131} . Το προσωπικό κατά την έξοδο από το θάλαμο θα πρέπει να αφαιρεί τον προσωπικό προστατευτικό εξοπλισμό και να τον απορρίπτει στον ενδεδειγμένο κάδο που βρίσκεται δίπλα στην πόρτα του θαλάμου, ο οποίος φέρει το σήμα της ραδιενέργειας. Καταρχήν αφαιρούνται τα προστατευτικά ποδονάρια, στη συνέχεια τα λοιπά ενδύματα και τελευταία τα γάντια. Τέλος, πριν αποχωρήσει από το χώρο θα προηγηθεί καταγραφή της ένδειξης του ηλεκτρονικού δοσίμετρου, Thermo Scientific EPD MK2+, που φέρει πάνω του και ηχεί όταν ανιχνεύει ακτινοβολία.



Εικ.79: Thermo Scientific EPD MK2+

Η μονάδα θεραπείας ασθενών περιλαμβάνει:

- Μία κλίνη για τη νοσηλεία του ασθενούς.
- Δοσίμετρο Cactus 700 για μέτρηση της ακτινοβολίας (βρίσκεται πάνω από την κλίνη στο ύψος του θυρεοειδούς).
- Κάμερα για την παρακολούθηση του ασθενούς σε οθόνες που βρίσκονται η μία στο χώρο παραμονής των γονέων και η δεύτερη στο γραφείο της νοσηλεύτριας.
- Δύο μολύβδινα πετάσματα. Ένα για όσους εισέρχονται στο χώρο και πρόκειται να παραμείνουν όρθιοι και ένα πιο μικρό και κοντό σε περίπτωση που οι γονείς για παράδειγμα επιθυμούν να παραμείνουν καθιστοί, πίσω από αυτό, για να επιτευχθεί ακτινοπροστασία.
- Ένα παράθυρο από μολυβδύαλο που επικοινωνεί με το δωμάτιο στο οποίο παραμένουν οι γονείς κατά το διάστημα νοσηλείας των παιδιών τους.
- Ένα παράθυρο για αερισμό του χώρου.
- Ανιχνευτή ακτινοβολίας πάνω από την κλίνη, ώστε να γίνεται μέτρηση και να καταγραφεί η ακτινοβολία (σε mSv), από τον Ακτινοφυσικό.

- Λουτρό αποκλειστικής χρήσης.
- Τηλεόραση, σταθερό τηλέφωνο, ενδοεπικοινωνία με το δωμάτιο των γονέων.
- Button για το κάλεσμα της νοσηλεύτριας.
- Τραπέζι, καρέκλα, σκεύη φαγητού μίας χρήσεως και ψυγείο.
- Μεταλλικός κάδος, όπου απορρίπτονται είδη προσωπικής φροντίδας του ασθενούς, υπολείμματα γεύματος και είδη εστίασης, γάντια, ποδονάρια κτλ.

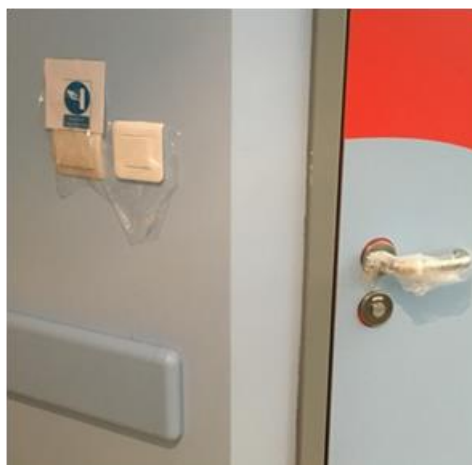
Μόνιτορ παρακολούθησης ζωτικών σημείων του ασθενούς (για έκτακτες περιπτώσεις).



**Εικ.80: Μονίτορ παρακολούθησης θαλάμου
θεραπείας I¹³¹**

Όλα τα έπιπλα, η τηλεόραση, το τηλεχειριστήριό της και οι διακόπτες που βρίσκονται στο συγκεκριμένο χώρο καλύπτονται με πλαστικό κάλυμμα μίας χρήσεως.

Ο ασθενής καλείται να φέρει τα προσωπικά του αντικείμενα (παντόφλες, ρούχα, πιτζάμες) που θα χρησιμοποιήσει κατά την παραμονή του στο χώρο, τα οποία και θα φυλαχθούν σε ειδική πλαστική σακούλα.



**Εικ.81: Διακόπτες και χερούλι καλυμμένα
με πλαστικό κάλυμμα μίας χρήσεως**



Εικ.82: Μπάνιο θαλάμου θεραπείας I¹³¹



Εικ.83: Εσωτερικό θαλάμου θεραπείας I¹³¹



**Εικ.84: Κλίνη και δοσιμετρητής στο θάλαμο
θεραπείας I¹³¹**



**Εικ.85: Τηλεόραση, κάδος ραδιομολυσμένων
απορριμμάτων και παράθυρο επικοινωνίας με το
δωμάτιο των γονέων**

Έξω από το δωμάτιο, στον προθάλαμο, για το προσωπικό και τους συνοδούς σε περίπτωση που χρειαστεί να εισέλθει στο δωμάτιο υπάρχει ο απαραίτητος εξοπλισμός, δηλαδή γάντια, ποδιές, ποδονάρια, μάσκες και υλικό απολύμανσης.



Εικ.86: Προθάλαμος θεραπείας I¹³¹

Στον ίδιο χώρο βρίσκονται οι κρύπτες που φυλάσσονται τα παραπάνω χρησιμοποιημένα αντικείμενα και ένας μεταλλικός πάγκος με μία βρύση.

Η βρύση λειτουργεί με αισθητήρα και έχει κρύο τρεχούμενο νερό προκειμένου να μην ανοίγουν οι πόροι. Με αυτό τον τρόπο σε ενδεχόμενη ραδιομόλυνση το ραδιενεργό ιώδιο δεν εισέρχεται στον οργανισμό.



Εικ.87: Νεροχύτης προθαλάμου θεραπείας I¹³¹

Τα χέρια πλένονται με ειδικό σαπούνι για ακτινοπροστασία και σκουπίζονται με χειροπετσέτες, οι οποίες απορρίπτονται σε κάδο με την ένδειξη της ακινοβολίας.

Το νερό οδηγείται στις ίδιες δεξαμενές που καταλήγουν και τα απόβλητα από το θάλαμο του παιδιατρικού ασθενούς.

Δίπλα από το θάλαμο νοσηλείας του παιδιατρικού ασθενούς βρίσκεται ένα δωμάτιο για τη διαμονή των γονέων τους. Μέσω του παραθύρου από μολυβδύαλο δίνεται η δυνατότητα οπτικής επαφής γονέων-παιδιών και η επικοινωνία τους επιτυγχάνεται με σύστημα ενδοεπικοινωνίας.

Στο δωμάτιο των γονέων βρίσκεται ένα κρεβάτι, ένα γραφείο με δύο καρέκλες μπροστά από το παράθυρο, ντουλάπα για να φυλάσσουν τα προσωπικά τους αντικείμενα και ένα μπάνιο.



Εικ.88: Παράθυρο επικοινωνίας με το δωμάτιο των παιδιατρικών ασθενών, οθόνη παρακολούθησής τους και σύστημα ενδοεπικοινωνίας



Εικ.89: Κλίνη δωματίου παραμονής των γονέων κατά τη θεραπεία των παιδιατρικών ασθενών

Απομόλυνση θαλάμου

Μετά την αποχώρηση του ασθενούς από το θάλαμο θεραπείας, ο θάλαμος παραμένει κλειστός για το χρονικό διάστημα που θα κρίνει ο Ακτινοφυσικός απαραίτητο, δίχως να απομακρυνθεί κανένα ραδιομολυσμένο αντικείμενο από το δωμάτιο θεραπείας και τον προθάλαμο, στα πλαίσια της ακτινοπροστασίας από πιθανή ραδιομόλυνση. Μετρούνται όλα τα αντικείμενα του χώρου για να ελεγχθεί η πιθανή ύπαρξη ραδιομόλυνσης και όταν πληρούν τα φυσιολογικά όρια της ακτινοβολίας υποστρώματος (background), θεωρούνται κατάλληλα για περαιτέρω χρήση.

Τα υγρά απόβλητα από την τουαλέτα και το λουτρό του θαλάμου καταλήγουν σε ειδικές δεξαμενές (Α, Β και Γ) χωρητικότητας 8000lt, στις οποίες και παραμένουν για περίπου τρεις μήνες, έως ότου τα παραμένοντα υγρά θεωρηθούν μη ραδιενεργά και ικανά να αποβληθούν ως κοινά απόβλητα. Η δεξαμενή που θα χρησιμοποιείται σε κάθε θεραπεία καθορίζεται από τον Ακτινοφυσικό και την τεχνική υπηρεσία που παρακολουθεί καθημερινά τη λειτουργία τους.

Τα σκεύη φαγητού μίας χρήσεως που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά τη νοσηλεία του παιδιατρικού ασθενούς, ρούχα, σεντόνια, μαξιλαροθήκες, πετσέτες και οτιδήποτε είναι πιθανά μολυσμένο από τον ιδρώτα του ασθενούς, φυλάσσονται σε ψυγείοκαταψύκτη αποκλειστικής χρήσης για τα συγκεκριμένα αντικείμενα.

Ο ψυγειοκαψύκτης βρίσκεται σε χώρο δίπλα στις δεξαμενές των αποβλήτων. Τα αντικείμενα που έχουν χρησιμοποιηθεί δεν φυλάσσονται στις κρύπτες έξω από το θάλαμο καθώς θα γέμιζαν μούχλα στο χρονικό διάστημα που θα παραμείνουν φυλαγμένα.

Εν αντιθέσει, προστατευτικά ποδονάρια, γάντια μιας χρήσεως, προστατευτική ποδιά μιας χρήσεως, προστατευτικό σκουφί και μάσκα που έχουν χρησιμοποιηθεί από το προσωπικό είτε τους γονείς που έχουν εισέλθει στο θάλαμο, για προσωπική αποφυγή ραδιομόλυνσης, φυλάσσονται σε κρύπτες έξω από το θάλαμο για να απορρίπτονται αμέσως μετά τη χρήση τους.

Τόσο στο θάλαμο όσο και στα αναφερθέντα αντικείμενα γίνεται λεπτομερής έλεγχος για τον εντοπισμό ραδιομόλυνσης. Ως όργανο ελέγχου, από τον Ακτινοφυσικό του τμήματος, χρησιμοποιείται Thermo Scientific RadEye B20 για μέτρηση του χώρου θεραπείας και των αντικειμένων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη θεραπεία με ραδιενεργό ιώδιο.

Περιοχές και αντικείμενα πιθανής ραδιομόλυνσης είναι το πόμολο στην πόρτα του λουτρού, οι διακόπτες, το τηλεχειριστήριο της τηλεόρασης, η ενδοεπικοινωνία, το κουδούνι για το κάλεσμα της νοσηλεύτριας, η περιοχή γύρω από το νιπτήρα και την τουαλέτα, οι βρύσες και τα σιφόνια στο νιπτήρα και το ντους, οι βραχίονες του καθίσματος όπου γευμάτιζε. Αν διαπιστωθεί αυξημένος αριθμός κρούσεων από τις μετρήσεις, η περιοχή επισημαίνεται με μαρκαδόρο για να ακολουθήσει απομόλυνση με ειδικό υγρό απολυμαντικό σαπούνι.



Εικ.90: Thermo Scientific RadEye B20



Εικ.91: Υγρό για απομόλυνση I¹³¹



Εικ.92: Ψυγειοκαταψύκτης και γεννήτριες φύλαξης νοτισμένων αντικειμένων από θάλαμο θεραπείας I¹³¹



Εικ.93: Δεξαμενές αποβλήτων θαλάμου θεραπείας I¹³¹

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dr. Λήδα Γώγου (2015) *Μαθήματα Πυρηνικής Ιατρικής, Β' έκδοση*, Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλης, Αθήνα
2. Dr. Λήδα Γώγου (2019) *Θεραπεία με Ραδιοφάρμακα, Β' έκδοση*, Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλης, Αθήνα
3. Dr. Λήδα Γώγου (2004) *¹⁸F-FDG PET*, Εκδόσεις ΑΘ. Σταμούλης, Αθήνα
4. Άννα Γκοτζαμάνη-Ψαρράκου (1998) *Παιδιατρική Πυρηνική Ιατρική*, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη
5. Ιωάννης Κανδαράκης (2007) *Πυρηνική Ιατρική*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Άραθος, Αθήνα
6. Καρακατσάνης Κ.Γ. (2003), *Πυρηνική Ιατρική*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη
7. Γεωργίου Ε.Κ., Lowe V.J., Προυκάκης Χ.Χ. (2004), *Κλινική Ποζιτρονική Τομογραφία (PET) Μοριακή Απεικόνιση με PET και PET/CT*, Επιστημονικές Εκδόσεις Παρισιάνου
8. Γιαννοπούλου Χ., Χουσιανάκου Ε., *Πρωτόκολλα Καθημερινής Πρακτικής στην Πυρηνική Ιατρική*, Εκδόσεις Βήτα
9. Susan McQuattie, *Pediatric PET/CT Imaging: Tips and Teckniques*, 2008
10. Lin Qiu MD, Yue Chen MD, Jingbo Wu MD, *The role of 18F-FDG PET and 18F-FDG PET/CT in the evaluation of pediatric Hodgkin's lymphoma and non-Hodgkin's lymphoma*, Nucl Med, 2013
11. M. Beth mccarville, *PET-CT imaging in pediatric oncology*, PMC, 2009
12. Jia Liu, Ying Wang, Bo Zhang, *Advances in Diagnosis and Treatment of Thyroid Cancer in Children and Adolescents*, Pub Med, 2018
13. Tharsana Selvakumar, *Long-term effects of radioiodine treatment on salivary gland function in adult survivors of pediatric differentiated thyroid carcinoma*, Nucl Med, 2018
14. Gabriel Rivera, Humberto Lugo-Vicente, *Thyroid cancer in children*, Bol Asoc Med, 2014
15. Simon R Cherry, Ramsey D Badawi, Joel S Karp, William W Moses, Pat Price, Terry Jones, *Total-body imaging: Transforming the role of positron emission tomography*, PMC, 2018
16. Raef Riad, *Erratum to: Role of PET/CT in malignant pediatric lymphoma*, Nucl Med, 2017
17. ΤΜΗΜΑ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΗΤΕΡΑ - ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΣΤΟ ΠΑΙΔΩΝ ΜΗΤΕΡΑ ΜΕΛΟΣ ΤΟΥ ΟΜΙΛΟΥ ΥΓΕΙΑ, 6^η Ημερίδα Παιδοακτινολογίας – Παιδιατρική Ακτινολογία κατά συστήματα III, ΣΑΒΒΑΤΟ 9 ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2019

