

Δόσεις Ακτινοβολίας Ασθενών σε Εργαστήρια Ηλεκτροφυσιολογίας

ΣΟΦΙΑ ΚΟΤΤΟΥ¹, ΜΙΧΑΗΛ ΜΟΛΦΕΤΑΣ², ΑΝΔΡΕΑΣ ΣΤΡΑΤΗΣ², ΕΙΡΗΝΗ ΞΥΡΑΦΗ,²
ΜΙΧΑΗΛ ΕΥΦΡΑΙΜΙΔΗΣ³, ΑΝΤΩΝΗΣ ΣΙΔΕΡΗΣ Α,³ ΓΙΩΡΓΟΣ ΑΝΔΡΙΚΟΠΟΥΛΟΣ⁴,
ΓΙΩΡΓΟΣ ΚΑΠΠΟΣ,⁴ ΑΝΤΩΝΗΣ Σ. ΜΑΝΩΛΗΣ⁴

¹Τμήμα Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Αθηνών, ²Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών «Ο Ευαγγελισμός», ³Β' Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών «Ο Ευαγγελισμός», ⁴Α' Καρδιολογική Κλινική, Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών «Ο Ευαγγελισμός»

Λέξεις ευρετηρίου:
Δοσιμετρία ασθενών, επεμβατική καρδιολογία, γινόμενο δόσης επί επιφάνεια ακτινοβολήσης, ablation, βηματοδότης, απινιδωτής, ηλεκτροφυσιολογική μελέτη.

Ημερ. παραλαβής
εργασίας:
25 Ιουνίου 2009
Ημερ. αποδοχής:
5 Νοεμβρίου 2009

Διεύθυνση
Επικοινωνίας:
Μιχαήλ. Μολφέτας

Εργαστήριο Ιατρικής
Φυσικής, Γενικό
Νοσοκομείο Αθηνών
«Ο Ευαγγελισμός»,
Υψηλάντων 45-47,
106 76 Αθήνα,
e-mail:
molfetas@rad-quality.gr

Εισαγωγή: Ο χρόνος που ακόμη κι έμπειροι επεμβατικοί καρδιολόγοι χρησιμοποιούν το ακτινοσκοπικό μηχάνημα για να οδηγηθούν στην περιοχή ενδιαφέροντος κατά τις ηλεκτροφυσιολογικές και άλλες σχετικές εξετάσεις μπορεί να είναι μεγάλος και η δόση στον ασθενή υψηλή. Σκοπός της μελέτης αυτής ήταν η καταγραφή και ανάλυση εκείνων των παραμέτρων από τη διαδικασία, που σχετίζονται με την ακτινοσκόπηση, προκειμένου να εκτιμηθεί η δόση δέρματος εισόδου και η ενεργός δόση και ως εκ τούτου ο κίνδυνος, που διατρέχουν οι ασθενείς να εμφανίσουν στοχαστικά ή μη στοχαστικά αποτελέσματα, από την επίδραση της ακτινοβολίας.

Μέθοδοι: Σε 176 ηλεκτροφυσιολογικές και άλλες επεμβάσεις που διενεργήθηκαν στις καρδιολογικές κλινικές μεγάλου νοσοκομείου της Αθήνας, καταγράφηκαν αναλυτικά το είδος της πρακτικής, η τιμή του γινομένου της δόσης επί την επιφάνεια ακτινοβολήσης (Dose Area Product-DAP), ο χρόνος ακτινοσκόπησης, ο χρόνος κινηματογράφησης, τα πεδία του ενισχυτή εικόνας (EE) που επιλέχθηκαν, καθώς και το ποσοστό επί του συνολικού χρόνου ακτινοσκόπησης που κάθε ένα από τα πεδία χρησιμοποιήθηκε σε κάθε πρακτική.

Αποτελέσματα: Οι μέγιστες τιμές δόσης δέρματος εισόδου καταγράφηκαν σε επεμβάσεις κατάλυσης αρρυθμιών (ablation) και ήταν συχνά μεγαλύτερες κι από το κατώφλι εμφάνισης παροδικού ερυθήματος. Παρατηρήθηκε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της τιμής DAP και του χρόνου ακτινοσκόπησης σε όλες τις επεμβάσεις που μελετήθηκαν. Οι ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες, η σύγκλιση ωσειδούς τρήματος ή μεσοκολπικής επικοινωνίας, η διαδικασία αγγειακής κινητοποίησης και το σύνδρομο Brugada είναι οι πρακτικές με το χαμηλότερο ακτινικό κίνδυνο με υπολογισμένη μέση δόση εισόδου στον ασθενή 0,28 Gy και μέση ενεργό δόση 4,9 mSv. Οι αντίστοιχες μέσες τιμές στις εμφυτεύσεις ή αναβαθμίσεις βηματοδοτών και απινιδωτών βρέθηκαν 0,62 Gy και 10,8 mSv, ενώ στις επεμβάσεις κατάλυσης των αρρυθμιών 1,24 Gy και 23,3 mSv. Σε σύγκριση με τις στεφανιογραφίες και τις αγγειοπλαστικές στεφανιαίων που πραγματοποιούνται στο ίδιο νοσοκομείο, η ακτινοβολήση του εξεταζομένου (δόση δέρματος εισόδου και γινόμενο δόσης επί επιφάνεια) είναι υψηλότερη στις επεμβάσεις ηλεκτροφυσιολογίας, αν και ο αριθμός των λαμβανόμενων εικόνων είναι πολύ μικρότερος. Σε μερικές περιπτώσεις η δόση δέρματος εισόδου ξεπέρασε τα όρια εμφάνισης του πρώιμου παροδικού ερυθήματος και σε δύο τα όρια πιο σημαντικών ακτινικών βλαβών του δέρματος. Η υπολογιζόμενη για κάθε εξέταση ενεργός δόση δείχνει ότι ο κίνδυνος εμφάνισης θανατηφόρου καρκίνου που μπορεί να αποδοθεί στην έκθεση από ακτινοβολία παραμένει πολύ μικρός.

Οι δόσεις ακτινοβολίας που λαμβάνουν οι ασθενείς στα εργαστήρια ηλεκτροφυσιολογίας κατά τις

ακτινοσκοπικά καθοδηγούμενες επεμβατικές πρακτικές είναι από τις υψηλότερες στην ακτινολογία. Ο μεγάλος χρόνος ακτι-

νοσκόπησης, συχνά μεγαλύτερος από μία ώρα, η κινηματογράφηση αλλά και η ψηφιακή αφαίρεση η οποία πραγματοποιείται με τα σύγχρονα αγγειογραφικά μηχανήματα έχουν σαν αποτέλεσμα ο άμεσα εκτιθέμενος ιστός, δηλαδή το δέρμα, να λαμβάνει δόσεις οι οποίες ξεπερνούν συχνά το κατώφλι εμφάνισης μη στοχαστικών αποτελεσμάτων.¹ Περίπου τα μισά από τα περιστατικά στα οποία εμφανίστηκαν ακτινικές βλάβες στο δέρμα λόγω ακτινοσκόπησης, παρατηρήθηκαν σε ασθενείς οι οποίοι υποβλήθηκαν σε ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες ή επεμβάσεις και ειδικότερα σε επεμβάσεις κατάλυσης (ablation).²⁻⁴

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος εκτίμησης της δόσης ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής από τη χρήση του ακτινοσκοπικού μηχανήματος είναι η μέτρηση του γινομένου της δόσης επί την επιφάνεια (Dose Area Product – DAP), γιατί δίνει ταυτόχρονα πληροφορία για τη δόση δέρματος του ασθενούς και για την επιφάνεια του δέρματος που ακτινοβολήθηκε. Από την τιμή του DAP και με πληροφορίες σχετικά με τη δόση εισόδου ή με το εμβαδό του δέρματος που ακτινοβολήθηκε μπορεί εύκολα να εκτιμηθεί ο κίνδυνος εμφάνισης μη στοχαστικών αποτελεσμάτων (ακτινικές βλάβες δέρματος), καθώς επίσης και να υπολογιστεί η ενεργός δόση.^{5,6}

Σκοπός της μελέτης ήταν η καταγραφή των απαραίτητων δοσιμετρικών παραμέτρων και η ανάλυσή τους προκειμένου να εκτιμηθεί η δόση δέρματος και η ενεργός δόση ακτινοβολίας που λαμβάνουν οι ασθενείς στις διάφορες επεμβατικές πρακτικές που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο ηλεκτροφυσιολογίας

του νοσοκομείου. Επιπλέον σκοπός ήταν να ελεγχθεί εάν οι δόσεις στο εργαστήριο είναι κάτω από προτεινόμενα και δημοσιευμένα διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς και με την καταγραφή των στοιχείων αυτών να συνεισφέρουμε στη συλλογή δεδομένων για τη θέσπιση των διαγνωστικών επιπέδων αναφοράς για τις ηλεκτροφυσιολογικές και λοιπές σχετικές εξετάσεις.

Ασθενείς και μέθοδοι

Η συλλογή στοιχείων για τη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε μεταξύ Μαΐου 2008 και Ιανουαρίου 2009 στο εργαστήριο ηλεκτροφυσιολογίας μεγάλου νοσοκομείου στην Αθήνα. Οι ασθενείς κατατάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την επεμβατική πρακτική στην οποία υποβλήθηκαν (Πίνακας 1). Στην πρώτη κατηγορία (I) κατατάχθηκαν ασθενείς στους οποίους έγινε εμφύτευση, αντικατάσταση ή αναβάθμιση βηματοδότη ή απινιδωτή. Στη δεύτερη κατηγορία (II) κατατάχθηκαν ασθενείς που υποβλήθηκαν σε ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες και πράξεις διαδερμικής σύγκλισης του ωοειδούς τμήματος ή μεσοκολπικής επικοινωνίας, και η τρίτη κατηγορία (III) περιελάβε ασθενείς στους οποίους έγινε κατάλυση ή ηλεκτρική απομόνωση των έκτοπων εστιών που είναι υπεύθυνες για αρρυθμίες (ablation). Τα περιστατικά της παρούσας μελέτης θεωρήθηκαν σαν μία κατηγορία παρόλο που σε άλλες μελέτες εξετάζονται ανάλογα με την τεχνική που ακολουθείται και το σημείο που βρίσκεται η έκτοπη εστία.⁷⁻⁹

Στη μελέτη αυτή καταγράφηκαν στοιχεία από

Πίνακας 1. Κατηγοριοποίηση των ηλεκτροφυσιολογικών και άλλων σχετικών επεμβατικών πρακτικών για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης

Επεμβατικές πράξεις	Αριθμός πράξεων	Αριθμός πράξεων που υπερέβησαν το κατώφλι δόσης για εμφάνιση πρώιμου παροδικού ερυθήματος
	Κατηγορία I	
Εμφύτευση βηματοδότη	22	0
Αντικατάσταση βηματοδότη	2	0
Αναβάθμιση βηματοδότη	9	1
Εμφύτευση απινιδωτή	33	3
Έλεγχος-αντικατάσταση γεννητριών	6	0
	Κατηγορία II	
Ηλεκτροφυσιολογική μελέτη	31	0
Σύγκλιση ωοειδούς τμήματος/ μεσοκολπικής επικοινωνίας	11	0
	Κατηγορία III	
Κατηριασμός καρδιάς για κατάλυση ή ηλεκτρική απομόνωση έκτοπων αρρυθμογόνων εστιών	62	9

176 ασθενείς οι 119 από τους οποίους ήταν άντρες και οι 57 γυναίκες. Μέση τιμή DAP ανδρών και γυναικών για κάθε κατηγορία πρακτικής καταγράφεται στον Πίνακα 2.

Σε όλες τις επεμβατικές ηλεκτροφυσιολογικές επεμβάσεις η πρόσβαση στην περιοχή ενδιαφέροντος έγινε ακτινοσκοπικά με το ακτινολογικό μηχάνημα της General Electric OEC 9800 plus (Salt Lake City, Utah, USA) τύπου C-Arm, που φέρει ενισχυτή εικόνας τριών πεδίων διαμέτρων 23, 15 και 11 cm. Το μηχάνημα είναι σε συμβόλαιο συντήρησης με την εταιρεία που το κατασκεύασε και το προμήθευσε και υπόκειται σε όλους τους απαιτούμενους από την Ελληνική νομοθεσία περιοδικούς ελέγχους ποιότητας κι ασφαλούς λειτουργίας από το τμήμα ιατρικής φυσικής του νοσοκομείου. Η προσέγγιση του καθετήρα στην περιοχή ενδιαφέροντος γίνεται συνήθως με συνεχή ακτινοσκόπηση χαμηλής δόσης και όταν η ποιότητα της εικόνας δεν είναι ικανοποιητική και δεν βελτιώνεται με τη μεγέθυνση χρησιμοποιείται ακτινοσκόπηση υψηλής δόσης. Η κινηματογράφηση, όταν χρειάζεται, γίνεται με ρυθμό 12 εικόνων ανά δευτερόλεπτο. Σε όλες τις περιπτώσεις τα στοιχεία (kV, mA) ακτινοβολήσης ρυθμίζονται από το αυτόματο σύστημα ρύθμισης της έκθεσης (AEC) του μηχανήματος.

Το ακτινολογικό μηχάνημα, συμμορφούμενο με την ισχύουσα νομοθεσία, είναι εξοπλισμένο με σύστημα μέτρησης του γινομένου της δόσης επί την επιφάνεια (DAP) σε μονάδες $Gy\text{cm}^2$ και παρουσιάζει στην οθόνη του χειριστηρίου τη συνολική τιμή για κάθε ασθενή. Η ακρίβεια της μετρούμενης τιμής στο επίπεδο της εξεταστικής τράπεζας ελέγχθηκε και βρέθηκε ότι είναι κατά 3 - 9% μικρότερη από την πραγματική τιμή για τις ακτινολογικές δέσμες που χρησιμοποιούνται (70 - 110 kV, 5 mm Al). Με

το πέρας της επέμβασης αποθηκεύεται αυτόματα από το ακτινοσκοπικό μηχάνημα και μπορεί να εμφανιστεί στην οθόνη χειρισμού αργότερα, η συνολική τιμή DAP, ο συνολικός χρόνος ακτινοσκόπησης χαμηλού και υψηλού ρυθμού δόσης, ο χρόνος κινηματογράφησης, ο αριθμός των καταγραμμένων εικόνων και τα ποσοστά που αυτές οι επιμέρους επιλογές ακτινοβολήσης συνεισφέρουν στο συνολικό DAP. Επιπλέον, στη μνήμη του μηχανήματος καταγράφονται α) ο χρόνος που χρησιμοποιήθηκε καθένα από τα τρία μεγέθη πεδίου του ενισχυτή εικόνας και τα ποσοστά συνεισφοράς τους στη συνολική δόση και β) οι κινηματογραφικές λήψεις και τα στοιχεία με τα οποία έγιναν (kV, mA) και ο τύπος προβολής ακτινοσκοπικής λήψης (PA, LAT κ.λπ.).

Από τον έλεγχο ποιότητας του μηχανήματος προκύπτει ότι ο ρυθμός δόσης κατά την ακτινοσκόπηση και η δόση ανά εικόνα κατά την κινηματογράφηση είναι σταθερά για σταθερές συνθήκες μέτρησης και σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από την αρμόδια αρχή, δηλαδή ο μέγιστος ρυθμός δόσης κατά την ακτινοσκόπηση στο Interventional Reference Point (IRP: 15 cm από το ισόκεντρο του μηχανήματος προς την πλευρά της λυχνίας) είναι μικρότερος από 100 mGy/min. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του ρυθμού δόσης εισόδου σε ομοίωμα πάχους 20 cm PMMA για τις τρεις μεγεθύνσεις του ενισχυτή εικόνας. Οι τιμές του πίνακα χωρίζονται σε δύο ομάδες και αφορούν τις επιλογές «χαμηλός ρυθμός δόσης συνεχής ακτινοσκόπησης» και «υψηλός ρυθμός δόσης συνεχής ακτινοσκόπησης» για ικανοποιητική και υψηλή ποιότητα εικόνας αντίστοιχα. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι τιμές δόσης εισόδου στον ενισχυτή εικόνας για τις ίδιες επιλογές. Για τις μετρήσεις αυτές και όλες τις άλλες της μελέτης αυτής, χρησιμοποιήθηκε

Πίνακας 2. Μέση τιμή DAP ανδρών και γυναικών για κάθε κατηγορία πρακτικής

Φύλο	Αριθμός εξεταζομένων	Ποσοστό επί του συνόλου	DAP \pm SD (Gy*cm ²)
Κατηγορία I			
Γυναίκες	14	20	30,66 \pm 41,44
Άνδρες	58	80	68,02 \pm 62,24
Κατηγορία II			
Γυναίκες	14	33	22,1 \pm 8,49
Άνδρες	28	67	26,46 \pm 29,62
Κατηγορία III			
Γυναίκες	29	47	96,67 \pm 68
Άνδρες	33	53	125,40 \pm 89,6

Πίνακας 3. Μέσος ρυθμός δόσης εισόδου σε ομοίωμα πάχους 20 cm PMMA τοποθετημένο στο IRP κατά την ακτινοσκόπηση και κινηματογράφηση

Διάμετρος ενισχυτού εικόνας (cm)	Ακτινοσκόπηση	
	Μέση τιμή ρυθμού δόσης δέρματος εισόδου (mGy/min)	
	Επιλογή χαμηλού ρυθμού δόσης (mGy/min)	Επιλογή υψηλού ρυθμού δόσης (mGy/min)
23	3,75 ± 0,69	13,19 ± 2,51
15	5,93 ± 1,09	21,96 ± 8,24
11	8,44 ± 1,41	34,73 ± 14,5
Διάμετρος ενισχυτού εικόνας (cm)	Κινηματογράφηση	
	Μέση τιμή δόσης δέρματος εισόδου ανά εικόνα (μGy/frame)	
	Επιλογή χαμηλού ρυθμού δόσης (μGy/frame)	Επιλογή υψηλού ρυθμού δόσης (μGy/frame)
23	20,0 ± 11,1	52,0 ± 11,5
15	37,6 ± 6,6	74,0 ± 15,6
11	54,9 ± 12,8	102 ± 24,3

Πίνακας 4. Μέσος ρυθμός δόσης στην είσοδο του ενισχυτή εικόνας

Διάμετρος ενισχυτού εικόνας (cm)	Ακτινοσκόπηση	
	Μέση τιμή ρυθμού δόσης στην είσοδο του ενισχυτή εικόνας	
	Επιλογή χαμηλού ρυθμού δόσης (μGy/sec)	Επιλογή υψηλού ρυθμού δόσης (μGy/sec)
23	0,476 ± 0,093	0,799 ± 0,041
15	0,796 ± 0,279	1,589 ± 0,619
11	1,175 ± 0,465	2,856 ± 1,159
Διάμετρος ενισχυτού εικόνας (cm)	Κινηματογράφηση	
	Μέση τιμή δόσης στον ενισχυτή εικόνας ανά εικόνα	
	Επιλογή χαμηλού ρυθμού δόσης (μGy/frame)	Επιλογή υψηλού ρυθμού δόσης (μGy/frame)
23	0,16 ± 0,04	0,31 ± 0,10
15	0,28 ± 0,12	0,59 ± 0,11
11	0,35 ± 0,14	1,15 ± 0,47

το δοσίμετρο Solidose 400 (S/N 4110) με ανιχνευτή τον R-100 (S/N 03219) της εταιρείας RTI Electronics (RTI Electronics, Flojelbergsgatan, Mondal, Sweden) που είναι βαθμονομημένο στο υποπρότυπο Εργαστήριο Βαθμονόμησης Οργάνων Ιονιζουσών Ακτινοβολιών (ΕΒΟΙΑ) της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ).

Κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων, για τον υπολογισμό της δόσης δέρματος εισόδου από την τιμή του DAP, ελήφθη υπόψη το πραγματικό και όχι το ονομαστικό εμβαδόν των πεδίων του ενισχυτή εικόνας και υποθέσαμε α) ότι τα διαφράγματα περιορισμού της δέσμης ήταν ανοιχτά στα όρια του εκάστοτε πεδίου του ενισχυτή εικόνας (ο λόγος του εμ-

βαδού του πεδίου ακτινοβολίας με τα διαφράγματα τελείως ανοιχτά και του εμβαδού του πεδίου με τα διαφράγματα στα όρια της οθόνης παρατήρησης είναι 1,02 (δηλαδή πολύ κοντά στο 1), β) ότι ο ασθενής βρίσκεται πάντα στο IRP δηλαδή 57 cm από την εστία της λυχνίας για τη συγκεκριμένη διάταξη του ακτινοσκοπικού μηχανήματος σε σχέση με την ακτινολογική τράπεζα.

Από τα στοιχεία που καταγράφηκαν, εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ της τιμής του DAP με το χρόνο ακτινοσκόπησης και τον αριθμό των εικόνων κινηματογράφησης, καθώς και η συσχέτιση μεταξύ της συνολικής δόσης DAP όλων των ασθενών κάθε καρδιολόγου με την ατομική δόση του καρδιολόγου

όπως μετρείται κάθε μήνα με τα ατομικά δοσίμετρα από τη σχετική υπηρεσία της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ). Παράλληλα έγινε σύγκριση της μέσης τιμής του DAP και του μέσου χρόνου ακτινοσκόπησης με αυτές άλλων μελετών καθώς και με προτεινόμενα από άλλες μελέτες Διαγνωστικά Επίπεδα Αναφοράς. Επίσης έγινε σύγκριση με τις τιμές DAP που καταγράφονται στις στεφανιογραφίες και αγγειοπλαστικές επεμβατικές πρακτικές που γίνονται στο ίδιο νοσοκομείο και έχουν δημοσιευτεί σε άλλη μελέτη.¹⁰ Τέλος εκτιμήθηκε ο κίνδυνος εμφάνισης στοχαστικών αποτελεσμάτων (πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου) και ακτινικών βλαβών του δέρματος.

Αποτελέσματα

Όλες οι επεμβάσεις της μελέτης αυτής πραγματοποιήθηκαν από τους επεμβατικούς καρδιολόγους των καρδιολογικών κλινικών του νοσοκομείου. Οι μέσες τιμές και οι τυπικές αποκλίσεις του μετρούμενου ρυθμού δόσης εισόδου στο ομοίωμα πάχους 20 cm PMMA και στην είσοδο του ενισχυτή εικόνας, που εμφανίζονται στους Πίνακες 3 και 4 επιβεβαιώνουν ότι το ακτινολογικό μηχάνημα είναι καλά ρυθμισμένο και λειτουργεί σύμφωνα με τις προδιαγραφές του και οπωσδήποτε σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ακτινοπροστασίας. Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται ο αριθμός των πρακτικών ανά κα-

τηγορία που έφερε σε πέρας κάθε επεμβατικός καρδιολόγος και οι μέσες τιμές και σταθερές αποκλίσεις των τιμών του DAP και του χρόνου ακτινοσκόπησης ανά κατηγορία. Από τις πληροφορίες που καταγράφονται αυτόματα από το ακτινολογικό μηχάνημα στον ηλεκτρονικό φάκελο κάθε ασθενούς παρέχεται η δυνατότητα να υπολογιστεί με ακρίβεια η δόση δέρματος εισόδου του ασθενούς από τη συγκεκριμένη επέμβαση. Επιπλέον δεδομένων των συντελεστών μετατροπής του DAP σε ενεργό δόση (NRPB)¹¹ και υποθέτοντας ότι η μέση ποιότητα της ακτινολογικής δέσμης ήταν 90 kV, 5 mmAl και ότι το 80% των λήψεων ήταν οπισθοπρόσθιες ενώ το 20% πλάγιες, υπολογίστηκε η ενεργός δόση. Στον πίνακα 6 παρουσιάζονται οι μέσες, μέγιστες κι ελάχιστες τιμές του DAP, του χρόνου ακτινοσκόπησης και κινηματογράφησης, της δόσης δέρματος εισόδου και της ενεργούς δόσης για κάθε κατηγορία επεμβατικών πρακτικών.

Οι εικόνες 1, 2 παρουσιάζουν τη συσχέτιση των τιμών του DAP με το χρόνο ακτινοσκόπησης και το χρόνο κινηματογράφησης για τις τρεις κατηγορίες πρακτικών, καθώς και την στατιστική ισχύ της κάθε συσχέτισης.

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζεται ο αριθμός των πράξεων που έφερε σε πέρας κάθε επεμβατικός καρδιολόγος κατά το διάστημα της μελέτης, το συνολικό DAP των ασθενών του, η μέση τιμή DAP των πρακτικών του, καθώς επίσης και το άθροισμα των

Πίνακας 5. Μέσες τιμές και σταθερές αποκλίσεις του γινομένου της δόσης επί την επιφάνεια και του χρόνου α/σ ανά κατηγορία πρακτικής για κάθε έναν επεμβατικό καρδιολόγο.

Κατηγορία I			
Καρδιολόγοι	Αριθμός πράξεων	Μέση τιμή DAP (Gycm ²)	Μέσος χρόνος α/σ (sec)
I	1	67,7	988,5
II	29	50,1 ± 60,7	1087,4 ± 1230,4
III	29	58,3 ± 63,2	1243,6 ± 1052,8
IV	2	48,0 ± 26,4	1416,9 ± 1396,9
V	11	30,3 ± 27,4	748,7 ± 537,5
Κατηγορία II			
I	0	/	/
II	9	22,6 ± 12,9	625,4 ± 425,5
III	7	14,6 ± 10,9	375,2 ± 275,0
IV	19	22,2 ± 27,7	595,6 ± 756,5
V	7	24,3 ± 12,6	880,6 ± 469,5
Κατηγορία III			
I	28	116,4 ± 86,2	2609,3 ± 1441,0
II	9	93,7 ± 69,7	3120,7 ± 2037,7
III	7	78,5 ± 57,1	2742,8 ± 2006,3
IV	7	62,8 ± 67,7	2874,1 ± 2067,0
V	8	90,0 ± 88,7	2720,3 ± 1899,6

Πίνακας 6. Μέση τιμή δόσης DAP (τυπική απόκλιση, ελάχιστο, μέγιστο και εύρος τιμών) και χρόνου ακτινοσκόπησης και κινηματογράφησης ανά κατηγορία πρακτικής.

	Μέση τιμή DAP (Gycm ²)	Μέσος χρόνος α/σ (sec)	Μέσος χρόνος κινηματογράφησης (sec)	Μέση δόση εισόδου (Gy)	Μέση ενεργός δόση (mSv)
Κατηγορία I	48,6±56,2 (0,351, 241,8) 241,55	1089,9±1045,5 (12,1, 4766,7) 4754,6	7,1±16,2	0,6±0,68 (0,02, 2,76) 2,74	10,8±12,6 (0,08, 54,17) 54,09
Κατηγορία II	21,7±20,9 (2,233, 126,7) 124,47	624,4±598,4 (73,0, 3259,4) 3186,4	11,6±19,3	0,27±0,27 (0,03, 1,51) 1,48	4,9±4,7 (0,5, 28,37) 27,87
Κατηγορία III	104,1±80,4 (2,871, 351,5) 348,63	2725,7±1574,2 (332,2, 6697,7) 6365,5	3,5±6,4	1,24±0,92 (0,03, 4,01) 3,98	23,3±18,0 (0,64, 78,74) 78,10

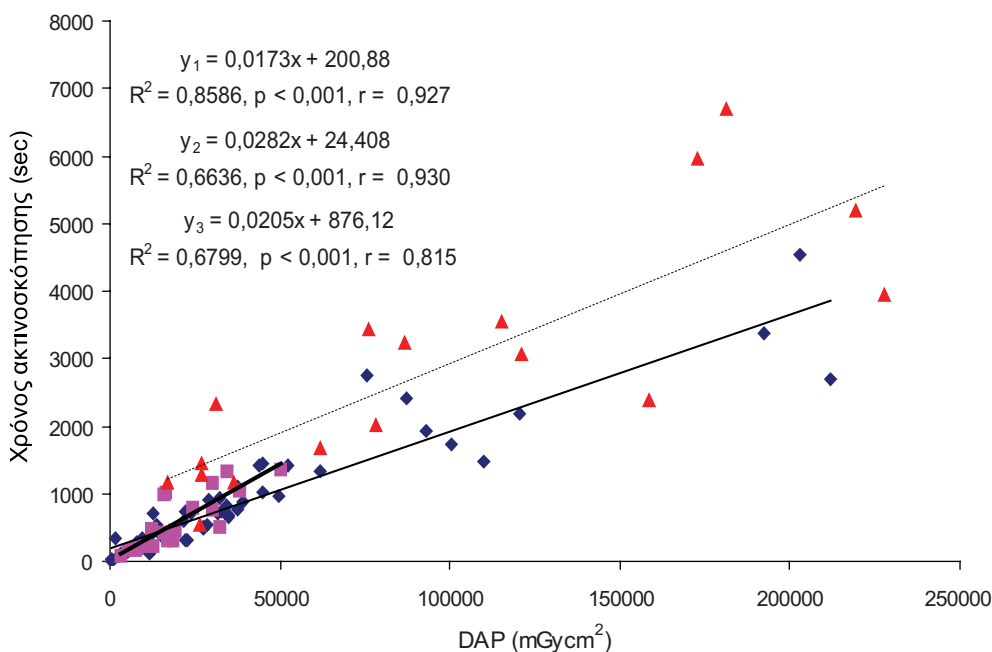
δόσεων από την ατομική δοσιμέτρησή του στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα που έγιναν οι επεμβατικές πράξεις.

Συζήτηση

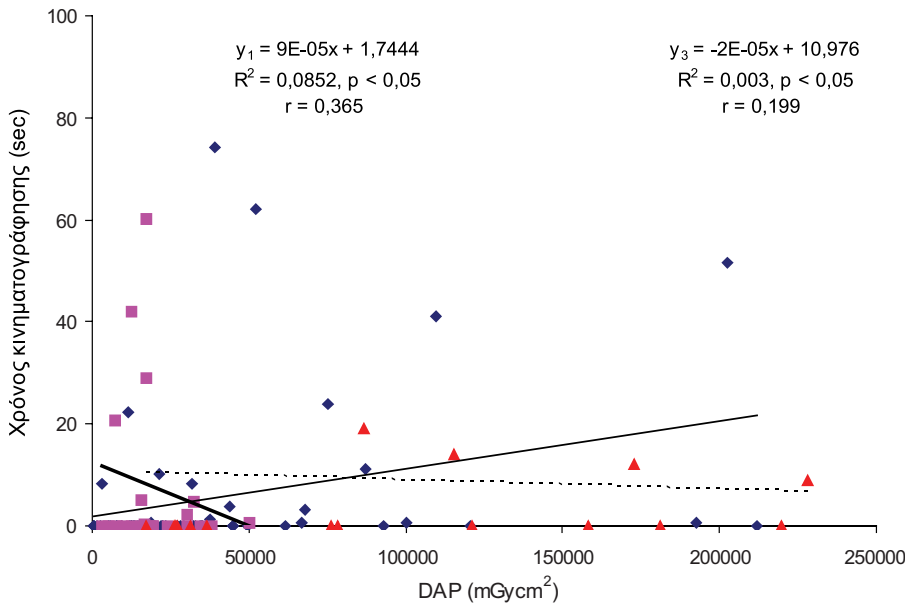
Τα τελευταία χρόνια η Επεμβατική Ακτινολογία έχει εξελιχθεί ραγδαία τόσο όσον αφορά στον εξοπλισμό (καθετήρες, φάρμακα, ακτινολογικά μηχανήματα, απεικονιστικές διατάξεις κλπ), όσο και στις τεχνικές προσέγγισης ακόμη και των πιο απομακρυσμένων σημείων του ανθρώπινου σώματος. Οι επεμβατικές πρακτικές είναι πλέον μια συνηθισμένη ιατρική πρά-

ξη και υπολογίζεται ότι έχουμε περί τις 85.000 επεμβατικές καρδιάς και περιφερικών αγγείων τον χρόνο στην Ελλάδα (στοιχεία Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας), με συχνότητα συνεχώς αυξανόμενη. Στα εργαστήρια ηλεκτροφυσιολογίας του νοσοκομείου το 2007 έγιναν 890 ηλεκτροφυσιολογικές και άλλες σχετικές εξετάσεις ενώ το 2008 έγιναν 1058 δηλαδή υπήρξε μία αύξηση της τάξης του 20%.

Από τους 176 συνολικά ασθενείς της μελέτης αυτής το 68% ήταν άντρες και το 32% γυναίκες. Οι αριθμοί είναι σύμφωνοι με το γεγονός ότι ο κίνδυνος εκδήλωσης καρδιακής νόσου είναι μεγαλύτερος στους άνδρες απ' ότι στις γυναίκες.¹²



Εικόνα 1. Συσχέτιση τιμών DAP με χρόνο ακτινοσκόπησης για όλες τις κατηγορίες εξετάσεων και για κάθε μια χωριστά (y_1 κατηγορία 1, y_2 κατηγορία 2, y_3 κατηγορία 3).



Εικόνα 2. Συσχέτιση τιμών DAP με χρόνο κινηματογράφησης για όλες τις κατηγορίες εξετάσεων και για κάθε μια χωριστά (y₁ κατηγορία 1, y₂ κατηγορία 2, y₃ κατηγορία 3).

Πίνακας 7. Συσχέτιση δόσεων ασθενών και ατομικής δόσης ιατρών

Καρδιολόγος	Αριθμός περιστατικών	Συνολικό DAP (Gycm ²)	Μέση τιμή DAP ανά εξέταση (Gycm ²)	Ατομική δόση καρδιολόγου (mSv)
I	29	3327,0	114,7	7,65
II	47	2625,9	55,9	9,52
III	31	2343,2	75,6	3,74
V	28	983,2	35,1	3,56
VI	26	1223,2	47,0	0,87

Το ατομικό δοσίμετρο φοριέται πάνω από την ποδιά

Όπως φαίνεται από τη εικόνα 1 υπάρχει ισχυρή συσχέτιση (p<0,001) μεταξύ του DAP και του χρόνου ακτινοσκόπησης. Παρόμοια ισχυρή συσχέτιση διαπιστώθηκε και σε άλλες μελέτες με εξετάσεις RF ablation,^{6, 13} μεταξύ του DAP και της μέγιστης δόσης δέρματος και του χρόνου ακτινοσκόπησης.

Πέραν του χρόνου ακτινοσκόπησης, που επηρεάζει τη δόση του εξεταζόμενου, ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας που την επηρεάζει κατά τον ίδιο τρόπο, είναι το παρεμβαλλόμενο στην πορεία της δέσμης των ακτίνων-X πάχος του σώματος. Για τον λόγο αυτό οι πλάγιες λήψεις συνεπάγονται μεγαλύτερες δόσεις και οι άνδρες έχουν μεγαλύτερες τιμές DAP και στις 3 κατηγορίες ηλεκτροφυσιολογικών εξετάσεων έναντι αυτών των γυναικών (Πίνακας 2).

Η δόση δέρματος του ασθενούς εξαρτάται επίσης από πλήθος άλλων τεχνικών παραμέτρων πέρα

από το βάρος και ύψος του ασθενούς όπως: η απόσταση ασθενούς - ακτινολογικής λυχνίας, η απόσταση ενισχυτού εικόνας - ασθενούς, η χρησιμοποιούμενη μεγέθυνση, η γωνία ακτινολογικής προβολής, η χρήση ή μη των διαφραγμάτων της ακτινολογικής λυχνίας για τον περιορισμό του πεδίου ακτινοβολίας στην περιοχή ενδιαφέροντος, η χρήση παλμικής έναντι συνεχούς ακτινοσκόπησης, η επιλογή του ρυθμού παλμών ανά δευτερόλεπτο ακτινοσκόπησης, η επιλογή ακτινοσκόπησης χαμηλού ή υψηλού ρυθμού δόσης, ο χρόνος κινηματογράφησης καθώς και η επιλογή του αριθμού εικόνων ανά δευτερόλεπτο κινηματογράφησης

Από τη μελέτη αυτή δεν φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση της δόσης με τον αριθμό των εικόνων κατά την κινηματογράφηση σε καμία από τις τρεις κατηγορίες εξετάσεων, που οφείλεται, ίσως, στο γεγονός

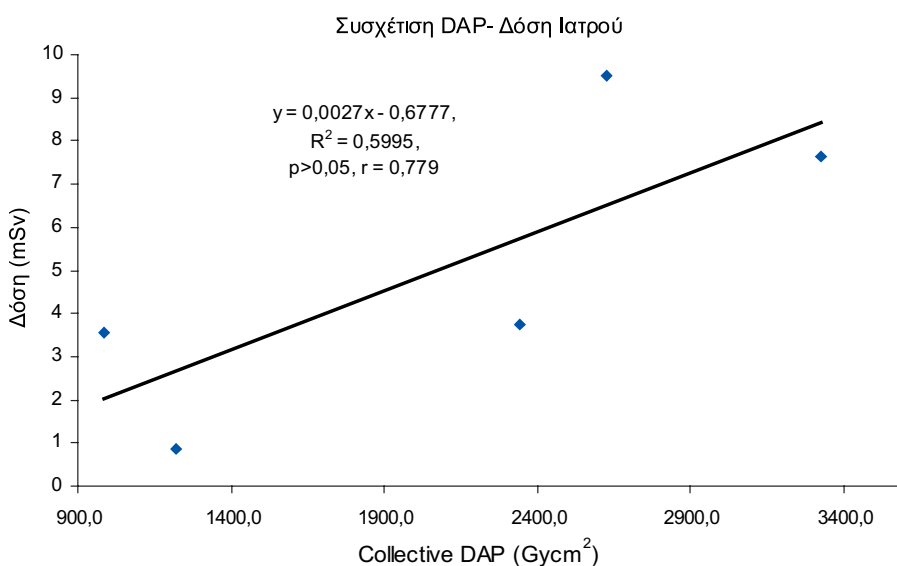
ότι η κινηματογράφηση δεν χρησιμοποιείται συχνά και όταν χρησιμοποιείται είναι μόνο για λόγους εκπαιδευτικούς ή αρχαιοθέρησης.

Επίσης, από τη μελέτη αυτή δεν προκύπτει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της δόσης του ασθενούς και της δόσης του ατομικού δοσιμέτρου του καρδιολόγου, όπως αυτή καταγράφεται μηνιαία από τα δοσιμέτρα του τμήματος ατομικής δοσιμετρίας της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας και παρόλο ότι στη σχετική εικόνα 3 φαίνεται να υπάρχει κάποια τάση. Το γεγονός αυτό πιθανώς να οφείλεται στο ότι τα διάφορα μέτρα ακτινοπροστασίας και η επιμέλεια με την οποία εφαρμόζονται από τους επεμβατικούς καρδιολόγους αφ ενός μεν είναι υψηλή, αφ' εταίρου δε δεν είναι όμοια για όλους, με αποτέλεσμα η δόση που καταγράφεται από το ατομικό τους δοσιμέτρο να μην συσχετίζεται με στατιστικά σημαντικό τρόπο με την ποσότητα ακτινοβολίας που δέχονται οι ασθενείς τους, όπως θα αναμενόταν και όπως έχει καταγραφεί σε άλλη μελέτη.¹⁴ Άλλος λόγος μπορεί να είναι και το γεγονός ότι το ίδιο περιστατικό το χειρίζονται δύο ή και περισσότεροι ιατροί (βλέπε Πίνακες 1 και 7, όπου το σύνολο των ασθενών που εξετάστηκαν είναι 176 ενώ το άθροισμα των περιστατικών που διεκπεραιώθηκαν από κάθε ένα ιατρό ξεχωριστά είναι 211).

Ο ενδεχόμενος τρόπος προστασίας του εκάστοτε εργαζόμενου από τις παραπάνω πηγές ακτινοβολίας, που ακολουθείται ανελλιπώς από τους καρδιολόγους του τμήματος, είναι η χρήση των ακτινοπροστατευτικών οροφής για την προστασία κυρίως

του προσώπου και του θώρακα, των πετασμάτων που είναι κρεμασμένα στην εξεταστική τράπεζα για την προστασία της λεκάνης και των μηρών, των γυαλιών από μολυβδύαλο για προστασία των ματιών και βεβαίως των ατομικών ποδιών ακτινοπροστασίας και του περιλαίμιου σαν δεύτερο επίπεδο προστασίας ολοκλήρου του σώματος. Εξαιτίας ακριβώς αυτής της καλά οργανωμένης ακτινοπροστασίας, τα μεν δοσιμέτρα που φοριούνται πάνω από την ποδιά καταγράφουν μικρές σχετικά δόσεις, τα δε δοσιμέτρα που τοποθετούνται κάτω από την ποδιά καταγράφουν πρακτικά μηδενική ακτινοβολία.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 6, οι ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες (κατηγορία II) είναι οι εξετάσεις που σχετίζονται με χαμηλή δόση για τους ασθενείς, μικρότερη ακόμα και από τη μέση δόση στην οποία εκτίθενται οι ασθενείς κατά τις στεφανιογραφίες που γίνονται στο αιμοδυναμικό εργαστήριο του ίδιου νοσοκομείου και παρουσιάστηκαν σε προηγούμενη μελέτη.¹⁰ Από τις τρεις κατηγορίες των ηλεκτροφυσιολογικών πράξεων εκείνη που σχετίζεται με τη μεγαλύτερη δόση στον ασθενή είναι η τρίτη, που περιλαμβάνει την κατάλυση εκτόπων εστιών της καρδιάς (ablation). Σε ενδιάμεσες δόσεις εκτίθενται ασθενείς στους οποίους έγινε αντικατάσταση ή αναβάθμιση βηματοδότη ή απινιδωτή (κατηγορία I). Επίσης, στον ίδιο πίνακα 6 φαίνεται ότι οι ηλεκτροφυσιολογικές μελέτες και οι εμφυτεύσεις βηματοδοτών και απινιδωτών έχουν μέσες τιμές δόσεων δέρματος, χαμηλότερες από το όριο για την εμφάνιση ακτινικών βλαβών του δέρματος, ενώ στην κατάλυση καρδιάς



Εικόνα 3. Συσχέτιση μεταξύ της τιμής του συνολικού DAP όλων των εξεταζόμενων κάθε ιατρού και της ατομικής δόσης του ιατρού.

(ablation) η μέση τιμή δόσης προσεγγίζει τα όρια εμφάνισης πρώιμου παροδικού ερυθήματος. Στις εμφυτεύσεις βηματοδοτών (κατηγορία I) το 7,8% των ασθενών ξεπέρασε το όριο των 2 Gy για εμφάνιση παροδικού ερυθήματος με μέγιστη τιμή τα 2,76 Gy, ενώ στην κατάλυση καρδιάς (κατηγορία III) το 19% των ασθενών με μέγιστη τιμή τα 4,01 Gy. Αντιθέτως, κανένα περιστατικό της δεύτερης κατηγορίας δεν υπερέβη αυτό το όριο. Επιπλέον, το 19,6% των ασθενών της πρώτης κατηγορίας και το 49% της τρίτης ξεπερνούν το όριο του 1 Gy, που θέτει ο αμερικανικός οργανισμός FDA¹⁵ για καταγραφή της δόσης στον ιατρικό φάκελο και παρακολούθηση των ασθενών που υπόκεινται σε εξετάσεις καθοδηγούμενες με ακτινοσκόπηση. Τέλος δεδομένου ότι η πιθανότητα ανάπτυξης θανατηφόρων καρκίνων λόγω ακτινοβολίας είναι σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό ICRP¹⁶ 4,1% ανά Sv ενεργού δόσης και λαμβάνοντας υπόψη τις μέσες τιμές ενεργούς δόσης από κάθε κατηγορία ηλεκτροφυσιολογικών μελετών, βγαίνει το συμπέρασμα ότι στην πρώτη κατηγορία ο κίνδυνος για θανατηφόρο καρκίνο είναι 0,044%, στην δεύτερη 0,02% και στην τρίτη 0,096% δηλαδή παραμένει μικρός σε σχέση με το φυσικό κίνδυνο για αντίστοιχες ηλικίες.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO)¹⁷ προτείνει τη χρησιμοποίηση του DAP σαν κατάλληλη φυσική ποσότητα για την έκφραση των Διαγνωστικών Επιπέδων Αναφοράς. Τα διαγνωστικά επίπεδα αναφοράς (ΔΕΑ) είναι η τιμή δόσης ή άλλης σχετικής παραμέτρου (πχ. τιμή DAP, χρόνος ακτινοσκόπησης, αριθμός εικόνων κινηματογράφησης), της 75ης εκατοστιαίας θέσης της κατανομής της επιλεγμένης παραμέτρου, από μελέτη μεγάλου αριθμού ασθενών, τυπικού βάρους και ύψους, που υποβλήθηκαν στη συγκεκριμένη πρακτική, σε διαφορετικά διαγνωστικά ή θεραπευτικά κέντρα, σε διαφορετικές χώρες.¹⁸ Η επιλογή της 75ης εκατοστιαίας θέσης γίνεται με την λογική ότι εφόσον το 75% των ιατρικών κέντρων εκτελεί ικανοποιητικά μία πρακτική με δόση μικρότερη από τα ΔΕΑ, τα υπόλοιπα 25% των κέντρων μπορούν να προβούν σε διορθωτικές ενέργειες. Τόσο η Ελληνική νομοθεσία όσο και οι συστάσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω της οδηγίας 97/43 EURATOM επιτάσσουν τη θέσπιση και εφαρμογή ΔΕΑ. Τα ΔΕΑ δεν αποτελούν όρια που δεν πρέπει να υπερβαίνονται, αλλά καθοδηγητικά επίπεδα δόσης ακτινοβολίας για τη συγκεκριμένη πρακτική. Η μέση τιμή DAP για τις επεμβάσεις κατάλυσης της παρούσας μελέτης είναι 104,1 Gy cm^2 και είναι μικρότερη από τα 120 Gy cm^2 που προτείνουν οι McFadden et al⁵ σαν ΔΕΑ για την εξέταση αυτή. Αντιθέτως, η μέ-

ση τιμή DAP (49 Gy cm^2) για την τοποθέτηση βηματοδοτών που προέκυψε από την παρούσα μελέτη είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή που προτείνεται από τον αγγλικό οργανισμό NRPB¹⁸ (27 Gy cm^2).

Συμπέρασμα

Η παρούσα μελέτη είχε σαν στόχο την καταγραφή και επεξεργασία στοιχείων για την εκτίμηση της δόσης των ασθενών κατά τις ηλεκτροφυσιολογικές και άλλες σχετικές εξετάσεις που πραγματοποιούνται με τη βοήθεια του ακτινοσκοπικού μηχανήματος του εργαστηρίου ηλεκτροφυσιολογίας. Από όλες τις επεμβατικές πρακτικές οι περισσότεροι πιθανές για εμφάνιση μη στοχαστικών-ντετερμινιστικών φαινομένων είναι οι επεμβάσεις κατάλυσης για ηλεκτρική απομόνωση των έκτοπων εστιών υπεύθυνων για αρρυθμίες (ablation). Από την παρούσα μελέτη προκύπτει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ του γινομένου της δόσης επί την επιφάνεια και του χρόνου ακτινοσκόπησης, αντιθέτως δεν προκύπτει συσχέτιση με τον αριθμό των εικόνων κινηματογράφησης. Σε αρκετές περιπτώσεις κατά τους κατηριασμούς καρδιάς η δόση δέρματος εισόδου ξεπέρασε τα όρια εμφάνισης πρώιμου παροδικού ερυθήματος και σε 2 τα όρια πιο σημαντικών ακτινικών βλαβών του δέρματος. Ο κίνδυνος ανάπτυξης θανατηφόρων καρκίνων παραμένει μικρός και στις τρεις κατηγορίες πρακτικών. Σε σχέση με τα προτεινόμενα από άλλες πηγές ΔΕΑ οι τιμές της μελέτης μας είναι μικρότερες για τις επεμβάσεις κατάλυσης (ablation) αλλά σχεδόν διπλάσιες για την τοποθέτηση βηματοδοτών.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη επιχορηγήθηκε μερικώς από τον Ειδικό Λογαριασμό Κονδυλίων Έρευνας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Βιβλιογραφία

1. International Commission on Radiological Protection. 2000 Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. ICRP publication 85. New York, NY: Pergamon Press.
2. Shope B Thomas. Radiation-induced Skin Injuries from Fluoroscopy. Radiographics. 1996; 16: 1195-1199.
3. Vano E, Arranz E, Sastre JM, Moro C, Ledo A, Garate MT and Minguez: Dosimetric I and radiation protection considerations based on some cases of patient skin injuries in interventional cardiology, The Br of Radiol, Vol 71, Issue. 1998; 845: 510-516.
4. Faulkner K, Vano E, Ortiz P, Ruiz R. Practical Aspects of

- Radiation Protection In Interventional Radiology. 10th Congress of the International Radiation Protection Association, 2000 May Hiroshima, Jappan.
5. McFadden SL, Mooney RB, Shepherd PH. X-Ray dose and associated risks from radiofrequency catheter ablation procedures. *Br J Radiol.* 2002; 75: 253-265.
 6. Efsthathopoulos E, Katritsis D, Kottou S, Kalivas N, Tzannalaridou E, Giazitoglou E, et al. Patient and staff radiation dosimetry during cardiac electrophysiology studies and catheter ablation procedures: a comprehensive analysis. *Europace.* 2006; 8: 443-448.
 7. Lars Lickfett, Mahadevappa Mahesh, Chandra Vasamreddy, David Brandley, Vinod Jayam, Zayad Eldadah, et al. Radiation Exposure During Catheter Ablation of Atrial Fibrillation. *Circulation.* 2004; 110: 3003-3010.
 8. Kovoov P, Ricciardello M, Collins L, et al. Risk to patients from radiation associated with radiofrequency ablation for supraventricular tachycardia. *Circulation.* 1998; 98: 1534-1540.
 9. Calkins H, Niklason L, Sousa J, el-Atassi R, Langberg J, Morady F. Radiation exposure during radiofrequency catheter ablation of accessory atrioventricular connections. *Circulation.* 1991; 84: 2376-2382.
 10. Στρατής Α, Ανθόπουλος Π, Γαβαλιάτσος Ι, Υφαντής Γ, Σαλάχας Α, Αντωνέλλης Ι, και συν. Δόσεις ασθενών στην ακτινοκαρδιολογία. *Ελληνική Καρδιολογική Επιθεώρηση* 2008, 49: 21-31.
 11. National Radiological Protection Board. NRPB R262. Estimation of effective dose from entrance surface dose and dose-area product measurements. London: HMSO, 1994.
 12. Pekka Jousilahti, Erkki Vartiainen, Jaakko Tuomilehto and Pekka Puska. Sex, Age, Cardiovascular Risk Factors, and Coronary Heart Disease: A Prospective Follow-Up Study of 14 786 Middle-Aged Men and Women in Finland. *Circulation.* 1999; 99: 1165-1172.
 13. Koichi Chida, Haruo Saito, Hiroki Otani, Masahiro Kohzuki, Shoki Takahashi, Shogo Yamada, et al. Relationship between fluoroscopic time, dose-area product, body weight, and maximum radiation skin dose in cardiac interventional procedures. *AJR* 2006; 186: 774-778.
 14. Tsapaki V, Patsilnakos S, Voudris V, Magginas A, Pavlidis S, Maounis T, et al. Level of patient and operator dose in the largest cardiac centre in Greece, *Radiation Protection Dosimetry*, 2008 Vol 129, No 1-3, pp71-73.
 15. Food and Drug Administration. Recording information in the patient's medical record that identifies the potential for serious x-ray-induced skin injuries. Centre for Devices and Radiological health, September 15, 1995.
 16. International Commission on Radiological Protection. 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103, ELSEVIER, J. Valentin.
 17. Shrimpton P, Sharp C, Neofotistou V, Mohlkert D, Schmidt T, Stern S, et al. Efficacy and Radiation Safety in Interventional Radiology. Joint WHO/Institute of Radiation Hygiene Radiology, Report by Working Group 2 on Radiation Safety, Munich-Neuherberg (1995).
 18. National Radiological Protection Board. NRPB-W14. Dose to Patients from Medical X-ray Examinations in the UK - 2000 Review, 2002, D. Hart, M. C. Hillier, B. F. Wall