

Εκτίμηση ενεργών δόσεων κατά τις διαγνωστικές εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής στην Ελλάδα

Περίληψη

Την τελευταία δεκαετία, στην Ελλάδα, παρατηρείται σημαντική αύξηση στη διενέργεια ιατρικών διαγνωστικών πρακτικών που χρησιμοποιούν ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Μέρος των προαναφερθεισών πρακτικών αποτελούν και οι διαγνωστικές εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής. Υπό το πρίσμα αναγνωρισμένων επιστημονικά πρωτοκόλλων διενέργειας εξετάσεων Πυρηνικής Ιατρικής και αποφάσεων δημοσίων φορέων της χώρας παρουσιάζουμε συγκεντρωτικά τις ενεργές δόσεις για τις περισσότερες και ευρέως εφαρμόσιμες διαγνωστικές εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής, αναδεικνύοντας την επαγόμενη ακτινική επιβάρυνση. Η ενεργός δόση, κάθε εξέτασης, αποτελεί ένα μέτρο εκτίμησης της ακτινικής επιβάρυνσης και του πιθανού ακτινικού κινδύνου που εισάγει η εφαρμογή της. Συμπεραίνουμε ότι το εύρος των ενεργών δόσεων που αφορούν στην διαγνωστική Πυρηνική Ιατρική κυμαίνεται μεταξύ του 0,3 και 25 mSv, όταν η μέση ετήσια ενεργός δόση στον άνθρωπο από την ακτινοβολία του φυσικού υποστρώματος εκτιμάται στα 2,8 mSv.

Hell J Nucl Med 2009; 12(3): 304-306

Δημοσιεύτηκε στο Διαδίκτυο: 14 Νοεμβρίου 2009

Εισαγωγή

Η παρατηρούμενη αύξηση στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, στη διενέργεια διαγνωστικών πρακτικών που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία [1] φαίνεται να αφορά και στις διαγνωστικές εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής και μάλιστα σε εκείνες που συνεισφέρουν σχετικά τις υψηλότερες δόσεις στους εξεταζόμενους, όπως οι εξετάσεις της πυρηνικής καρδιολογίας και της πυρηνικής ογκολογίας [2].

Παρόλο που το όφελος από τις προαναφερθείσες πρακτικές είναι αναμφισβήτητο, θεωρείται εξίσου σημαντικό αλλά και ευθύνη του παραπέμποντος ιατρού, να εκτιμήσει τη σχέση οφέλους/κινδύνου κάθε φορά που «συνταγογραφείται» μια τέτοιου είδους διαγνωστική εξέταση. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό γνωρίζοντας τη δόση της ακτινοβολίας που συνεπάγεται μία πρακτική, σε σχέση με τον ακτινικό κίνδυνο ως συνέπεια της δόσης αυτής. Το ζητούμενο μέγεθος ονομάζεται ενεργός δόση-effective dose (ΕΔ). Η ΕΔ ως μονάδα έκφρασης έχει το Sievert και αποδίδει τον κίνδυνο που προέρχεται από μια ανομοιόμορφη έκθεση, σε όρους ολοσωματικής έκθεσης, καθώς είναι η απορροφούμενη δόση που αν ελαμβάνετο ομοιόμορφα από ολόκληρο το σώμα θα προκαλούσε τα αυτά στοχαστικά αποτελέσματα με την πραγματική-ανομοιόμορφη ακτινοβολία [3].

Πρωτόκολλα εξετάσεων Πυρηνικής Ιατρικής στην Ελλάδα υπό το πρίσμα της ενεργού δόσης

Είναι συνείδηση όλων των εμπλεκόμενων στο χώρο της Πυρηνικής Ιατρικής πως η τυποποίηση των διαδικασιών των διαγνωστικών πράξεων είναι ο θεμέλιος λίθος της καλής πρακτικής. Η τυποποίηση αυτή έρχεται μέσα από διεθνή, ευρωπαϊκά και εθνικά πρωτόκολλα και νομοθετικές πράξεις που καθορίζουν τους βασικούς μα συνάμα και καθοριστικούς άξονες για την επίτευξη του αρίστου αποτελέσματος.

Στα πρωτόκολλα αυτά ορίζονται και τα μεγέθη της χορηγούμενης ενεργότητας των εκάστοτε ραδιοφαρμάκων. Τα μεγέθη αυτά τίθενται από διακεκριμένους επιστημονικούς φορείς, από διεθνείς οδηγίες και εθνικές νομοθετικές πράξεις αποσκοπώντας στο βέλτιστο διαγνωστικό αποτέλεσμα με τη μικρότερη δυνατή δόση.

Δοσιμετρία και Πυρηνική Ιατρική

Στην περίπτωση της Πυρηνικής Ιατρικής δεν μπορεί να γίνει λόγος για μέτρηση της δόσης που επάγεται στον εξεταζόμενο η εφαρμογή μιας διαγνωστικής πράξης. Η δόση που αποδί-

Σωκράτης Ελ-Μάντανι
Ορδουλίδης BSc, MSc,
Μαρία Σιαμpanοπούλου MD

Βιοϊατρική Ι.Α.Ε., Τμήμα Πυρηνικής
 Ιατρικής, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

☆☆☆

Λέξεις Ευρετηρίου: Ενεργές
 Δόσεις στην Ελλάδα
 – Διαγνωστική Πυρηνική Ιατρική
 – Δοσιμετρία

Διεύθυνση Αλληλογραφίας:

Σωκράτης Ελ-Μάντανι
 Ορδουλίδης,
 Σαρανταπόρου 23, TK 546 40
 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
 Τηλ. +30 6938260067,
 email: sokel@physics.auth.gr

Received:

05 Ιουνίου 2009

Accepted revised:

06 Οκτωβρίου 2009

δεται κάθε φορά από οιαδήποτε εξέταση Πυρηνικής Ιατρικής εξαρτάται πέραν της χορηγούμενης ενεργότητας του ραδιοφαρμάκου και από στοιχεία που έχουν να κάνουν με τα φυσικά χαρακτηριστικά του ραδιοϊχνηθέτη αλλά και με το μεταβολισμό και την κινητική του ραδιοφαρμάκου στον εξεταζόμενο. Οι δοσιμετρικές πληροφορίες που δύνανται να προκύψουν στην περίπτωση της Πυρηνικής Ιατρικής προέρχονται από υπολογιστικά μοντέλα τα οποία προσομοιάζουν τα ανατομικά και μεταβολικά χαρακτηριστικά ενός μέσου, υγιούς ανθρώπου αλλά και τα φυσικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε χρησιμοποιούμενου ραδιοφαρμάκου.

Τα πλέον διαδεδομένα δοσιμετρικά μοντέλα είναι τα: α) Marinelli/Quimby, β) International Commission on Radiological Protection (ICRP), γ) Medical Internal Radiation Dose System (MIRD) και δ) Radiation Dose Assessment Resource (RADAR). Καθένα από τα παραπάνω συστήματα προσφέρουν χρήσιμες εκτιμήσεις για την απορροφούμενη δόση ανά ιστό και κατ' επέκταση για την επαγόμενη ΕΔ, ενώ η τελική επιλογή τους βασίζεται στην εμπειρία χρήσης και εφαρμογής τους [4].

Εκτίμηση της ενεργού δόσης εξετάσεων Πυρηνικής Ιατρικής στην Ελλάδα

Στην χώρα μας για τον έλεγχο της ακτινικής επιβάρυνσης από πρακτικές που χρησιμοποιούν ιοντίζουσα ακτινοβολία προβλέπονται από τον ισχύοντα Κανονισμό Ακτινοπροστασίας, τα Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς [5] καθώς και τα Καθοδηγητικά Επίπεδα Δόσεων στις διαγνωστικές εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής [6].

Σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς αλλά και με αναγνωρισμένα πρωτόκολλα καθημερινής πρακτικής στην Πυρηνική Ιατρική [7-10] σε συνδυασμό με το δοσιμετρικό μοντέλο της ICRP [11] προκύπτουν τα ακόλουθα δοσιμετρικά στοιχεία του Πίνακα 1.

Η ΕΔ είναι ένα μέγεθος που προκύπτει υπολογιστικά, λαμβάνοντας υπ' όψιν τον μέσο όρο ηλικίας και το φύλο. Χρησιμοποιείται ως αυτόνομο μέγεθος στην εκτίμηση του ακτινικού

Πίνακας 1. Ενεργές δόσεις ενηλίκων για διάφορες εξετάσεις της Πυρηνικής Ιατρικής

Εξέταση	Ραδιοφάρμακα	Μέγιστη χορηγούμενη ενεργότητα (MBq)		Ισοδύναμος δόση (mSv/MBq)[11]	Ενεργός δόση (mSv)	
		(α)	(β)			
Εγκέφαλος	^{99m} Tc-HMPAO-examentazime	740		0,0093	6,88	
	^{99m} Tc-ECD-Neurolite	740		0,0074	5,48	
	¹⁸ F-FDG [8]	600		0,019	11,4	
Θυρεοειδής	¹²³ I sodium iodine πρόσληψη 15%		18,5	0,075	1,39	
	^{99m} Tc-pertechnetate	183		0,013	2,38	
Παραθυρεοειδείς	^{99m} Tc-sestamibi	740		0,009	6,66	
Μυοκάρδιο	stress-rest test ²⁰¹ Tl	111		0,22	24,42	
	^{99m} Tc-sestamibi	stress	259		0,0085	2,20
		rest	777		0,0085	6,60
	^{99m} Tc-tetrofosmin	stress	259		0,0076	1,97
		rest	777		0,0076	5,91
	MUGA ^{99m} Tc-labeled RBC	893		0,007	6,25	
	¹⁸ F-FDG [10]	740		0,019	14,06	
Πνεύμονες	^{99m} Tc-MAA Αιμάτωση	180		0,011	1,98	
	^{99m} Tc-DTPA Αερισμός	222		0,007	1,55	
Ήπαρ-Σπλην	^{99m} Tc-sulfur colloid	179		0,0094	1,68	
Πεπτικό	Αιμορραγία ^{99m} Tc-labeled RBC	925		0,007	6,48	
	Γαστρική κένωση ^{99m} Tc-labeled solids		14,8	0,024	0,36	
Νεφροί	^{99m} Tc-DTPA	540		0,0049	2,65	
	^{99m} Tc-MAG3	185		0,007	1,3	
	^{99m} Tc-DMSA	183		0,0088	1,61	
Οστά	^{99m} Tc-MDP	735		0,0057	4,19	
Ολόσωμο	⁶⁷ Ga citrate	190		0,1	19	
	¹¹¹ In pentreotide	125		0,054	6,75	
	^{99m} Tc-WBC	740		0,011	8,14	
	¹⁸ F-FDG [9]	555		0,019	10,55	

DMSA: dimercaptosuccinic acid, DTPA: diethylenetriaminepentaacetic acid, ECD: ethyl cysteininate dimer, ¹⁸F: fluorine-18, FDG: fluorodeoxyglucose, HMPAO: hexamethylpropyleneamine oxime, ¹¹¹In: indium 111, MAA: macroaggregated albumin, MAG3: mercaptoacetyltriglycine, MDP: methylene diphosphonate, ^{99m}Tc: technetium 99m, WBC: white blood cells, RBC: red blood cells, MUGA: multi gated acquisition

α: ΔΥΓ₂/οικ. 92027/07 (ΦΕΚ 2345 τ.Β/2007)

β: Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία του παρόντος αρ. [7].

κού κινδύνου αναφορικά με την πιθανότητα καρκινογένεσης και κληρονομικών ανωμαλιών, εξ' αιτίας της έκθεσης σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Για την ασφαλή χρήση της όμως προκύπτουν πλήθος περιορισμών [12] περιλαμβανομένης και μιας αβεβαιότητας της τιμής της, της τάξης του ±40% εν τέλει στον εξεταζόμενο.

Παρ' όλα αυτά ο κλινικός αλλά και ο πυρηνικός ιατρός έχουν την υποχρέωση να σταθμίζουν τους κινδύνους ως προς το όφελος διάφορων πρακτικών και να ενημερώνουν τον εξεταζόμενο. Η ΕΔ παρέχει τη γενική ιδέα του ακτινικού κινδύνου και επιτρέπει τη σύγκριση με άλλες μεθόδους σε ό,τι αφορά την αιτιολόγηση και βελτιστοποίηση της πρακτικής χορή-

γησης ορισμένων δόσεων.

Γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω στοιχεία πως οι δόσεις που επάγουν οι διαγνωστικές εξετάσεις Πυρηνικής Ιατρικής στην Ελλάδα κυμαίνονται από 0,3 έως 25 mSv. Αυτή η ακτινική επιβάρυνση μπορεί να συγκριθεί με τη μέση ετήσια ενεργό δόση στον άνθρωπο από την ακτινοβολία φυσικού υποστρώματος η οποία εκτιμάται στα 2,8 mSv [13].

Βιβλιογραφία

1. Γεωργίου Χ. Συλλογική δόση στον ελληνικό πληθυσμό από την έκθεση σε ακτινολογικές εξετάσεις την τριετία 2003-2005. Διπλωματική εργασία, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ, Αθήνα 2007: 69-89.
2. Χόμπης Μ. Εφαρμογή της αρχής της βελτιστοποίησης στην πυρηνική ιατρική στην Ελλάδα. Διπλωματική εργασία, Ιατρική Σχολή, ΕΚΠΑ, Αθήνα 2007: 53-80.
3. Φαρράκος Κ. Ιατρική φυσική. τόμος Α, University studio press, Θεσσαλονίκη 2005: 205-222.
4. Stabin M. *Fundamentals of Nuclear Medicine Dosimetry*. Springer, New York 2008: 18-31.
5. Κανονισμός Ακτινοπροστασίας, Υπ.Απ. 1014(ΦΟΡ)94, ΦΕΚ 216B 6/3/2001.
6. Καθορισμός διαγνωστικών επιπέδων αναφοράς (ΔΕΑ) για την ακτινολογική εξέταση της μαστογραφίας και καθοδηγητικών επιπέδων δόσεων (ΚΕΔ) για τις διαγνωστικές εξετάσεις πυρηνικής ιατρικής, ΦΕΚ 2345B 11/12/2007.
7. Γιαννοπούλου Χ., Χουσιανάκου Ε., Πρωτόκολλα καθημερινής πρακτικής στην πυρηνική ιατρική, εκδόσεις Βήτα, Αθήνα 2000: 4-103.
8. Bartenstein P, Asenbaum S, Catafau A et al. Brain imaging using 18F-FDG, EANM guidelines, Oct. 2001. https://www.eanm.org/scientific_info/guidelines/gl_neuro_img_fdg.php?navId=54.
9. Bombardieri E, Aktolun C, Baum R et al. FDG-PET procedures guidelines for tumor imaging, EANM guidelines, Sept. 2003. https://www.eanm.org/scientific_info/guidelines/gl_onco_fdgpet.php?navId=54.
10. Hesse B, Tagil K, Cuocolo A et al, EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear cardiology, *Eur J Nucl Med & Mol Imaging* vol 32, No7, July 2005: 855-897.

11. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals (addendum 2 to ICRP publication 53), *Ann ICRP* 1998; 28: 1-126.
12. Martin CJ, Effective dose: how should it be applied to medical exposures?, *Br J Radiol* 2007; 80: 639-647
13. *Radiation, people and the environment*, IAEA/PI/A.75/04-00391, Vienna 2004.

Technical Note

Effective doses in Nuclear Medicine diagnostic procedures in Greece

Sokratis El-Mantani Ordoulidis BSc, MSc,
Maria Siabanopoulou MD

Abstract

Medical uses of radiation have grown rapidly over the past decade in Hellas. A part of these concern diagnostic Nuclear Medicine procedures. Effective dose which is the risk weighted effective whole-body dose provides an indicator of potential detriment from ionizing radiation. The purpose of this review is to provide a data base of effective doses for nuclear medicine procedures in Hellas which are determined by National and European protocols and laws. Average effective dose for most nuclear medicine procedures in Hellas varies between 0,3 and 25 mSv which can be compared to the annual effective dose from background radiation of about 2,8 mSv.

Hell J Nucl Med 2009; 12(3): 304-306

Published on line: 14 November 2009

Key words: Effective dose -Diagnostic Nuclear Medicine

Correspondence address

Sokratis El-Mantani Ordoulidis BSc, MSc
Sarantaporou 23, PC 546 40, Thessaloniki, Hellas,
Mob. +306938260067, e-mail: sokel@physics.auth.gr

Οδηγίες για τους Συνδρομητές του Περιοδικού

Αγαπητοί Συνάδελφοι, για να πληρώσετε ευκολότερα τη συνδρομή σας για το Περιοδικό προς την Ελληνική Εταιρεία Πυρηνικής Ιατρικής προσθέσαμε τον τρόπο πληρωμής μέσω Pay Pal ως εξής:

- Ανοίγετε τη διεύθυνσή μας: www.nuclmed.gr και επιλέγετε **"Subscription"** (βλ. σχετικές εικόνες στη σελ. 294).
- Στη νέα σελίδα πηγαίνετε στο κάτω μέρος αυτής στο "Rates", επιλέγετε το σωστό ποσό της πληρωμής σας και κατόπιν το **"Pay Now"**.
- Θα οδηγηθείτε στη σελίδα του PayPal. Ελέγξτε την ασφαλή σύνδεση (1), το σωστό ποσό (2), δώστε τα στοιχεία της κάρτας σας και επιλέξτε **"Review Order and Continue"** (3). Τελικά επιλέξτε το **"Pay Now"**.

Θα σας στείλουμε την απόδειξη σύντομα. Για οποιοδήποτε ερώτημα επικοινωνήστε με το τηλέφωνο +302310229133 ή με το e-mail μας fgr_nucl@otenet.gr

Οδηγίες για τους Συγγραφείς του Περιοδικού

Αγαπητοί Συνάδελφοι, για να πληρώσετε ευκολότερα τη συμβολική συμμετοχή στα έξοδα εκτύπωσης για το Περιοδικό μας (15 ευρώ η σελίδα) προσθέσαμε τον τρόπο πληρωμής μέσω Pay Pal ως εξής:

- Ανοίγετε τη διεύθυνσή μας: www.nuclmed.gr και επιλέγετε **"Instructions to authors"** (βλ. σχετικές εικόνες στη σελ. 294).
- Στη νέα σελίδα πηγαίνετε στο κάτω μέρος αυτής στο "Contribution to Publishing Expenses", επιλέγετε το σωστό ποσό της πληρωμής σας και κατόπιν το **"Pay Now"**.
- Θα οδηγηθείτε στη σελίδα του PayPal. Ελέγξτε την ασφαλή σύνδεση (1), το σωστό ποσό (2), δώστε τα στοιχεία της κάρτας σας και επιλέξτε **"Review Order and Continue"** (3). Τελικά επιλέξτε το **"Pay Now"**.

Θα σας στείλουμε την απόδειξη σύντομα. Για οποιοδήποτε ερώτημα επικοινωνήστε με το τηλέφωνο +302310229133 ή με το e-mail μας fgr_nucl@otenet.gr