



ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΡΑΔΙΟΛΟΓΩΝ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΩΝ ΤΕΙ

στην ογκολογία • ιατρική απεικόνιση • πυρηνική ιατρική

ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΤΕΥΧΟΣ 26

Συγκριτική αξιολόγηση

Συστημάτων
εκπαίδευσης
και κατάρτισης
Τ. Ακτινολόγων
σε 5 ευρωπαϊκές
χώρες

Ημερίδα μαστού

Η διαδρομή
από την διάγνωση
στην θεραπεία,
νέα δεδομένα

22 ΙΟΥΝΙΟΥ 2013
ΜΑΙΕΥΤΗΡΙΟ "ΡΕΑ"

Γεωγραφική κατανομή μονάδων CT και MRI στην Ελλάδα

ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ ΤΟΥ ΣΥΛΛΟΓΟΥ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΡΑΔΙΟΛΟΓΩΝ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ ΠΤΥΧΙΟΥΧΩΝ ΤΕΙ (ΣΤΡΑΕΠΙ) ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΕΙ ΑΘΗΝΩΝ



Find us on
Facebook/etaed • site: www.otae.gr





Bayer HealthCare

Gadobutrol
Gadovist® 1.0

Iopromide
Ultravist®

Gadoteric acid, disodium
Primovist®

Magnevist®
Gadopentetate
Dimeglumine

MEDRAD®
is part of Bayer Health Care

LGR.DI.10.2012.0010

Βοηθήστε να γίνουν τα φάρμακα πιο ασφαλή:
Συμπληρώστε την «ΚΙΤΡΙΝΗ ΚΑΡΤΑ»
Αναφέρετε:
Όλες τις ανεπιθύμητες ενέργειες για τα Νέα Φάρμακα 
Τις ΣΟΒΑΡΕΣ ανεπιθύμητες ενέργειες για τα Γνωστά Φάρμακα.

Πριν τη συνταγογράφηση παρακαλώ συμβουλευθείτε
την Περιληψη των Χαρακτηριστικών του Προϊόντος.

Κάτοχος Άδειας Κυκλοφορίας στην Ελλάδα
Κάτοχος της Ειδικής Άδειας Κυκλοφορίας στην Κύπρο:
Bayer Ελλάς ABEE,
Σωρού 18-20, 151 25 Μαρούσι, Ελλάδα
Τοπικός αντιπρόσωπος στην Κύπρο:
Novagem Ltd, τηλ: 00357 22 483858

Τμήμα Επιστημονικής Ενημέρωσης
Τηλ.: +30 210 6187742, Fax: +30 210 6187522
Email: medinfo.gr.cy@bayer.com

Multiple DR solutions

One name to remember

Do we obsess over image quality? Yes. That's why all of our Direct Digital systems have Cesium Iodide detectors and MUSICA². Together, they provide exceptional images and the lowest dose potential. But it's just the start. Our systems integrate with your RIS/PACS/HIS and our NX workstations enable fast acquisition and smooth workflows. We also offer mobile solutions. And, innovations like the DX-D 30, a wireless detector plate that allows image acquisition almost anywhere, even with your existing X-ray equipment. Whether you want a fully automated, high-performance room or an affordable DR system, our true obsession is your success.



www.agfahealthcare.com

Agfa Gevaert AEBE - Stylianos Gonata 16-121 10, Peristeri, Athens
Tel: +30 210 5706 500 - Email: konstantinos.messados@agfa.com.

AGFA 
HealthCare

> EDITORIAL	> 4
> ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ:	
Ομοσπονδία Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδας	> 5
> ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ:	
Συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης Τεχ. Ακτινολόγων σε 5 ευρωπαϊκές χώρες	> 6-11
Α. Γ. Πρεντάκης, Α. Π. Στεφανογιάννης, Κ. Γεωργιάδης	
> Δομή μελέτης ακτινοπροστασίας ραδιονουκλιδικής θεραπείας νευροενδοκρινών όγκων μέσω πεπτιδικών υποδοχέων	> 12-17
Α. Βαρσαμίδης, Μ. Χαλκιά, Α.Π. Στεφανογιάννης	
> Παιδιατρική ογκολογία με PET-CT	> 18-25
Ειρ. Παντελιώδη, Λ. Γώγου	
> Η τεχνική του φρουρού λεμφαδένα στη χειρουργική του καρκίνου του μαστού	> 26-29
Δ. Κουτσοσπύρου, Στ. Ζερβούδης, Γ. Τσακίρης	
> Τομογραφική σπινθηρογραφική απεικόνιση αιμάτωσης μυοκαρδίου με χρήση συστημάτων γ-camera: συγκριτική αξιολόγηση ραδιοφαρμάκων	> 30-34
Α. Βαρσαμίδης	
> ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΧΜΗΣ:	
Κλινικά πλεονεκτήματα της Ελικοειδούς Τομοθεραπείας	> 35-41
Γ. Λυμπεροπούλου	
> Οδηγίες προς τους συγγραφείς	> 42-46
> 7ο Πανελλήνιο Συνεδρίο Τεχνολόγων Ακτινολόγων	> 47-52
> Το 5ο Ετήσιο Συνέδριο της EFRS στην Αθήνα	> 53
> Κατανομή μονάδων CT και MRI στην Ελλάδα	> 54-57
> ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΙΧΜΗΣ:	
Whole-Body MR/PET Hybrid Imaging	> 58-63
Salient™ Contrast Injection System	> 64

στην ογκολογία • ιατρική απεικόνιση • πυρηνική ιατρική

ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Εξαμηνιαία Επιστημονική Έκδοση
του Συλλόγου Τεχνολόγων Ραδιολόγων – Ακτινολόγων Ελλάδος Πτυχιούχων ΤΕΙ (ΣΤΡΑΕΠΤ)
σε συνεργασία με το Τμήμα Ραδιολογίας – Ακτινολογίας ΤΕΙ Αθήνας

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ 2012 - ΧΕΙΜΩΝΑΣ 2013 • ΤΕΥΧΟΣ 26°

ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ:

ΣΤΡΑΕΠΤ: Σταδίου 39 - 4ος όροφος - Γρ. 5 - Αθήνα Τ.Κ. 105 59
site: www.otae.gr • τηλ.: 210 32 14 133

Διευθυντής: Γ. Τσακίρης

Γενική Επιμέλεια Έκδοσης: Κ. Γεωργιάδης

Υπεύθυνος Έκδοσης σύμφωνα με το νόμο:

Συλλόγος Τεχνολόγων Ραδιολόγων – Ακτινολόγων Ελλάδος Πτυχιούχων ΤΕΙ

ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΑΡΘΡΩΝ στη διεύθυνση:

ΣΤΡΑΕΠΤ: Σταδίου 39 - 4ος όροφος - Γρ. 5 - Αθήνα Τ.Κ. 105 59
email: info@otae.gr

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Διευθυντής Σύνταξης: Κ. Γεωργιάδης,

Αναπληρωτής Διευθυντής Σύνταξης: Χ. Μαλαματένιου

ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΛΑΣΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ: Ακύλας Ν., Βασιλείου Π.,

Γεωργιάδης Κ., Κουμαρτζάκης Ν., Χηνοφώτη Ι.

ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ – ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ: Τσακίρης Γ., Νάζος Ι.,

Αιβαλιώτη Μ., Κύργιας Γ., Παντελάκος Π., Παπαβασιλείου Π., Καραγεώργης Π.

ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΙΑΤΡΙΚΗ: Γώγου Λ., Μπούτσαλη Στ., Πρασόπουλος Β., Χρόνη Π.

ΑΞΟΝΙΚΗ – ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ: Αργέντος Στ., Μποντόζογλου Ν.,

Οικονομόπουλος Ν., Μπούγιας Χ., Μπαλανίκα Α., Πάνου Θ., Συργιαμιώτης Β. Λάβδας Ελ.,

Νικολάου Ι., Τσοκάνας Δ., Βέλλιου Κ., Μαλαματένιου Χ.

ΜΑΣΤΟΓΡΑΦΙΑ: Γεωργούτσος Β., Τέντα Π., Γκιάτας Α., Μπουσδρή Ε.

ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑ: Μπαλτάς Χ.

ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ: Γιαννάκος Β., Αλεξοπούλου Ε.

ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ: Μαλαγάρη Κ., Αμπατζής Η., Βουλγαρίδου Σ., Μπρούτζος Η., Ν. Παρμενίδου

ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ - ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ: Μπάκας Α., Στεφανόγιαννης Α.,

Η ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΥΠΩΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ **INK@RT**



Τον τελευταίο καιρό έχουμε την αίσθηση πως είμαστε πλέον μονάχοι μας στον κόσμο και πως όλοι θέλουν το κακό μας. Η αλήθεια είναι πως τα γεγονότα και οι ραγδαίες εξελίξεις στο πολιτικό και οικονομικό επίπεδο δεν έχουν διευκολύνει τα πράγματα. Νοιώθουμε προδομένοι από κλαδικούς εκπροσώπους, παγιδευμένοι σε ένα φαύλο κύκλο που δεν επιδιώξαμε (αλλά και δεν κάναμε τίποτα για τον αποφυγούμε), προσβεβλημένοι γιατί μας ανέδειξαν ως τεμπέληδες του συστήματος με πρόσχημα την ακτινολογική άδεια, και επαγγελματικά αναξιοπρεπείς, αντικρύζο-

ντας το ύψος του μισθού και τις συνθήκες ορισμού της εργασίας μας

Πως φτάσαμε ως εδώ; Ίσως ο χρόνος μας δικαιώσει ίσως και όχι. Το ερώτημα είναι πως μπορεί να αλλάξει κανείς την πορεία του κλάδου. Πώς να μετατρέψεις ένα κακό κλίμα.

Υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ της σκληρής πραγματικότητας στους παλαιότερους συναδέλφους και της ανεκδιήγητης κατάστασης στην οποία υποβάλλονται οι νεώτεροι τεχνολόγοι. Αυτό γιατί στην ουσία ουδέποτε ενδιαφερθήκαμε για τις επιπτώσεις (κοινωνικές, επαγγελματικές, οικονομικές) που θα μπορούσε να είχε, η κάθε ρήξη επαγγελματικών συμφερόντων που γίνονταν προς τα μέσα. Φτάσαμε ως εδώ από άγνοια, προχειρότητα και ερασιτεχνισμούς πέρα από τους κακοπροαίρετους χειρισμούς.

Ο κλάδος δεν πρέπει να περιμένει μετάλλια και καλά λόγια από άλλους για να τονώσει το ηθικό του και να έχει καλύτερη συνείδηση.

Εδώ χρειάζεται αυτογνωσία. Είναι σημαντικό να μη σκεφτόμαστε με εσωστρέφεια αλλά σφαιρικά. Συναντώ καθημερινά (προσωπικά αλλά και μέσω διαδικτύου) δεκάδες νέους συναδέλφους, οι οποίοι παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν (ανεργία, οικονομικό εκβιασμό και επαγγελματική απομόνωση), έχουν κάτι ουσιαστικό να πουν, να προβάλλουν και να μοιραστούν με τους παλαιότερους. Η τακτική της αδιαφορίας δεν μπορεί να συνεχιστεί όπως ήταν πριν από 20-30 χρόνια.

Τα πράγματα πλέον έχουν αλλάξει και ο κάθε συναδέλφος, στο δικό του επίπεδο, πρέπει και μπορεί να αποκαταστήσει μια απλή αλήθεια, συναίσθηση, συναίσθημα, χωρίς τυμπανοκρουσίες και εσωτερική εκμετάλλευση. Και πάνω από όλα με αξιοπίστο λόγο. Πιστεύω ακράδαντα στην κοινωνία των νέων συναδέλφων, σε αυτή τη νέα ακομπλεξάριστη γενιά που πονάει επίσης, αλλά δεν λυγίζει ως οσφυοκάμπτης. Σε αυτά τα παιδιά που δεν ζήτησαν ποτέ από κανένα και στα οποία χρέωσαν αμαρτίες άλλων. Σε αυτή τη γενιά που διψάει για ζωή, δουλειά και που αναγκαστικά, αργά ή γρήγορα θα πρέπει να εκφραστεί για να μην εκραγεί. Οι νέοι τεχνολόγοι έχουν απίστευτη ενέργεια και ιδέες για να εκφραστούν και μπορούν να μας εκπροσωπήσουν χωρίς ξύλινη γλώσσα, με επίγνωση της κατάστασης.

Η εικόνα μας δεν είναι μόνο αυτή που βλέπουμε στον καθρέφτη αλλά αυτή στην οποία ελπίζουμε. Και αυτή δεν αλλοιώνεται όσο και αν προσπαθούν να την αμαυρώσουν.

Ο κλάδος έχει πολλά να πει ακόμα και οι νέοι συναδέλφοι δεν έχουν μιλήσει ακόμη.

Γεωργιάδης Κων/νος
Τεχνολόγος Ακτινολόγος
Διευθυντής Σύνταξης

Ανακοίνωση

ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΩΝ ΕΛΛΑΔΑΣ

Πριν από 3 και παραπάνω ίσως χρόνια, μια ολιγομελής τότε ομάδα Τεχνολόγων Ραδιολογίας Ακτινολογίας έκανε το πρώτο βήμα μιας ιστορικής πρωτοβουλίας ,προχωρώντας στην ίδρυση ενός Πανελλήνιου Συνδικαλιστικού Συλλόγου Τεχνολόγων Ακτινολόγων.

Ο φορέας αυτός είχε τα εξής χαρακτηριστικά :

1. Ήταν ομοιοεπαγγελματικός αφού συμμετείχαν ως μέλη αποκλειστικά Τεχνολόγοι Ραδιολογίας Ακτινολογίας. Δηλαδή πτυχιούχοι τριτοβάθμιας εκπαίδευσης που δικαιούνται να φέρουν αυτό τον επαγγελματικό τίτλο.
2. Ήταν συνδικαλιστικός ,δηλαδή είχε διεκδικητικούς σκοπούς και στόχους προς όφελος των Τεχνολόγων –μελών του και
3. Ήταν ανεξάρτητος.

Αυτός ο φορέας, γνωστός πλέον σε όλους μας ως Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδος Δημοσίου (Ε.Τ.Α.Ε.Δ.), σύντομα πολλαπλασίασε τα εκατοντάδες μέλη του σε όλη την χώρα επειδή διεκδικήσαμε ανοιχτά το δικαίωμα των Τ/Α να εκπροσωπήσουν οι ίδιοι τον εαυτό τους. Μαζί με άλλους συναδέλφους είχα την τιμή να συμμετέχω προσωπικά από την πρώτη στιγμή σε αυτή την προσπάθεια δημιουργίας μιάς γνήσιας οργάνωσης Τ/Α. Έτσι γνωρίζω με κάθε λεπτομέρεια τις απίστευτες δυσκολίες, που αντιμετωπίσαμε σε αυτή την προσπάθεια. Γνωρίζω επίσης όμως ότι παρ' όλα αυτά, καταφέραμε να αποφύγουμε τις παγίδες και τα μεγάλα λάθη τακτικής και να ακολουθήσουμε μια σταθερή και αποτελεσματική πορεία προς τα εμπρός, που μας επέτρεψε να φτάσουμε σήμερα με επιτυχία σε ένα δεύτερο ,ανώτερο οργανωτικό στάδιο. Με ιδιαίτερη ικανοποίηση και χαρά μπορούμε σήμερα να ανακοινώσουμε σε όλους τους Έλληνες Τεχνολόγους Ραδιολογίας Ακτινολογίας που εργάζονται στον Δημόσιο και ευρύτερο Δημόσιο Τομέα την ίδρυση για πρώτη φορά στη χώρα μας ,της Ομοσπονδίας Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδος (ΟΤΑΕΔ). Ενός δευτεροβάθμιου συνδικαλιστικού οργάνου των Τεχνολόγων Ρ.Α. που αποτελεί πλέον και τον θεσμικό μας εκπρόσωπο για τις εργασιακές μας σχέσεις με το κράτος ως εργοδότη.

Ο αναβαθμισμένος οργανωτικός φορέας μας αποτελείται από 4 περιφερειακά πρωτοβάθμια συνδικαλιστικά σωματεία Τεχνολόγων ,που ιδρύθηκαν νόμιμα τα τελευταία 2 έτη και συγκρότησαν ήδη την Ομοσπονδία μας.

1. Την Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδος
 2. Την Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Δυτικής Ελλάδος
 3. Την Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ηπείρου
 4. Την Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Κεντρικής Μακεδονίας
- Αυτή η οργανωτική εξέλιξη που επιτεύχθηκε ,μας παρέχει πλέον και τυπικά το απαραίτητο νομικό σχήμα του επίσημου εκπροσώπου των Τ/Α για συνδικαλιστικά θέματα.

Οι Τ/Α του Δημοσίου πλέον, εκπροσωπούνται νόμιμα από την Ομοσπονδία τους . Την Ο.Τ.Α.Ε.Δ.

Σεβόμαστε όλους τους εργαζόμενους ,είμαστε έτοιμοι να συμπαραταχθούμε μαζί τους για τις γενικές διεκδικήσεις των εργαζόμενων στον δημόσιο τομέα, αλλά τα κλαδικά προβλήματα μας δεν είναι ίδια ,οι απαιτήσεις της κοινωνίας από εμάς δεν είναι ίδιες με αυτές από τις υπόλοιπες ειδικότητες και κατά συνέπεια οι διεκδικήσεις των Τ/Α από το κράτος δεν μπορεί να είναι ίδιες με των άλλων νοσοκομειακών υπαλλήλων.

Η διαφορετικότητα του επαγγέλματος μας στα πλαίσια του ΕΣΥ είναι δεδομένη και ως τέτοια οφείλει να αναγνωριστεί. Αυτός είναι ο στόχος των Τ/Α και για αυτό τον στόχο μπορεί να αγωνισθεί μόνο η ΟΤΑΕΔ.

Υπάρχουν πλέον σοβαρές ενδείξεις αφύπνισης και κινητοποίησης του κλάδου μας, με σημαντικότερη τον πολλαπλασιασμό των μελών και την ίδρυση τοπικών σωματείων δημιουργώντας την Ομοσπονδία μας.

Η δραστηριότητα αυτή πρέπει να διατηρηθεί και να αυξηθεί ,ώστε τελικά όλοι οι Τ/Α συσπειρωμένοι γύρω από την ΟΤΑΕΔ και τον ΣΤΡΑΕΠΤ να πετύχουμε όσα δεν μπορέσαμε για ολόκληρες δεκαετίες.

Οι Τ/Α θα πρέπει να καταλάβουν τις θέσεις που δικαιούνται μέσα σε όλες τις δομές του συστήματος ,ως ισότιμοι εταίροι των άλλων επαγγελματιών Υγείας και ως ικανοί γνώστες των ιδιαιτεροτήτων του ευαίσθητου και απαιτητικού αυτού χώρου.

Γεωργιάδης Κωσταντίνος
ΠΡΟΕΔΡΟΣ Δ.Σ. ΕΤΑΕΔ

Συγκριτική αξιολόγηση των συστημάτων εκπαίδευσης και κατάρτισης Τεχ. Ακτινολόγων σε 5 ευρωπαϊκές χώρες

Α. Γ. Πρεντάκης, Α. Π. Στεφανογιάννης, Κ. Γεωργιάδης
Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών «ΑΤΤΙΚΟΝ»

Η επιστημονικά άρτια άσκηση των καθηκόντων του Τεχνολόγου Ακτινολόγου σε τμήματα απεικόνισης και θεραπείας με χρήση ιοντιζουσών και μη ακτινοβολιών προϋποθέτει υψηλό επίπεδο γνώσεων, δεξιοτήτων και ικανοτήτων αναφορικά με τη μεθοδολογία, τα πρωτόκολλα εφαρμογής και τους ισχύοντες κανονισμούς ακτινοπροστασίας, προκειμένου να διασφαλιστεί βέλτιστη διαχείριση του ασθενή. Η Ευρωπαϊκή Ομοσπονδία Οργανισμών Τεχνολόγων Ακτινολόγων (European Federation of Radiographer Societies – EFRS) περιλαμβάνει συλλόγους από 34 χώρες της Ευρώπης, χωρίς ωστόσο να έχει καθοριστεί ένα κοινό πλαίσιο ή κατευθυντήριες γραμμές ως προς το επίπεδο της εκπαίδευσης, κατάρτισης και συνεχιζόμενης επαγγελματικής ανάπτυξης των Τεχνολόγων Ακτινολόγων για τις χώρες-μέλη. Στην παρούσα μελέτη ερευνάται το καθεστώς της εκπαίδευσης και κατάρτισης Τεχνολόγων Ακτινολόγων σε χώρες της Ευρώπης στα πλαίσια διερεύνησης της δυνατότητας δημιουργίας μίας ενιαίας εκπαιδευτικής γραμμής.

The role of Radiology Technologists working in a Diagnostic Imaging and Therapy Department demands a high standard of knowledge and technical skills concerning the technical methods, the acquisition protocols and the radiation protection regulations in order to achieve a safe and efficient patient management. The European Federation of Radiographer Societies (EFRS) has not compiled a common frame or guidelines regarding the aspects of education, training and continuing professional development of Radiology Technologists in each country. The purpose of this study is to investigate the status of the education and training systems of radiology technologists in 5 European countries in order to find similarities and differences that will further facilitate the development of guidelines from official bodies at national and international level.

Λέξεις κλειδιά:

Τεχνολόγος Ακτινολόγος, εκπαίδευση, κατάρτιση, επαγγελματική ανάπτυξη.

Key words:

Radiology Technologist, education, training, Continuing Professional Development.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών, τόσο σε διαγνωστικές όσο και σε θεραπευτικές εφαρμογές, έχει καθιερωθεί ως ένα ισχυρό όπλο στην Ιατρική[1]. Η αλματώδης πρόοδος της τεχνολογίας έχει βελτιώσει την ταχύτητα ολοκλήρωσης μιας εξέτασης, την ποιότητα των λαμβανόμενων διαγνωστικών εικόνων, αλλά και την ανταπόκριση των ασθενών στα συγκεκριμένα θεραπευτικά σχήματα[2]. Κάθε ιατρική εφαρμογή η οποία βασίζεται στη χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών προϋποθέτει τη συνεργασία κατάλληλα εκπαιδευμένου και καταρτισμένου προσωπικού, με αντίστοιχο καταμερισμό της ευθύνης για το τελικό αποτέλεσμα αυτής της εφαρμογής. Συνεπώς, η βελτιστοποίηση του αποτελέσματος προϋποθέτει άρτια εκπαίδευση και κατάρτιση του εμπλεκόμενου προσωπικού.

Ο Τεχνολόγος Ακτινολόγος (T-A) έχει τη δυνατότητα να εργάζεται σε διαφορετικά τμήματα, ενώ τα καθήκοντά του προσαρμόζονται ανάλογα με τον τομέα (Ακτινοδιάγνωση, Ακτινοθεραπεία και Πυρηνική Ιατρική) σε συμφωνία με την ισχύουσα νομοθεσία[3]. Ωστόσο, το κοινό σημείο αναφοράς είναι το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης και κατάρτισης, που είναι αναγκαίο για τη διασφάλιση της αποτελεσματικότητας του έργου του. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τη διακρίση της Μπολόνια, αλλά και λόγω του γεγονότος ότι υπάρχει αυξημένη εκροή σπουδαστών, εργατικού δυναμικού και επιστημόνων προς το εξωτερικό και ιδιαίτερα προς την Ευρώπη, επιβάλλεται η καθιέρωση ενός κοινού πλαισίου ελάχιστων απαιτήσεων εκπαίδευσης και κατάρτισης[4 – 7]. Οι

Πίνακας 1

Βασικές αρχές της Συνθήκης της Μπολόνια για εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου εκπαίδευσης στην Ευρώπη – Κύριοι στόχοι (εκπλήρωση μέχρι το 2010)

Υιοθέτηση κοινού πλαισίου αναγνώρισης και σύγκρισης πτυχίων.
Εισήγηση προπτυχιακών (διάρκειας τουλάχιστον 3 ετών) και μεταπτυχιακών σπουδών.
Εφαρμογή συστήματος εκπαιδευτικών μονάδων συμβατό με το ECTS*.
Εξασφάλιση ποιότητας σε Ευρωπαϊκό επίπεδο με συγκρίσιμα κριτήρια και μεθόδους.
Εξάλειψη προβλημάτων που εμποδίζουν τη διακρατική κινητικότητα σπουδαστών, δασκάλων και ερευνητών.

*Ευρωπαϊκό Σύστημα Μεταφοράς και Συγκέντρωσης εκπαιδευτικών Μονάδων (European Credit Transfer and accumulation System – ECTS).

βασικές αρχές της συνθήκης της Μπολόνια συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στη διερεύνηση του επιπέδου εκπαίδευσης και κατάρτισης των Τ-Α στην Ευρώπη, στον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ των χωρών που αφορούν στα απαιτούμενα επαγγελματικά προσόντα και στην περιγραφή των διαδικασιών Συνεχιζόμενης Επαγγελματικής Ανάπτυξης – ΣΕΑ (Continuing Professional Development – CPD) των πτυχιούχων σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Οι μονάδες CPD εφαρμόζονται σε πληθώρα επαγγελματιών και αποτελούν μία δομημένη προσέγγιση εξασφάλισης της επαγγελματικής προόδου, η οποία επιτυγχάνεται με συνεχή εκπαίδευση υπό μορφή σεμιναρίων, συμμετοχής σε συνέδρια και εργασίες[8].

Η αξιολόγηση των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα ως προς τις ελάχιστες απαιτήσεις και τις δυνατότητες που ζητά και προσφέρει κάθε χώρα από έναν Τ-Α, αλλά, ενδεχομένως, και ως προς τις δυνατότητες υπέρβασης των εμποδίων που περιορίζουν την ανάπτυξη του κλάδου.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ακολουθώντας το σκεπτικό ανάλογων μελετών εκπαίδευσης και κατάρτισης Τ-Α και Ακτινοφυσικών παγκοσμίως, συντάχθηκε ερωτηματολόγιο που εστάλη σε 21 από τις 34 αρμόδιες επαγγελματικές ενώσεις της Ευρωπαϊκής Ομοσπονδίας Οργανισμών Τεχνολόγων Ακτινολόγων (European Federation of Radiographer Societies – EFRS)[9, 10]. Μέχρι την ημερομηνία γραφής της παρούσας εργασίας είχαν ανταποκριθεί πέντε χώρες (Ελβετία, Ελλάδα, Ιρλανδία, Κύπρος και Πολωνία). Το ερωτηματολόγιο ήταν στην Αγγλική γλώσσα και περιλάμβανε συνολικά δεκαπέντε ερωτήσεις χωρισμένες σε τέσσερις θεματικές ενότητες.

Η πρώτη θεματική ενότητα (Θ.Ε. Α) με τίτλο «Εκπαίδευση και κατάρτιση» περιλάμβανε έξι ερωτήσεις που αφορούσαν στο είδος του λαμβανόμενου πτυχίου και στο επίπεδό του (πανεπιστημιακό ή όχι), στη χρονική διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών και στη χρονική κατανομή των διδακτικών ωρών σε ιδρύματα ή/και νοσοκομεία, στην αναγνώριση των ιδρυμάτων ή/και των εμπλεκόμενων νοσοκομείων από κατάλληλους φορείς, στην ύπαρξη εγκεκριμένου προγράμματος σπουδών και στην προϋπόθεση λήψης του πτυχίου προκειμένου να υπάρξει εργασιακή αποκατάσταση σε κάθε χώρα.

Στη δεύτερη θεματική ενότητα (Θ.Ε. Β) με τίτλο «Επαγγελματικά επίπεδα», οι οργανισμοί ερωτήθηκαν για τον αν υπάρχει στη χώρα τους υποχρεωτική άδεια άσκησης επαγγέλματος (License)

και διαφορετικά επαγγελματικά επίπεδα, ανάλογα με τις σπουδές των απόφοιτων.

Οι ερωτήσεις της τρίτης θεματικής ενότητας (Θ.Ε. Γ) με τίτλο «Εθνικό μητρώο» αφορούσαν στο εθνικό μητρώο καταγραφής πτυχιούχων Τ-Α και στο βαθμό οργάνωσής του, ενώ διερευνήθηκε το ζήτημα των μονάδων συνεχιζόμενης ανάπτυξης (CPD) και της δυνατότητας λήψης συναφούς με το πτυχίο μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών εντός της χώρας.

Στην τέταρτη θεματική ενότητα (Θ.Ε. Δ) με τίτλο «Επαγγελματικά ζητήματα» εξετάστηκε η δυνατότητα εξειδίκευσης των Τ-Α σε κάποιον τομέα και αν απαιτείται η παρουσία άλλου επαγγελματία υγείας για την πραγματοποίηση όλου ή μέρους των καθηκόντων ενός Τ-Α.

Επισημαίνεται ότι το εκπαιδευτικό σύστημα διαφέρει οργάνωτικά από χώρα σε χώρα, αλλά το επίπεδο του πτυχίου διακρίθηκε σε μετά-δευτεροβάθμιο (secondary) και τριτοβάθμιο – πανεπιστημιακό (tertiary), ενώ υπήρξε επιπλέον διαχωρισμός σε προπτυχιακές και μεταπτυχιακές σπουδές[11].

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους Πίνακες 2 έως 7 παρουσιάζονται οι έξι ερωτήσεις της πρώτης θεματικής ενότητας (Θ.Ε. Α) που τέθηκαν στο ερωτηματολόγιο μαζί με τις απαντήσεις κάθε χώρας. Και στις πέντε χώρες απαιτούνται 2 με 4 έτη σπουδών πλήρους απασχόλησης για την απόκτηση πτυχίου Τ-Α. Σε όλες τις χώρες, εκτός της Κύπρου, υπάρχει η δυνατότητα απόκτησης πτυχίου πανεπιστημιακού επιπέδου (Bachelor of Science – BSc) με την ολοκλήρωση εκπαίδευσης διάρκειας τριών ή τεσσάρων ετών. Στην Ελλάδα, στην Κύπρο και στην Πολωνία υπάρχει εναλλακτική επιλογή λήψης πτυχίου μη πανεπιστημιακού επιπέδου με διάρκεια σπουδών από 2 μέχρι 3 έτη. Το πρόγραμμα σπουδών κάθε χώρας περιλαμβάνει πρακτική εξάσκηση σε νοσοκομειακό περιβάλλον με κατανομή 20-50% των ωρών διδασκαλίας αναγόμενο σε πλήρες ωράριο. Επιπλέον, στην Ελλάδα υπάρχει η δυνατότητα απόκτησης πτυχίου με 2 έτη σπουδών χωρίς νοσοκομειακή πρακτική (μετά-δευτεροβάθμια εκπαίδευση).

Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα των χωρών που απάντησαν είναι αναγνωρισμένα από εθνικούς φορείς που είτε συστάθηκαν για αυτόν το σκοπό, όπως στην περίπτωση της Ιρλανδίας, είτε αποτελούν επίσημους φορείς οργάνωσης της εκπαίδευσης (για παράδειγμα, το Υπουργείο Παιδείας στην Ελλάδα). Οι φορείς αυτοί είναι υπεύθυνοι και για το πρόγραμμα σπουδών. Δεν ισχύει το ίδιο, ωστόσο, για τα νοσοκομεία, τα οποία δεν είναι εγκεκριμένα

Πίνακας 2

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 1: Τι πτυχίο χρειάζεται για να εργαστεί κάποιος ως τεχνολόγος ακτινολόγος (T-A) και για τι επίπεδο πτυχίου πρόκειται (π.χ. πανεπιστημιακού επιπέδου);	
Ελβετία	Πτυχίο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (πανεπιστημιακού επιπέδου).
Ελλάδα	Πτυχίο τριτοβάθμιας (πανεπιστημιακό) ή μετά-δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (μη πανεπιστημιακό επίπεδο).
Ιρλανδία	Πτυχίο BSc (πανεπιστημιακού επιπέδου).
Κύπρος	<i>Πτυχίο BSc πανεπιστημιακού επιπέδου ή άλλος τίτλος σπουδών (μη πανεπιστημιακό), αρκεί να είναι αναγνωρισμένο από ειδικό φορέα*.</i>
Πολωνία	<i>Τίτλος σπουδών κατόπιν διετούς φοίτησης σε Ιατρική Σχολή ή πτυχίο κατόπιν τριετούς φοίτησης σε αρμόδια σχολή (πανεπιστημιακού επιπέδου πτυχίο).</i>

*Συμβούλιο εγγραφής των T-A.

για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Τέλος, σε όλες τις χώρες, εκτός της Ελλάδας και της Κύπρου, δεν επιτρέπεται σε κάποιον που δεν έχει το κατάλληλο πτυχίο να εργαστεί ως T-A.

Οι ερωτήσεις και οι απαντήσεις της δεύτερης θεματικής ενότητας (Θ.Ε. Β) φαίνονται στους Πίνακες 8 έως 11. Σε όλες τις χώρες πλην της Ελλάδας και της Πολωνίας υπάρχει άδεια άσκησης επαγγέλματος που εκδίδεται από αρμόδιους φορείς. Μόνο στην Ελβετία η άδεια άσκησης επαγγέλματος είναι υποχρεωτική. Σε καμία χώρα δεν υπάρχει ουσιαστική διάκριση ως προς

τα επαγγελματικά δικαιώματα και υποχρεώσεις ανάλογα με τις σπουδές. Αναφέρεται ότι στην Ελλάδα υπάρχει μισθολογική διαφορά ανάλογα με την εκπαίδευση (μετά-δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια)[12].

Οι ερωτήσεις της τρίτης θεματικής ενότητας (Θ.Ε. Γ) παρουσιάζονται στους Πίνακες 12 έως 14. Στην Ελβετία και στην Κύπρο υπάρχει μητρώο καταγραφής T-A, για το οποίο είναι υπεύθυνος ο Ερυθρός Σταυρός (The Red Cross) και το Συμβούλιο Εγγραφής Τεχνολόγων Ακτινολόγων, χωρίς να υπάρχει μηχανισμός ανανέωσης της εγγραφής ή ενημέρωση ανάλογα με την επαγγελματική και ακαδημαϊκή εξέλιξη του εργαζόμενου[13]. Η Ιρλανδία βρίσκεται σε τελικό στάδιο έναρξης της εφαρμογής μητρώου καταγραφής, με ετήσια ανανέωση της εγγραφής και σύνδεση με σύστημα CPD. Στην Πολωνία και στην Ιρλανδία υπάρχει πλήθος επιλογών για μεταπτυχιακές σπουδές σε ποικιλία θεμάτων (CT, MRI, US, Πυρηνική Ιατρική και Ακτινοθεραπεία), δυνατότητα λήψης μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών (Master of science - MSc) και εκπόνησης διδακτορικής διατριβής (Doctor of Philosophy - PhD). Στην Ελβετία και στην Ελλάδα υπάρχει δυνατότητα απόκτησης MSc σε ορισμένα πεδία. Στην Κύπρο δεν υπάρχει δυνατότητα απόκτησης μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών.

Τέλος, στους Πίνακες 15 και 16 αναφέρονται οι ερωτήσεις της τέταρτης θεματικής ενότητας (Θ.Ε. Δ). Σε όλες τις χώρες εκτός της Ιρλανδίας, ο T-A μπορεί να εργαστεί σε όλους τους τομείς Απεικόνισης και Θεραπείας με ακτινοβολίες, εξαιρουμένου του Τμήματος Υπερήχων. Στην Ιρλανδία, η Ακτινοθεραπεία θεωρείται ξεχωριστή ειδικότητα, ενώ ο T-A μπορεί να εργαστεί και σε τμήμα Υπερήχων με την προϋπόθεση ολοκλήρωσης μεταπτυχιακών σπουδών στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Στην Κύπρο οι T-A μπορούν να εργαστούν σε Ακτινοδιαγνωστικά τμήματα εκτός από τμήματα Υπερήχων, Πυρηνικής Ιατρικής (εργάζονται παρασκευαστές) και Ακτινοθεραπείας (απαιτείται εξειδίκευση). Σε όλες τις χώρες εκτός της Κύπρου απαιτείται η παρουσία Ιατρού Ακτινολόγου, Οδοντιάτρου ή Ακτινοφυσικού για πτυχές της εργασίας του T-A. Κατά κανόνα αυτό αφορά στη χορήγηση σκιαγραφικών ουσιών και φαρμάκων καθώς και στην παρασκευή ραδιοφαρμάκων. Στην Κύπρο δεν υπάρχει νομικό πλαίσιο που να υποχρεώνει την παρουσία άλλου επαγγελματία υγείας για την εργασία του T-A.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τις απαντήσεις των πέντε χωρών προκύπτει η ύπαρξη ομοιοτήτων ως προς τη διάρκεια σπουδών. Το πτυχίο του T-A δεν είναι πανεπιστημιακού επιπέδου σε όλες τις χώρες, γεγονός

Πίνακας 3

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 2: Πόσα έτη σπουδών χρειάζονται για την απόκτηση του πτυχίου αυτού;	
Ελβετία	3 έτη πλήρους απασχόλησης.
Ελλάδα	2 έτη (μετά-δευτεροβάθμια εκπαίδευση) ή 4 έτη (τριτοβάθμια εκπαίδευση) πλήρους απασχόλησης.
Ιρλανδία	4 έτη πλήρους απασχόλησης.
Κύπρος	Δεν υπάρχει εθνική σχολή πανεπιστημιακού επιπέδου. Υπάρχουν δύο ιδιωτικές σχολές με τριετή εκπαίδευση και σχεδιάζεται να επεκταθεί η διάρκεια σπουδών στα 4 έτη.
Πολωνία	2 ή 3 έτη (πανεπιστημιακό επίπεδο στη δεύτερη περίπτωση).

Πίνακας 4

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 3: Οι σπουδές πραγματοποιούνται μόνο σε εκπαιδευτικά ιδρύματα ή και σε νοσοκομεία και αν ναι, πώς κατανέμονται χρονικά τα έτη σπουδών στους φορείς αυτούς;	
Ελβετία	50% νοσοκομειακή πρακτική πλήρους απασχόλησης και 50% θεωρητική.
Ελλάδα	Τριτοβάθμια εκπαίδευση: 45% νοσοκομειακή πρακτική πλήρους απασχόλησης και 55% θεωρητική. Μετά-δευτεροβάθμια εκπαίδευση: 0% νοσοκομειακή πρακτική και 100% θεωρητική.
Ιρλανδία	Δεν αναφέρεται ποσοστό, αλλά υπάρχει νοσοκομειακή πρακτική.
Κύπρος	20% νοσοκομειακή πρακτική και 80% θεωρητική.
Πολωνία	30% νοσοκομειακή πρακτική και 70% θεωρητική.

που πρέπει να αλλάξει προκειμένου να υπάρχει ενιαίο επίπεδο σύγκρισης των πτυχίων μεταξύ των χωρών (πρώτος στόχος της Συνθήκης της Μπολόνια). Δεδομένου ότι δεν μπορούν να υποβαθμιστούν τα πτυχία των κρατών στα οποία το πτυχίο είναι πανεπιστημιακού επιπέδου, επιβάλλεται η αναβάθμιση των πτυχίων σε πανεπιστημιακά στις χώρες στις οποίες δε συμβαίνει αυτό τροποποιώντας τη διάρκεια σπουδών, εφόσον απαιτείται. Η αναβάθμιση δεν πρέπει να είναι τυπική, αλλά ουσιαστική, με τη βελτίωση ενδεχομένως και άλλων υφιστάμενων αδυναμιών του εκπαιδευτικού συστήματος[14].

Το πρόγραμμα σπουδών κάθε χώρας περιλαμβάνει νοσοκομειακή πρακτική εξάσκηση σε ποσοστό 20-50% των συνολικών ωρών διδασκαλίας, αναγόμενο σε πλήρες ωράριο. Ο εμπλουτισμός του προγράμματος σπουδών με νοσοκομειακή πρακτική εξοικειώνει το σπουδαστή με την ορθή διαχείριση ασθενών και τον τοποθετεί σε ένα πλαίσιο πραγματικών συνθηκών εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, ο σπουδαστής πρέπει να έχει την ευκαιρία της εφαρμογής σχεδόν όλων θεωρητικών πτυχών του κλάδου του, γεγονός που προϋποθέτει την παρουσία τόσο υλικοτεχνικής υποδομής όσο και κατάλληλα εκπαιδευμένου προσωπικού στα νοσοκομεία που συμμετέχουν στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα. Τα νοσοκομεία αυτά θα πρέπει να πιστοποιούνται από έναν αρμόδιο φορέα προκειμένου να πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις.

Σε καμία χώρα δεν επιτρέπεται σε μη πτυχιούχο να εργαστεί σε θέση T-A. Αναφέρεται, ωστόσο, ότι στην Ελλάδα και στην Κύπρο, ιδιαίτερα κατά το παρελθόν, υπήρξαν αρκετά φαινόμενα τέτοιας παρατυπίας. Είναι αυτονόητο ότι τέτοιες πρακτικές είναι επικίνδυνες όχι μόνο για τους ασθενείς αλλά και για τον ίδιο τον εργαζόμενο. Η χρήση ιοντιζουσών ακτινοβολιών για ιατρικές εφαρμογές πρέπει να πραγματοποιείται από κατάλληλα εκπαιδευμένα άτομα βάσει εθνικής νομοθεσίας[15].

Η άδεια άσκησης επαγγέλματος είναι αναγκαία για την προστασία της δημόσιας υγείας και κατ' επέκταση της ασφάλειας των ίδιων των ασθενών, εφόσον η έκδοσή της γενικά προϋποθέτει ολοκλήρωση σπουδών σε ειδικό κατά περίπτωση αντικείμενο. Στην Ελλάδα δεν έχει θεσμοθετηθεί ακόμα αυτό που ισχύει για άλλες ειδικότητες, δηλαδή η αναγκαιότητα κατοχής άδειας άσκησης επαγγέλματος για πτυχιούχους T-A, ενώ ακόμα διερευνάται το νομικό πλαίσιο εφαρμογής της[16, 17].

Σε καμία χώρα δε φαίνεται να υπάρχει ακόμα πλήρως οργανωμένο μητρώο των πτυχιούχων T-A και σύνδεση με μονάδες CPD, με εξαίρεση την Ιρλανδία, στην οποία αναμένεται. Η εφαρμογή του μητρώου με ετήσια ανανέωση της εγγραφής και η σύνδεσή του με το σύστημα μονάδων CPD δημιουργεί τις προϋποθέσεις που εξασφαλίζουν τη συνεχή ενημέρωση του T-A για τις τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας στον τομέα του. Με το σύστημα μονάδων CPD ευνοείται η απόκτηση νέων γνώσεων, η ανάπτυξη ικανοτήτων βέλτιστης διαχείρισης των ασθενών και επίλυσης κλινικών προβλημάτων και η παροχή καλύτερης ποιότητας υπηρεσιών υγείας. Το σύστημα CPD έχει αποδώσει τα αναμενόμενα σε άλλους επαγγελματίες υγείας, αλλά έχει εφαρμοστεί αποδοτικά και στους T-A άλλων χωρών[18 – 20].

Κατά κανόνα, ο T-A και στις πέντε χώρες που συμμετείχαν στην έρευνα έχει τη δυνατότητα να εργαστεί σχεδόν σε οποιοδήποτε τμήμα απεικόνισης-θεραπείας και να εκτελεί μέρος των εργασιών του υπό επίβλεψη[15]. Η ελευθερία του να υπάρχει επι-

Πίνακας 5

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 4: Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και νοσοκομεία είναι αναγνωρισμένα και ποιος φορέας είναι υπεύθυνος για την αναγνώρισή τους;

Ελβετία	Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πιστοποιούνται από εθνικό φορέα (Bundertsamt für Berufsbildung). Τα νοσοκομεία όχι.
Ελλάδα	Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πιστοποιούνται από εθνικό φορέα (Υπουργείο Παιδείας και Δια Βίου Μάθησης). Τα νοσοκομεία όχι.
Ιρλανδία	Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πιστοποιούνται από ειδικό φορέα (IIRRT*).
Κύπρος	Τα εκπαιδευτικά ιδρύματα πιστοποιούνται από το Υπουργείο Παιδείας ή από Ευρωπαϊκά αναγνωρισμένα ιδρύματα εκπαίδευσης T-A.
Πολωνία	Υπάρχει πιστοποίηση από εθνικό φορέα (Polish Centre of Accreditation) για τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και για τα νοσοκομεία.

Πίνακας 6

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 5: Υπάρχει εθνικά αναγνωρισμένο πρόγραμμα σπουδών για T-A;

Ελβετία	Ναι.
Ελλάδα	Ναι.
Ιρλανδία	Ναι.
Κύπρος	Ναι. Υπάρχουν δύο διαφορετικά προγράμματα σπουδών. Ένα από το πανεπιστήμιο της Κύπρου και ένα από πανεπιστήμιο του εξωτερικού.
Πολωνία	Ναι.

λογή για εργασία σε κάθε τμήμα ιοντιζουσών και μη ακτινοβολιών αποτελεί πλεονέκτημα γιατί διευρύνει τις επαγγελματικές δυνατότητες απασχόλησης. Πρακτικά, ωστόσο, ο T-A εξειδικεύεται σε ένα μόνο τμήμα όταν η απασχόληση καταστεί μακροχρόνια, οπότε, συνειδητά ή υποσυνειδητά, περιορίζεται σε συγκεκριμένους χώρους εργασίας και καθορισμένες εφαρμογές. Ο T-A πάντως δε φαίνεται να έχει θέση σε τμήματα Υπερήχων (εξαιρείται

Πίνακας 7

Θ.Ε. Α - Ερώτηση 6: Υπάρχει δυνατότητα εργασίας ως T-A χωρίς την κατοχή του κατάλληλου πτυχίου (ανεξαρτήτως νομοθεσίας);

Ελβετία	Όχι.
Ελλάδα	Όχι, αν και υπήρξε κατά το παρελθόν μεγάλος αριθμός τέτοιων περιπτώσεων.
Ιρλανδία	Όχι.
Κύπρος	Όχι, παρόλο που στο παρελθόν υπήρχε η δυνατότητα αυτή.
Πολωνία	Όχι.

Πίνακας 8

Θ.Ε. Β - Ερώτηση 1: Υπάρχει άδεια άσκησης επαγγέλματος στη χώρα σας και αν ναι, ποιος φορέας την εκδίδει;

Ελβετία	Ναι. Εκδίδεται από εθνικό φορέα (Bundersamt für Berufsbildung).
Ελλάδα	Όχι. Γίνονται εντατικές προσπάθειες καθιέρωσης έκδοσης άδειας άσκησης επαγγέλματος τα τελευταία χρόνια.
Ιρλανδία	Ναι. Εκδίδεται από το Υπουργείο Υγείας.
Κύπρος	Ναι. Από το 2012 υπάρχει αναγνωρισμένος φορέας που πιστοποιεί όλους τους πτυχιούχους προκειμένου να μπορούν να εργαστούν. Οι παλαιότεροι εργαζόμενοι καταγράφονται αυτόματα.
Πολωνία	Όχι.

Πίνακας 9

Θ.Ε. Β - Ερώτηση 2: Είναι υποχρεωτική η άδεια άσκησης επαγγέλματος (αν υπάρχει) προκειμένου να εργαστεί κάποιος ως T-A;

Ελβετία	Ναι.
Ελλάδα	Όχι.
Ιρλανδία	Όχι.
Κύπρος	Όχι. Ένας εργοδότης μπορεί να προσλάβει κάποιον ως διοικητικό υπάλληλο και να τον τοποθετήσει σε θέση T-A.
Πολωνία	Όχι.

Πίνακας 10

Θ.Ε. Β - Ερώτηση 3: Υπάρχουν διαφορετικά επαγγελματικά επίπεδα T-A; Συνδέεται η διαφοροποίηση αυτή με την άδεια άσκησης επαγγέλματος;

Ελβετία	Δεν υπάρχουν.
Ελλάδα	Όσοι έχουν τελειώσει την τριτοβάθμια εκπαίδευση (4 έτη σπουδών) έχουν μισθολογικό όφελος σε σχέση με όσους έχουν τελειώσει τη μετά-δευτεροβάθμια εκπαίδευση (2 έτη σπουδών).
Ιρλανδία	Δεν υπάρχουν.
Κύπρος	Αναφέρεται T-A ως προϊστάμενος τμήματος χωρίς ιδιαίτερα προσόντα (προϊτηρεσία και ίσως πανεπιστημιακού επιπέδου πτυχίο).
Πολωνία	Δεν υπάρχουν.

Πίνακας 11

Θ.Ε. Β - Ερώτηση 4: Υπάρχουν διαφορές ως προς τα καθήκοντα και τις υποχρεώσεις των διαφορετικών επαγγελματικών επιπέδων που αναφέρθηκαν;

Ελβετία	Δεν υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα.
Ελλάδα	Όχι.
Ιρλανδία	Δεν υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα.
Κύπρος	Κυρίως στα διοικητικά καθήκοντα.
Πολωνία	Δεν υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα.

η Ιρλανδία), μία εξέταση που εκτελείται αποκλειστικά από Ιατρούς Ακτινολόγους. Εξάλλου, η χορήγηση ουσιών προϋποθέτει την παρουσία Ιατρού. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι η συγκεκριμένη πρακτική αποτελεί ιατρική πράξη, συνεπώς πρέπει να υποστηρίζεται από επαγγελματία ανάλογης επιστημονικής εκπαίδευσης και τεχνικής κατάρτισης.

Συμπερασματικά, είναι θεμιτή και απαραίτητη η εφαρμογή ενός ποιοτικού πλαισίου εκπαίδευσης και κατάρτισης του T-A στη χώρα μας που θα εξασφαλίσει την αναγνώριση και την καταξίωσή του στο χώρο εργασίας. Ωστόσο, δεν αρκεί η ύπαρξη ενός ενημερωμένου και καταρτισμένου T-A για την εξασφάλιση της ποιότητας της εργασίας, αλλά η στελέχωση των τμημάτων θα πρέπει να είναι επαρκής και από ποσοτική άποψη. Συνεπώς, είναι αναγκαία η συγγραφή κατευθυντήριων γραμμών οι οποίες θα ορίζουν τον ελάχιστο αναγκαίο αριθμό T-A για ένα εργαστήριο ιοντιζουσών ή μη ακτινοβολιών, σε συνάρτηση με την κατά περίπτωση υλικοτεχνική υποδομή, το φόρτο εργασίας, το είδος διαγνωστικών και θεραπευτικών εφαρμογών, τις εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες και λοιπές παραμέτρους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τους Mrs. Daniela Herling, Αντιπρόεδρο του Swiss Association of radiological technologists, Mr. Edel Dempsey, Γραμματέα του Irish Institute of Radiography & Radiation Therapy, Mr. Photis Kollas, T-A στο Diagnosis MRI Center της Κύπρου, Mrs. Anna Kowalik, Αντιπρόεδρο του Polish Society of Electroradiology και Mrs. Jolanda Tomczak, μέλος του Polish Society of Electroradiology για τη σημαντική συμβολή τους στην παρούσα εργασία.

Πίνακας 12

Θ.Ε. Γ - Ερώτηση 1: Υπάρχει μητρώο καταγραφής T-A και αν ναι είναι υποχρεωτική η καταγραφή;

Ελβετία	Υπάρχει, αλλά δεν είναι υποχρεωτική η εγγραφή.
Ελλάδα	Όχι.
Ιρλανδία	Αναμένεται. Η καταγραφή θα είναι υποχρεωτική.
Κύπρος	Υπάρχει μητρώο καταγραφής T-A με υποχρεωτική εγγραφή.
Πολωνία	Όχι.

Πίνακας 13

Θ.Ε. Γ - Ερώτηση 2: Υπάρχει μηχανισμός ανανέωσης της εγγραφής στο μητρώο; Περιλαμβάνει μηχανισμό καταγραφής μονάδων συνεχιζόμενης επαγγελματικής ανάπτυξης (CPD);	
Ελβετία	Δεν υπάρχει.
Ελλάδα	Δεν υπάρχει.
Ιρλανδία	Η εγγραφή στο μητρώο θα ανανεώνεται ετησίως. Οι μονάδες CPD θα απαιτούνται.
Κύπρος	Η εγγραφή στο μητρώο ανανεώνεται ετησίως χωρίς να υπάρχει ενημέρωση ως προς τη CPD.
Πολωνία	Δεν υπάρχει.

Πίνακας 15

Θ.Ε. Δ - Ερώτηση 1: Μπορεί ο T-A να εργαστεί σε οποιοδήποτε τμήμα ή εξειδικεύεται σε ένα μόνο (π.χ. Ακτινοδιάγνωση, Ακτινοθεραπεία, Πυρηνική Ιατρική, κ.α.);	
Ελβετία	Μπορεί να εργαστεί σε οποιοδήποτε τμήμα (εκτός Υπερήχων).
Ελλάδα	Μπορεί να εργαστεί σε οποιοδήποτε τμήμα (εκτός Υπερήχων).
Ιρλανδία	Οι τεχνολόγοι ακτινοθεραπείας είναι ξεχωριστός κλάδος. Οι υπόλοιποι μπορούν να εργαστούν σε οποιοδήποτε τμήμα (και στους Υπερήχους, αρκεί να έχουν MSc στον τομέα αυτόν).
Κύπρος	Μπορεί να εργαστεί μόνο σε Ακτινοδιαγνωστικά τμήματα (όχι σε τμήματα Πυρηνικής Ιατρικής, Ακτινοθεραπείας ή Υπερήχων).
Πολωνία	Ναι. Μπορεί να εργαστεί σε οποιοδήποτε τμήμα.

Πίνακας 14

Θ.Ε. Γ - Ερώτηση 3: Υπάρχει η δυνατότητα μεταπτυχιακών σπουδών στη χώρα σας και αν ναι, πόσες θεματικές ενότητες καλύπτει (πάνω από 5, μεταξύ 3 και 4 ή κάτω από 3);	
Ελβετία	Υπάρχουν λίγες επιλογές για ενδιάμεσο πτυχίο μεταξύ BSc και MSc*.
Ελλάδα	Προς το παρόν μόνο μία.
Ιρλανδία	Πολλές επιλογές. Καλύπτουν όλους τους τομείς (CT, MRI, Πυρηνική Ιατρική, Υπέρηχους, Ακτινοθεραπεία).
Κύπρος	Όχι.
Πολωνία	Υπάρχουν πολλές επιλογές για Master of Science (MSc) και Διδακτορικό (PhD).

*Το πτυχίο αναφέρεται ως *diploma/CAS*. Ταξινομείται μεταξύ *Bachelor of Science* και *Master of Science*.

Πίνακας 16

Θ.Ε. Δ - Ερώτηση 2: Μπορεί ο T-A να εκτελέσει την εργασία του αυτόνομα ή απαιτείται η επίβλεψη από ιατρό ή άλλο επαγγελματία υγείας;	
Ελβετία	Η χορήγηση φαρμάκων και σκιαγραφικών μέσων γίνεται υπό την επίβλεψη ιατρού.
Ελλάδα	Απαιτείται παρουσία ιατρού ακτινολόγου ή ακτινοφυσικού για ορισμένες εργασίες (χορήγηση σκιαγραφικών μέσων, παρασκευή ραδιοφαρμάκων, κ.α.).
Ιρλανδία	Απαιτείται παρουσία Οδοντίατρου ή Ιατρού Ακτινολόγου για ορισμένες εργασίες.
Κύπρος	Δεν υπάρχει νομικό πλαίσιο που να υποχρεώνει την παρουσία ιατρού ή άλλου επαγγελματία υγείας για την εκτέλεση των καθηκόντων του T-A.
Πολωνία	Δεν απάντησε στη συγκεκριμένη ερώτηση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- The future role of radiology in healthcare, European Society of Radiology 2009, Published online 2010 January 16, doi: 10.1007/s13244-009-0007-x
- S. Chan, The importance of strategy for the evolving field of radiology, Radiology, 2002 Sep;224(3):639-48.
- Προεδρικό διάταγμα υπ' αριθμ. 164, ΦΕΚ 118/Α/14-6-1996.
- The Bologna Declaration (1999), <http://bologna-bergen2005.no>
- Migration and migrant population statistics, European Commission – Eurostat, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Europa – European Union, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-08-1729_en.htm
- Directive 2005/36/EC of the European Parliament and of the Council of 7 September 2005 on the recognition of professional qualifications (2005), Official Journal of the European Communities No. L255, 30.9.2005; p. 22-142.
- Continuing Professional Development, From Wikipedia, the free encyclopedia http://en.wikipedia.org/wiki/Continuing_professional_development
- Piotr Lass, Nuclear medicine technologists' training in different countries – A comparison, Nuclear Medicine Review, 2001, Vol. 4, No. 2, pp. 65.68.
- A.P. Stefanoyiannis, S. Christofides, K. Psichis et al. The Education and training of clinical medical physicists in 25 European, 2 North American and 2 Australasian countries: Similarities and differences, EJMP, 2012, Vol.28, p. 183-190.
- Οργάνωση του εκπαιδευτικού συστήματος στην Ελλάδα 2009/2010, Euridyce http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/eurybase/eurybase_full_reports/EL_EL.pdf
- N. 4024/2011 (ΦΕΚ 226 Α'), Εθνικό Τυπογραφείο, www.et.gr
- International Committee of the Red Cross. www.icrc.org
- International Society of Radiographers & Radiological Technologists, http://www.isrrt.org/isrrt/Education_Standards.asp
- Κανονισμοί Ακτινοπροστασίας, ΦΕΚ 216Β/2001, www.eeae.gr
- Οριστικοποίηση πινάκων με ειδικότητες για τις οποίες απαιτείται άδεια άσκησης επαγγέλματος, ΔΟΑ/Φ.13/137/οικ. 3902/13-02-2007, Υπουργείο Εσωτερικών.
- Ομοσπονδία Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδος, <http://www.otae.gr/νεότερα-περι-της-αδειας-ασκησης-επαγγ/>
- EFOMP Policy Statement No. 8: Continuing Professional Development for the Medical Physicist. Physica Medica 1998; XIV(2), 81-3.
- EFOMP Policy Statement No. 10: Recommended Guidelines on National Schemes for Continuing Professional Development of Medical Physicists. Physica Medica 2001; XVII(2), 97-101.
- The American Registry of Radiologic Technologists, <https://www.arrt.org/Certification>

Δομή μελέτης ακτινοπροστασίας ραδιονουκλιδικής θεραπείας νευροενδοκρινών όγκων μέσω πεπτιδικών υποδοχέων

Α. Βαρσαμίδης, Μ. Χαθικιά, Α.Π. Στεφανογιάννης
Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών "Αττικόν"

Η εμφάνιση νευροενδοκρινών όγκων έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, καθιστώντας σημαντική την έγκαιρη και έγκυρη διάγνωση καθώς και την αποτελεσματική τους αντιμετώπιση. Η στοχευμένη ραδιονουκλιδική θεραπεία μέσω πεπτιδικών υποδοχέων αποτελεί μια σύγχρονη θεραπεία των νευροενδοκρινών όγκων. Για την πραγματοποίησή της απαιτείται η υποβολή και έγκριση μελέτης ακτινοπροστασίας. Στην παρούσα εργασία, περιγράφονται αναλυτικά τα δομικά στοιχεία της μελέτης, ώστε να προσφέρεται το βέλτιστο αποτέλεσμα στον ασθενή, καλύπτοντας όλες τις πτυχές ακτινοπροστασίας για τα εμπλεκόμενα άτομα και το περιβάλλον.

The prevalence of neuroendocrine tumors has increased during the last decades. This fact necessitates their early and accurate detection, followed by the application of an efficient therapeutic scheme. Peptide receptor radionuclide therapy constitutes a modern treatment approach. Its clinical implementation requires prior submission and approval of a radiation protection study. In this work, the key elements of such a study are presented, aiming at the optimization of the services provided to the patient, also dealing with radiation protection issues of all individuals involved and the environment.

Λέξεις κλειδιά:

νευροενδοκρινείς όγκοι, ραδιονουκλιδική θεραπεία μέσω πεπτιδικών υποδοχέων, μελέτη ακτινοπροστασίας, Y-90, Lu-177.

Key words:

neuroendocrine tumors, peptide receptor radionuclide therapy, radioprotection study, Y-90, Lu-177.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί αύξηση στην εμφάνιση νευροενδοκρινών όγκων (Neuro Endocrine Tumors - NETs), καθιστώντας σημαντική την ενασχόληση με τη συγκεκριμένη μορφή καρκίνου. Η θεραπευτική προσέγγιση των NETs περιλαμβάνει τη χειρουργική επέμβαση, την επεμβατική ακτινολογία, τη φαρμακευτική αντιμετώπιση με χορήγηση αναλόγων σωματοστατίνης, τη χημειοθεραπεία, το χημειοεμβολισμό, την ακτινοθεραπεία ή συνδυασμό αυτών.

Η στοχευμένη ραδιονουκλιδική θεραπεία μέσω πεπτιδικών υποδοχέων (Peptide Receptor Radionuclide Therapy - PRRT) αποτελεί μια σύγχρονη θεραπεία των NETs. Η θεραπεία βασίζεται στη μεταφορά β-εκπομπών στον όγκο με φορέα ειδικό πεπτίδιο. Το πεπτίδιο αυτό προσκολλάται σε κατάλληλους υποδοχείς σωματοστατίνης των καρκινικών κυττάρων, με συνέπεια την εσωτερική ακτινοβολή του όγκου.

Για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης θεραπείας απαιτείται η υποβολή μελέτης ακτινοπροστασίας από τον ακτινοφυσικό του εργαστηρίου στην ελέγχουσα αρχή (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας - ΕΕΑΕ). Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζεται η ύπαρξη ιατρικών γνώσεων, τεχνικών δεξιοτήτων και υλικοτεχνικής υποδομής για την αποτελεσματική και ασφαλή εφαρμογή της PRRT σε NETs.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή των αναγκαίων δομικών στοιχείων μελέτης ακτινοπροστασίας της PRRT σε NETs.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΟΥ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Το θεραπευτικό ραδιοφάρμακο που χρησιμοποιείται για την

Πίνακας 1: Κύρια χαρακτηριστικά του ραδιοφαρμάκου στην PRRT σε NETs

Ψυχρή ουσία	Ραδιοϊσότοπο
Πεπτίδιο	Φυσικός χρόνος ημιζωής
Χηλικός παράγοντας	Είδος εκπεμπόμενης ακτινοβολίας
	Ενέργεια εκπεμπόμενης ακτινοβολίας

PRRT=Peptide Receptor Radionuclide Therapy

NETs=Neuro-Endocrine Tumors

εφαρμογή της PRRT αποτελείται από μία ψυχρή ουσία και ένα ραδιοϊσότοπο. Οι κύριες παράμετροι οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά τη συγγραφή της μελέτης ακτινοπροστασίας παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Η ψυχρή ουσία αποτελείται από ένα πεπτίδιο και ένα χηλικό παράγοντα. Ο ρόλος του πεπτιδίου είναι η στοχευμένη μεταφορά του ραδιοϊσοτόπου στον όγκο. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω της υψηλής συγγένειας του πεπτιδίου με συγκεκριμένους υποδοχείς σωματοστατίνης των καρκινικών κυττάρων. Τυπικά πεπτίδια που χρησιμοποιούνται είναι το Tyr3-octreotide (TOC) και το Tyr3-octreotate (TATE). Το πεπτίδιο επιλογής βρίσκεται σε σύζευξη με ένα χηλικό παράγοντα, τον DOTA, ο οποίος εξασφαλίζει τη σταθερότητα της ένωσης του πεπτιδίου με το ραδιοϊσότοπο.

Ο ρόλος του ραδιοϊσοτόπου είναι η εναπόθεση ενέργειας στον όγκο. Για το λόγο αυτό είναι κατάλληλη η χρήση β-εκπομπού υψηλής ενέργειας ούτως ώστε η εναπόθεση ενέργειας να πραγματοποιείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου σε μικρή εμβέλεια, ισοδύναμη του μεγέθους των όγκων. Τα ραδιοϊσότοπα που χρησιμοποιούνται στην PRRT των NETs είναι το Y-90 και το Lu-177.

Προκειμένου να επιτευχθεί το καλύτερο θεραπευτικό αποτέλεσμα, είναι αναγκαία η διενέργεια εκτιμήσεων εσωτερικής δοσιμετρίας στον ασθενή. Επίσης, για λόγους ακτινοπροστασίας, είναι απαραίτητη η εκτίμηση της δόσης στα εμπλεκόμενα άτομα. Προϋπόθεση για τη διενέργεια ορθών δοσιμετρικών εκτιμήσεων αποτελεί η γνώση των φυσικών σταθερών των θεραπευτικών ραδιοϊσοτόπων (Πίνακας 2). Αυτές περιλαμβάνουν: το φυσικό χρόνο ημιζωής τα είδη εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (α,β,γ) τις αντίστοιχες ενέργειες καθώς και τα ποσοστά τους τη διεισδυτικότητα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας σε καίρια μέσα απορρόφησης (ιστοί, Pb) σε περίπτωση εκπομπής γ-ακτινοβολίας, την τιμή της σταθεράς Γ20

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Ενδείξεις θεραπείας

Για την έναρξη μιας PRRT απαιτείται να ικανοποιούνται οι παρακάτω ενδείξεις: υπερέκφραση υποδοχέων σωματοστατίνης τύπου sst2 και sst5, πιστοποιημένη από θετικό σπινθηρογράφημα με χρήση Octreoscan μη χειρουργήσιμος όγκος, πιστοποιημένος με υπολογιστική τομογραφία ή υπερηχογράφημα προσδόκιμο ζωής άνω των 6 μηνών

Αντενδείξεις θεραπείας

Αντενδείξεις εφαρμογής της PRRT είναι οι παρακάτω: ασθενείς που δεν ικανοποιούν τα παραπάνω κριτήρια παιδιατρικοί

ασθενείς γυναίκες σε κατάσταση εγκυμοσύνης ή θηλασμού ασθενείς με ιστορικό σε αλλεργίες από παρόμοια σύμπλοκα του συγκεκριμένου ραδιοφαρμάκου προβλήματα στους νεφρούς είτε από σοβαρές ανωμαλίες που ήδη υπάρχουν, είτε από λήψη φαρμακευτικής αγωγής που δυσχεραίνουν τη λειτουργία τους προηγούμενη χημειοθεραπεία σε μικρότερο χρονικό διάστημα του ενός μηνός προηγούμενη εξωτερική ακτινοθεραπεία στην οποία υπήρχε έκθεση του μυελού των οστών σε ποσοστό μεγαλύτερο του 25% προηγούμενη εξωτερική ακτινοθεραπεία σε διάστημα μικρότερο των 2 μηνών, στην οποία έγινε χορήγηση δόσεων ικανών να προκαλέσουν αυξημένη μυελοτοξικότητα

Πλάνο θεραπείας

Για την έναρξη μιας PRRT απαιτείται ένα πλάνο εξατομικευμένο στον εκάστοτε ασθενή, το οποίο περιγράφει αναλυτικά τη συνολικά χορηγούμενη δόση, τον αριθμό των συνεδριών, τη χορηγούμενη δόση ανά συνεδρία καθώς και το μεσοδιάστημα μεταξύ τους. Για λόγους βελτιστοποίησης του θεραπευτικού αποτελέσματος και ακτινοπροστασίας θα πρέπει, σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές κατευθυντήριες γραμμές, να πραγματοποιούνται δοσιμετρικές εκτιμήσεις στον ασθενή. Η αξιοπιστία των δοσιμετρικών εκτιμήσεων βασίζεται στην επαρκή εξομοίωση της συμπεριφοράς του θεραπευτικού ραδιοφαρμάκου εξατομικευμένα για τον εκάστοτε ασθενή. Το απεικονιστικό ραδιοφάρμακο που χρησιμοποιείται για την εξομοίωση πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Η ψυχρή ουσία ιδανικά είναι ίδια με αυτή του θεραπευτικού σκευάσματος. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να έχει παρεμφερείς ιδιότητες, ώστε να εξασφαλίζεται ο ίδιος τρόπος καθήλωσης στους NETs. Ως προς το ραδιοϊσότοπο, χρήση απεικονιστικού ραδιοϊσοτόπου μικρού χρόνου ημιζωής επιτρέπει τη συλλογή πληροφοριών για τη φαρμακοκινητική του ραδιοφαρμάκου σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η σπινθηρογραφική απεικόνιση του ασθενή σε κατάλληλα επιλεγμένες χρονικές στιγμές επιτρέπει την εύρεση της χρονικής μεταβολής της ενεργότητας κάθε περιοχής ενδιαφέροντος για το απεικονιστικό ραδιοφάρμακο. Επεξεργασία των στοιχείων αυτών, ακολουθώντας τη μεθοδολογία της επιτροπής MIRD (Medical Internal Radiation Dose committee), οδηγεί στην εκτίμηση της απορροφούμενης δόσης ανά μονάδα χορηγούμενης ενεργότητας (mSv/MBq) τόσο του όγκου όσο και των κρίσιμων οργάνων για κάθε συνεδρία για το θεραπευτικό ραδιοφάρμακο. Με βάση τα στοιχεία αυτά και λαμβάνοντας υπ' όψιν την ακτινική επιβάρυνση των κρίσιμων οργάνων εφαρμόζεται ένα εξατομικευμένο πλάνο θεραπείας.

Πίνακας 2: Φυσικές σταθερές ραδιοϊσοτόπων που χρησιμοποιούνται στην PRRT σε NETs

Φυσικές σταθερές	Y-90	Lu-177
Φυσικός χρόνος ημιζωής (ημέρες)	2.67	6.73
Είδος εκπεμπόμενης ακτινοβολίας	β	β και γ
Ενέργεια (MeV)/ποσοστό	β :2.28/99.9%	β :0.177/17%, 0.385/9%, 0.498/79% γ :0.113/6.5%, 0.208/11%
Μέγιστη/Μέση διεισδυτικότητα β σωματιδίων στους ιστούς (mm)	11.3/4.1	2.0/0.5
HVL γ φωτονίων στο Pb (mm)	-	0.6
Γ 20 (mSv m ² /MBq hr)	-	7.63X10 ⁻⁶

PRRT=Peptide Receptor Radionuclide Therapy

NETs=Neuro-Endocrine Tumors

HVL=Half Value Layer

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ –ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΟΥ

Παρασκευή ραδιοφαρμάκου

Το ραδιοφάρμακο είτε παραδίδεται προπαρασκευασμένο στην Μονάδα Πυρηνικής Ιατρικής (ΜΠΙ) οπότε γίνεται άμεσα η ετοιμασία της δόσης, είτε παρασκευάζεται στο θερμό εργαστήριο. Στη δεύτερη περίπτωση καταγράφεται στη μελέτη επαρκώς η διαδικασία παρασκευής του. Κατά την παρασκευή απαιτείται ειδικός εξοπλισμός ακτινοπροστασίας, ο οποίος περιγράφεται αναλυτικά ως προς το υλικό και τις διαστάσεις του. Τέτοιος εξοπλισμός περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών γαντιών, λαβίδων, θωρακίσσεων φιαλιδίων και συριγγών. Επίσης, είναι αναγκαία η διενέργεια χρωματογραφικού ελέγχου της ραδιοχημικής καθαρότητας του ραδιοφαρμάκου, είτε από πρόσφατες μετρήσεις εγγράφως πιστοποιημένες από την προμηθευτή εταιρεία είτε εντός της ΜΠΙ. Σε περίπτωση ανεπαρκούς τιμής της ραδιοχημικής καθαρότητας το ραδιοφάρμακο θεωρείται ακατάλληλο για χορήγηση και αντιμετωπίζεται ως ραδιενεργό κατάλοιπο.

Χορήγηση ραδιοφαρμάκου

Στο στάδιο της χορήγησης περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία της χορήγησης του ραδιοφαρμάκου, συμπεριλαμβανομένου και του χορηγούντος ατόμου. Επίσης αναλύεται ο τρόπος της χορήγησης διαλύματος αμινοξέων για την ελαχιστοποίηση της ραδιοτοξικότητας των νεφρών. Η χορήγηση πραγματοποιείται με αργό ρυθμό, οπότε λόγω της μεγάλης διάρκειάς της απαιτείται η περιγραφή των χαρακτηριστικών του προστατευτικού περιβλήματος του ραδιοφαρμάκου, για τη διασφάλιση επαρκών συνθηκών ακτινοπροστασίας.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΣΘΕΝΗ

Παραμονή στο νοσοκομείο –Εξιτήριο

Ο ασθενής παραμένει στην ΜΠΙ καθ' όλη τη διάρκεια χορήγησης του ραδιοφαρμάκου και του διαλύματος αμινοξέων. Στη συνέχεια, μετράται ο ρυθμός της έκθεσης σε τυπικές αποστάσεις

από το χορηγηθέντα ασθενή, προκειμένου να προσδιοριστεί αν επιτρέπεται η απομάκρυνσή του από το νοσοκομείο ή απαιτείται περαιτέρω παραμονή. Σε περίπτωση νοσηλείας, καθορίζεται ο χώρος και η απαιτούμενη διάρκεια. Ο ασθενής λαμβάνει εξιτήριο όταν ο ρυθμός έκθεσης σε τυπικές αποστάσεις από αυτόν είναι τέτοιος ώστε να μην πραγματοποιείται υπέρβαση των προβλεπόμενων, από την εθνική νομοθεσία, ορίων δόσης και περιοριστικών επιπέδων δόσης (ΠΕΔ). Για τη διασφάλιση των ανωτέρω, ο ασθενής κατά την έξοδό του από το νοσοκομείο λαμβάνει κατάλληλες οδηγίες ακτινοπροστασίας.

Παρακολούθηση ασθενή

Η παρακολούθηση του ασθενή αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της θεραπείας. Πραγματοποιείται σε προκαθορισμένες στιγμές στα μεσοδιαστήματα των συνεδριών, καθώς και σε τακτά και σε βάθος μηνών χρονικά διαστήματα μετά το πέρας της τελευταίας συνεδρίας. Στόχος στην πρώτη περίπτωση είναι ο προσδιορισμός κάποιας αναγκαίας αλλαγής στο πλάνο θεραπείας, ενώ στη δεύτερη είναι η αξιολόγηση της ανταπόκρισης του ασθενή στη θεραπεία. Αυτοί οι στόχοι εκπληρώνονται με μια σειρά ελέγχων, οι οποίοι προσδιορίζουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Η ασφάλεια της θεραπείας προϋποθέτει τον έλεγχο της τοξικότητας και λειτουργικότητας των κρίσιμων οργάνων. Προσδιορίζεται με εργαστηριακούς ελέγχους, που περιλαμβάνουν αιματολογικές και ουρολογικές εξετάσεις και με απεικονιστικούς ελέγχους, όπως το σπινθηρογράφημα νεφρών όπου αξιολογείται η τοξικότητα και λειτουργία των νεφρών. Τα κριτήρια που περιγράφουν την τοξικότητα των κρίσιμων οργάνων ορίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization-WHO criteria) ή από το Εθνικό Ινστιτούτο Καρκίνου της Αμερικής (US National Cancer Institute Common Toxicity Criteria-NCI CTC). Η αποτελεσματικότητα της θεραπείας καθορίζεται από την ανταπόκριση του όγκου σε αυτήν και από τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενή. Ο ασθενής

υποβάλλεται σε βιοχημικούς ελέγχους καρκινικών δεικτών και σε απεικονιστικούς ελέγχους όπως υπολογιστική τομογραφία, σπινθηρογράφημα, υπερηχογράφημα, μαγνητική τομογραφία. Τα κριτήρια ανταπόκρισης του όγκου στη θεραπεία ορίζονται από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO criteria) ή από το φορμαλισμό κριτηρίων RECIST (Response Evaluation Criteria in Solid Tumors-RECIST criteria). Με βάση τα κριτήρια αυτά εξετάζεται αν υπάρχει πλήρης ανταπόκριση, μερική ανταπόκριση, σταθεροποίηση της ασθένειας ή προοδευτική εξέλιξή της. Τέλος, με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων σχετικών με πιθανές παρενέργειες της θεραπείας σύμφωνα με τα κριτήρια NCI-CTC και WHO, καταγράφεται η βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενή.

ΛΟΣΙΜΕΤΡΙΑ ΕΜΠΛΕΚΟΜΕΝΩΝ ΑΤΟΜΩΝ

Εμπλεκόμενα άτομα

Τα εμπλεκόμενα άτομα που ακτινοβολούνται κατά τη διαδικασία της θεραπείας κάθε ασθενή είναι: το προσωπικό του νοσοκομείου που εμπλέκεται στην παρασκευή ή/και στη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου οι συνοδοί του ασθενή που το φροντίζουν εκούσια και συνειδητά εντός και εκτός νοσοκομείου καθ' όλη τη διάρκεια της θεραπείας το νοσηλευτικό προσωπικό της κλινικής που εμπλέκεται στη νοσηλεία του σε περίπτωση νοσηλείας του ασθενή, τα άτομα που είναι στον ίδιο χώρο νοσηλείας με τον ασθενή (λοιποί ασθενείς και συνοδοί τους) τα άτομα του γενικού πληθυσμού (κοινό) που είναι πιθανό να έρθουν σε κοινωνική επαφή με τον ασθενή μετά την έξοδό του από το νοσοκομείο

Παράμετροι εκτίμησης δόσης

Η ακτινική επιβάρυνση κάθε εμπλεκόμενου ατόμου εξαρτάται από τις εξής παραμέτρους: το ποσοστό της ενεργότητας που συμμετέχει κάθε χρονική στιγμή στην έκθεση του εμπλεκόμενου ατόμου και εξαρτάται από τον ρυθμό αποβολής του ραδιοφαρμάκου από τον ασθενή την απόσταση ασθενή και εμπλεκόμενου ατόμου τη χρονική διάρκεια που αναμένεται ένα άτομο να ακτινοβολείται από τον ασθενή τον παράγοντα εγγύτητας, ο οποίος παρέχει ένα ρεαλιστικό ποσοστό χρόνου κατά το οποίο το εμπλεκόμενο πρόσωπο βρίσκεται σε συγκεκριμένη απόσταση από τον ασθενή την εξασθένιση από υπερκείμενους ιστούς Χαρακτηριστικό των παραμέτρων αυτών είναι η προσέγγιση ρεαλιστικών συνθηκών για

την ορθή εκτίμηση της δόσης, η οποία δεν πρέπει να ξεπερνά τα προβλεπόμενα ΠΕΔ για κάθε κατηγορία εμπλεκόμενων ατόμων. Τα ΠΕΔ παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Οδηγίες ακτινοπροστασίας

Παραλήπτες οδηγιών ακτινοπροστασίας αποτελούν: το προσωπικό που παρασκευάζει ή/και χορηγεί το ραδιοφάρμακο. Με βάση την εκτίμηση της ακτινικής επιβάρυνσης των δαχτύλων και την ολόσωμη δόση ανά συνεδρία αλλά και του φόρτου εργασίας του νοσοκομείου, ορίζεται ο μέγιστος αριθμός δόσεων που μπορεί να παρασκευάσει ή/και να χορηγήσει ένας εργαζόμενος χωρίς να υπερβεί τα αντίστοιχα ΠΕΔ. το νοσηλευτικό προσωπικό που φροντίζει τον ασθενή κατά την νοσηλεία του. Αποκλείονται νοσηλευτές που υπάρχει πιθανότητα να είναι σε κατάσταση εγκυμοσύνης. Με βάση την εκτιμώμενη δόση ανά νοσηλεία ασθενή, προσδιορίζεται ο μέγιστος αριθμός χορηγημένων ασθενών ανά έτος που μπορεί να φροντίσει το ίδιο άτομο χωρίς να ξεπεράσει το αντίστοιχο ΠΕΔ. Επίσης, στις οδηγίες περιλαμβάνεται ο μέγιστος αριθμός χορηγημένων ασθενών που μπορούν να βρίσκονται στον ίδιο θάλαμο. Εάν υπάρχουν και μη χορηγημένοι ασθενείς στον ίδιο θάλαμο, λαμβάνονται οδηγίες για το αν και πότε είναι απαραίτητο να μεταφερθούν σε άλλο θάλαμο νοσηλείας. οι ασθενείς. Σύμφωνα με αυτές πρέπει να αποκλειστούν από πάροχοι οικιακής φροντίδας ειδικές κατηγορίες ατόμων όπως γυναίκες σε κατάσταση εγκυμοσύνης και παιδιά. Ανάλογα με την εκτιμώμενη δόση προσδιορίζεται πόσες ώρες ημερησίως μπορούν οι πάροχοι οικιακής φροντίδας να είναι κοντά στον ασθενή χωρίς να υπερβούν την αντίστοιχη τιμή ΠΕΔ. Για την ακτινοπροστασία του γενικού πληθυσμού, προσδιορίζεται πότε ο ασθενής μπορεί να επιστρέψει στην εργασία του καθώς και πότε μπορεί να κυκλοφορήσει σε δημόσιο χώρο (μέσα μαζικής μεταφοράς, χώροι συναθροίσεων, κλπ), ώστε κανένας εκτιθέμενος να μην υπερβεί το αντίστοιχο ΠΕΔ.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ

Η διαχείριση των ραδιενεργών κατάλοιπων αφορά σε υγρά και στερεά κατάλοιπα. Τα υγρά κατάλοιπα απορρίπτονται στην τουαλέτα της αίθουσας αναμονής θερμών ασθενών (ελεγχόμενη οδός απόρριψης) ή στην τουαλέτα του δωματίου νοσηλείας (μη ελεγ-

Πίνακας 3: ΠΕΔ στα εμπλεκόμενα άτομα

Εμπλεκόμενα άτομα	ΠΕΔ (mSv/έτος)
Συνοδοί ασθενών	3 (ανά θεραπεία)
Γενικός πληθυσμός (κοινό)	0.3
Νοσηλευτικό προσωπικό	
Λοιποί ασθενείς εντός ιδίου θαλάμου θεραπείας	0.3
Προσωπικό που παρασκευάζει ή/και χορηγεί το ραδιοφάρμακο (χέρια/ολόσωμη έκθεση)	250/10

ΠΕΔ=Περιοριστικά Επίπεδα Δόσης

χόμενη οδός απόρριψης). Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να διασφαλίζεται ότι η ραδιενεργός συγκέντρωση καθώς και η ημερησίως απορριπτόμενη ενεργότητα δεν υπερβαίνουν τα προβλεπόμενα όρια, ανάλογα με την κατηγορία του εργαστηρίου.

Τα στερεά κατάλοιπα αποθηκεύονται σε ειδικές κρύπτες, οι οποίες βρίσκονται στο χώρο του θερμού εργαστηρίου. Τα βασικά χαρακτηριστικά των κρυπτών που πρέπει να περιγράφονται είναι η χωρητικότητα, το υλικό και το πάχος της θωράκισης. Με γνώμονα ότι τα θεραπευτικά ραδιοφάρμακα Y-90 και Lu-177 εκπέμπουν β και γ ακτινοβολία, η θωράκιση των κρυπτών πρέπει να αποτελείται από δύο φλοιούς. Ο εσωτερικός φλοιός θωρακίζει από τη β-ακτινοβολία ενώ ο εξωτερικός από τη γ-ακτινοβολία. Τα χαρακτηριστικά των κρυπτών προσδιορίζονται με βάση μια σειρά παραδοχών: τα εκτιμώμενα κατάλοιπα ανά συνεδρία ασθενή (mCi) την εκτιμώμενη μάζα και όγκο των καταλοίπων ανά συνεδρία ασθενή το φόρτο εργασίας την απόσταση κρύπτης-εργαζομένου. Τα χαρακτηριστικά της κρύπτης θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε ο ρυθμός έκθεσης στην επιφάνειά της να μην ξεπερνά το ΠΕΔ των 5μSv/hr οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η απόρριψη των στερεών καταλοίπων επιτρέπεται εφόσον η τιμή της ραδιενεργού συγκέντρωσης είναι μικρότερη του επιτρεπτού ορίου για κάθε ραδιοϊσότοπο (Lu-177: 10Bq/gr και Y-90: 100Bq/gr). Ακολουθεί

η διαδικασία απόρριψης αυτών ως κοινών απορριμμάτων, εκτός από την περίπτωση αντίχενωσης προσμίξεων ιδιαίτερα μακρόβιων ραδιοϊσοτόπων. Στην περίπτωση αυτή η ΕΕΑΕ ενημερώνεται εγγράφως για την έκδοση ειδικής άδειας μεταφοράς των συγκεκριμένων καταλοίπων σε εγκαταστάσεις διαχείρισης ραδιενεργών καταλοίπων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία αναδεικνύει την επιστημονική και νομική αναγκαιότητα σύνταξης μιας εκτενούς μελέτης ακτινοπροστασίας για την εφαρμογή της PRRT σε NETs. Τα δομικά στοιχεία αυτής της μελέτης αποτελούν εργαλείο για την τήρηση των βασικών αρχών της ακτινοπροστασίας, τη θωράκιση, το χρόνο και την απόσταση καθώς και της βασικής αρχής βελτιστοποίησης (As Low As Reasonable Achievable – ALARA).

Για την PRRT των NETs είναι δυνατή η χορήγηση στον ίδιο ασθενή συνδυασμού των ραδιοφαρμάκων Y-90 DOTATOC και Lu-177 DOTATATE. Επίσης, είναι πιθανή η μελλοντική κλινική εισαγωγή νέων θεραπευτικών ραδιοφαρμάκων είτε ως προς την ψυχρή ουσία είτε ως προς το ραδιοϊσότοπο. Η βασική δομή σύνταξης της μελέτης ακτινοπροστασίας και στις δύο περιπτώσεις διατηρείται ακέραια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. C. Luke, T. Price, et al (2010) Epidemiology of neuroendocrine cancers in an Australian population, *Cancer Causes Control* 21(6):931-938.
2. B.G. Taal, O. Visser (2004) Epidemiology of neuroendocrine tumours, *Neuroendocrinology* 80(1):3-7.
3. M.T. Barakat, K. Meeran, et al (2004) Neuroendocrine tumours, *Endocr Relat Cancer* 11(1):1-18.
4. G. Nicolas, G. Giovacchini, et al (2011) Targeted radiotherapy with radiolabeled somatostatin analogs, *Endocrinol Metab Clin North Am* 40(1):187-204.
5. Κανονισμός Ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ 216/6-3-01).
6. NCRP REPORT NO 49 (1976).
7. H.E. Johns, J.R. Cunningham (1974) *The Physics of Radiology*, C.C. Thomas.
8. G.F. Knoll (1989) *Radiation detection and measurements*, John Wiley & Sons.
9. S.L. Meo, G. Cicoria, et al (2008) Radiation emission dose from patients administered 90Y-labelled radiopharmaceuticals: comparison of experimental measurements versus Monte Carlo simulation, *Nucl Med Commun* 29(12):1100-05.
10. M. Cremonesi, M. Ferrari, et al (2006) Radiation protection in radionuclide therapies with 90Y-conjugates: risks and safety, *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 33(11):1321-27.
11. L. Jodal (2009) Beta emitters and radiation protection, *Acta Oncol* 48(2):308-13.
12. E. Grassi, R. Sghedoni, et al (2009) Radiation protection in 90Y-labelled DOTA-D-Phel-Tyr3-octreotide preparations, *Nucl Med Commun* 30(2):176-82.
13. P.G. Claringbold, P.A. Brayshaw, et al (2011) Phase II study of radiolabeled 177Lu-octreotate and capecitabine therapy of progressive disseminated neuroendocrine tumours, *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 38(2):302-11.
14. IAEA Technical Report Series No. 458. (2007) *Comparative evaluation of therapeutic radiopharmaceuticals*, IAEA, Vienna.
15. W.H. Bakker, W.A. Breeman, et al (2006) Practical aspects of peptide receptor therapy with [177Lu] [DOTA0, Tyr3] octeotate, *Q J Nucl Med Mol Imaging* 50(4):265-71.
16. J.J. Teunissen, D.J. Kwekkeboom, et al (2011) Nuclear medicine techniques for the imaging and treatment of neuroendocrine tumours, *Endocr Relat Cancer* 18(1):S27-51.
17. J.E. Gains, J.B. Bomanji, et al (2011) 177Lu-DOTATATE molecular radiotherapy for childhood neuroblastoma, *J Nucl Med* 52(7):1041-7.
18. D.J. Simpkin (1999) The AAPM/RSNA Physics tutorial for residents: radiation interactions and internal dosimetry in Nuclear Medicine, *Radiographics* 19(1):155-67.
19. R.T. Meades, D.J. Towey, et al. (2011) Initial experience of establishing 177Lu DOTATATE therapy and radiation protection, *EANM Congress, Birmingham*, P765.
20. H. Cember (1996) *Introduction to Health Physics*, McGraw-Hill.
21. C. Waldherr, M. Pless, et al. (2002) Tumor response and clinical benefit in neuroendocrine tumors after 7.4GBq 90Y-DOTATOC, *J Nucl Med* 43(5):610-6.
22. F.R. Nobels, D.J. Kwekkeboom, et al (1997) Chromogranin A as serum marker for neuroendocrine neoplasia: comparison with neuron-specific enolase and the alpha-subunit of glycoprotein hormones, *J Clin Endocrinol Metab* 82(8):2622-8.
23. Council Directive 97/43/EURATOM (1997).
24. P. Therasse, S.G. Arbuck, et al (2000) New guidelines to evaluate the response to treatment in solid tumors. European Organization for Research and Treatment of Cancer, National Cancer Institute of the United States, National Cancer Institute of Canada, *J Natl Cancer Inst* 92(3):205-16.
25. M. Cremonesi, M. Ferrari, et al. (2006) Dosimetry in Peptide radionuclide receptor therapy: a review, *J Nucl Med* 47(9):1467-75.
26. S. Pauwels, R. Barone, et al (2005) Practical dosimetry of peptide receptor radionuclide therapy with (90)Y-labeled somatostatin analogs, *J Nucl Med* 46(1):92S-8S.
27. M. Cremonesi, M. Ferrari M, et al (1999) Biokinetics and dosimetry in patients administered with (111)In-DOTA-Tyr(3)-octreotide: implications for internal radiotherapy with (90)Y-DOTATOC, *Eur J Nucl Med* 26(8):877-86.
28. W.E. Bolch, K.F. Eckerman, et al (2009) MIRD pamphlet No. 21: a generalized schema for radiopharmaceutical dosimetry--standardization of nomenclature, *J Nucl Med* 50(3):477-84.
29. F. Forrer, H. Uusijärvi, et al (2005) Treatment with 177Lu-DOTATOC of patients with relapse of neuroendocrine tumors after treatment with 90Y-DOTATOC, *J Nucl Med* 46(8):1310-6.

Παιδιατρική ογκολογία με PET-CT

Ειρήνη Παντεφιώδη - Τεχνολόγος Ραδ. Ακτινολογίας, Λήδα Γάγος - Πυρηνικός Ιατρός Καθηγήτρια ΤΕΙ Αθήνας,

Η διερεύνηση κακοήθων εξεργασιών με την υβριδική απεικονιστική μέθοδο αιχμής, PET/CT, αποκτά έναν ολοένα αυξανόμενο ρόλο στην συνολική διαχείριση των παιδιατρικών ογκολογικών περιστατικών. Η ίδια η εξέταση είναι απαιτητική και, σε συνδυασμό με τον παιδιατρικό πληθυσμό, μπορεί να αποτελέσει πρόκληση. Η εξέταση σχεδιάζεται με επίκεντρο τον μικρό ασθενή και το προσωπικό του τμήματος να λειτουργεί σε απόλυτη συνεργασία. Εξασφαλίζεται η σωστή προετοιμασία του ασθενή, ο σχεδιασμός εξατομικευμένης δόσης, η άρτια απεικονιστική διαδικασία, με ειδικά προσαρμοσμένα παιδιατρικά πρωτόκολλα με βάση την αρχή ALARA και τέλος λαμβάνεται η σωστή διαγνωστική πληροφορία για τον μικρό ασθενή.

FDG-PET/CT is a state of the art imaging modality that has a widespread application in the treatment of oncologic patients in general, and pediatric oncologic patients in particular. For pediatric patients, though, due to their restless nature, undergoing such a demanding procedure, may be a challenge. Therefore, it is crucial that parents are in liaison with the staff in advance of the procedure, offering the patient an optimized and painless procedure as well as to establish a successful data interpretation with optimized PET and CT protocols in accordance with the ALARA principle. Pediatric procedures should be performed in fully equipped specialized pediatric centers with specially trained staff who scan children on a regular basis and who can create personalized doses necessary for children.

Λέξεις κλειδιά:

Παιδιατρική Ογκολογία, Παιδιατρικό PET/CT, Διαχείριση Παιδιατρικού Ασθενούς, Ρόλος PET/CT στην Παιδιατρική Ογκολογία, Δοσιμετρία Παιδών.

Key words:

pediatric Oncology, Pediatric PET/CT, Pediatric Patient Procedure, Role of PET/CT in Pediatric Oncology, Dosimetry in Pediatric Patients.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προσέγγιση των παιδιατρικών ογκολογικών περιστατικών με την υβριδική απεικονιστική μέθοδο PET/CT, αποτελείται από δύο βασικές συνιστώσες που το καθιστούν ειδικό, σημαντικό κεφάλαιο, αλλά και δύσκολο. Οι ασθενείς είναι παιδιατρικοί, και η παθοφυσιολογία διαφέρει από αυτήν των ενηλίκων. Οι κακοήθειες αλλοιώσεις που εμφανίζονται έχουν διαφορετικούς μηχανισμούς ανάπτυξης και συμπεριφοράς από τις κακοήθειες που συναντώνται στους ενηλίκους και οι περισσότερες από αυτές εξορμούνται από διαφορετικές οικογένειες κακοήθων νεοπλασμάτων. Τα παιδιατρικά ογκολογικά περιστατικά, έχουν σχετικά μικρή συχνότητα εμφάνισης, συνολικά αλλά και ανά τύπο αλλοίωσης, γεγονός που επιτρέπει τη μικρή συλλογή δεδομένων για την μελέτη και κατανόηση της παιδιατρικής ογκολογίας. Τέλος, η εξέταση PET/CT ορίζεται σαν μια υβριδική απεικονιστική μέθοδος στην αιχμή της τεχνολογίας, που έχει την δυνατότητα λήψης – με μία και μόνο εξέταση- της ανατομικής και μεταβολικής πληροφορίας της νόσου.

ΟΓΚΟΛΟΓΙΑ ΠΑΙΔΩΝ

Το φάσμα της παιδιατρικής ογκολογίας, αποτελούν – με βάση την συχνότητα – εμφάνισης:

- Όγκοι Εγκεφάλου
- Λεμφώματα HL & NHL
- Όγκοι του Νευρικού Ιστού, με κύριους τύπους το Νευροβλάστωμα και το Φαιοχρωμοκύττωμα
- Νεοπλάσματα Νεφρών
- Μαλακών Μορίων, κυρίως το Ραβδομυοσάρκωμα
- Σαρκώματα Οστών: Οστεοσάρκωμα και Σάρκωμα Ewing

Κακοήθη νεοπλασμάτα Οφθαλμού, κυρίως το Ρετινοβλάστωμα Όγκοι ήπατος: Ηπατοβλάστωμα και Ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα. Ο απεικονιστικός έλεγχος αποτελεί βασικό όπλο για την διερεύνηση και την προσέγγιση της κακοήθειας. Πέραν της λευχαιμίας, που μελετάται εκτενώς με εργαστηριακούς και κυρίως με μοριακούς ελέγχους, τα υπόλοιπα ογκολογικά περιστατικά προσεγγίζονται με πληθώρα απεικονιστικών μεθόδων- όπως το υπερηχογράφημα, η απλή ακτινογραφία, μαγνητικός συντονισμός, υπολογιστική τομογραφία- ανάλογα με την φύση του όγκου, την εντόπισή του και το κλινικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί.

PET/CT

Το PET/CT αποτελεί υβριδική απεικονιστική μέθοδο, που προκύπτει από τον συνδυασμό της απεικονιστικής μεθόδου PET (Positron Emission Tomography) και της απεικονιστικής μεθόδου CT (Computed Tomography). Η μέθοδος PET, εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο της Πυρηνικής Ιατρικής και των λειτουργικών και μοριακών απεικονίσεων (functional, molecular imaging) και βασίζεται στην ανίχνευση της μεταβολικής συμπεριφοράς του Ραδιοφαρμάκου που χορηγείται ενδοφλέβια στον ασθενή. Η μέθοδος CT, ανήκει στις Τυπικές Απεικονιστικές Μεθόδους που απεικονίζουν ανατομικές δομές με βάση τις ακτίνες x. Οι δύο μέθοδοι συνδυάζονται σε ένα απεικονιστικό σύστημα όπου γίνεται λήψη ανατομικής και λειτουργικής πληροφορίας σε μία και μόνο εξέταση και με την δυνατότητα ανασύνθεσης της εικόνας σε 2 διαστάσεις (2Δ) ή σε 3 διαστάσεις (3Δ). Η λήψη των δεδομένων PET αφορούν στην μέτρηση και την ποσοτικοποίηση βιοχημικών διεργασιών, ενώ η CT παράγει εικόνες μορφολογικού χαρακτήρα υψηλής ακρίβειας. Παράλληλα, οι μετρήσεις που λαμβάνονται από την CT, εξυπηρετούν στην διόρθωση των δεδομένων των μετρήσεων της PET, σχετικά με την εξασθένηση της ακτινοβολίας εξάπλωσης μέσα στο σώμα του εξεταζόμενου και για να γίνουν συγκρίσεις των εικόνων CT με τις εικόνες PET και να επιτευχθεί βελτίωση της ακρίβειας της τελικής εικόνας. Τα συστήματα PET/CT λόγω της πολυπλοκότητάς τους αλλά και της ακρίβειας που θέλουμε να επιτυγχάνεται πρέπει να υποβάλλονται σε τακτικούς ποιοτικούς ελέγχους. Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει κάθε μορφή ελέγχου της ορθής λειτουργίας ενός μηχανήματος. Οι συνήθεις έλεγχοι των PET συστημάτων αφορούν στις μετρήσεις της Χωρικής Διακριτικής Ικανότητας, του Κλάσματος Σκέδασης, την Ευαισθησία και τον Ολικό Ρυθμό Μετρήσεων, τις Απώλειες Μετρήσεων και τις Μετρήσεις Τυχαίας Σύμπτωσης. Ενώ για την λήψη υψηλής ποιότητας διαγνωστικών εικόνων στην περίπτωση της CT απαιτείται αυστηρός έλεγχος του μηχανήματος σε ό,τι αφορά την ποιότητα και την λειτουργία του. Αρχικά εκτελείται μια διαδικασία που ονομάζεται «ρύθμιση» ή “calibration” των ανιχνευτών του συστήματος, ενώ ο κύριος ποιοτικός έλεγχος του συστήματος συνίσταται στον έλεγχο των κυριότερων παραμέτρων που σχετίζονται, όπως και στο PET, με την ποιότητα της εικόνας, όπως το πάχος τομής, τη χωρική διακριτική ικανότητα, την διακριτική ικανότητα χαμηλής αντίθεσης, την κλίμακα αντίθεσης που αποδίδει το σύστημα, την τυπική απόκλιση και τον ακριβή προσδιορισμό του αριθμού CT του ύδατος.

ΡΑΔΙΟΦΑΡΜΑΚΑ

Τα ραδιοφάρμακα αποτελούν το μέσον για την απεικόνιση ιστών

και οργάνων, μετά την ενδοφλέβια χορήγηση του ραδιοφαρμάκου στο σώμα του ασθενούς. Ο πιο γνωστός και ευρέως χρησιμοποιούμενος ιχνηθέτης για την απεικόνιση με PET/CT είναι η 18F-FDG ή 2[F-18 fluoro-2-deoxy-D-glucose]. Αποτελεί φθοριζόμενο ανάλογο της γλυκόζης, με την οποία έχει πανομοιότυπη δομή και βιοχημική συμπεριφορά. Η 18F-FDG, είναι το πλέον διαδεδομένο Ραδιοφάρμακο, εν μέρει γιατί δεν έχει ανιχνευθεί κακοήθεια που να μην καταναλώνει γλυκόζη και άρα να προσλαμβάνει την 18F-FDG. Επίσης, οι ιδιότητες του συγκεκριμένου Ραδιοφαρμάκου όπως ο χρόνος υποδιπλασιασμού – $T_{1/2} = 110\text{min.}$, επιτρέπει την μεταφορά του από την μονάδα παραγωγής στο νοσοκομείο και επαρκεί για την ολόσωμη απεικόνιση του ασθενούς που διαρκεί περίπου 30-60 min.

ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΓΙΑ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΟΥΣ ΟΓΚΟΥΣ

Το PET/CT συμπληρώνει επαρκώς τα διαθέσιμα εργαλεία απεικόνισης συνήθως και είναι σπουδαία τεχνική αξιολόγησης στην Ογκολογία. Τα σύγχρονα δεδομένα συνιστούν πως η συγκεκριμένη μέθοδος συνδράμει σημαντικά στην καλύτερη φροντίδα των παιδιατρικών ασθενών. Συνολικά, η απεικονιστική αυτή μέθοδος ενδείκνυται στην διάγνωση, στην σταδιοποίηση και επανασταδιοποίηση της κακοήθειας. Παράλληλα, βοηθά στον σχεδιασμό της καλύτερης δυνατής θεραπείας - εξατομικευμένα - αλλά και την παρακολούθηση της απάντησης του όγκου στην θεραπεία. Με την συγκεκριμένη μέθοδο μπορεί να γίνει εκτίμηση της υπολειπόμενης μάζας όγκων μετά την θεραπεία, ο σχεδιασμός του καταλληλότερου σημείου της βιοψίας, ο σχεδιασμός της ακτινοθεραπείας και της χειρουργικής προσπέλασης. Τέλος, η χρήση της υβριδικής απεικονιστικής μεθόδου PET/CT, ενδείκνυται για την καλύτερη παρακολούθηση (follow-up) του ασθενούς, με γρηγορότερη την ανίχνευση της υποτροπής ή της προόδου της νόσου.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Αντικείμενο αποτέλεσαν παιδιατρικοί ασθενείς - ηλικίες 1-19 - ετών, με διαγνωσμένη κακοήθεια, που εισήχθησαν για την εξέταση στο διάστημα Απριλίου-Ιουνίου 2012 στο Διαγνωστικό και Θεραπευτικό Κέντρο ΥΓΕΙΑ. Έγινε καταγραφή ολόκληρης της διαδικασίας διαχείρισης των παιδιατρικών ασθενών από την είσοδο στο τμήμα έως και την αποχώρησή τους από αυτό. Διερευνήθηκε ο τρόπος λειτουργίας του τμήματος και η ειδική μεταχείριση του ασθενούς σε περίπτωση υποβολής του ασθενούς σε ελαφρά μέθη. Οι εξετάσεις πραγματοποιήθηκαν με τομογράφο PET/CT SIEMENS BIOGRAPH Emotion Duo που βασίζεται σε τεχνολογία κρυστάλλων LSO και με τυπικό πρωτόκολλο απεικόνισης συνήθως από το κεφάλι έως το άνω τριτημόριο των μηρών με μέση διάρκεια της εξέτασης τα 30 λεπτά. Μετά το ιατρικό ιστορικό έγινε μέτρηση της γλυκόζης ορού (με φυσιολογικές τιμές <120mg/dl). Για την απεικόνιση χρησιμοποιείται 18F-FDG με ενδοφλέβια χορήγηση και η διάρκεια καθήλωσης είναι 45 λεπτά. Για τους περισσότερους ασθενείς, η εξέταση πραγματοποιήθηκε για την παρακολούθηση του ασθενούς μετά την θεραπεία.

Στο διάστημα των τριών μηνών, παρατηρήθηκαν 30 παιδιατρικοί ασθενείς συνολικά, 20 κορίτσια και 10 αγόρια, ενός έτους ο μικρότερος ασθενής και 17 η μεγαλύτερη ασθενής. Οι 18 από αυτούς είχαν λέμφωμα Hodgkin's (HL), και 2 λέμφωμα Non-Hodgkin's (NHL) ένας ασθενής είχε όγκο στον Εγκέφαλο, 5



Εικόνα 1: *Camp Cozy PET/CT Suite, Pittsburg PA*

παιδιά είχαν Οστεοσάρκωμα, 3 Νευροβλάστωμα και 1 παιδί είχε Ηπατοβλάστωμα.

Η απάντηση από το PET πρέπει να απαντά στο κλινικό ερώτημα που ζητήθηκε για την συγκεκριμένη απεικόνιση. Αν υπάρχουν διαθέσιμες προηγούμενες εξετάσεις, μελετώνται για λόγους σύγκρισης.

Συμπερασματικά, αναφέρεται η πιθανή διάγνωση, καθώς και η πιθανή διαφορική διάγνωση. Επίσης, αξίζει να σημειώνονται, ως παρατήρηση, άλλες προτεινόμενες διαγνωστικές δοκιμασίες με σκοπό τη διερεύνηση ή επιβεβαίωση μιας παρατήρησης, καθώς τέλος και την πιθανή ημερομηνία επανελέγχου.

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΠΑΙΔΙΑΤΡΙΚΟΥ ΑΣΘΕΝΟΥΣ

Στην γραμματεία δημιουργείται η βάση της καλής επικοινωνίας και της σωστής εξυπηρέτησης του ασθενούς με τον κανονισμό του ραντεβού στην κατάλληλη χρονική στιγμή συναρτήσει των θεραπειών του παιδιού αλλά και σε συνάρτηση με τον ρυθμό του τμήματος ώστε ο παιδιατρικός ασθενής να εξυπηρευθεί με την άφιξή του στο τμήμα χωρίς αναμονή και χωρίς να παρεμποδιστεί η καλή λειτουργία του τμήματος ως προς τους άλλους ασθενείς. Παράλληλα, γίνεται η πρώτη ενημέρωση, όπου οδηγίες πρέπει να δίνονται και σε έντυπη μορφή στους γονείς και οι οποίες αφορούν την δίαιτα και την δραστηριότητα του ασθενούς (καθώς οι μυσ πρέπει να βρίσκονται σε σχετική ηρεμία, πριν την άφιξη στο νοσοκομείο).

Ο υπεύθυνος Πυρηνικός Ιατρός αναλαμβάνει την λήψη του ιστορικού και την ενημέρωση των γονέων και του παιδιού. Η λήψη του ιστορικού πρέπει να είναι αναλυτική και ακριβής ώστε να ληφθεί ένα πλήρες ιστορικό για να γίνει στην συνέχεια η καλύτερη δυνατή ερμηνεία των ευρημάτων. Συχνά, κρίνεται αναγκαίο, ο Πυρηνικός Ιατρός να έρθει σε επικοινωνία με τον παιδίατρο του ασθενούς. Η σωστή και διεξοδική ενημέρωση, για όλον τον προηγούμενο έλεγχο, και η επίλυση ερωτημάτων είναι βασικό βήμα καθώς προκαλεί στους γονείς και στο παιδί το αίσθημα της ασφάλειας και δίνεται η δυνατότητα καλύτερης συνεργασίας με το προσωπικό του τμήματος.

Ο νοσηλευτής που αναλαμβάνει την προετοιμασία του ασθενούς για την χορήγηση του Ραδιοφαρμάκου έρχεται σε συνεννόηση με τον Ακτινοφυσικό για την δημιουργία άκρως εξατομικευμένης δόσης και στην περίπτωση νάρκωσης, έρχεται σε επαφή με τον αναισθησιολόγο για περαιτέρω οδηγίες. Μετά την χορήγηση του

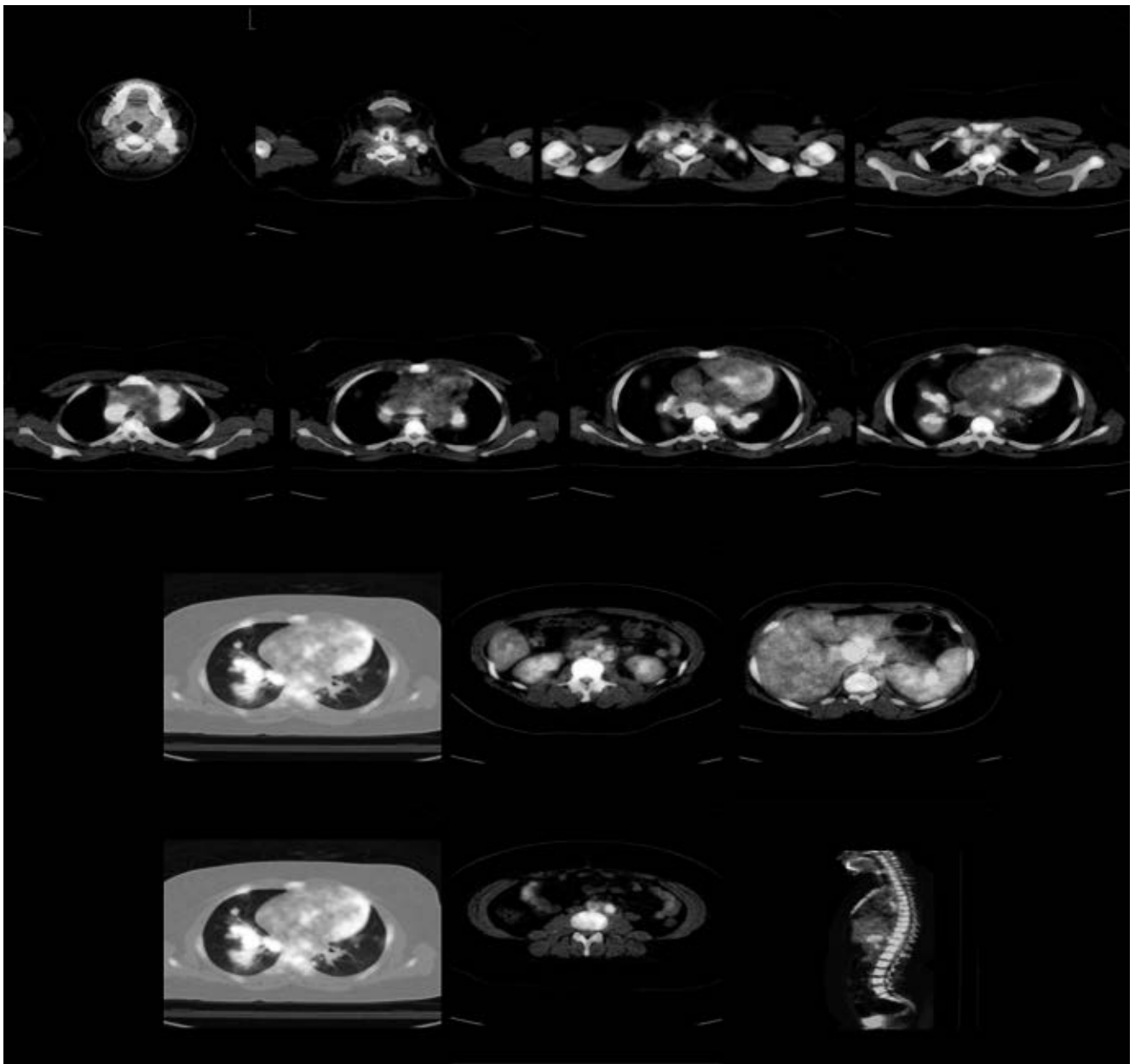
Ραδιοφαρμάκου, ο ασθενής οδηγείται σε ήρεμο, σκοτεινό, ήσυχο περιβάλλον για την περίοδο της καθήλωσης του Ραδιοφαρμάκου. Τέλος, αναλαμβάνει ο Τεχνολόγος τον ασθενή για την λήψη των εικόνων του ασθενούς. Είναι πολύ σημαντική η ακινητοποίηση του ασθενούς για την λήψη εικόνων που πρέπει να συμπίπτουν. Η εδραίωση καλής σχέσης με τον ασθενή κατά την προετοιμασία του, εξασφαλίζει στον Τεχνολόγο μια καλή εξέταση και στον ασθενή μια ανώδυνη εμπειρία.

Ασφαλές νοσοκομειακό περιβάλλον δημιουργείται αφενός όταν το προσωπικό λειτουργεί με κέντρο τον ασθενή που φιλοξενεί και αφετέρου όταν υπάρχει διαθέσιμος ο απαραίτητος εξοπλισμός για κάθε επείγουσα κατάσταση που μπορεί να δημιουργηθεί, ειδικά όταν ο ασθενής είναι παιδιατρικός. Ειδικά σε νοσοκομεία μη παιδιατρικά, ο εξοπλισμός αυτός πρέπει να συνοδεύεται και από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό πάνω στην χρήση του και στην διαχείριση παιδιατρικών ασθενών σε έκτακτες περιπτώσεις.

Για τα παιδιά, η συγκεκριμένη εξέταση συχνά πραγματοποιείται με νάρκωση, με την μορφή ελαφράς μέθης, για την ακινητοποίησή τους. Το αίσθημα της ασφάλειας, η επικοινωνία και η απασχόληση του ασθενούς μπορούν να αποδείξουν την μέθη περιττή στις περισσότερες περιπτώσεις. Η συμβολή ενός ατόμου που ειδικεύεται στα παιδιά, καθώς και η ενσωμάτωση στην διαδικασία διαφόρων τεχνικών απασχόλησης, μετατρέπουν μια ξένη διαδικασία που προκαλεί φόβο σε μια μυστηριώδη εμπειρία που θέλουν να ανακαλύψουν. Στο εξωτερικό, τα παιδιατρικά τμήματα PET/CT σχεδιάζονται με πυρήνα τους μικρούς ασθενείς και γνώμονα την παροχή της καλύτερης δυνατής εμπειρίας για τους ασθενείς και την καλύτερη δυνατή λειτουργία του τμήματος. Η συγκεκριμένη πρακτική έχει περιορίσει την αναγκαιότητα της νάρκωσης και έχει μεγιστοποιήσει την συνεργασία του ασθενούς σε πολύ υψηλά ποσοστά. Ενδεικτικά, επιτυγχάνεται μείωση 87% των περιπτώσεων στην Υπολογιστική Τομογραφία, που είναι ταχύτερη, και 22% στον Μαγνητικό Συντονισμό, που θεωρείται η πιο χρονοβόρα απεικονιστική εξέταση. Το τμήμα μεταμορφώνεται σε παιχνίδι φαντασίας, όπως στην εικόνα 3, και το προσωπικό συμμετέχει ενεργά παίζοντας τον ρόλο του, ο καθένας, ακόμα και με την απαραίτητη μεταμφίεση. Όπως αναφέρουν Τεχνολόγοι που βρίσκονται σε αυτήν την θέση «γιατί να με ενοχλεί να φοράω καπέλο πειρατή, αν αυτό εξασφαλίζει πως θα γίνει σωστά και ήρεμα η δουλειά μου;» Τα παιδιά, πλέον εισέρχονται σε έναν χώρο όπου η εμπειρία που βιώνουν είναι κομμάτι της φαντασίας τους και όχι κάτι άγνωστο, τρομακτικό, επίπονο και αναγκαστικό. Αυτό, μαζί με τον ενεργό ρόλο που καλούνται να παίξουν, εξασφαλίζουν την απόλυτη συνεργασία με το τμήμα!

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

Πρωταρχικό ρόλο σε κάθε επιτυχή εξέταση PET/CT, κατέχει η δημιουργία και εφαρμογή πρωτοκόλλων που επιτρέπουν την λήψη βέλτιστης ποιότητας διαγνωστικής πληροφορίας, σύμφωνα πάντα με τα επιτρεπτά όρια δόσης όπως ορίζονται από την αρχή ALARA. Ειδικά όταν η εξέταση απευθύνεται σε έναν τόσο ακτινοεαίσθητο πληθυσμό όσο ο παιδιατρικός. Η διαδικασία της εξέτασης ξεκινά με τον ασθενή να κενώνει συχνά την ουροδόχο κύστη, ή την αλλαγή πάνας αν είναι βρέφος, για την μείωση του Ραδιοφαρμάκου στην περιοχή αλλά και την περιττή ακτινοβολία του ασθενούς από την συσσώρευση αυτού στην ουροδόχο κύστη. Εάν



Εικόνα 2: Λεμφώμα Hodgkin's - Αρχική Σταδιοποίηση

ο ασθενής βρίσκεται σε νάρκωση (ελαφρά μέθη), μεταφέρεται πρώτα όλος ο απαραίτητος εξοπλισμός για την παρακολούθηση και την ασφάλεια του ασθενούς, στον χώρο της εξέτασης και κατόπιν μεταφέρεται ο ασθενής, με την συνεργασία ολόκληρου του τμήματος. Στην συνέχεια, ο ασθενής ξαπλώνει στην εξεταστική κλίνη. Η ερμηνεία, τέλος, των εικόνων ενός παιδιατρικού ασθενούς μπορεί να προκαλέσει πρόκληση, καθώς οι φυσιολογικές ανατομικές παραλλαγές στην περίοδο της ανάπτυξης, προκαλούν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Επίσης, υπάρχει φυσιολογικά αυξημένη πρόσληψη του Ραδιοφαρμάκου σε διάφορες περιοχές του σώματος. Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό η ερμηνεία των εικόνων να γίνεται από εξειδικευμένη ομάδα ιατρών διαφόρων ειδικοτήτων, σε συνεργασία με τον Πυρηνικό ιατρό, με γνώμονα ένα καλό ιστορικό αλλά και την άρτια γνώση της συμπεριφοράς του Ραδιοφαρμάκου μέσα στο σώμα.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Σε ορισμένες περιπτώσεις αξίζει να τονίζονται όλοι οι παράγοντες που μπορεί να περιορίσουν ή να αλλοιώσουν την ευαισθησία και την ειδικότητα της μελέτης (όπως το μέγεθος μιας βλάβης – αν πρόκειται για πολύ μικρές βλάβες – η παρουσία φλεγμονής, το επίπεδο της γλυκόζης, η λήψη άλλων φαρμάκων κ.α.).

PET/CT ΣΩΜΑΤΟΣ: πολυάριθμοι διογκωμένοι λεμφαδένες με αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα στον τράχηλο, περιαορτικό και περιπαγκρεατικό χώρο (SUVmax 9,0).

Παρεγχυματικές αλλοιώσεις των πνευμόνων εμφανίζουν αυξημένη μεταβολική δραστηριότητα που συρρέουν κυρίως δεξιά (SUVmax 15,3). Διαχύτως αυξημένη συγκέντρωση του ραδιοφαρμάκου σημειώνεται στον μυελό των οστών σε ολόκληρο τον σκελετό.



Εικόνα 3: Οστεοσάρκωμα αριστερού άκρου ποδός

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ (TAM)

Οι TAM αποτελούν βασικό εργαλείο στην απεικόνιση των ογκολογικών ασθενών, με κύριους εκπροσώπους την Υπολογιστική Τομογραφία (ΥΤ) και τον Μαγνητικό Συντονισμό (ΜΣ) – που επιτρέπει την ακριβέστερη εντόπιση και την εκτίμηση της έκτασης της νόσου. Η πρόκληση στην ιατρική απεικόνιση, με τόσες διαθέσιμες απεικονιστικές μεθόδους, είναι ο κατάλληλος συνδυασμός των μεθόδων ώστε να εναρμονιστούν και να βελτιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητά τους στην καθημερινή κλινική πράξη και ιδιαίτερα στην παιδιατρική ογκολογία που τα ερωτήματα είναι πολλά, καθώς και οι περιορισμοί. Οι TAM από την άλλη, βρίσκονται στην πρώτη γραμμή απεικονιστικών μεθόδων καθώς, η Υ/Τ και ο Μ/Σ είναι βασικές μέθοδοι ανάδειξης των σαρκωμάτων των οστών. Ο σπινθηρογραφικός έλεγχος με το Tc-99m MDP μαζί με τον Μ/Σ κατέχει σημαντικό ρόλο στην ανάδειξη μεταστατικών εστιών, κυρίως του οστεοσαρκώματος λόγω του οστεοβλαστικού τους χαρακτήρα. Ο Μ/Σ είναι η ιδανική μέθοδος για την ανίχνευση και ανάδειξη των σαρκωμάτων των μαλακών μορίων λόγω της

ασύγκριτης αντίθεσης που διαθέτει μεταξύ ιστών παραπλήσιας σύστασης και χωρίς κανέναν περιορισμό που να αφορά στην ανατομική θέση της βλάβης, μη επεμβατικά.

Σημαντική θέση κατέχει και στην ανίχνευση υποτροπής και υπερτερεί του PET/CT λόγω απουσίας ακτινοβολίας, όμως πολλές φορές ο ρόλος του περιορίζεται κυρίως λόγω των artifacts που δημιουργούνται από μεταλλικές προθέσεις αλλά και στο ότι βασίζεται στο μέγεθος των αλλοιώσεων. Επίσης, το 123I-MIBG, είναι μια εξαιρετική μέθοδος για την διάγνωση και την χαρτογράφηση, κακοηθειών που εξορμούνται από τον νευρικό ιστό όπως το νευροβλάστωμα και το φαιοχρωμοκύτωμα. Βασίζεται στην ιδιότητα των όγκων αυτών να αποθηκεύουν κατεχολαμίνες, και προσφέρει στην μέθοδο 100% ειδικότητα στην ανίχνευσή τους.

Ο Τυπικός Απεικονιστικός Έλεγχος διατηρεί ιδιαίτερη θέση στην αξιολόγηση συγκεκριμένων ανατομικών περιοχών όπως ο θώρακας, η κοιλιακή χώρα, η πύελος και ο εγκέφαλος. Η αξιολόγηση του θώρακα είναι πάρα πολύ σημαντική για τους παιδιατρικούς ασθενείς καθώς είναι η πιο συχνή περιοχή ανάπτυξης μεταστατικών εστιών, αλλά και πρωτοπαθών κακοήθων νεοπλασμάτων,

που δεν αφορούν στους πνεύμονες, όπως στους ενήλικες, αλλά σε λεμφώματα, το νευροβλάστωμα και σαρκώματα του μυοσκελετικού, οι οποίες ανιχνεύονται με την πλέον ευαίσθητη μέθοδο, την Y/T. Το πλεονέκτημα του PET/CT στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι πως η Y/T μπορεί να γίνει στα πλαίσια μίας συνδυασμένης εξέτασης και όχι σαν δύο ξεχωριστές εξετάσεις. Παράλληλα, η κοιλιακή χώρα και η πύελος απεικονίζονται εξαιρετικά με τον Μ/Σ, για την ανάδειξη αλλοιώσεων σε σχέση με τις γειτονικές φυσιολογικές δομές, με εξαίρετη ανατομική λεπτομέρεια και υψηλή αντίθεση, ειδικά ανατομικών δομών παραπλήσιας σύστασης και με εξαιρετικό πλεονέκτημα για τους παιδιατρικούς ασθενείς λόγω της απώλειας ιονίζουσας ακτινοβολίας και της χρήσης Μέσου Σκιαγραφικής Αντίθεσης (ΜΣΑ) που δεν είναι ιωδιούχο και άρα χωρίς πιθανότητα πρόκλησης νεφροτοξικότητας ή αλλεργίας. Τέλος, για αντίστοιχους λόγους, η συμβολή του Μ/Σ είναι πάρα πολύ μεγάλη σε νεοπλάσματα του Κεντρικού Νευρικού Συστήματος και τα πρωτοπαθή νεοπλάσματα του εγκεφάλου, όπου είναι και η μέθοδος επιλογής για την απεικόνισή τους.

Είναι απαραίτητο να τονιστεί πως σε κακοήθεις όγκους μέτριας κακοήθειας η καλύτερη προσέγγιση είναι με τον συνδυασμό της μεθόδου PET/CT με τον Μ/Σ καθώς επιτυγχάνονται τα μέγιστα δυνατά αποτελέσματα, γεγονός που εισάγει, ίσως, την μελλοντική εφαρμογή του PET/MRI ή και του PET/CT/MRI.

ΔΟΣΙΜΕΤΡΙΑ

Η Ενεργός Δόση που λαμβάνεται από το υβριδικό σύστημα απεικόνισης PET/CT αποτελεί δύσκολο θέμα καθώς:

- Και οι δύο μέθοδοι συμβάλλουν σημαντικά στην δόση που λαμβάνει ο ασθενής, ενώ
- Παράλληλα, ο συνδυασμός ανατομικής απεικονιστικής μεθόδου και μεταβολικής απεικόνισης, δυσκολεύουν τον ακριβή υπολογισμό της δόσης αυτής συνολικά. Γι' αυτό και η ενεργός δόση υπολογίζεται χωριστά για την κάθε μέθοδο.
- Ο παιδιατρικός πληθυσμός είναι ιδιαίτερα ακτινοευαίσθητος και γι' αυτό η δόση που χορηγείται πρέπει να είναι πλήρως ελεγχόμενη ανάλογη με το βάρος και την ηλικία των μικρών ασθενών. Συνολικά οι παράμετροι που επηρεάζουν την δόση και είναι δυνατόν να προσαρμοστούν από ένα καλά εκπαιδευμένο προσωπικό (κυρίως Ακτινοφυσικό) και είναι:
- Για το PET, η δόση περιορίζεται με τον προσδιορισμό εξατομικευμένης δόσης σύμφωνα με τα κιλά και το ύψος του ασθενούς, με βάση την αναλογία 5.3 MBq/Kg, με κατώφλι τα 37 MBq και ανώτατη δόση τα 370 MBq. Έτσι στα παιδιά και τους εφήβους, η ενεργός δόση από αυτήν την χορηγούμενη δόση κυμαίνεται από τα 500 mrem (50mSv), σε ασθενή ενός έτους, έως τα 860 mrem (8.6 mSv) σε έναν ασθενή 15 ετών, με κριτικό όργανο την ουροδόχο κύστη.
- Για την Y/T οι παράμετροι που μπορούν να εξατομικευτούν ανάλογα με τον εξεταζόμενο είναι τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται (kVp, mAs, χρόνος τομής), το πάχος της δέσμης της ακτινοβολίας και τα φαινόμενα που σχετίζονται με το πάχος τομής. Επίσης,

διαθέτει μεγάλη προσαρμοστικότητα η οποία εξαρτάται κυρίως από το κλινικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί. Καθώς, υπάρχουν 4 διαφορετικά είδη Y/T που μπορούν να πραγματοποιηθούν:

i. Y/T, πλήρως διαγνωστική

ii. Y/T, εντοπιστική

iii. Y/T, για ανατομική συσχέτιση των ευρημάτων του PET (anatomic correlation)

iv. Y/T, πολύ χαμηλής δόσης για attenuation correction (AC).

i. Πλήρως διαγνωστική Y/T μπορεί να πραγματοποιηθεί όταν δεν υπάρχει προηγούμενη, ή αντικαθιστώντας μια προγραμματισμένη Y/T που θα γίνει στα πλαίσια του απεικονιστικού ελέγχου.

ii. Εντοπιστική Y/T μπορεί να πραγματοποιηθεί στα πλαίσια διερεύνησης συγκεκριμένης περιοχής στην οποία είναι απαραίτητη η διαγνωστική πληροφορία που λαμβάνεται με την Y/T και κατά τα άλλα, για την σάρωση του υπολοίπου σώματος να πραγματοποιηθεί Y/T μόνο για attenuation correction.

iii. Y/T για ανατομική συσχέτιση, μπορεί να πραγματοποιηθεί, εάν υπάρχει πρόσφατη διαγνωστική Y/T, ώστε να γίνει συσχέτιση των ευρημάτων της FDG με την ανατομική δομή του ασθενούς, κάτι που πολλές φορές δείχνει να αυξάνει την ειδικότητα του PET καθώς περιορίζει τα ψευδώς θετικά ευρήματα από την πρόσληψη της FDG σε φυσιολογικές ανατομικές δομές, όπως το φαιό θερμογεννητικό λίπος.

iv. Y/T μόνο για attenuation correction, μπορεί να πραγματοποιηθεί, εάν η διερεύνηση αφορά μόνο το τμήμα του PET, που σημαίνει ότι θα είναι χαμηλής δόσης, (Low Dose CTAC).

Τέλος, τονίζεται, πως στα πλαίσια της εξέτασης CT, ενδείκνυται η χρήση Μέσου Σκιαγραφικής Αντίθεσης, όταν κρίνεται χρήσιμη καθώς, δίνει πρόσθετες πληροφορίες αλλά και λεπτομέρεια στις εικόνες που λαμβάνονται. Επίσης, σκιαγραφείται ο τρόπος πρόσληψης αυτού από μια μάζα και άρα βοηθά στον διαχωρισμό καλοήθους και κακοήθους αλλοιώσεων, ενώ δεν επιβαρύνει τον ασθενή με περισσότερη ακτινοβολία και δεν χρειάζεται καμία αλλαγή στις παραμέτρους της Y/T.

Η ενεργός δόση που λαμβάνεται από την Y/T εξαρτάται και από το μέγεθος του ανατομικού θέματος. Ένα τυπικό ογκολογικό πρωτόκολλο περιλαμβάνει την σάρωση του τραχήλου, θώρακος, κοιλίας και πυέλου, οπότε η ενεργός δόση κυμαίνεται από 1rem ως 1.6 rem (10 mSv - 16 mSv), με την χαμηλότερη δόση να λαμβάνεται από ασθενείς μικρής ηλικίας, και άρα πιο μικρόσωμους ασθενείς. Βασική παράμετρος για να προσαρμόζεται η δόση σε χαμηλά επίπεδα για τους παιδιατρικούς ασθενείς είναι το ρεύμα της λυχνίας, τα mAs.

Εύκολα, διατηρώντας το δυναμικό της λυχνίας, 110-120 kVp, μπορεί να γίνεται αυξομείωση στα mAs ανάλογα με το πάχος του ασθενούς ώστε να μειώνεται η λαμβανόμενη δόση. Η Y/T από την άλλη, διαθέτει ακόμα μεγαλύτερη προσαρμοστικότητα η οποία εξαρτάται κυρίως από το κλινικό ερώτημα που καλείται να απαντηθεί.

ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Η έννοια της ακτινοπροστασίας στα πλαίσια της πυρηνικής ιατρικής και ειδικά του PET/CT πολύ περισσότερο για τους παιδιατρικούς ασθενείς, είναι ιδιαίτερα δύσκολη καθώς διαπραγματευόμαστε με ανοικτές ραδιενεργές πηγές, ενώ ο ίδιος ο ασθενής μετά

την χορήγηση του Ραδιοφαρμάκου είναι εκπομπός ραδιενεργού ακτινοβολίας.

Η ακτινοπροστασία, αφορά τρεις βασικές ομάδες: τους ασθενείς, το προσωπικό, και τους συγγενείς.

Αρχικά η μεταφορά του Ραδιοφαρμάκου πρέπει να είναι άμεση και η εγκατάστασή του στο θερμό εργαστήριο με τις απαραίτητες προφυλάξεις. Στην συνέχεια το προσωπικό πρέπει να παραμένει στο θερμό εργαστήριο στα πλαίσια παρασκευής των Ραδιοφαρμάκων για μικρό χρονικό διάστημα και χωρίς καθυστερήσεις.

Οι γονείς και οι συγγενείς που συνοδεύουν τον παιδιατρικό ασθενή στο τμήμα, θα πρέπει να διατηρούν πνεύμα συνεργασίας με το προσωπικό και το παιδί ώστε ο μικρός ασθενής να παραμένει ήρεμος και συνεργάσιμος για να γίνει η εξέταση ανώδυνα, με επιτυχία και χωρίς την περιττή ακτινοβολήση.

Είναι σημαντικό για την μητέρα αν εγκυμονεί, ή υπάρχει πιθανότητα εγκυμοσύνης, να παραμένει σε δεύτερη γραμμή φροντίδας και στην πρώτη να είναι ο πατέρας ή άλλος συγγενής, μετά την χορήγηση του Ραδιοφαρμάκου. Παράλληλα, είναι πολύ εύκολο, να αποφεύγεται μεγάλη και περιττή ακτινοβολήση των συνοδών κατά την διάρκεια της Υ/Τ, καθώς είναι πάρα πολύ σύντομη και μπορούν να εισέρχονται στον χώρο της εξέτασης μετά την ολοκλήρωσή της.

Όσον αφορά τους ίδιους τους ασθενείς, η καλύτερη δυνατή ακτινοπροστασία επιτυγχάνεται μέσω της καλής και συχνής ενυδάτωσης καθώς και της συχνής κένωσης της ουροδόχου κύστης, ενώ εάν είναι βρέφος, συχνή αλλαγή της πάνας, τόσο κατά την παραμονή του ασθενούς στο τμήμα αλλά και μετά την αποχώρησή του από το τμήμα και για 6 ώρες μετά.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το PET/CT αποτελεί μια μέθοδο απεικόνισης που αποκτά όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή στην κλινική πράξη. Είναι απαραίτητο να λειτουργεί συμπληρωματικά προς τον καθιερωμένο απεικονιστικό έλεγχο. Συνίσταται όταν κρίνεται πως συμβάλλει σημαντικά στο κλινικό ερώτημα (που καλείται να απαντηθεί), μιας και μπορεί να έχει πολλές εφαρμογές στην καθημερινή κλινική πράξη. Αποτελεί συνδυασμό δύο μεθόδων οι οποίες συνεισφέρουν σημαντικά στην συνολική διάγνωση αλλά και στην δόση που λαμβάνει ο ασθενής από την εξέταση, συγκριτικά με άλλες απεικονιστικές μεθόδους. Το PET/CT έχει εδραιώσει την χρησιμότητά του, στην παρακολούθηση ασθενών, στον σχεδιασμό της θεραπείας, στην επιλογή του κατάλληλου σημείου βιοψίας (σε υποψία υποτροπής) καθώς και τον διαχωρισμό των ασθενών με θετικούς προγνωστικούς παράγοντες. Ο ρόλος όμως και η θέση του παραμένουν αδιευκρίνιστα σε πολλές περιπτώσεις. Ταυτόχρονα, το υψηλό κόστος της εγκατάστασης του μηχανήματος αλλά και της ίδιας της εξέτασης (λόγω του κόστους της δόσης), δυσκολεύουν την ανάπτυξη και διάδοση της μεθόδου. Ειδικά για τους παιδιατρικούς ασθενείς, ο ρόλος του PET/CT έχει εκτιμηθεί, αλλά παραμένει πολύ ασαφής, γεγονός που συμβάλλει και η σπανιότητα των παιδιατρικών κακοήθων περιστατικών. Είναι αναγκαίο να συνεχίσουν να μελετώνται εξονυχιστικά τα στοιχεία που προκύπτουν από τους μικρούς ασθενείς καθώς και η συνεισφορά της συγκεκριμένης μεθόδου στην διαχείρισή τους. Τονίζεται πως είναι αναγκαία η δημιουργία παιδιατρικών πρωτοκόλλων και άκρως εξατομικευμένων δόσεων για την μεγιστοποίηση του οφέλους των ασθενών από την εξέταση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Advanced Modalities for the Imaging of Sarcoma Dalia Fadul, MD, Laura M. Fayad, MD Surgical Clinics of North America 2008, Vol. 88, pp. 521-537
 2. Combining anatomic and molecularly targeted imaging in the diagnosis and surveillance of embryonal tumors of the nervous and endocrine systems in children M. Sue O Dorisio, Geetika Khanna, David Bushnell Cancer Metastasis Review 2008, Vol. 27, pp. 665-677
 3. Common Musculoskeletal Tumors of Childhood and Adolescence Carola A. S. Arndt, MD, Peter S. Rose, MD, Andrew L. Folpe, MD, Nadia N. Laack, MD, MS Mayo Clinic Proceedings 2012, Vol. 87, pp. 475-487
 4. Comparison of 18F Fluorodeoxyglucose PET with Ga-67 scintigraphy and conventional imaging modalities in pediatric lymphoma Rajen J. Mody, Chuong Bui, Raymond J. Hutchinson, KIRK A. Frey, & Barry L. Shulkin Leukemia and Lymphoma 2007, Vol. 48, pp. 699-707
 5. Conventional Radiography in Musculoskeletal Imaging Jordan B. Renner, MD, Facr Radiologic clinics of North America 2009, Vol. 47, pp. 357-372
 6. Current Trends in PET and Combined (PET/CT and PET/MR) Systems Design Habib Zaidi, PhD, PD, Abass Alavi, MD PET Clinic 2 2007, pp. 109-123
 7. Dosimetry of Pediatric PET/CT Frederic H. Fahey The Journal of Nuclear Medicine 2009, Vol. 50, pp. 1483-1491
 8. FDG PET and PET/CT in the Management of Pediatric Lymphoma Patients Gang Cheng, MD, Sabah Servaes, MD, Abass Alavi, MD, MD (Hon), PhD (Hon), DSc (Hon), Hongming Zhuang, MD, PhD PET Clinics 2008, Vol. 4, pp. 621-634
 9. 18F-FDG-PET and PET/CT for Evaluating Primary Bone Tumors Erik Mittra, MD, PhD, Andrei Iagaru, MD PET Clinic 2010, Vol. 5, pp. 327-339
 10. 18F- Fluorodeoxy-glucose PET and PET/CT in Pediatric Musculoskeletal Malignancies Frederick D. Grant, MD, Laura A. Drubach, MD, S. Ted Treves, MD PET Clinic 2010, Vol. 5, pp. 349-361
 11. Guidelines for the use of PET/CT in children Sally F. Barrington, Joanna Begent, Thomas Lynch, Paul Schleyer, Lorenzo Biassoni, William Ramsden, Thomas Kane, Sara Stoneham, Margaret Brooks, Sharon F. Hain. Nuclear Medicine Communications 2008, Vol. 29, pp. 418-424
 12. Imaging Hodgkin and Non-Hodgkin Lymphoma in the Head and Neck Ashley H. Aiken, MD, Christine Glastonbury, MBBS Radiologic clinics of North America 2008, Vol. 46, pp. 363-378
 13. Imaging of Pediatric Lymphomas Sarah J. Abramson, MDm FACR, Anita P. Price, MD, FACR Radiologic clinics of North America 2008, Vol. 46, pp. 313-338
 14. Imaging Pediatric Bone Sarcomas Sue C. Kaste, DO Radiologic clinics of North America 2011, Vol. 49, pp. 749-765
 15. 123I-MIBG Scintigraphy and 18F-FDG PET in Neuroblastoma Susan E. Sharp, Barry L. Shulkin, Michael J. Gelfand, Shelia Salisbury, Wayne L. Furman The Journal of Nuclear Medicine 2009, Vol. 50, pp. 1237-1243
 16. Molecular Imaging of Renal Cell Carcinoma Rodolfo Perini, MD, Daniel Pryma, MD, Chaitanya Divgi, MD Urologic Clinics of North America 2008, Vol. 35, pp. 605-611
 17. Nuclear Medicine and Molecular Imaging of the Pediatric Chest: Current Practical Imaging Assessment Frederick D. Grant, M.D., S. Ted Treves, M.D. Radiologic clinics of North America 2011, Vol. 49, pp. 1025-1051
 18. Patient Preparation and Performance of PET/CT Scans in Pediatric Patients Michael J. Gelfand, MD, Susan E. Sharp, MD PET Clinic 2009, Vol. 3, pp. 473-485
 19. Pediatric Malignancies: Neuroblastoma, Wilm's Tumor, Hepatoblastoma, Rhabdomyosarcoma, and Sacroccygeal Teratoma Katherine P. Davenport, MD, Felix C. Blanco, MD, Anthony D. Sandler, MD Surgical Clinics of North America 2012, Vol. 92, pp. 745-767
 20. PET/CT and SPECT/CT Dosimetry in Children: The challenge to the Pediatric Imager Michael J. Gelfand, MD, and Lisa C. Lemen, PhD Seminars in Nuclear Medicine 2007, Vol. 37, pp. 391-398
 21. Pediatric PET/CT Imaging: Tips and Techniques Susan McQuattie Journal of Nuclear Medicine Technology 2008, Vol. 36, pp.171-80
 22. Pediatric Soft Tissue Sarcomas David M. Loeb, MD, PhD, Katherine Thorton, MD, Ori Shokek, MD Surgical Clinics of North America 2008, Vol. 88, pp. 615-627
 23. Pediatric PET: Indications and Value of Multimodal Imaging Th. Pfluger, K. Hahn, and I. Schmid Recent Results in Cancer Research 2008, Vol. 170, pp.181-191
 24. Positron Emission Tomography/Computed Tomography With 18Fluoro-Deoxyglucose in the Detection of Local Recurrence and Distant Metastases of Pediatric Sarcoma M. Weyl Ben Arush, MD, O. Israel, MD, S. Postovsky, MD, D. Militianu, MD, I. Meller, MD, Zaidman, MD, A. Even Sapir, MD, R. Bar-Shalom, MD Wiley Online Library 2007, Vol. 49, pages 901-905
 25. Positron Emission Tomography/Computed Tomography: The Current Technology and Applications Erik Mittra, MD, PhD, Andrew Quon, MD Radiologic clinics of North America 2009, pp.147-160
 26. Recent advances in the diagnosis and treatment of pheochromocytoma in children Andrew D. Ludwig, B.S., Daniel I. Feig, M.D., Mary L. Brandt, M.D., M. John Hocks, M.D., Megan E. Fitch, B.S., Darrell L. Cass, M.D. The American Journal of Surgery 2007, Vol. 194, pp.792-797
 27. Review of Clinical Applications of Fluorodeoxyglucose-PET/Computed Tomography in Pediatric Patients with Lymphoma Gang Cheng, MD, PhD, Scott R. Akers, MD, PhD, Abass Alavi, MD, PhD (Hon), DSc (Hon) PET Clinic 2012, Vol. 7
 28. Role of Structural Imaging in Lymphoma Thomas C. Kwee, MD, PhD Rutger A.J. Nivelstein, MD, PhD, Drew A. Torigian, MD, MAPET Clinic 2012, Vol. 7
 29. Use of new imaging techniques to predict tumor response to therapy Vanessa N Harry, Scott I Semple, David E Parkin, Fiona J Gilbert Lancet Oncology 2010, Vol. 11 pp. 92-102
 30. Utilization of FDG-PET/CT in the Management of Inflammation and Infection in Patients with Malignancies Bing Xu, MD, PhD, Yuejian Liu, MD, Ion Codreanu, MDm PhD PET Clinic 2012, Vol. 7, pp. 211-218
 31. Weight-Based, Low-Dose Pediatric Whole-Body PET/CT Protocols Adam M Alessio, Paul E. Kinahan, Vivek Manvhand, Victor Ghioni, Lisa Aldape, and Marguerite T. Parisi The Journal of Nuclear Medicine 2009, Vol. 50, pp. 1570-1578
 32. Whole-Body PET/CT Scanning: Estimation of Radiation Dose and Cancer Risk Bingsheng Huang, MPhil, Martin Wai-Ming Law, PhD, Pek-Lan Khong, MD Radiology: 2009, Vol. 251, pp. 166-174.
- BΙΒΛΙΑ
33. Γώγου Λήδα (2004): 18F – FDG PET: Εκδόσεις ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗ: σσ.21-24, 39-46, 66-68, 69
 34. Αλειφερόπουλος Δημήτρης, Καλλιβόκας Σταύρος (2003): Αξονική Τομογραφία Ακτινοτεχνολογία Αρχές – Σύγχρονες Εφαρμογές Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας: σ.σ. 29-41, 45-49, 67-70
 35. Κανδαράκης Ιωάννης (2007): Πυρηνική Ιατρική Φυσική - Βιοϊατρική Τεχνολογία Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Αράκυνθος: 209-234,279-306, 358
 36. Robert M. Kliegman, MD, Bonita F. Stanton, MD, Joseph W. St. Geme III, MD, Nina F. Schor, MD, PhD, Richard E. Behrman, MD (2011): Nelson Textbook of Pediatrics 19th Edition.: Cancer & Benign Tumors: p.p. 485-501
 37. Martin D. Abeloff, MD, James O. Armitage, MD, John E. Niederhuber, MD, Michael B. Kastan, MD, PhD and W. Gillies McKenna, MD, PhD (2008): Abeloff's Clinical Oncology: p.p. 283-305
 38. Mark C. Gebhardt, Dempsey Springfield, James R. Neff (2008): Abeloff's Clinical Oncology: p.p. 1945-2008
- ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ
39. Cynthia E. Keen AuntMinnie.com staff writer (November 12, 2010) AuntMinnie.com: Hospitals create 'imaging adventures' for pediatric patients <http://www.auntminnie.com/index.aspx?sec=ser&sub=def&pag=dis&ItemID=92758>

Η τεχνική του φρουρού λεμφαδένα στη χειρουργική του καρκίνου του μαστού

Κουτσοσπύρου Δ. Τεχνολόγος Ραδιοφυσικής/Ακτινοφυσικής, Ζερβούδης Στ. Χειρουργός Γυναικολόγος-Μαστολόγος
Τσακίρης Γ. Ογκολόγος-Ακτινοθεραπευτής

Στο άρθρο παρουσιάζεται η τεχνική του λεμφαδένα φρουρού και επιχειρείται να αναδειχθεί η χρησιμότητά της στο χειρισμό των λεμφαδένων της μασχάλης σε περιστατικά καρκίνου του μαστού συγκριτικά με τον απ'ευθείας επιβλαβή πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό, παρουσιάζοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε τεχνικής, με βάση επιστημονικές μελέτες και πραγματικά περιστατικά.

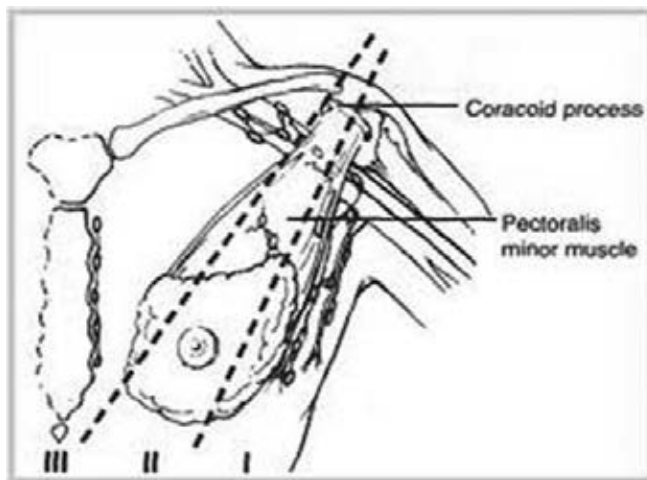
This article presents sentinel node technique (S.L.N.) and attempts to bring into prominence its usefulness in handling the axillary lymph nodes in breast cancer cases in contrast with the direct and harmful complete lymph node cleaning, presenting the advantages and disadvantages of each technique, based on scientific researches and real cases.

ΛΕΜΦΑΔΕΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΡΚΙΝΟΣ ΤΟΥ ΜΑΣΤΟΥ

Οι λεμφαδένες αποτελούν όργανα του σώματος που ανήκουν στο ανοσοποιητικό (αμυντικό) σύστημα του οργανισμού μας. Η λειτουργία των λεμφαδένων έγκειται στην παγίδευση και καταστροφή ξένων οργανισμών (όπως ιών και μικροβίων) καθώς και παθολογικών κυττάρων (όπως τα καρκινικά κύτταρα). Οι λεμφαδένες που σχετίζονται με τον μαστό βρίσκονται στο λίπος της μασχάλης (μασχαλιαίοι λεμφαδένες), στην περιοχή πάνω από την κλείδα (υπερκλείδιος χώρος), στο κατώτερο τριτημόριο του λαιμού (κατώτεροι τραχηλικοί λεμφαδένες) καθώς και στο έσω ημιθώρακιο πίσω από την πλάγια επιφάνεια του στήθους (έσω μαστικοί λεμφαδένες). [1]

Λέξεις κλειδιά :
χρησιμότητα, συγκριση, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα

Key words:
usefulness, in contrast, advantages, disadvantages



Εικόνα. Τα 3 επίπεδα του Bede

Από όλες αυτές τις ομάδες λεμφαδένων το μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνεται στους μασχαλιαίους λεμφαδένες, καθότι είναι αυτοί που επηρεάζονται πιο συχνά στον καρκίνο του μαστού. Με την σειρά τους οι μασχαλιαίοι λεμφαδένες διακρίνονται σε τρεις ομάδες με βάση την ανατομική τους θέση:

1) Ομάδα I: αφορά τους κεντρικούς λεμφαδένες της μασχάλης που βρίσκονται προς τα έξω του ελάσσονος θωρακικού μυός.

2) Ομάδα II: αφορά τους λεμφαδένες που βρίσκονται ακριβώς πίσω από τον ελάσσονα θωρακικό μυ.

3) Ομάδα III: αφορά τους λεμφαδένες που βρίσκονται προς τα έξω του ελάσσονος θωρακικού μυ.

Η κατάσταση της μασχάλης, το κατά πόσο δηλαδή έχει εξαπλωθεί η νόσος στους λεμφαδένες της μασχάλης, αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς ανεξάρτητους προγνωστικούς δείκτες της νόσου. Η διήθηση των λεμφαδένων υποδηλώνει την επέκταση της νόσου πέρα από το μαστό και αυτό έχει αντίκτυπο στην επιλογή της συμπληρωματικής θεραπείας.

Η γνώση της πραγματικής κατάστασης των λεμφαδένων δυστυχώς δεν γίνεται (στην πλειονότητα των περιπτώσεων) να προσδιοριστεί με απεικονιστικές εξετάσεις και μόνο δια της χειρουργικής αφαίρεση και ιστολογικής εξέτασης μπορούμε να είμαστε βέβαιοι. Ο τρόπος για να το πετύχουμε αυτό είναι η αφαίρεση μερικών ή και όλων των λεμφαδένων ταυτόχρονα με την αφαίρεση του όγκου. Όμως όπως συμβαίνει σε κάθε χειρουργική επέμβαση έτσι και η αφαίρεση των λεμφαδένων μπορεί να έχει επιπλοκές.

Η συχνότητα εμφάνισης αλλά και η βαρύτητα των επιπλοκών αυτών είναι ανάλογη της έκτασης του λεμφαδενικού καθαρισμού. Έτσι όταν εφαρμόζεται η ελάχιστη επεμβατική τεχνική του λεμφαδένα φρουρού (αφαιρούνται μερικοί μόνο λεμφαδένες) το ποσοστό των επιπλοκών είναι πολύ χαμηλό, σε αντίθεση με τον πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό που περιλαμβάνει την αφαίρεση όλων των μασχαλιαίων λεμφαδένων.[2]

ΠΛΗΡΗΣ ΛΕΜΦΑΔΕΝΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ

Κατά τον πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό αφαιρούνται μαζικά (en block) όλοι οι λεμφαδένες της μασχάλης (επίπεδα I,II). Με τον τρόπο αυτό όχι μόνο σταδιοποιείται με ασφάλεια η μασχάλη αλλά επιτυγχάνεται και καλύτερος τοπικός έλεγχος της νόσου. Ένας πλήρης λεμφαδενικός καθαρισμός μπορεί να έχει και θεραπευτικό χαρακτήρα σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και ειδικότερα αν υπάρχουν καρκινικά κύτταρα μόνο στους λεμφαδένες που αφαιρέθηκαν και σε κανένα άλλο σημείο του σώματος. Δυστυχώς όμως και ο πλήρης λεμφαδενικός καθαρισμός δεν είναι πανάκεια αφού μπορεί να συνοδεύεται από σοβαρές μετεγχειρητικές επιπλοκές. Όταν ο λεμφαδενικός καθαρισμός συνοδεύει μια ριζική επέμβαση στο μαστό τότε εκτελείται δια της ίδιας τομής. Αν συνοδεύει μια συντηρητική επέμβαση στο μαστό μπορεί να απαιτηθεί μια δεύτερη τομή κοντά στην μασχάλη εφόσον η βλάβη στον μαστό βρίσκεται σε απόσταση από την μασχαλιαία κοιλότητα. Θα πρέπει να αφαιρούνται τουλάχιστον 10 λεμφαδένες για να είναι αξιόπιστος ο καθαρισμός. Συνήθως αφαιρούνται 10 με 25 λεμφαδένες.[1,2]

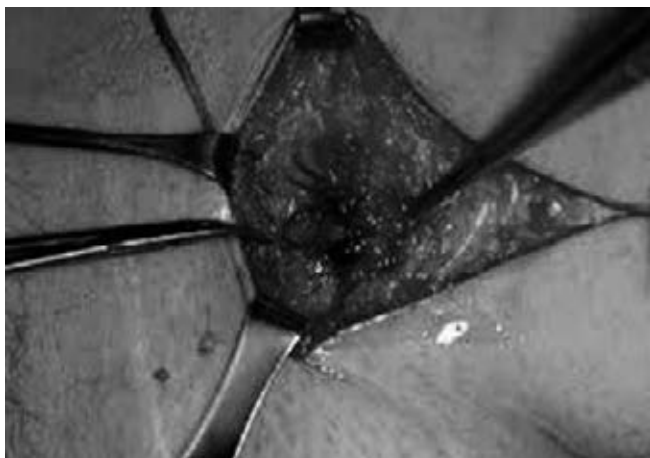
Ο πλήρης λεμφαδενικός καθαρισμός εμφανίζει σχετικά αυξημένο ποσοστό μετεγχειρητικών επιπλοκών. Οι συχνότερες περιλαμβάνουν:

- Δημιουργία αιματώματος

- Δημιουργία Ορόματος (Seroma)
 - Λεμφόρροια
 - Διαπύση τραύματος
 - Λεμφοίδημα άνω άκρου: ως λεμφοίδημα καλείται το σταδιακό ή απότομο οίδημα (πρήξιμο) του άνω άκρου (σε μικρή ή όλη την έκταση) που μπορεί να ακολουθήσει τον πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό. Η κατάσταση αυτή προκαλείται λόγω της καταστροφής των λεμφαγγείων που μεταφέρουν την λέμφο από το χέρι προς τον θώρακα. Μπορεί να είναι πρόσκαιρο (60% των περιπτώσεων) ή μόνιμο (40% των περιπτώσεων) και εμφανίζεται σε ποσοστό 20-40% μετά από πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό.
 - Υπαισθησία του δέρματος της μασχάλης και κάτω από τον βραχίονα.
 - Ελάττωση της κινητικότητας του άνω άκρου στην περιοχή του ώμου.
 - Κάκωση νεύρου με επακόλουθη πτώση της ωμοπλάτης.
 - Κάκωση νεύρου με επακόλουθη απώλεια δύναμης του πλατέως ραχιαίου μυός (μυς που χρησιμοποιούμε για να σκαρφαλώσουμε ή να κάνουμε έλξεις).
- Τα πλεονεκτήματά του βέβαια είναι ότι :
- Σταδιοποιεί αξιόπιστα την κατάσταση όλων των λεμφαδένων της μασχάλης.
 - Προσφέρει άριστο τοπικό έλεγχο της νόσου.
 - Σε ειδικές περιπτώσεις μπορεί να έχει θεραπευτικά οφέλη.[2]

Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΥ ΛΕΜΦΑΔΕΝΑ ΦΡΟΥΡΟΥ

Εδώ και κάποια χρόνια όμως έχει έρθει στο προσκήνιο η τεχνική του λεμφαδένα φρουρού. Ο λεμφαδένας φρουρός (ή οι λεμφαδένες φρουροί) είναι ο πρώτος λεμφαδένας ή η ομάδα λεμφαδένων που δέχεται τη λεμφική αποχέτευση και τη μετάσταση καρκινικών κυττάρων από την περιοχή του καρκίνου. Συνήθως πρόκειται για μασχαλιαίο λεμφαδένα και συνηθέστερα του επιπέδου I. Μπορεί όμως να εντοπίζεται στα επίπεδα II ή III, ή να είναι ενδομαζικός, διαθωρακικός (Rotter), λεμφαδένας της έσω μαστικής ή ακόμα και υπερκλειδίου λεμφαδένας (πολύ σπάνια), ή σπανιότατα λεμφαδένας της αντίπλευρης μασχάλης.[3] Η βιοψία του λεμφαδένα φρουρού (ΛΦ), ως εναλλακτική μέθοδος του ΜΛΚ άρχισε να εφαρμόζεται από τα μέσα της δεκαετίας του '90 και έχει υιοθετηθεί ευρύτατα τα τελευταία χρόνια, παρά τις λίγες ελεγχόμενες κλινικές έρευνες και την έλλειψη δεδομένων μακροπρόθεσμης επιβίωσης. Για την αντίχρευση του λεμφαδένα φρουρού χρησιμοποιούνται οι ενδοδερμικές εγχύσεις ραδιοϊσοτόπου και χρωστικής ουσίας μπλε χρώματος στην περιοχή της πρωτοπαθούς βλάβης, η οποία έχει συνήθως αφαιρεθεί κατά τη διαγνωστική βιοψία εκτομής. Η έγχυση γίνεται συνήθως σε τέσσερα σημεία περίξ της ουλής ή, στις ελάχιστες περιπτώσεις που η διάγνωση τεκμηριώθηκε με μερική βιοψία της βλάβης, περίξ του όγκου. Το ειδικό ραδιοϊσότοπο παροχετεύεται δια μέσου των λεμφαγγείων και εγκαθίσταται στον λεμφαδένα φρουρό. Προεγχειρητικώς εκτελείται πάντα το σπινθηρογράφημα λεμφαγγείων, που συμβάλλει στην πιο ακριβή εντόπιση της θέσης του πραγματικού λεμφαδένα φρουρού, αναδεικνύοντας και αυτούς, που βρίσκονται σε μη-κανονική ή μη-προβλεπόμενη λεμφαδενική ομάδα. Η ραδιενέργεια, που εκπέμπει ο λεμφαδένας φρουρός στην προεγχειρητική απεικόνιση του στο σπινθηρογράφημα, χρησιμοποιείται και διεγχειρητικά για την αντίχρευση του με τον ειδικό ανιχνευτή. Ταυτόχροτως, με



Εικόνα: Χειρουργικό παρασκεύασμα λεμφαδένα φρουρού βαμμένο με την μπλε χρωστική

την έγχυση της ειδικής χρωστικής ουσίας η λεμφική οδός βάφεται μπλε και μεταφέρει τη χρωστική στον λεμφαδένα φρουρό, που χρωματίζεται μπλε. Επίσης έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται και μια νέα τεχνική η οποία αντικαθιστά τη χρήση των ραδιοϊσοτόπων με μια νέα φωσφορίζουσα χρωστική ουσία και με τη βοήθεια μιας ειδικά κατασκευασμένης κάμερας, εντοπίζει το λεμφαδένα - φρουρό, ο οποίος αφαιρείται μεμονωμένα με μια μικρή τομή. Η μπλε χρωστική χρησιμοποιείται παράλληλα και η μέθοδος συνεχίζει να είναι διπλή αλλά χωρίς τη χρήση ραδιενέργειας.

Με τη συνδυασμένη τεχνική αυτή ανευρίσκεται ο λεμφαδένας φρουρός σε ποσοστό 93-100% των ασθενών. Ο λεμφαδένας φρουρός είναι διηθημένος σε ποσοστό περίπου 20%. Το ποσοστό ψευδώς αρνητικού αποτελέσματος της μεθόδου είναι γενικώς αποδεκτό. Η SNB ενδείκνυται για τη σταδιοποίηση της νόσου σε κλινικά αρνητικούς (N0) μασχαλιαίους λεμφαδένες. Τα αρνητικά αποτελέσματα της SNB φαίνεται να είναι προβλεπτικά της αρνητικότητας των μασχαλιαίων λεμφαδένων σε όλες σχεδόν τις ασθενείς. Η επίπτωση της υποτροπής στη μασχάλη μετά από αρνητική SNB είναι συγκρίσιμη με εκείνη έπειτα από ΜΑΚ. Τα ποσοστά των ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων της SNB είναι συγκρίσιμα τόσο στη μαστεκτομή όσο και στις επεμβάσεις διατήρησης του μαστού. [4] Σε μία προοπτική τυχαιοποιημένη μελέτη όπου συγκρίνεται η SNB με τον ΜΑΚ, το ποσοστό ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε SNB και ΜΑΚ ήταν 8,8%. Αρκετές ακόμη μελέτες είναι σε εξέλιξη. Τα προκαταρκτικά ευρήματα της NSABP B-32 δείχνουν ποσοστό ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων 9,7%. Ένα από τα οφέλη της SNB είναι ότι αφαιρείται μικρότερος αριθμός λεμφαδένων σε σύγκριση με τον ΜΑΚ. Είναι όμως διαπιστωμένο ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότεροι του ενός λεμφαδένες φρουροί. Οπότε προκύπτει το ερώτημα πόσοι λεμφαδένες πρέπει να αφαιρεθούν για να επιτευχθεί το 100% των ΛΦ; Όπως συμπεραίνεται από πρόσφατες μελέτες το 97% των θετικών ΛΦ ανευρίσκονται στους 1 έως 3 πρώτους λεμφαδένες που εκτέμνονται, το 99% στους 4 και το 100% στους πρώτους 6 λεμφαδένες. Για να μειωθεί λοιπόν το ποσοστό των ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων πρέπει να αφαιρούνται τουλάχιστον οι 4 πρώτοι χρωματισμένοι ή "θερμοί" λεμφαδένες. Όταν η SNB αποτύχει ή είναι τεχνικά μη ικανοποιητική καθώς και όταν υπάρχουν κλινικά ύποπτοι λεμφαδένες στη

μασχάλη μετά την αφαίρεση όλων των λεμφαδένων φρουρών, επιβάλλεται ΜΑΚ. [3,4,5]

Σε πρόσφατη μετά-ανάλυση διαπιστώθηκε ότι το 48,3% των ασθενών με θετική SNB είχε επιπρόσθετη λεμφαδενική νόσο στο ΜΑΚ. Όταν λοιπόν η SNB είναι θετική συνιστάται ΜΑΚ. Οι περισσότερες μελέτες περιορίζουν τη χρήση της SNB σε όγκους T1 (<ή=2cm) ή T2 (>2 αλλά <5cm). Έτσι η εκτέλεση της SNB δεν ενδείκνυται σε μεγάλο μεγέθους και τοπικά προχωρημένους καρκίνους μαστού (T3-T4), αλλά συνιστάται σε ασθενείς με όγκους <5cm.

Στον φλεγμονώδη καρκίνο του μαστού τα λεμφαγγεία εμφανίζουν μερική απόφραξη, λειτουργική ανωμαλία και περιέχουν καρκινικά έμβολα, οπότε τα ποσοστά ψευδώς αρνητικών ευρημάτων της SNB είναι πολύ υψηλά. Έτσι στον φλεγμονώδη καρκίνο μαστού δεν συνιστάται SNB. Υπάρχουν ευρήματα που δείχνουν ότι η επιτυχής εντόπιση του ΛΦ μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας και του σωματικού βάρους, αλλά αυτά τα ευρήματα δεν υποστηρίζουν ότι υπάρχει αντένδειξη της SNB σε παχύσαρκες ή ηλικιωμένες ασθενείς. Η ασφάλεια της SNB στην κύηση δεν έχει εκτιμηθεί πλήρως. [6] Η χρήση των χρωστικών αντενδείκνυται, ενώ το κολοειδές φαίνεται ασφαλέστερο. Προς το παρόν δεν συνιστάται η εκτέλεση SNB κατά τη διάρκεια της κύησης. Γενικά, η μέθοδος της ανίχνευσης του φρουρού λεμφαδένα ενδύκνεται:

- Σε μη-διηθητικό καρκίνο με εστία (εσ) μικροδιήθησης, χωρίς ψηλαφητούς λεμφαδένες. Αν υπάρχουν ψηλαφητοί λεμφαδένες γίνεται διαγνωστική παρακέντηση πριν το χειρουργείο και μόνο αν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό εφαρμόζεται η τεχνική του λεμφαδένα φρουρού. Αν οι λεμφαδένες βγουν θετικοί στην παρακέντηση τότε εκτελείται πλήρης λεμφαδενικός καθαρισμός. Αυτό ισχύει και για τις περιπτώσεις διηθητικού καρκίνου.
- Σε διηθητικό καρκίνο του μαστού μεγέθους μέχρι 2 εκατοστά. Μερικοί χειρουργοί εφαρμόζουν την τεχνική και σε όγκους με διάμετρο μέχρι 3 εκατοστά.

Η μοναδική απόλυτη αντένδειξη για την τεχνική του λεμφαδένα φρουρού είναι η περίπτωση που έχουμε επιβεβαιωμένη διήθηση των λεμφαδένων από παρακέντηση (και κυτταρολογική εξέταση) πριν το χειρουργείο. Επίσης, σε περίπτωση γνωστής αλβεργίας στη χρωστική ουσία ή στο ραδιοκolloειδές εκτελούμε τη μέθοδο με μόνο τη μια από τις δύο ουσίες.

Υπάρχουν επιπρόσθετα ορισμένες καταστάσεις κατά τις οποίες η ευαισθησία και η επιτυχία της μεθόδου μειώνεται, χωρίς όμως να καθιστά απαγορευτική τη διενέργεια του λεμφαδένα φρουρού. Τέτοιες καταστάσεις είναι:

- Η πολυεστιακή (σε πολλαπλά σημεία) ανάπτυξη του καρκίνου. Όταν έχουμε παραπάνω από μια εστίες καρκινικών κυττάρων μπορεί να υπάρχει παραπάνω του ενός λεμφαδένα φρουρού και σε διαφορετική περιοχή. Σε αυτές τις περιπτώσεις συστήνεται η διενέργεια λεμφαγγειογραφίας, δηλαδή μιας ειδικής ακτινογραφίας που απεικονίζει την διαδρομή των λεμφαγγείων (σωληνάκια που μεταφέρουν την λέμφη) προς τους λεμφαδένες. Επί μη αναγνώρισης του λεμφαδένα φρουρού συστήνεται συμπληρωματική δειγματοληψία της μασχάλης, δηλαδή την επιπλέον αφαίρεση 4-8 λεμφαδένων από την ομάδα I των μασχαλιαίων λεμφαδένων.
- Προηγούμενα εκτεταμένα χειρουργεία στον μαστό. Σε αυτές τις

περιπτώσεις συστήνεται η διενέργεια λεμφαγγειογραφίας. Επί μη αναγνώρισης του λεμφαδένα φρουρού συστήνεται συμπληρωματική δειγματοληψία της μασχάλης.

- Προηγούμενη ακτινοβολία ή προεγχειρητική (πριν την διενέργεια του χειρουργείου) χημειοθεραπεία (νέο-επικουρική θεραπεία). Σε αυτές τις περιπτώσεις συστήνεται η διενέργεια λεμφαγγειογραφίας. Επί μη αναγνώρισης του λεμφαδένα φρουρού συστήνεται συμπληρωματική δειγματοληψία της μασχάλης.
- Ιδιαίτερα αυξημένο σωματικό βάρος. Σε αυτές τις περιπτώσεις συστήνεται η διενέργεια λεμφαγγειογραφίας. Επί μη αναγνώρισης του λεμφαδένα φρουρού συστήνεται συμπληρωματική δειγματοληψία της μασχάλης.

Συνοπτικά αν εξετάσουμε τη λειτουργία αυτής της μεθόδου στα θετικά στοιχεία συμπεριλαμβάνεται το ότι :

- Είναι ελάχιστα επεμβατική μέθοδος με τεκμηριωμένη αποτελεσματικότητα.
- Αποφεύγεται η διενέργεια άσκοπου πλήρους λεμφαδενικού καθαρισμού σε ασθενείς που δεν τον χρειάζονται.
- Αποφεύγονται οι επιπλοκές του πλήρους λεμφαδενικού καθαρισμού.

Το μόνο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο κίνδυνος ψευδούς αρνητικού αποτελέσματος, δηλαδή να βγει αρνητικός ο λεμφαδένας

φρουρός τη στιγμή που θα υπάρχουν καρκινικά κύτταρα στην μασχάλη. Ευτυχώς αυτό συμβαίνει σε ποσοστό κάτω του 3-5%.[5,6]

ΕΝ ΚΑΤΑΚΛΕΙΔΙ

Συμπερασματικά, αν λάβουμε υπ'όψιν μας όλα τα παραπάνω καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η τεχνική του φρουρού λεμφαδένα είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνική μέσω της οποίας οι επιστήμονες και οι γιατροί θα μπορούν να προβλέψουν σε μεγάλο ποσοστό την πορεία της νόσου και θα μπορούν να επιλέξουν την καταλληλότερη θεραπεία σε πολλές περιπτώσεις. Αν και υπάρχει το μειονέκτημα των ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων αυτό περιορίζεται στα όρια του αποδεκτού και επιπλέον οι συνεχείς μελέτες πάνω στην τεχνική αυτή τείνουν στο να την τελειοποιήσουν. Επίσης, κι αυτό είναι το σημαντικότερο, έχουμε μια αξιόπιστη μέθοδο ανίχνευσης της πιθανής προσβολής των μασχαλιαίων λεμφαδένων από καρκινικά μεταστατικά κύτταρα με μηδαμινή έως ανύπαρκτη νοσηρότητα για την ασθενή σε σχέση με τον πλήρη λεμφαδενικό καθαρισμό. Οπότε, όταν οι ενδείξεις δεν προδίδουν προσβολή των λεμφαδένων της μασχάλης είναι προτιμότερο να εφαρμοστεί η μέθοδος του φρουρού λεμφαδένα παρά ο πλήρης λεμφαδενικός καθαρισμός με τα αρνητικά επακόλουθα τα οποία αναφέρθηκαν παραπάνω.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Katz, Angela, et al. «Can axillary dissection be avoided in patients with sentinel lymph node metastasis?» Journal of Surgical Oncology, 2006: 93:550-558.
2. Fisher B, Anderson S, Bryant J, Margolese RG, Deutsch M, Fisher ER, et al. Twenty-year follow-up of a randomized trial comparing total mastectomy, lumpectomy, and lumpectomy plus irradiation for the treatment of invasive breast cancer. N Engl J Med. Oct 17 2002;347(16):1233-41.
3. Turner RR, Ollila DW, Krasne DL, et al: Histopathologic validation of the sentinel lymph node hypothesis for breast carcinoma. Ann Surg 226:271, 1997 [PMID 9339933]
4. Krag D, Weaver D, Ashikaga T, et al: The sentinel node in breast cancer: a multicenter validation study. N Engl J Med 339:941, 1998 [PMID 9753708]
5. Sabel MS, Schott AF, Kleer CG, et al: Sentinel node biopsy prior to neoadjuvant chemotherapy. Am J Surg 186:102, 2003 [PMID 12885598]
6. Classe JM, Curtet C, Campion L, et al: Learning curve for the detection of axillary sentinel lymph node in breast cancer. Eur J Surg Oncol 29:426, 2003 [PMID 12798745]

Τομογραφική σπινθηρογραφική απεικόνιση αιμάτωσης μυοκαρδίου με χρήση συστημάτων γ - camera: συγκριτική αξιολόγηση ραδιοφαρμάκων

A. Βαρσαμίδης: Ακτινοφυσικός, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Αθηνών "Αττικόν"

Το σπινθηρογράφημα αιμάτωσης του μυοκαρδίου (ΣΑΜ) αποτελεί μια πολύτιμη μη επεμβατική απεικονιστική μέθοδος διάγνωσης και παρακολούθησης της στεφανιαίας νόσου (ΣΝ). Τα τρία πιο συνηθισμένα ραδιοφάρμακα (ρ/φ) που χρησιμοποιούνται στο ΣΑΜ είναι το Tl-201-Chloride και τα επισημασμένα με Tc-99m, sestamibi και tetrofosmin. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη των διαφορών αυτών των ρ/φ.

Myocardial perfusion imaging (MPI) is a valuable non-invasive technique for the diagnosis and monitoring of coronary artery disease. The three most common radiopharmaceuticals used in SPECT MPI are Tl-201-Chloride and Tc-99m labeled tracers, sestamibi and tetrofosmin. The purpose of this paper is to highlight the differences of these radiopharmaceuticals.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με επιδημιολογικά στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας, το 1/3 των θανάτων παγκοσμίως οφείλονται σε καρδιαγγειακές παθήσεις, εκ των οποίων περίπου το 45% οφείλεται στη στεφανιαία νόσο (ΣΝ).

Πέραν της ακτινολογικής προσέγγισης (χρήση συστημάτων CT, Αγγειογράφο, MRI, US) το σπινθηρογράφημα αιμάτωσης του μυοκαρδίου (ΣΑΜ) αποτελεί μια πολύτιμη μη επεμβατική απεικονιστική μέθοδο διάγνωσης και παρακολούθησης της ΣΝ. Το ΣΑΜ μπορεί να προσδιορίσει την ύπαρξη, τη θέση και την έκταση της ΣΝ, να διαχωρίσει ασθενείς σε υψηλού ή χαμηλού ρίσκου εμφάνισης καρδιακού επεισοδίου, και να εκτιμήσει την βιωσιμότητα του μυοκαρδίου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη των διαφορών των ραδιοφαρμάκων (ρ/φ) που χρησιμοποιούνται για ΣΑΜ με μονοφωτονιακή τομογραφία εκπομπής (Single Photon Emission Computed Tomography-SPECT).

2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ Ρ/Φ

Το ιδανικό ρ/φ που χρησιμοποιείται στο ΣΑΜ πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Πρόσληψη του ρ/φ στο μυοκάρδιο ευθέως ανάλογη της στεφανιαίας αιματικής ροής
- Υψηλό κλάσμα εξαγωγής πρώτης διόδου (first pass extraction fraction)
- Υψηλό λόγο συγκέντρωσης ρ/φ στο μυοκάρδιο προς το υπόβαθρο

Λέξεις κλειδιά :

Σπινθηρογράφημα αιμάτωσης μυοκαρδίου, Tl-201, Tc-99m-sestamibi, Tc-99m-tetrofosmin

Key words:

Myocardial perfusion imaging, Tl-201, Tc-99m-sestamibi, Tc-99m-tetrofosmin.

Πίνακας 1: Φυσικές ιδιότητες και βιοκινητική των ραδιοφαρμάκων του ΣΑΜ

Ιδιότητες	Tl-201-Cloride	Tc-99m-Sestamibi	Tc-99m-Tetrofosmin
Φυσικός χρόνος ημιζωής (ώρες)	73	6	6
Εκπεμπόμενες ενέργειες (keV)/ποσοστά	69/27%, 71/47%, 80/21%, 135/3%, 167/10%	140/89%	140/89%
Τρόπος απομείωσης	Electron capture	Isomeric transmission	Isomeric transmission
Χημικός τύπος	Ηλεκτρολύτης	Ισονιτρίλιο	Διφωσφίνη
Περιοχή καθήλωσης	Κυτταρόπλασμα	Μιτοχόνδρια	Μιτοχόνδρια
First pass extraction fraction	82-88%	55-68%	54%
Ιδιότητες	Ιόν ανάλογο του K+	Λιπόφιλο	Λιπόφιλο
Πρόσληψη μυοκαρδίου (%)	3.7 (Μέγιστο)	Κόπωση 1.5 στα 5 λεπτά 1.4 στα 60 λεπτά Ηρεμία 1.2	Κόπωση 1.3 στα 5 λεπτά 1.1 στα 60 λεπτά Ηρεμία 1.2
Παραμονή στο μυοκάρδιο	Συγκριτικά μικρή	Παρατεταμένη	Παρατεταμένη
Επανακατανομή	Ναι	Ελάχιστη	Σχεδόν καθόλου
Εισαγωγή στα μυοκαρδιακά κύτταρα			
Ενεργητικό μηχανισμό	60% (Αντλία Na ⁺ -K ⁺ -ΑΤΡαση)	0%	0%
Παθητικό μηχανισμό	40%	100%	100%

ΣΑΜ = Σπινθηρογράφημα Αιμάτωσης Μυοκαρδίου

- Σταθερή συγκέντρωση στο μυοκάρδιο κατά την διάρκεια της απεικόνισης
- Δυνατότητα επανακατανομής για μελέτη βιωσιμότητας
- Υψηλό ρυθμό κρούσεων για το σχηματισμό εικόνας ικανοποιητικής ποιότητας

Τα τρία πιο συνηθισμένα ρ/φ που χρησιμοποιούνται στο ΣΑΜ είναι το Tl-201-Cloride και τα επισημασμένα με Tc-99m, sestamibi και tetrofosmin. Το Tl-201 δεν επισημαίνει κάποια ψυχρή ουσία, καθώς το ιόν του Tl⁺ από μόνο του καθιλώνεται στα μυοκαρδιακά κύτταρα. Από την άλλη πλευρά, τα άλλα δυο ρ/φ απαιτούν την σύνδεση του ραδιοϊσοτόπου Tc-99m με ψυχρή ουσία. Η ψυχρή ουσία, sestamibi στη μια και tetrofosmin στην άλλη περίπτωση, παίζει το ρόλο της μεταφοράς του Tc-99m στα μυοκαρδιακά κύτταρα. Οι βασικές φυσικές και βιοκινητικές ιδιότητες των ρ/φ αυτών συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

3 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ Ρ/Φ

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι βασικές διαφορές των τριών ρ/φ.

3.1 Παρασκευή ρ/φ

Ο τρόπος παραγωγής και διάθεσης του Tl-201 υποδηλώνει την περιορισμένη διαθεσιμότητά του. Αντίθετα, στην περίπτωση τεχνητο-παραγώγων δεν υπάρχει τέτοιο πρόβλημα.

Ενώ το Tl-201 παρέχεται έτοιμο, η παρασκευή των ρ/φ Tc-99m είναι χρονοβόρα, ιδιαίτερα για το sestamibi. Το στοιχείο αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη σε εργαστήριο με υψηλό φόρτο εργασίας.

3.2 Χορήγηση-Απεικόνιση ρ/φ

Για το Tl-201 χρειάζεται μόνο μια χορήγηση, καθώς εκμεταλλεύεται την ιδιότητα του να επανακατανέμεται. Αντίθετα για τα ρ/φ Tc-99m απαιτούνται ξεχωριστές χορηγήσεις, στην κόπωση και στην ηρεμία. Τα πρωτόκολλα απεικόνισης για τα ρ/φ Tc-99m διακρίνονται σε 1 ημέρας και 2 ημερών. Στα πρωτόκολλα 1 ημέρας η δεύτερη χορήγηση πρέπει να είναι 2.5-3 φορές μεγαλύτερη της πρώτης ώστε να υπερκεράσει το υπόβαθρο που οφείλονται στις κρούσεις της πρώτη χορήγησης. Στο πρωτόκολλο 2 ημερών λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του Tc-99m χορηγείται, και τις δύο φορές, ίδια δόση. Η δόση αυτή είναι μεγαλύτερη της πρώτης χορήγησης του πρωτοκόλλου 1 ημέρας προσφέροντας εικόνα βελτιωμένης ποιότητας.

Οι δύο χορηγήσεις που απαιτούνται στα ρ/φ Tc-99m έχουν κάποια μειονεκτήματα. Σημαντικότερες είναι η αύξηση φόρτου εργασίας για ετοιμασία των δόσεων, διπλή ταλαιπωρία του ασθενή, αλλά και ενδεχόμενο πρόβλημα σε ασθενείς με προβληματική φλέβα.

Τα φτωχά απεικονιστικά χαρακτηριστικά του Tl-201, συγκρινόμενο με τα ρ/φ Tc-99m, ενδέχεται να οδηγήσουν σε εικόνες χειρότερης ποιότητας σε εύσωμους ασθενείς και γυναίκες με μεγάλο μαστό με κίνδυνο την υποεκτίμηση της διάγνωσης. Γι' αυτό το λόγω τα ρ/φ Tc-99m ενδείκνυνται για αυτές τις περιπτώσεις.

Η απεικόνιση με το Tl-201 ξεκινάει 5-10 λεπτά μετά την χορήγηση ώστε ο καρδιακός ρυθμός να έχει επιστρέψει σε φυσιολογικά επίπεδα, αλλά και να περιοριστεί η παρουσία του upward creep artifact (κίνηση της καρδιάς από την μετάβαση από κόπωση σε

Πίνακας 2: Διαφορές των ραδιοφαρμάκων του ΣΑΜ

Ιδιότητες	Tl-201-Cloride	Tc-99m-sestamibi	Tc-99m-tetrofosmin
Παρασκευή	Κυκλοτρόνιο	Ψυχρό κιτ + επισημάνση με Tc-99m	
Ιδιαιτερότητα παρασκευής	Έτοιμο	10 λεπτά βράσιμο 15 λεπτά κρύωμα	15 λεπτά επώαση
Τυπικό εύρος ενεργότητας 1ης χορήγησης (MBq)	74-111	250-350 (Πρωτόκολλο 1 ημέρας) 500-1000 (Πρωτόκολλο 2 ημερών)	
2η χορήγηση (MBq)	Δεν απαιτείται*	625-1050 (Πρωτόκολλο 1 ημέρας) 500-1000 (Πρωτόκολλο 2 ημερών)	
Έναρξη απεικόνισης (λεπτά μετά τη χορήγηση)	5-10	45-60 (κόπωση) Μεγαλύτερο σε ηρεμία	20-30 (κόπωση) Μεγαλύτερο σε ηρεμία
Ολοκλήρωση απεικόνισης (κόπωση)	Εντός 30 λεπτών	-	-
Συγκέντρωση ρ/φ στα σπλάχνα	-	Υψηλή και σχετικά αργός καθαρισμός	Υψηλή και σχετικά αργός καθαρισμός (τα- χύτερος από sestamibi)
Συγκέντρωση ρ/φ στους πνεύ- μονες	Ναι (σε παθολογία)	-	
Εκτίμηση βιωσιμότητας μυο- καρδίου	Ναι	Μπορεί να επιχειρηθεί	Μπορεί να επιχειρηθεί
Λειτουργική Απεικόνιση (ECG- GATED)	Μικρότερη αξιοπιστία	Ναι	Ναι

*Ειδική περίπτωση το πρωτόκολλο με επαναχορήγηση (Reinjection) για μελέτη βιωσιμότητας. Τυπική χορηγούμενη δόση είναι 37-74MBq
ΣΑΜ = Σπινθηρογράφημα Αιμάτωσης Μυοκαρδίου

ηρεμία). Επίσης η εξέταση, για χορήγηση σε κόπωση, πρέπει να ολοκληρωθεί σε σύντομο χρονικό διάστημα λόγω της ιδιότητας του Tl-201 να επανακατανέμεται.

3.3 Καθήλωση ρ/φ σε άλλα όργανα

Τα ρ/φ Tc-99m παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση στα σπλάχνα, επηρεάζοντας την ποιότητα της εικόνας (υποβαθμισμένη τιμή λόγου στόχου προς υπόβαθρο) επηρεάζοντας την ορθότητα της διάγνωσης. Η ιδιότητα των ρ/φ Tc-99m της ελάχιστης επανακατανομής, δίνει την δυνατότητα χρονικής αποσύνδεσης της χορήγησης από την απεικόνιση. Για να περιοριστεί αυτό το πρόβλημα καθυστερεί η έναρξη της απεικόνισης ώστε να καθαρίσει όσο το δυνατό περισσότερο το ηπατοχολικό σύστημα. Από την άλλη δεν μπορεί να καθυστερήσει υπερβολικά καθώς μειώνεται ο αριθμός κρούσεων στο μυοκάρδιο και αυξάνεται το υπόβαθρο στο γαστροεντερικό σύστημα. Τυπικές τιμές χρόνου έναρξης απεικόνισης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Το Tl-201 παρουσιάζει καθήλωση στους πνεύμονες σε ασθενείς με δυσλειτουργία της αριστερής κοιλίας. Αντίθετα με τα ρ/φ Tc-99m, με την εξέταση να γίνεται 30-60 λεπτά μετά την χορήγηση, η καθήλωση στους πνεύμονες δεν παρέχει αντίστοιχες πληροφορίες. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα συστήνεται μια επιπλέον στατική απεικόνιση αμέσως μετά την χορήγηση.

3.4 Μελέτη βιωσιμότητας

Στην πράξη και τα τρία ρ/φ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για

την μελέτη βιωσιμότητας του μυοκαρδίου. Η ιδιότητα όμως του Tl-201 να ανακατανέμεται το καθιστά ιδανικό ιχνηθέτη για την μελέτη βιωσιμότητας. Το βασικό πρωτόκολλο ηρεμίας – επανακατανομής απαντά στο ερώτημα βιώσιμου ή μη μυοκαρδίου, με ικανοποιητική ακρίβεια. Παρόλα αυτά για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα πρέπει να δοθεί η ευκαιρία το βιώσιμο μυοκάρδιο να λάβει τον ιχνηθέτη. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με επαναχορήγηση Tl-201 στις 4 ώρες από την πρώτη χορήγηση και απεικόνιση 60 λεπτά αργότερα. Εναλλακτικά με λήψη εικόνας την επόμενη ημέρα (24 ώρες μετά) στην φάση της καθυστερημένης επανακατανομής, αν και αυτό έχει το μειονέκτημα της επιπρόσθετης ταλαιπωρίας του ασθενή.

Αντίθετα, τα ρ/φ του Tc-99m χαρακτηρίζονται από ελάχιστη επανακατανομή γι' αυτό γενικά δεν προτείνονται για την εκτίμηση της βιωσιμότητας μυοκαρδίου. Παρόλα αυτά, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας του Tl-201, μπορεί να επιχειρηθεί έλεγχος βιωσιμότητας με χρήση Tc-99m-sestamibi, το οποίο εμφανίζει καλύτερη επανακατανομή από το Tc-99m-tetrofosmin, με ταυτόχρονη χρήση νιτρικού άλατος κατά την χορήγηση.

3.5 Λειτουργική απεικόνιση

Οι φυσικές ιδιότητες του Tc-99m να παρέχουν εικόνες με καλύτερη στατιστική κρούσεων επιτρέπει την εφαρμογή του ΣΑΜ συγχρονισμένο με ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG-GATED), επιτρέποντας την παράλληλη εξέταση της αιμάτωσης του μυοκαρδίου και της λειτουργίας της αριστερής κοιλίας της καρδιάς κατά

Πίνακας 3: Ακτινική επιβάρυνση ασθενή στο ΣΑΜ

Ιδιότητες	Tl-201-Cloride	Tc-99m-Sestamibi	Tc-99m-Tetrofosmin
Ενεργός δόση ανά μονάδα χορηγούμενης ενεργότητας (mSv/MBq)	0.22	0.0085	0.0076
Τυπική τιμή χορηγούμενης δόσης (mCi)	3	8+24*	8+24*
Ενεργός δόση (mSv)	24.4	10.1	9.0
Κρίσιμο όργανο	Νεφρά	Χοληδόχο κύστη	Χοληδόχο κύστη
Απορροφούμενη δόση οργάνου ανά μονάδα χορηγούμενης ενεργότητας (mGy/MBq)	0.54	0.039	0.031

*Δύο χορηγήσεις, ΣΑΜ = Σπινθηρογράφημα Αιμάτωσης Μυοκαρδίου

την διάρκεια του καρδιακού κύκλου. Το πλεονέκτημα είναι η βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας και της προγνωστικής αξίας του ΣΑΜ. Για το λόγο αυτό, προτείνεται η εφαρμογή της ECG-GATED τεχνικής σε περίπτωση επιλογής, με βάση το κλινικό ερώτημα, της χρήσης ρ/φ Tc-99m.

Η ECG-GATED τεχνική μπορεί να επιχειρηθεί και με το Tl-201 αλλά, εξαιτίας της μικρής στατιστικής κρούσεων, η ακρίβεια και η αξιοπιστία είναι κατώτερη των ρ/φ Tc-99m.

3.6 Ακτινική επιβάρυνση

Τα χαμηλής ενέργειας φωτόνια που εκπέμπει το Tl-201 σε συνδυασμό με το σχετικά υψηλό φυσικό χρόνο ημιζωής του οδηγεί σε υψηλότερη ακτινική επιβάρυνση του ασθενή συγκρινόμενο με τα ρ/φ Tc-99m. Τυπικές τιμές της ενεργού δόσης στον ασθενή καθώς και της ακτινικής επιβάρυνσης των κρίσιμων οργάνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Στην περίπτωση παιδιατρικού ΣΑΜ, συνίσταται εφόσον καλύπτεται το κλινικό ερώτημα, η χρήση ρ/φ Tc-99m καθώς η ακτινική επιβάρυνση είναι μικρότερη συγκρινόμενη με το Tl-201.

3.7 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα των ρ/φ

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ρ/φ της παρούσας μελέτης συνοψίζονται στον Πίνακα 4.

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βασικότερο πλεονέκτημα του Tl-201 είναι η ικανότητά του στη μελέτη βιωσιμότητας μυοκαρδίου. Από την άλλη πλευρά, τα ρ/φ Tc-99m υπερτερούν στην αποτελεσματικότητα παράλληλης εκτίμησης της αιμάτωσης του μυοκαρδίου και της λειτουργίας της αριστερής κοιλίας της καρδιάς.

Ένα τρόπος να συνδυαστούν τα πλεονεκτήματα των δύο ραδιοϊσοτόπων, Tl-201 και Tc-99m, είναι η εφαρμογή του πρωτοκόλλου δυο ραδιοϊσοτόπων, με χορήγηση του ενός στη κόπωση και του άλλου στην ηρεμία. Η εφαρμογή όμως της συγκεκριμένης τεχνικής παρουσιάζει το μειονέκτημα διαφορετική εξασθένηση για κάθε ραδιοϊσότοπο στοιχείο το οποίο προϋποθέτει διαφορετική τεχνική προσέγγιση κατά την απεικόνιση και μετέπειτα επεξεργασία των δεδομένων.

Το Tc-99m-N-NOET είναι ένα υπό μελέτη ρ/φ με παρόμοιες ιδι-

Πίνακας 4: Συγκεντρωτικός πλεονεκτημάτων-μειονεκτημάτων ραδιοφαρμάκων στο ΣΑΜ

Ραδιοφάρμακο	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Tl-201-Cloride	Έτοιμο για χρήση	Περιορισμένη διαθεσιμότητα
	Μία χορήγηση	Φτωχά απεικονιστικά χαρακτηριστικά
	Επανακατανέμεται	Μικρός ρυθμός κρούσεων
	Υπερτερεί για μελέτη βιωσιμότητας	Υψηλή ακτινική επιβάρυνση σε ασθενή
	Πρόσληψη στους πνεύμονες σε παθολογία	-
Tc-99m-sestamibi & Tc-99m-tetrofosmin	Εύκολα διαθέσιμο	Χρονοβόρα παρασκευή
	Καλά απεικονιστικά χαρακτηριστικά	Δύο χορηγήσεις
	Υπερτερεί για παράλληλη μελέτη λειτουργικής απεικόνισης	Ελάχιστη επανακατανομή
	Χρονική αποσύνδεση χορήγησης απεικόνισης	Συγκέντρωση στα σπλάχνα και σχετικά αργή κάθαρση αυτών

*Δύο χορηγήσεις, ΣΑΜ = Σπινθηρογράφημα Αιμάτωσης Μυοκαρδίου

ότητες με το Tl-201, με αντίστοιχη διαδικασία επανακατανομής, μεγάλο κλάσμα εξώθησης πρώτης διόδου. Παράλληλα διατηρεί τη χρονική αποσύνδεση μεταξύ χορήγησης και απεικόνισης, προσφέροντας καλύτερα απεικονιστικά χαρακτηριστικά.

Ως εναλλακτική προσέγγιση απεικόνισης της αιμάτωσης του μυοκαρδίου καταγράφεται η χρήση συστήματος PET, η οποία αποτελεί στην παρούσα φάση την πλέον ενδεδειγμένη για μελέτη

βιωσιμότητας μυοκαρδίου.

Συμπερασματικά και τα τρία ρ/φ είναι χρήσιμα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο ΣΑΜ. Η κατανόηση των φυσικών και βιοκινητικών ιδιοτήτων των ρ/φ και της υπεροχής σε επιμέρους τομείς του καθενός, οδηγεί στην επιλογή του καταλληλότερου ρ/φ για το συγκεκριμένο κλινικό ερώτημα που αντιμετωπίζεται κάθε φορά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.who.int/cardiovascular_diseases/resources/atlas/en/
2. http://www.sld.cu/galerias/pdf/servicios/hta/international_cardiovascular_disease_statistics.pdf
3. SS Husain (2007) Myocardial perfusion imaging protocols: is there an ideal protocol? J Nucl Med Technol 35(1):3-9.
4. Cardiolite (2010) kit for the preparation of technetium Tc99m Sestamibi for Injection φυλλάδιο τεχνικών προδιαγραφών, Lantheus.
5. MYOVIEW (2010) kit for the preparation of technetium Tc99m Tetrofosmin for Injection φυλλάδιο τεχνικών προδιαγραφών, GE Healthcare.
6. Thallous Chloride Tl-201 Injection (2006) φυλλάδιο τεχνικών προδιαγραφών GE Healthcare.
7. AS Hamb e, P Delsarte, et al (2007) Influence of the different biokinetics of sestamibi and tetrofosmin on the interpretation of myocardial perfusion imaging in daily practice, Nucl Med Commun 28(5):383-90.
8. P Georgoulas, V Valotassiou, et al (2011) Clinical Significance of Tetrofosm in Extracardiac Uptake During Myocardial Perfusion Imaging, Coronary Angiography - Advances in Noninvasive Imaging Approach for Evaluation of Coronary Artery Disease, Prof. Baskot Branislav (Ed.), InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/coronary-angiography-advances-in-noninvasive-imaging-approach-forevaluation-of-coronary-artery-disease/clinical-significance-of-tetrofosm-inextracardiac-uptake-during-myocardial-perfusion-imaging>.
9. M Kula, A Tutus, et al (2001) Comparison between rest technetium-99m-tetrofosmin and rest-redistribution thallium-201 SPECT in stable patients with healed myocardial infarction, Nucl Med Commun 22(12):1317-24.
10. W Acampa, A Cuocolo, et al (2002) Tetrofosmin imaging in the detection of myocardial viability in patients with previous myocardial infarction: comparison with sestamibi and Tl-201 scintigraphy, J Nucl Cardiol 9(1):33-40.
11. http://www.eanm.org/publications/tech_guidelines/docs/tech_guide_mpi_en.pdf
12. SE Günel, A Akgun (2009) Comparison of exercise-rest-reinjection Tl-201 imaging and rest sublingual isosorbide dinitrate Tc-99m MIBI imaging for the assessment of myocardial viability, Ann Nucl Med 23(5):451-7.
13. MJ Metcalfe (2005) Practical Nuclear Medicine: The Cardiovascular System PF Sharp, HG Gemmell, AD Murray (Eds), Springer.
14. IAEA (2006) Nuclear Medicine Resources Manual IAEA, Vienna.
15. B Hesse, K Tägil, et al (2005) EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion imaging in nuclear cardiology, EANM/ESC Group, Eur J Nucl Med Mol Imaging 32(7):855-97.
16. HW Strauss, DD Miller, et al (2008) Procedure guideline for myocardial perfusion imaging 3.3, J Nucl Med Technol 36(3):155-61.
17. YQ Tian, WC Zhang et al (2007) [Diagnostic value of 99mTc-NOET myocardial perfusion imaging during exercise for coronary artery disease], Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi 35(3):248-50 Chinese.

Τεχνολογία Αιχμής

Κλινικά πλεονεκτήματα της Ελικοειδούς Τομοθεραπείας

Λυμπεροπούλου Γεωργία, Ακτινοφυσικός PhD

ΓΙΑ ΠΟΙΟ ΛΟΓΟ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ Η ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ ΜΕ ΔΕΣΜΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΟΥΜΕΝΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ (IMRT) ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ;

Η ακτινοθεραπεία με δέσμες διαμορφούμενης έντασης (IMRT) εισήχθη για πρώτη φορά στις καθιερωμένες μορφές ακτινοθεραπείας στα τέλη της δεκαετίας του '90, οπότε και άρχισε να θεωρείται η εξέλιξη της συμβατικής σύμμορφης τρισδιάστατης ακτινοθεραπείας (3DCRT).

Η 3DCRT αφορά στην συμμόρφωση του σχήματος κάθε πεδίου ακτινοβολίας στο μέγεθος του στόχου και στην παροχή ομοιογενούς ροής σε όλο το πεδίο. Αυτό σημαίνει ότι όλες οι περιοχές του όγκου λαμβάνουν την ίδια περίπου δόση ακτινοβολίας, μέσω του συνδυασμού ενός αριθμού πεδίων από διαφορετικές γωνίες ακτινοβολήσης, που επιλέγονται ώστε να στοχεύουν στον όγκο αποφεύγοντας συγχρόνως τα κρίσιμα όργανα που έχουν πολύ μικρή ανοχή στην ακτινοβολία. Ιστορικά, τεχνικές αδυναμίες καθιστούσαν δυνατή την πρακτική εφαρμογή μόνο ενός συγκεκριμένου αριθμού γωνιών ακτινοβολήσης εξ αιτίας περιορισμών στον υπολογισμό της δόσης, την αυτοματοποίηση των μηχανημάτων κλπ, αλλά και πρακτικών περιορισμών όπως λόγω χάρη η χρονική διάρκεια της ακτινοθεραπευτικής συνεδρίας.

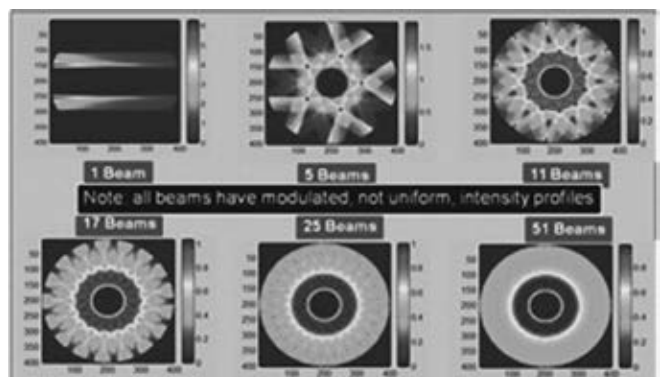
Η ιδέα πίσω από την IMRT τεχνική σχετίζεται με τον καταμερισμό της δόσης ακτινοβολίας σε πολλά μέρη ή υπο-δέσμες (beamlets) που διαφέρουν σε ένταση. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα να χορηγηθούν υψηλότερες δόσεις σε ορισμένες περιοχές του στόχου και χαμηλότερες σε άλλες, για παράδειγμα περιοχές πίσω από τις οποίες για τη συγκεκριμένη γωνία ακτινοβολήσης υπάρχει κάποιο όργανο που πρέπει να προστατευθεί.

Στην πρωτοποριακή μελέτη του πάνω στην θεωρητική βάση της ακτινοθεραπείας IMRT το 1982[1], ο Anders Brahme έδειξε πως «για ένα ειδικό αντίστροφο διδιάστατο πρόβλημα με πλήρη κυκλική συμμετρία κατέστη δυνατόν να παραχθεί ένας δακτύλιος ομοιογενούς δόσης γύρω από ένα εντελώς προστατευμένο κεντρικό κύκλο περιστρέφοντας μια διαμορφούμενη δέσμη.»[2] (Βλ. Σχήμα 1). Στην ίδια μελέτη τονίζεται ότι χρειάζεται ένας μεγάλος

αριθμός διαμορφωμένων δεσμών προκειμένου να επιτευχθεί μια πολύπλοκη κατανομή δόσης.

Την αρχική αυτή εργασία ακολούθησαν αρκετές ακόμα επιστημονικές δουλειές οι οποίες εξακολουθούν να δημοσιεύονται επιδεικνύοντας τα οφέλη της IMRT σε σχέση με την 3DCRT, όσον αφορά στη μείωση των υψηλών δόσεων ακτινοβολίας σε φυσιολογικούς ιστούς και στον περιορισμό της τοξικότητας και των παρενεργειών της θεραπείας. Σε επόμενη παράγραφο συνοψίζονται μερικές από τις δημοσιεύσεις που αναφέρουν τη μείωση της τοξικότητας σε ασθενείς χρησιμοποιώντας την Τομοθεραπεία.

Πρόσθετα κλινικά πλεονεκτήματα της IMRT είναι η δυνατότητα κλιμάκωσης της συνολικής δόσης στον όγκο ή σε περιπτώσεις που ενδείκνυται της δόσης ανά συνεδρία, αυξάνοντας έτσι την πιθανότητα ελέγχου της νόσου (TCP), διατηρώντας ταυτόχρονα σε χαμηλά επίπεδα τη δόση στα κρίσιμα όργανα και να περιορίζοντας την πιθανότητα επιπλοκών σε φυσιολογικούς ιστούς



Σχήμα 1: Η εικόνα από το άρθρο του Brahme[1] δείχνει πώς ένας συνδυασμός δεσμών διαμορφούμενης έντασης εναποθέτει τη δόση σε ένα στόχο (κόκκινο χρώμα) που περιβάλλει μια κεντρική δομή που πρέπει να προστατευθεί. Ομοιογενής κατανομή δόσης στο στόχο μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη χρήση μεγάλου αριθμού δεσμών από διαφορετικές γωνίες.



(NTCP). Συνοψίζοντας λοιπόν, τα πλεονεκτήματα της ακτινοθεραπείας IMRT είναι τα εξής:

- Αυξημένη δυνατότητα να περιοριστεί η υψηλή δόση ακτινοβολίας σε φυσιολογικούς ιστούς ενώ ταυτόχρονα χορηγείται πιο ομοιογενής δόση στους όγκους
- Μείωση της τοξικότητας (παρενέργειες) της ακτινοθεραπείας
- Αυξημένη πιθανότητα ελέγχου της νόσου.

ΓΙΑ ΠΟΙΟ ΛΟΓΟ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑ (IGRT);

Η προηγμένη τεχνολογία IMRT επιτρέπει να υπολογίζονται και να υλοποιούνται πολύπλοκες κατανομές δόσης, που έχουν σχεδιαστεί ώστε να συμμορφώνονται με πολύ μεγάλη ακρίβεια στο μέγεθος και το σχήμα του όγκου-στόχου, και να ελαττώνονται απότομα στους παρακείμενους υγιείς ιστούς.

Η παραπάνω δυνατότητα είναι κλινικά άχρηστη, ή μπορεί ακόμα να υπονομεύσει την αποτελεσματικότητα της θεραπείας, αν αυτή δεν υλοποιείται με αντίστοιχη ακρίβεια που να εξασφαλίζει ότι η δόση εναποτίθεται στον ασθενή σύμφωνα με τον προκαθορισμένο τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι τα περιθώρια για σφάλματα περιορίζονται, και ο θεραπευτής πρέπει να γνωρίζει με ακρίβεια που στοχεύει την ακτινοβολία καθημερινά. Η αντίθετη περίπτωση θα μπορούσε να παρομοιαστεί με μια επέμβαση που πραγματοποιεί ένας χειρουργός με δεμένα μάτια: ένας εξαιρετικά ικανός χειρουργός πιθανόν να τη βγάλει εις πέρας με σχετική επιτυχία, εάν όμως έβλεπε κανονικά, η ακρίβεια της επέμβασης θα ενισχυό-

ταν σημαντικά. Επειδή οι ακτινοθεραπευτικές συνεδρίες διαρκούν συνήθως πολλές εβδομάδες και αφορούν συχνά υψηλές δόσεις ακτινοβολίας, ακόμα και οι παραμικρές αλλαγές στο μέγεθος του όγκου ή οι καθημερινές μετακινήσεις της εσωτερικής ανατομίας πιθανόν να θέσουν σε κίνδυνο υγιείς ιστούς και ζωτικές δομές. Είναι γνωστό από την παρατήρηση διαγνωστικών απεικονίσεων ότι οι όγκοι και τα όργανα που τους περιβάλλουν μεταβάλλονται συχνά. Για παράδειγμα, η απεικόνιση του προστάτη μπορεί να αλλάξει, ανάλογα με τη διατροφή του ασθενούς και την πλήρωση του ορθού ή της ουροδόχου κύστης. Παρομοίως, ένας ασθενής με καρκίνο του τραχήλου πιθανόν να υποβάλλεται ταυτόχρονα σε χημειοθεραπεία και ακτινοθεραπεία με αποτέλεσμα να έχει σημαντική απώλεια βάρους, και οι υπολογισμένες κατανομές δόσεις να αποκλίνουν σημαντικά από τις πραγματικές. Η ανίχνευση των αλλαγών και η σωστή προσαρμογή σε αυτές μπορεί να επιτευχθεί μόνο μέσω μιας μεθόδου απεικόνισης που προσφέρει τη δυνατότητα εντόπισης των μαλακών ιστών και που δύναται να συσχετίζει και να προσαρμόζει τη δόση της ακτινοβολίας βάσει αυτής της απεικόνισης. Χωρίς την οπτικοποίηση της ανατομίας πριν από κάθε θεραπεία, πιθανόν να εκτεθούν ζωτικές δομές σε δόσεις ακτινοβολίας πάνω από τα επιτρεπτά όρια από αμέλεια, ο δε στόχος να υποακτινοβοληθεί.

Ωστόσο, με την υποστήριξη της τριδιάστατης ογκομετρικής απεικονιστικής καθοδήγησης σε ημερήσια βάση, η ακτινοβολία γίνεται σαφώς πιο στοχευμένη. Η προηγμένη απεικονιστική καθοδήγηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί προκειμένου να εντοπίζεται σε καθημερινή βάση ο στόχος της θεραπείας σε νεοπλασίες του

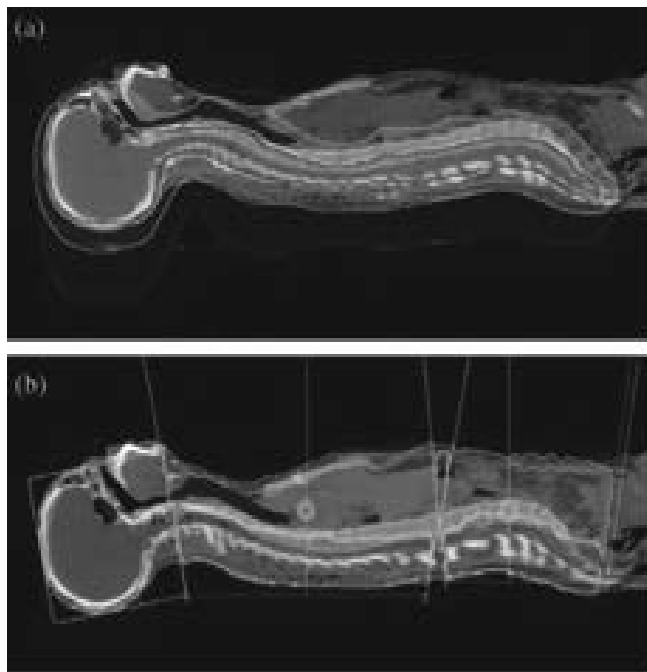
προστάτη, κεφαλής τραχήλου και των περισσότερων ανατομικών περιοχών του σώματος, κι έτσι ο ακτινοθεραπευτής να μπορεί να χαράζει κατά το σχεδιασμό της θεραπείας ένα μικρότερο περιθώριο γύρω από τον όγκο-στόχο, και να προστατεύει από υψηλές δόσεις αρκετό τμήμα των παρακείμενων στον όγκο υγιών ιστών.

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΣΤΙΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Μία από τις βασικές κατευθύνσεις της σύγχρονης ακτινοθεραπείας, είναι η προσαρμοζόμενη ακτινοθεραπεία (Adaptive Radiation Therapy), η δυνατότητα δηλαδή για μεταβολή της παρεχόμενης δόσης βάσει της ανατομίας του ασθενούς κατά τη διάρκεια των συνεδριών.

Κάποιοι από τους ταχέα αναπτυσσόμενους όγκους όπως της κεφαλής/τραχήλου και των πνευμόνων είναι επίσης ταχέως συρρικνούμενοι μετά την απορρόφηση ακτινοβολίας. Για το λόγο αυτό, οι κλινικοί ιατροί θα πρέπει να επανεκτιμούν τον όγκο-στόχο κατά τη διάρκεια των συνεδριών, διότι καθώς συρρικνώνεται, θα φέρει φυσιολογικούς ιστούς εντός του πεδίου ακτινοβολίας. Αντίστοιχα, όταν ένας ασθενής χάσει βάρος κατά τη διάρκεια της θεραπείας, ο αρχικός υπολογισμός της δόσης πιθανόν υποεκτιμά την πραγματικά χορηγούμενη δόση, αφού πλέον η ακτινοβολία εξασθενεί λιγότερο πριν φτάσει στο στόχο.

Προκειμένου να εφαρμοστεί μια πραγματικά προσαρμοστική ακτινοθεραπεία, η δόση ακτινοβολίας θα πρέπει να υπολογίζεται κάθε φορά που ανιχνεύονται σημαντικές μεταβολές κατά την απεικόνιση. Ο λόγος είναι ότι οι κλινικοί ιατροί πρέπει να γνωρίζουν ακριβώς πόση ακτινοβολία έχουν εναποθέσει ώστε να ξέρουν και πόση υπολείπεται για την ολοκλήρωση της αγωγής. Επιπλέον, θεωρείται ζωτικής σημασίας σε ασθενείς που υπόκεινται σε επαναακτινοβολία μετά από περιπτώσεις υποτροπής ή εξάπλωσης της νόσου.



Σχήμα 2. Κατανομή δόσης στο μέσο επίπεδο του ασθενή για (α) τεχνική ελικοειδούς τομοθεραπείας και (β) συμβατική τεχνική (πορτοκαλί, 105%; κόκκινο, 100%; κίτρινο, 95%; κυανό, 50% και μπλε, 25%). [8]

ΣΥΝΤΟΜΑ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΜΕ ΥΨΗΛΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΝΑ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

Αρκετοί ακτινοθεραπευτές ογκολόγοι στρέφονται σήμερα για συγκεκριμένες κατηγορίες ασθενών προς πιο σύντομα ακτινοθεραπευτικά σχήματα που περιλαμβάνουν μικρό αριθμό συνεδριών με υψηλές δόσεις ακτινοβολίας, γνωστά και ως υποκλασματοποίηση, που φαίνεται να προσφέρουν αυξημένο έλεγχο της νόσου διατηρώντας ταυτόχρονα τις τοξικότητες στα επιτρεπτά όρια. Για παράδειγμα μία μελέτη του Πανεπιστημίου του Wisconsin σε ασθενείς με ανεγχείρητο μη-μικροκυτταρικό καρκίνο του πνεύμονα (ΜΜΚΠ), έδειξε 2-ετή ολική επιβίωση για ασθενείς που έλαβαν υποκλασματοποιημένη θεραπεία με ελικοειδή Τομοθεραπεία σε ποσοστό $46.8\% \pm 9.7\%$, 50% των οποίων ήταν σταδίου ΙΙΒ και 30% σταδίου ΙΙΑ [3]. Προηγούμενες μελέτες για παρόμοιες ομάδες ασθενών, αναφέρουν αντίστοιχα ποσοστά επιβίωσης περίπου 22%.

Η υποκλασματοποίηση εφαρμόζεται ολοένα και συχνότερα σε εντοπισμένους όγκους όπως νεοπλασίες κεφαλής, τραχήλου, πνεύμονα και προστάτη, όπου για κάποιους ασθενείς φαίνεται να υπάρχει ραδιοβιολογικό όφελος από τη χορήγηση μεγαλύτερων δόσεων ανά συνεδρία σε ταχύτερα συνολικά θεραπευτικά σχήματα.

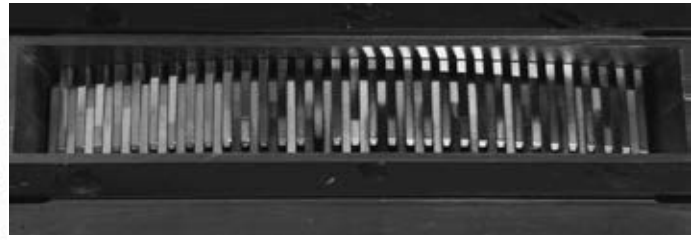
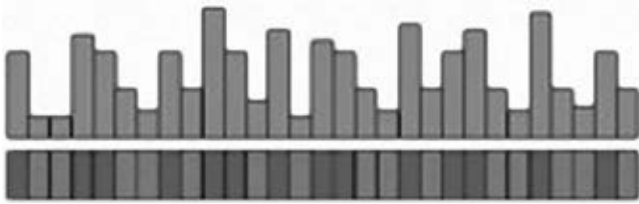
Η καθημερινή τριοδιάστατη απεικονιστική καθοδήγηση θεωρείται μείζονος σημασίας στην υποκλασματοποιημένη ακτινοθεραπεία καθώς η ανάγκη να χορηγείται σωστά και με ακρίβεια η δόση είναι αυξημένη όταν γίνεται ακτινοβολία σε λιγότερα κλάσματα. Μάλιστα, πολλοί ακτινοθεραπευτές συμφωνούν ότι υποκλασματοποιημένα σχήματα είναι εφικτά μόνο όταν υπάρχει δυνατότητα για πολύ καλή τριοδιάστατη απεικονιστική καθοδήγηση, ώστε να μπορούν να χορηγούν με ασφάλεια υψηλές δόσεις ακτινοβολίας μόνο όταν είναι απολύτως βέβαιοι για την θέση του όγκου-στόχου και του παρακείμενου φυσιολογικού ιστού.

Συνοψίζοντας, η τριοδιάστατη απεικονιστική καθοδήγηση επιτρέπει:

- Την ακριβή στόχευση των δεσμών ακτινοβολίας
- Την μείωση του ορίου των φυσιολογικών ιστών που περιβάλλει τον όγκο-στόχο που πρόκειται να συμπεριληφθούν στο πεδίο ακτινοβολίας κατά το σχεδιασμό της θεραπείας. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στην μείωση των παρενεργειών.
- Τον εντοπισμό μεταβολών κατά τη διάρκεια των συνεδριών και δυνητικά την προσαρμογή του πλάνου θεραπείας των σθενών

ΓΙΑΤΙ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ TOMOTHERAPY ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΤΟΝ ΙΔΑΝΙΚΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΟ IMRT ΚΑΙ IGRT.

Το TomoTherapy είναι το πρώτο μηχάνημα που έχει σχεδιαστεί ειδικά για θεραπεία IG-IMRT. Οι συμβατικοί ΓΕ εφαρμόζουν IMRT με τη χρήση τεχνολογιών σχεδιασμένων για σύμμορφη θεραπεία και με την προσαρμογή τους για τους σκοπούς της IG-IMRT. Κύρια παραδείγματα είναι η χρήση επίπεδων ανιχνευτών απεικόνισης (flat panel detectors) που χρησιμοποιούνται για ακτινογραφίες (planar x-ray) και ενσωματώθηκαν σε συμβατικούς ΓΕ για να αντικαταστήσουν το φιλμ στη λήψη διοδιάστατων εικόνων. Η δυνατότητα αυτή επεκτάθηκε περαιτέρω με την προσθήκη μιας πηγής kn xray και ενός επιπλέον επίπεδου ανιχνευτή σε γωνία 90 μοιρών με τη γραμμή της δέσμης ακτινοβολίας. Με τη βοήθεια



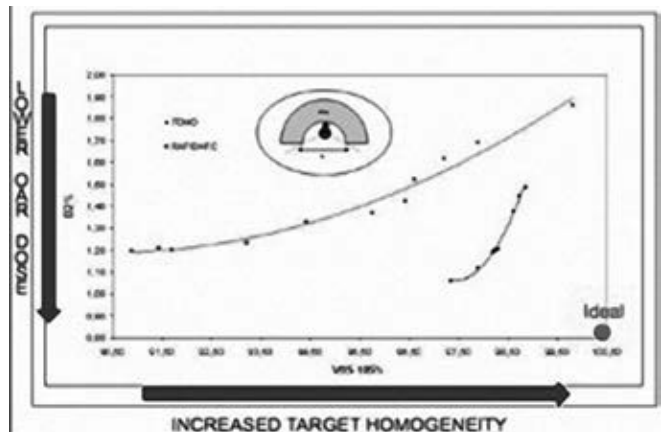
Σχήμα 3: α) το δυαδικό σύστημα MLC που χρησιμοποιεί το TomoTherapy β) σχηματική παράσταση όπου φαίνεται πως σε κάθε προβολή του πεδίου διαμορφώνονται ανεξάρτητα οι διαφορετικές υπο-δέσμες (beamlets)

υπολογιστικών αλγορίθμων κατασκευάζονται εικόνες αξονικής τομογραφίας κωνικής δέσμης (CBCT). Οι CBCT προσφέρουν τη δυνατότητα τρισδιάστατης απεικόνισης μαλακών ιστών, έχουν όμως περιορισμένες δυνατότητες για ανακατασκευή της δόσης βάσει αυτών των απεικονίσεων, ενώ ως πρόσθετος εξοπλισμός στον ΓΕ κάνουν πολύπλοκες τις διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου του Συστήματος.

Οι πολύφυλλοι κατευθυντήρες (MLC) είναι το άλλο σκέλος της τεχνολογίας που έχει προσαρμοστεί με την πάροδο του χρόνου. Αρχικά το σχήμα της δέσμης ακτινοβολίας προσδιοριζόταν από κατευθυντήρες που σχηματίζουν τετράγωνα ή παραλληλόγραμμα. Η επιπλέον διαμόρφωση του πεδίου γινόταν με τη χρήση μολύβδινων μπλοκ που τοποθετούνταν χειροκίνητα ανάμεσα στη δέση ακτινοβολίας και τον ασθενή. Οι MLC που έχουν σχεδιαστεί για συμβατικούς ΓΕ δημιουργήθηκαν αποκλειστικά για να αντικαταστήσουν αυτή την χειροκίνητη διαμόρφωση πεδίου, χωρίζοντας το ενιαίο μπλοκ σε μικρότερα φύλλα, τα οποία μπορούν να πραγματοποιούν περιορισμένο αριθμό κινήσεων με χαμηλές ταχύτητες. Αυτή η τεχνολογία των MLC δεν είχε σχεδιαστεί με σκοπό να εκτελεί IMRT θεραπείες. Επιπλέον, ο σχεδιασμός των συμβατικών MLC παράγει μία δέση που περιορίζεται στα 40 εκατοστά κατά μήκος του ασθενή. Σε περιπτώσεις ασθενών που χρειάζονται μεγαλύτερα πεδία ακτινοβολίας, απαιτείται η σύζευξη θεραπευτικών δεσμών (Σχήμα 2β) που οδηγεί αναγκαστικά σε περιοχές που υπο- ή υπερακτινοβολούνται κοντά στις ενώσεις των πεδίων. Σε αντίθεση με τους ΓΕ επιταχυντές συμβατικής τεχνολογίας, το σύστημα TomoTherapy έχει σχεδιαστεί πάνω σε ένα gantry τύπου δακτυλίου (ring gantry) μέσα από το οποίο ολισθαίνει ο ασθενής, και μπορεί να ακτινοβοληθεί ενιαία έως μήκος 160 cm χωρίς να απαιτείται σύζευξη πεδίων. Έτσι παρέχεται στον ασθενή αρκετά βελτιωμένος τρόπος ακτινοβολίας για πολλές θεραπείες, όπως στην περίπτωση νευράξονα που φαίνεται στο Σχήμα 2α. [8] «Υπάρχουν σημαντικά δοσιμετρικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους. Από το πλάνο Ελικοειδούς Τομοθεραπείας λείπει η θερμή περιοχή που δημιουργείται στην κοιλιακή χώρα κατά τη χρήση κλασικών τεχνικών σύζευξης πεδίων στην οπίσθια πλευρά της σπονδυλικής στήλης.» [8]

Επιπρόσθετα πλεονεκτήματα της ελικοειδούς ακτινοβολίας είναι η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν όλες οι δυνατές γωνίες ακτινοβολίας και να επιλεγεί η βέλτιστη παροχή δόσης για κάθε ασθενή. Το πλεονέκτημα αυτό υπογραμμίζεται στο προηγούμενο σχήμα από την εργασία του Anders Brahmes και που παρουσιάζει ότι προκειμένου να προστατευτεί μια κεντρική δομή όταν χορηγείται μια ομοιογενής δόση σε ένα στόχο που την περιβάλλει, η χρήση 51 γωνιών ακτινοβολίας ομοιόμορφα κατανομισμένων

επιτυγχάνει τη βέλτιστη κατανομή δόσης. Πάνω σε αυτή τη λογική έχει σχεδιαστεί το TomoTherapy, υπολογίζοντας σε κάθε περιστροφή την κατανομή δόσης από 51 ομοιόμορφα κατανομισμένες δέσμες. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς MLC, στην Τομοθεραπεία χρησιμοποιείται ένα ειδικά σχεδιασμένο για IMRT δυαδικό σύστημα MLC που κινείται πνευματικά (με πίεση αέρα). Το σύστημα αυτό επιτρέπει στα φύλλα να κινούνται πάνω από 60 φορές ταχύτερα από αυτά των MLC συμβατικού σχεδιασμού, και να αλλάζουν σχεδόν ακαριαία θέση από εντελώς ανοιχτά σε εντελώς κλειστά. Ο δυαδικός σχεδιασμός των φύλλων υποδηλώνει ότι έχουν μόνο δύο δυνατές θέσεις και αυτό απλοποιεί σημαντικά τον έλεγχο των κινήσεων που απαιτούνται σε σχέση με συμβατικά MLC που μπορούν να πάρουν 400 διαφορετικές θέσεις για κάθε φύλλο. Σε κάθε περιστροφή, ο ασθενής μπορεί να ακτινοβολείται με χιλιάδες διαφορετικά υποπεδία (beamlets) που επιτρέπουν τη βέλτιστη δυνατή διαμόρφωση της δόσης, ενώ ο σχεδιασμός των φύλλων επιτρέπει τη δημιουργία νησίδων προστασίας σε κάθε προβολή, πράγμα αδύνατο με τα συμβατικά MLC. (Σχήμα 3) Τα συστήματα TomoTherapy κατασκευάζονται με ενσωματωμένο ανιχνευτή αξονικής τομογραφίας, και παράγουν εικόνες fan-beam CT, με πραγματική γεωμετρία CT, που παρέχουν επιπλέον τη δυνατότητα υπολογισμού της δόσης για δοσιμετρικά προσαρμοζόμενη ακτινοθεραπεία. Η ημερήσια δόση στον ασθενή λόγω της τρισδιάστατης απεικόνισης είναι της τάξης του 1-2cGy ανά



Σχήμα 4: Από την εργασία των Fiorino et al [21]. Για μία πολύπλοκη γεωμετρία ακτινοβολίας όπως αυτή που φαίνεται στο ένθετο του σχήματος, το *pareto front* των λύσεων που επιτυγχάνει η Τομοθεραπεία είναι μετατοπισμένο προς την κάτω δεξιά γωνία του διαγράμματος, που σημαίνει ότι για όλες τις πιθανές λύσεις του συστήματος σχεδιασμού, παρέχει αυξημένη ομοιογένεια στον όγκο με ταυτόχρονη καλύτερη προστασία της γιγνούς περιοχής σε σύγκριση με το σύνολο λύσεων που παρέχει το RapidArc.

συνεδρία IGRT. Επιπλέον οφέλη της μεγαδυναμικής αξονικής τομογραφίας (MVCT) είναι ότι η χρήση ενέργειας Μεγαβόλτ (3,5MV) ελαχιστοποιεί τα ψευδοστοιχεία εικόνας (artifacts) που δημιουργούνται από μεταλλικά εμφυτεύματα όπως οδοντικά ή προσθετικές γοφών. Οι εικόνες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να σχεδιαστεί με ακρίβεια το πλάνο θεραπείας, πράγμα που δεν είναι δυνατό για αυτή την ομάδα ασθενών με τις εικόνες kV-CT που χρησιμοποιούν οι συμβατικοί ΓΕ. [4-7]. Επίσης, πηγή της ακτινοβολίας MVCT είναι ίδια με πηγή της δόσης θεραπείας. Στους ΓΕ με kV CBCT, η πηγή της απεικόνισης είναι στραμμένη στις 90 μοίρες της δόσης θεραπείας και αυτό απαιτεί αλγόριθμους για την ταύτιση των ισοκέντρων των δεσμών και τακτική ευθυγράμμιση προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι διορθώσεις στη θέση του ασθενή με τη χρήση του kV CBCT είναι σωστές. Η χρήση του ανιχνευτή CT δίνει τη δυνατότητα για ανακατασκευή της δόσης και δυνητικά για in-vivo δοσιμετρία που ενισχύει ακόμα περισσότερο την ασφάλεια στη χορήγηση της δόσης.

ΚΛΙΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΛΙΚΟΕΙΔΟΥΣ ΤΟΜΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

Παρακάτω συνοψίζονται αποσπάσματα από βιβλιογραφικές παραπομπές, που δείχνουν το κλινικό αντίκτυπο των τεχνολογικών δυνατοτήτων που παρέχει η ελικοειδής Τομοθεραπεία.

Οι κατανομές δόσης IMRT ελικοειδούς Τομοθεραπείας μειώνουν τη δόση στα κρίσιμα όργανα σε σύγκριση με τη 3DCRT ή τη συμβατική IMRT:

Ακτινοθεραπεία Νευράξονα

«η κατανομή δόσης για τον Ασθενή 1 επιβεβαιώνει αποτελέσματα και άλλων άρθρων, ότι δηλαδή η θεραπεία νευράξονα με Ελικοειδή Τομοθεραπεία (ET) παρέχει άριστη κάλυψη του στόχου καθώς και άριστη προστασία των παρακείμενων φυσιολογικών ιστών από υψηλές δόσεις. Το πλάνο ET παρέχει εξαιρετική προστασία των κρίσιμων δομών από υψηλές δόσεις (>10 Gy)»[8]

Οπισθοπεριτονιακό σάρκωμα

«Η Τομο απεδείχθη ανώτερη της SAS-IMRT στον περιορισμό του όγκου του ομόπλευρου νεφρού που ακτινοβολείται με πάνω από 15 Gy όταν το CTV εφάπτεται στο νεφρό»[10]

Καρκίνος στοματοφάρυγγα

«Η ελικοειδής τομοθεραπεία παρέχει βελτιωμένη ομοιογένεια δόσης και δόση φυσιολογικών δομών σε σχέση με IMRT-γραμμικού επιταχυντή στην αγωγή στοματοφαρυγγικού καρκινώματος, οδηγώντας σε μειωμένο κίνδυνο για επιπλοκές λόγω θερμών σημείων εντός του PTV και για τους παρακείμενους αδένες των παρωτιδών». «Στα πλάνα τομοθεραπείας παρατηρήθηκε μείωση 80% της πιθανότητας επιπλοκών σε φυσιολογικούς ιστούς για τους παρωτιδικούς αδένες σε σχέση με τα πλάνα βασισμένα σε ΓΕ»[11]

Καρκίνος Ρινοφάρυγγα

«Σε ασθενείς με καρκίνο ρινοφάρυγγα, Η Ελικοειδής Τομοθεραπεία (HT) πέτυχε σε σημαντικό βαθμό δοσιμετρικό όφελος στους δείκτες κάλυψης και ομοιογένειας του PTV (CI, HI)

και προστασία των κρίσιμων οργάνων (OARs) σε αντιδιαστολή με τα πλάνα SaS-IMRT» [12].

Οι κατανομές δόσης IMRT ελικοειδούς Τομοθεραπείας ελαχιστοποιούν την τοξικότητα:

Καρκίνος προστάτη

«εξαιρετικά χαμηλή εμφάνιση οξείας τοξικότητας Grade 1–2 και εξάλειψη (μέχρι στιγμής τουλάχιστον) γαστρεντερικών ανεπιθύμητων ενεργειών Grade 3 σε ασθενείς που υποβάλλονται σε ακτινοθεραπεία πνέλου (WPRT) με Ελικοειδή Τομοθεραπεία (HTT)» [13]

Υποκλασματοποιημένη ακτινοβολή μετά από ριζική προστατεκτομή

«Το πιο συναφές αποτέλεσμα ήταν η εξάλειψη, έως σήμερα, οποιασδήποτε γαστρεντερικής (GI) τοξικότητας Grade P2 σε ασθενείς που εφαρμόστηκε υποκλασματοποίηση με Ελικοειδή Τομοθεραπεία (HTT)». «Συμπεράσματα: Τα αποτελέσματα οξείας τοξικότητας και πρώιμης απώτερης τοξικότητας σε ένα μέτρια υποκλασματοποιημένο σχήμα με Ελικοειδή Τομοθεραπεία (HTT) μετά από ριζική προστατεκτομή ήταν εξαιρετικά»[14].

Ολική Ακτινοβολή Μυελού Οστών

«Συνοψίζοντας, η Ολική Ακτινοβολή Μυελού Οστών/ λεμφαδένων (TMI/TML) με τη χρήση ET είναι εφικτή και πολλά υποσχόμενη ως μια μέθοδος να παρέχεται Ολοσωματική Ακτινοβολή (TBI) μειωμένης τοξικότητας χωρίς να επηρεάζεται η δόση σε περιοχές με μέγιστη καρκινική επιβάρυνση. Τα πλάνα θεραπείας προέβλεψαν μειωμένες δόσεις στα βασικά υγιή όργανα. Οι οξείες τοξικότητες που παρατηρήθηκαν συνάδουν με αυτές τις προβλέψεις δόσεων και υπερτερούν συγκριτικά με αυτές που παρατηρούνται κατά τη χρήση τυπικών σχημάτων TBI» [15].

Ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα

«Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η Ελικοειδής Τομοθεραπεία είναι ασφαλής και πραγματοποιήσιμη χωρίς να επιφέρει υψηλές τοξικότητες για τη θεραπεία προχωρημένου ηπατοκυτταρικού καρκινώματος και επιτυγχάνει άριστο έλεγχο του όγκου και πιθανή παράταση της επιβίωσης»[16].

Ακτινοβολή πνέλου μετά από ριζική προστατεκτομή

«Το πλεονέκτημα του IMRT ήταν, επιπλέον, ακόμα πιο εμφανές κατά τη σύγκριση της Ελικοειδούς Τομοθεραπείας (ET) με την 3DCRT, πιθανόν λόγω της καλύτερης επίδοσης της ET στην προστασία του ορθού και του εντέρου σε αντιδιαστολή με την προσέγγιση ΓΕ IMRT, παρά το γεγονός ότι και οι 54 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με ET δέχτηκαν συμπληρωματική δόση στο tumor bed του προστάτη ως μέρος της αγωγής τους» [18].

Τοπικά προχωρημένος καρκίνος παγκρέατος

«Οι δόσεις που δέχτηκαν το έντερο, οι νεφροί και το ήπαρ

παρουσίασαν σημαντική μείωση, πράγμα που επέτρεψε εξαιρετικά επίπεδα ανοχής στην αγωγή χωρίς σοβαρές παρενέργειες σε κανέναν ασθενή» [19].

Ικανότητα του MVCT να περιορίζει τα όρια του πεδίου θεραπείας και συνεπώς να προστατεύει τους υγιείς ιστούς:

Ακτινοβολήση νευράξονα

«Η καθημερινή απεικόνιση μεγαδυναμικής αξονικής τομογραφίας επιτρέπει την ακρίβεια στην τοποθέτηση του ασθενή καθώς και τη μείωση των ορίων σχεδιασμού και αυξημένη προστασία των υγιών ιστών σε σύγκριση με τις συμβατικές τεχνικές»[8]. «Λόγω της σύμμορφης φύσης της, η IMRT είναι ιδιαιτέρως ευαίσθητη στην ανακριβή τοποθέτηση του ασθενή. Η χρήση απεικόνισης MVCT με ET προ της θεραπείας επιτρέπει αυξημένη ακρίβεια σε σχέση με την τοποθέτηση του ασθενή και την εφαρμογή περιορισμένου ορίου PTV. Η καθημερινή απεικόνιση των ασθενών μας, έχει αποδείξει ότι η τεχνική μπορεί να αναπαράγεται με ευκολία. Αποφαινόμαστε ότι η ET αποτελεί έξοχο εργαλείο για τον σχεδιασμό και την παροχή σύμμορφης IMRT, τόσο για τις συμβατικές ή μη ακτινοβολήσεις νευράξονα»[8].

Καρκίνος ορθού

«Ο μέσος όγκος του PTV μειώθηκε από 1857.4 ± 256.6 cc σε 1462.0 ± 222.3 cc, όταν τα περιθώρια CTV-PTV ήταν προσαρμοσμένα από σημάδια laser στο δέρμα σε καθημερινές απεικονίσεις MV-CT ($p < 0.01$)». «Συμπέρασμα: ο συνδυασμός ελικοειδούς τομοθεραπείας και καθημερινής απεικόνισης MV-CT μειώνει δραματικά το ποσοστό ακτινοβολήσης του λεπτού εντέρου και την πιθανότητα επιπλοκών στους υγιείς ιστούς (NTCP)»[17].

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΟΜΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ IMRT

Ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό εργαλείο για τη μελέτη των δυνατοτήτων και των ορίων ενός συστήματος ακτινοθεραπείας είναι η χρήση της ανάλυσης pareto-front. Η σύγκριση των δυνατοτήτων διαφορετικών συστημάτων για ένα πρόβλημα δοσιμετρικού σχεδιασμού με βάση τα pareto-fronts παρέχει πληροφορίες για όλο το φάσμα των λύσεων-πλάνων θεραπείας που μπορεί να προκύψουν για ένα σύνολο από διαφορετικά κριτήρια και αρχικούς στόχους της βελτιστοποίησης, αποφεύγοντας πιθανή μεροληψία που θα μπορούσε να προκύψει από τη σύγκριση μεμονωμένων πλάνων θεραπείας. Σε τέτοιες μελέτες, η Τομοθεραπεία φαίνεται να είναι σταθερά καλύτερη, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στα παρακάτω αποσπάσματα :

«Η ανάλυση pareto-front είναι ένα πανίσχυρο εργαλείο για να κατανοήσουμε καλύτερα τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των προηγμένων τεχνικών ακτινοβολήσης / βελτιστοποίησης ιδιαίτε-

ρα κατά τις φάσεις της κλινικής εφαρμογής, ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες, όπως η περίπτωση που μελετάται εδώ.»

«Για όλες τις προσομοιώσεις το RapidArc ικανοποίησε τα λιγότερα κριτήρια βελτιστοποίησης ενώ το Tomotherapy παρήγαγε τις πιο ομογενείς κατανομές δόσης κι έχει την ικανότητα να προσαρμόζει καλύτερα τη δόση σε σύγκριση με το RapidArc.» [20,21] Σε εργασία των αναγνωρισμένων επιστημόνων Thomas Bortfeld and Steve Webb το 2009 που μελέτησαν τη θεωρητική βάση των τεχνικών IMRT με στατικές γωνίες, με τόξα όπως VMAT και RapidArc και την Τομοθεραπεία, κατέληξαν στα συμπεράσματα: «Βρήκαμε ότι η Τομοθεραπεία παρέχει τη μεγαλύτερη ευελιξία στο να διαμορφώνει χάρτες έντασης και επιτρέπει να εκτελείται IMRT με τρόπο που πλησιάζει το ιδανικό για το εγκάρσιο επίπεδο»

«Οι single-Arc και standard IMRT θεραπείες κάνουν συμβιβασμούς σε διαφορετικούς τομείς. Μόνο σε σχετικά απλές περιπτώσεις που δεν απαιτούν σημαντική διαμόρφωση της δόσης μπορεί η single-Arc να είναι δοσιμετρικά συγκρίσιμη με την Τομοθεραπεία.»

«Αναφορικά με το σχεδιασμό θεραπείας, η Single-Arc θέτει ένα πιο απαιτητικό πρόβλημα βελτιστοποίησης συγκριτικά με την Τομοθεραπεία ή το standard IMRT. Συμπεραίνουμε ότι η Single-Arc είναι δυνητικά μία αποτελεσματική τεχνική IMRT ιδιαίτερα για σχετικά απλά περιστατικά.»

«Σε πολύπλοκα περιστατικά, η Single-Arc μπορεί να υποβαθμίσει αναίτια την ποιότητα της κατανομής δόσης, αν προσπαθήσεις να διατηρήσεις το χρόνο ακτινοβολήσης περίπου ίσο ή χαμηλότερο από 2min.»[22]

Σε συνέχεια αυτής της εργασίας, οι συγγραφείς παρουσίασαν στο πρόσφατο διεθνές συνέδριο της ESTRO [23] μία ανασκόπηση δημοσιεύσεων σχετικές με το VMAT και RapidArc που ακολουθήσαν την εργασία αυτή, και συμπεραίνουν ότι οι αρχικές τους υποθέσεις επιβεβαιώνονται : «Για πολύπλοκα περιστατικά η χρήση πολλαπλών τόξων έχει δοσιμετρικά πλεονεκτήματα σε σχέση με την single-Arc IMRT, και τα πλάνα της Τομοθεραπείας εξακολουθούν να είναι καλύτερα.» και «Οι χρόνοι θεραπείας με την arc IMRT και ιδιαίτερα με την single-arc IMRT είναι γενικά χαμηλότεροι, όμως όχι τόσο όσο ισχυρίζονταν οι πρώτες μελέτες». Συμπερασματικά, η IMRT/IGRT τεχνική της Ελικοειδούς Τομοθεραπείας μετά από οκτώ έτη κλινικής εμπειρίας, φαίνεται ότι βελτιώνει την ποιότητα της θεραπείας και διευρύνει τις κλινικές εφαρμογές, προσφέροντας σύγχρονες θεραπευτικές επιλογές με αυξημένη ασφάλεια για τον ασθενή. Οι ασθενείς ολοκληρώνουν τη θεραπεία με μειωμένη τοξικότητα και πιο ήπιες επιπλοκές, ενώ η κλιμάκωση της δόσης σε ορισμένες κατηγορίες ασθενών μπορεί αποδεδειγμένα να αυξήσει τα ποσοστά ίασης, το προσδόκιμο επιβίωσης, και να βελτιώσει τη συνολική ποιότητα ζωής.

Σήμερα υπάρχουν περισσότερες από 45 διεθνείς επίσημες κλινικές μελέτες που αφορούν εφαρμογές Τομοθεραπείας, όπως καταγράφονται στο www.clinicaltrials.com

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Brahme A, Roos JE, Lax I, "Solution of an integral equation encountered in rotation therapy," *Phys Med Biol*, 27:1221-9, 1982
- [2] Webb S, "The physical basis of IMRT and inverse planning," *The British Journal of Radiology* 76, 678-689, 2003
- [3] Jarrod B. Adkison, MD, Deepak Khuntia, et al, "Dose Escalated, Hypofractionated Radiotherapy Using Helical Tomotherapy for Inoperable Non-Small Cell Lung Cancer: Preliminary Results of a Risk-Stratified Phase I Dose Escalation Study," *Technology in Cancer Research and Treatment* 7(6): 441-447, 2008
- [4] Sterzing F, Kalz J, Sroka-Perez G, et al, "Megavoltage CT in helical tomotherapy - clinical advantages and limitations of special physical characteristics," *Technol Cancer Res Treat*.8(5):343-52, 2009
- [5] Holly R, Myrehaug S, Kamran A, Sankrecha R, Morton G. "High-dose-rate prostate brachytherapy in a patient with bilateral hip prostheses planned using megavoltage computed tomography images acquired with a helical tomotherapy unit," *Brachytherapy*. 8(1):70-3, 2009
- [6] Claus Yang, Tianxiao Liu, Richard L. "Utility of megavoltage fan-beam CT for treatment Planning in a head-and-neck cancer patient with Extensive dental fillings undergoing helical Tomotherapy," *Med Dosim*, 35(2):108-14, 2010
- [7] J. Duan, C.D. Willey, S. Shen, I.A. Brezovich, "A Method to Overcome the Limitations of KVCT and MVCT in Treatment Planning for Patients with Bilateral Hip Prostheses," *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 75(3) Suppl. S347, 2009
- [8] W. Parker, M. Brodeur, D. Roberge, C. Freeman, Standard and Nonstandard Craniospinal Radiotherapy Using Helical Tomotherapy, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 77(3): 926-931, 2010
- [9] Wes Hodge, Wolfgang A. Tome', Hazim A. Jaradat, et al, "Feasibility report of image guided stereotactic body radiotherapy (IG-SBRT) with tomotherapy for early stage medically inoperable lung cancer using extreme hypofractionation," *Acta Oncologica*, 45: 890-896, 2006
- [10] Richard D. Peznera, An Liub, Chunhui Hanb, et al, "Dosimetric comparison of helical tomotherapy treatment and step-and-shoot intensity-modulated radiotherapy of retroperitoneal sarcoma," *Radiotherapy and Oncology* 81: 81-87, 2006
- [11] Ke Sheng, Janelle A. Molloy, And Paul W. Read, "Intensity-modulated radiation therapy (IMRT) dosimetry of the head and neck: a comparison of treatment plans using linear accelerator-based IMRT and Helical Tomotherapy," *Int J Radiation Oncology Biol Phys*, 65(3): 917-923, 2006
- [12] Tsair-Fwu Leea, Fu-Min Fang, Pei-Ju Chao, T.-J. Su et al, "Dosimetric comparisons of helical tomotherapy and step-and-shoot intensity-modulated radiotherapy in nasopharyngeal carcinoma," *Radiotherapy and Oncology* 89: 89-96, 2008
- [13] Cesare Cozzarini, Claudio Fiorino, Nadia Di Muzio, et al, "Significant reduction of acute toxicity following pelvic irradiation with Helical Tomotherapy in patients with localized prostate cancer," *Radiotherapy and Oncology* 84:164-170, 2007
- [14] Cesare Cozzarini, Claudio Fiorino, Nadia Di Muzio et al. "Hypofractionated adjuvant radiotherapy with helical Tomotherapy after radical prostatectomy: Planning data and toxicity results of a Phase I-II study," *Radiother Oncol*. 88(1):26-33, 2008
- [15] Jeffrey Y. C. Wong, Joseph Rosenthal, Y An Liu, et al, "Image-guided total-marrow irradiation using helical tomotherapy in patients with multiple myeloma and acute leukemia undergoing hematopoietic cell transplantation," *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, 73(1): 273-279, 2009
- [16] Jang JW, Kay CS, You CR et al, "Simultaneous multitarget irradiation using helical tomotherapy for advanced hepatocellular carcinoma with multiple extrahepatic metastases," *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 74(2):412-8, 2009
- [17] Benedikt Engels, Mark De Ridder, Koen Tournel et al, Preoperative helical tomotherapy and Megavoltage Computed Tomography for rectal cancer: impact on the irradiated volume of small bowel, *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 74(5):1476-80, 2009
- [18] Filippo Alongi, Claudio Fiorin, Cesare Cozzarini et al, "IMRT significantly reduces acute toxicity of whole-pelvis irradiation in patients treated with post-operative adjuvant or salvage radiotherapy after radical prostatectomy," *Radiotherapy and Oncology* 93: 207-212, 2009
- [19] Chargari C, Campana F, Beuzeboc P et al "Preliminary experience of helical tomotherapy for locally advanced pancreatic cancer," *World J Gastroenterol*.15(35):4444-5, 2009
- [20] R. Azzeroni et al, "A pareto front comparison between Helical Tomotherapy and Rapid Arc in the situation of a single OAR adjacent to a concave PTV," *Radiotherapy and Oncology*, 99 Suppl. 1, 2011
- [21] C. Fiorino et al, "Technological implementation based on Tomotherapy experience: Tomotherapy as a "gold-standard" in pareto front-like planning comparisons with other advanced photon delivery techniques," *Radiotherapy and Oncology*, 96, Suppl.1, S 264, 2010
- [22] Thomas Bortfeld and Steve Webb, "Single-Arc IMRT?," *Phys. Med. Biol.* 54 N9-N20, 2009
- [23] Thomas Bortfeld and Steve Webb, "A Critical Overview of Arc Therapies," *Radiotherapy and Oncology*, 99 Suppl. 1, 2011 <

Οδηγίες για τους συγγραφείς

Η ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, ISSN: 1108-7455, επίσημη έκδοση του ΣΤΡΑΕΠ σε συνεργασία με το Τμήμα Ραδιολογίας – Ακτινολογίας του Τ.Ε.Ι. Αθήνας, έχει σαν στόχο την καταγραφή της επιστημονικής και ερευνητικής δραστηριότητας στους τομείς της ακτινοτεχνολογίας και γενικότερα της διαγνωστικής απεικόνισης, της ακτινοθεραπευτικής ογκολογίας, της πυρηνικής ιατρικής και των συναφών βασικών επιστημών. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού δέχεται προς δημοσίευση

1. Άρθρα σύνταξης: Σύντομα σχόλια και απόψεις πάνω σε επίκαιρα θέματα. Γράφονται μετά από πρόσκληση της Σύνταξης του περιοδικού.
2. Ανασκοπήσεις: Ολοκληρωμένες αναλύσεις θεμάτων για τα οποία οι απόψεις έχουν αναθεωρηθεί πρόσφατα ή υπάρχει γενικότερο ενδιαφέρον. Στις ανασκοπήσεις τονίζονται ιδιαίτερα οι σύγχρονες απόψεις. Γίνονται δεκτές ανασκοπήσεις μέχρι και από δύο συγγραφείς.
3. Ερευνητικές εργασίες: Κλινικές μελέτες και δοκιμές ή μη πειραματικές έρευνες προοπτικού ή αναδρομικού τύπου, που πραγματοποιήθηκαν με βάση ερευνητικό πρωτόκολλο. Οφείλουν να περιέχουν πρωτοδημοσιευμένα αποτελέσματα.
4. Ενδιαφέρουσες περιπτώσεις: Σύντομη αναφορά σε νέα ή πολύ σπάνια νοσήματα και σύνδρομα, σπάνιες εκδηλώσεις μιας συνήθους νόσου, νέα διαγνωστικά κριτήρια ή νέα θεραπευτική μεθόδευση, με τεκμηριωμένο αποτέλεσμα.
5. Διαγνωστικές τεχνικές: Σύντομη περιγραφή μιας νέας τεχνικής ή της τροποποίησης μιας ήδη υπάρχουσας.
6. Θέματα συνεχιζόμενης εκπαίδευσης: Γράφονται κατ' ανάθεση.
7. Σεμινάρια, συζητήσεις στρογγυλών τραπεζών, διαλέξεις.
8. Κλινικο-ακτινολογική συζήτηση: Περιλαμβάνει βραχύ ιστορικό, αντιπροσωπευτικές ακτινογραφίες και σχόλιο με επίκεντρο τη διαφορική διαγνωστική προσέγγιση της περιπτώσεως.
9. Ακτινολογικές ασκήσεις:
 - Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.
 - Ασκήσεις πολλαπλών εικόνων.

Η ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ ΟΣΩΝ ΑΦΟΡΑ ΤΟΝ ΤΡΟΠΟ ΓΡΑΦΗΣ

των κειμένων που υποβάλλονται προς δημοσίευση, ακολουθεί τις υποδείξεις των τελευταίων οδηγιών της Διεθνούς Επιτροπής Συντακτών Ιατρικών Περιοδικών. Οι οδηγίες αυτές διασφαλίζουν την ομοιομορφία των δημοσιεύσεων, τόσο μέσα στο ίδιο το περιοδικό, όσο και με τα άλλα βιοϊατρικά περιοδικά και αναπτύσσονται στα άρθρα: International Committee of Medical Journal Editors Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. An Intern Med 1988, 108:258-265 και Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. JAMA 1993, 269:2282-2286. Τα άρθρα θα κρίνονται για δημοσίευση με την προϋπόθεση ότι τα αποτελέσματα και το ίδιο το κείμενο δεν έχουν δημοσιευθεί ή δεν έχουν υποβληθεί για δημοσίευση σε άλλο περιοδικό. Ωστόσο, γίνονται δεκτά προς κρίση τα ολοκληρωμένα αποτελέσματα εργασιών που έχουν δημοσιευθεί σαν πρόδρομες ανακοινώσεις. Κατά την υποβολή της εργασίας, ο συγγραφέας δηλώνει αν πρόκειται για πρώτη δημοσίευση, αν η εργασία έχει υποβληθεί για δημοσίευση σε άλλο περιοδικό ή να έχει κατά οποιονδήποτε τρόπο δημοσιευθεί, μερικά ή ολικά. Στην τελευταία περίπτωση συνυποβάλλονται αντίγραφα του υλικού αυτού, για να εκτιμηθεί η δυνατότητα δημοσίευσής του νέου άρθρου.

ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΗ ΙΔΙΟΤΗΤΑ

Κάθε συγγραφέας πρέπει να έχει συμμετάσχει ουσιαστικά στην εργασία, ώστε να μπορεί να αναλάβει την ευθύνη του περιεχομένου της. Η συγγραφική ιδιότητα πληροί τρεις όρους: (α) σύλληψη της ιδέας, σχεδιασμός της μελέτης και ανάλυση των δεδομένων, (β) Εισαγωγή - Περίληψη: Η εισαγωγή απαντά στο γιατί πραγματοποιήθηκε η εργασία. Γράφεται σε ενεστώτα και δεν αναφέρεται σε αποτελέσματα ή συμπεράσματα. Η έκταση της να μην ξεπερνάει τις 180 λέξεις.

Υλικό και μέθοδος: Στη μεθοδολογία περιγράφεται το ερευνητικό πρωτόκολλο, οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν και ο τόπος επιλογής των ασθενών, εθελοντών ή οποιουδήποτε άλλου υλικού, έμφυχου ή μη, που χρησιμοποιήθηκε. Γνωστές μεθοδολογίες, συμπεριλαμβανομένων και των στατιστικών μεθόδων, τεκμηριώνονται βιβλιογραφικά. Για μεθόδους που έχουν μεν δημοσιευτεί, αλλά δεν είναι ευρέως γνωστές, αρκεί μια περιληπτική περιγραφή, ενώ για νέες μεθοδολογίες, συμπεριλαμβανομένων και των στατιστικών μεθόδων, τεκμηριώνονται βιβλιογραφικά. Για μεθόδους που έχουν μεν δημοσιευτεί, αλλά δεν είναι ευρέως γνωστές, αρκεί μια περιληπτική περιγραφή, ενώ για νέες μεθοδολογίες απαιτείται εκτενέστερη ανάλυση. Αν πρόκειται για έρευνες που αφορούν ανθρώπους, είναι απαραίτητο να περιγραφούν τα μέτρα που πάρθηκαν ώστε η εργασία να είναι αδιάβλητη δεοντολογικά, σύμφωνα με τη διακήρυξη του Ελσίνκι και τη νομοθεσία του κράτους.

Αποτελέσματα: Αναλύονται τα ευρήματα της μελέτης. Παρουσιάζονται σε παρελθόντα χρόνο, με λογική σειρά και μπορούν να δίδονται με πίνακες, σχεδιαγράμματα ή αναλυτικά στο κείμενο. Τα στοιχεία των πινάκων δεν πρέπει να επαναλαμβάνονται στο κείμενο. Στατιστικές εκτιμήσεις πρέπει να συνοδεύονται από αναφορές στη στατιστική μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Στις μετρήσεις χρησιμοποιούνται οι μονάδες του διεθνούς συστήματος (IS). Για λεπτομέρειες οι συγγραφείς παραπέμπονται στο περιοδικό ΙΑΤΡΙΚΗ 1980, 37:139.

Συζήτηση: Περιγράφονται τα τελικά συμπεράσματα και οι προοπτικές που διανοίγονται με τα αποτελέσματα της μελέτης. Δεν επαναλαμβάνονται τα όσα έχουν ήδη αναφερθεί στην εισαγωγή, ενώ μπορεί να γίνει σύγκριση με τα αποτελέσματα άλλων ομοειδών εργασιών. Συνδέονται τα αποτελέσματα με τους στόχους της μελέτης, αποφεύγοντας τα αυθαίρετα συμπεράσματα.

Οι ανασκοπήσεις επιτρέπεται να κεφαλοποιούνται. Τα κεφάλαια αριθμούνται με αραβικούς αριθμούς. Τα υποκεφάλαια χαρακτηρίζονται από τον αριθμό του κεφαλαίου στο οποίο ανήκουν, με τελεία και τον αριθμό του υποκεφαλαίου (1.1, 1.2, 1.1.1., κ.λπ.). Οι ενδιαφέρουσες περιπτώσεις περιλαμβάνουν σύντομη εισαγωγή, περιγραφή της περίπτωσης και σχόλιο. Παρόμοια δομή έχουν και οι διαγνωστικές τεχνικές.

Η ΑΓΓΛΙΚΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αγγλική περίληψη (summary) γράφεται σε χωριστή σελίδα. Περιλαμβάνει σχεδόν όλα όσα αναγράφονται στην ελληνική και επιπλέον τα ονόματα των συγγραφέων με κεφαλαία γράμματα και τον τίτλο της εργασίας με μικρά. Συνοδεύει απαραίτητα όλες τις εργασίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

(α) Οι βιβλιογραφικές παραπομπές του κειμένου αριθμούνται με

αραβικούς αριθμούς, κατ' αύξοντα αριθμό, ανάλογα με τη σειρά εμφανίσεως. Στο βιβλιογραφικό κατάλογο υπάρχουν μόνο οι βιβλιογραφικές παραπομπές που αναφέρονται στο κείμενο. Πριν από κάθε παραπομπή στον κατάλογο προηγείται ο αντίστοιχος αριθμός του κειμένου.

Οι βιβλιογραφικές παραπομπές που αναφέρονται στους πίνακες ή στους τίτλους των εικόνων αριθμούνται με παρόμοιο τρόπο. Παρατίθενται λεπτομερώς αμέσως μετά τη λήψη του τίτλου και όχι στον τελικό κατάλογο.

Σε περίπτωση αναφοράς ονομάτων συγγραφέων στο κείμενο, εφόσον είναι ξένοι, μετά το επώνυμο του πρώτου συγγραφέα ακολουθεί η συντομογραφία «et al», ενώ για τους Έλληνες «και συν». Εφόσον οι συγγραφείς είναι δύο, μεταξύ των επωνύμων τοποθετείται ο σύνδεσμος «&».

(β) Στο βιβλιογραφικό κατάλογο αναφέρονται το επώνυμο και τα αρχικά του ονόματος όλων των συγγραφέων, εφόσον οι συγγραφείς δεν είναι περισσότεροι από έξι (όταν είναι περισσότεροι αναφέρονται οι τρεις πρώτοι και ακολουθεί η ένδειξη et al). Ακολουθεί ο τίτλος του άρθρου, η συντομογραφία του ονόματος του περιοδικού, το έτος, ο τόμος, η πρώτη και η τελευταία σελίδα της δημοσίευσης. Οι συντμήσεις των τίτλων των περιοδικών περιέχονται στην ετήσια έκδοση της National Library of Medicine των Η.Π.Α., «List of Journals Indexed in Index medicus», δημοσιεύονται κάθε χρόνο στο τεύχος του Ιανουαρίου Index. Όταν πρόκειται για βιβλία και μονογραφίες, μετά τον τίτλο ακολουθούν η πόλη, ο εκδοτικός οίκος, το έτος εκδόσεως και οι σελίδες. Άρθρα που δεν έχουν ακόμη δημοσιευθεί, αλλά έχουν γίνει δεκτά για δημοσίευση μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα βιβλιογραφικά. Στις περιπτώσεις αυτές, μετά την παράθεση του τίτλου του περιοδικού, σημειώνεται η ένδειξη «υπό δημοσίευση». Αντίθετα η αναφορά σε προσωπικές επικοινωνίες, περιλήψεις (abstracts) και αδημοσίευτες παρατηρήσεις πρέπει να αποφεύγονται. Ο αριθμός των παραπομπών υπόκειται και αυτός σε ορισμένους περιορισμούς: στα άρθρα ανασκόπησης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 120, στις ερευνητικές εργασίες τις 35, στα άρθρα σύνταξης, ενδιαφέρουσες περιπτώσεις, διαγνωστικές τεχνικές τις 10, ενώ στο «ΕΛΕΥΘΕΡΟ ΒΗΜΑ» τις 5.

ΠΙΝΑΚΕΣ

Οι πίνακες δακτυλογραφούνται σε χωριστή σελίδα. Αριθμούνται με τη σειρά που εμφανίζονται στο κείμενο, με αραβικούς αριθμούς. Ο τίτλος τους είναι σύντομος και περιεκτικός, ώστε για την κατανόησή τους να μην είναι απαραίτητη η αναφορά του αναγνώστη στο κείμενο. Κάθε στήλη φέρει τη δική της σύντομη επικεφαλίδα. Οι επεξηγήσεις των συντμήσεων, συμπεριλαμβανομένων των στατιστικών συμβόλων καθώς και οι λοιπές διευκρινήσεις παρατίθενται υπό μορφή υποσημειώσεων. Αποφεύγονται οι κάθετες διαγραμμίσεις και χρησιμοποιούνται μόνο οριζόντιες, εφόσον είναι τελείως απαραίτητες. Επίσης πρέπει να αποστέλλονται και σε ηλεκτρονική μορφή σε πρόγραμμα EXCEL (.xlsx).

ΕΙΚΟΝΕΣ

Σαν εικόνες χαρακτηρίζονται τα σχήματα, τα διαγράμματα, τα ιστογράμματα και οι φωτογραφίες. Υποβάλλεται μόνο ο απαραίτητος αριθμός εικόνων. Οι τίτλοι (λεζάντες) που συνοδεύουν της εικόνες σε ηλεκτρονική μορφή σε πρόγραμμα WORD (.docx).

Αριθμούνται με αραβικούς αριθμούς, ανάλογα με τη σειρά που εμφανίζονται στο κείμενο. Οι φωτογραφίες αλλά και τα βέλη και οι δείκτες που φέρουν πρέπει να είναι καθαρά, ομοιόμορφα και κατάλληλου μεγέθους, ώστε σε περίπτωση σμίκρυνσης να παραμείνουν ευανάγνωστα. Στοιχεία από γραφομηχανή ή γραμμένα στο χέρι στις εικόνες δεν γίνονται δεκτά. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να φαίνονται τα ονόματα των ασθενών και εφόσον χρησιμοποιηθούν φωτογραφίες τους δεν πρέπει να αναγνωρίζεται το πρόσωπό τους. Στην αντίθετη περίπτωση, επιβάλλεται έγγραφη συγκατάθεση του ασθενούς, για τη δημοσίευση της φωτογραφίας.

ΥΠΟΒΟΛΗ ΧΕΙΡΟΓΡΑΦΟΥ

Το δακτυλογραφημένο κείμενο, οι πίνακες και οι εικόνες που το συνοδεύουν αποστέλλονται σε ΔΥΟ πλήρη αντίγραφα, σε φάκελο από χοντρό χαρτί, εσώκλειστα μέσα σε σκληρό χαρτόνι για να μην διπλωθούν. Εάν δοθούν σε ηλεκτρονική μορφή θα πρέπει να προσεχθεί η ανάλυσή τους (από 300 dpi). Επίσης τα κείμενα πρέπει να αποστέλλονται και σε ηλεκτρονική μορφή σε πρόγραμμα WORD (.docx).

Οι εργασίες θα πρέπει να αποστέλλονται στη διεύθυνση:

Περιοδικό «ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

Σύλλογος Τεχνολόγων Ραδιολόγων Ακτινολόγων

Ελλάδος Πτυχιούχων ΤΕΙ

Σταδίου 39 - 4ος όροφος – γραφείο 5

Τ.κ 105 59 Αθήνα,

email: info@otae.gr

τηλ.210-3214133

Οι αποστέλλόμενες εργασίες θα πρέπει να συνοδεύονται και από μια επιστολή υπογεγραμμένη από όλους τους συγγραφείς, που θα περιλαμβάνει την δήλωσή τους ότι τα χειρόγραφα έχουν μελετηθεί και εγκριθεί από τους υπογράφοντες. Επίσης θα επισυνάπτεται και μια γραπτή άδεια δημοσίευσης του υλικού. Τα χειρόγραφα που υποβάλλονται δεν επιστρέφονται. Η σειρά υποβολής καθορίζει την προτεραιότητα δημοσίευσης ανάμεσα σε ομοειδείς εργασίες. Κάθε εργασία κρίνεται ανεξάρτητα από δύο κριτές, ειδικούς στο πεδίο του οποίου άπτεται, που προτείνουν την αποδοχή (με ή χωρίς τροποποιήσεις) ή την απόρριψή της. Οι συγγραφείς είναι υποχρεωμένοι εφόσον τους ζητηθεί, σε διόρθωση των τυπογραφικών δοκιμών, κατά την οποία δεν επιτρέπονται προσθήκες παρά μόνο διορθώσεις των τυπογραφικών λαθών.

Τα δημοσιευμένα άρθρα αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία της ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ. Δεν επιτρέπεται η αναδημοσίευσή τους χωρίς τη γραπτή άδεια του Διευθυντή Σύνταξης.

Instructions for authors

AUTHORSHIP

Each writer should participate to the study, in order to be able to take full responsibility of its content. Authorship should fulfill three terms: (i) idea conception, scheduling of the study and data analyzing, (ii) Introduction-Summary. Introduction should answer to the reason why this study was made. It should be written at simple present form and should not refer to results or conclusions. It should not be more than 180 words. Material and method: In methodology you should describe the inquiring protocols, the techniques that were applied and where were the patients volunteers, or any other material, living or not, were chosen to be used. Known methodologies, including statistical methods should be sustained by the bibliography. For published methods which aren't well known, a figurative description will do, but for new methodologies further analysis is required. If humans are involved to the research, it is necessary to describe the measures that have been taken so as the research is ideologically accepted according to the declaration of Helsinki and the legislation of the country.

Results: Analysis of the findings of the study. You should present them in past form, with logical order and could be given along with tables, diagrams or extensively to the text. The data of the tables should not be repeated to the text. Any statistical assessment should come with references to the statistical methods which have been used. The unit of measure should be according to the international (SI). For any details writers should refer to the Medicine magazine 1980,37:139.

Discussion: You should describe the final conclusions and perspectives which appear by the results of the study. You should not repeat anything reported at the introduction, but you can compare the results of similar studies. You should relate the results with goals of the study, avoiding any unauthorized conclusions.

Retrospects are allowed to be capitalized. Chapters should be numbered by arabic numbers. Subchapters are characterized by the number of the chapter they belong, with a fullstop and the number of the subchapter (1.1, 1.2, 1.1.1, etc.). Interesting cases take place with a short introduction, description of the case and a comment. Diagnostic techniques have similar structure, too.

ENGLISH SUMMARY

The english summary is written in a different page. It includes almost all of those which are written in Hellenic and in addition it includes the names of the writers in capital letters and the title of the study in small. It should accompany all the studies.

BIBLIOGRAPHY

i) The bibliographic references of the text are numbered with arabic numbers, in ascending order, according to their appearance. Only the bibliographic references referring to the text should be in the bibliographic catalogue. The number of the text comes first before any reference to the catalogue:

The bibliographic references which are mentioned to the tables or to the titles of the images, are numbered with similar way. It appears individually right after the title and not to the final catalogue.

In case of author names reported to the text, when they are foreign, after the last name of the first author shortcut follows "et al", but for the Hellenic "και ουν". When we have two authors, between

the last names you should put “&”.

ii) At the bibliographic catalogue you should refer to the last name and the initials of the first name of all the authors, since they are not more than six (if they are more than six, you should refer to the first three and the indication et al follows). The title of the article follows the shortcut of the name of the magazine, the year, the tome, the first and the last page of the publication. The abbreviation of the magazine titles are included to the annual publication of the National Library of Medicine of the USA, “List of Journals Indexed in Index Medicus”, are published every year on the edition of January Index. If you have books and monographies they should follow after the title, the city, the publish house, the year of publication and the pages. Any articles that haven’t been published, but they have been approved for publication, can be used to the bibliography. At these cases, after the title of the magazine, you should note the sign “under publication”. In addition, any report to personal communication, abstracts and unpublished observations must be avoided. The number of the referrals submits to specific limitations: to retrospect articles should not overcome 120, to research studies 35, to editorial articles, interesting cases and diagnostic techniques 10, and at “Free Step” 5.

TABLES

Tables are typed in a different page. They are numbered based to the order of appearance at the text with arabic numbers. Their title should be short and brief, so that the reader is able to understand them without seeing the text. Each column should has its own short heading. The explanation of the abbreviation, including the statistic symbols and any other information, are written in footnote form. You should avoid vertical tables and you should use only horizontal, as long as they are necessary. Moreover, they should be sent in electronic form, too, in excel format (.xlsx).

IMAGES

Shapes, diagrams, histograms and photos are characterized as images. Only a necessary number of images is submitted. The titles that accompany images in electronic form should be in word format (.docx). They are numbered with arabic numbers, based to the order of appearance in the text. Photos, arrows and index should be clearly uniform and of the correct size, in case of shrinking it should remain easy to read. Elements of a typewriter or written by hand at images are not being accepted. Under no circumstances, names of patients should be seen, and their faces must not be recognised. In addition, you should have a written permission of the patient in order to publish his/her photo.

SUBMISSION OF THE HANDWRITTING

The typewritten text, the tables and the images which come along should be sent in TWO full copies, in an envelope with thick paper, closed with carton so as not to be folded. If you sent them in electronic form, you should be careful with the analysis (from 300dpi). Moreover, texts should be sent in electronic form in WORD format (.docx)

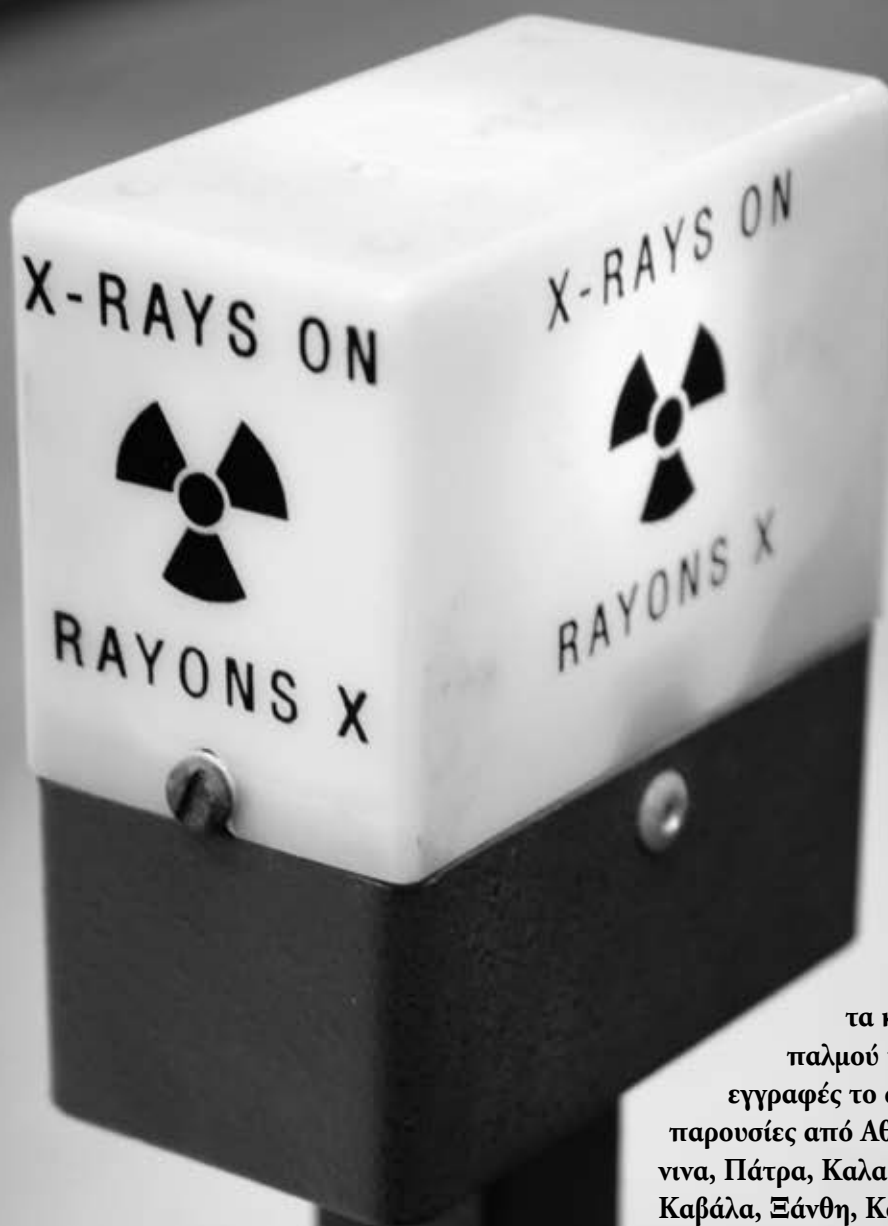
All studies should be sent to the following address:
Magazine “Aktinotechnology”

Association of Technologies, Radiologies, Aktinologies of Hellas
TEI Graduated
Stadiou 39 – 4th floor – office 5
105 59 Athens, email: info@otae.gr

Studies that have been sent, should be accompanied by a formal letter signed by all writers and should contain their statement that all writings have been studied and approved by the signers. Furthermore, a written permission of publication of the text should be appended. There is no return of the writings. The order of submission determine the priority of publication between similar studies. Every study is judged independently by two judges, specialized in the field of which touches, who recommend the acceptance (with or without modifications) or the rejection of it. Writers are obliged in correcting any typewritten essay if they are asked, and in that case they are not allowed to make any additions but only corrections of the mistakes.

Published articles constitute property of aktinotechnology. Republication of the article with no written permission of the chief editor is not allowed.

Το 7^ο Πανελλήνιο Συνεδρίο Τεχνολόγων Ακτινολόγων η μεγαλύτερη επιστημονική εκδήλωση του κλάδου



Για μία ακόμη φορά, ένα συνέδριο του ΣΤΡΑ-ΕΠΤ ήταν απόλυτα επιτυχημένο. Μάλιστα, θα τολμούσαμε να πούμε ότι ήταν ένα από τα καλύτερα από άποψη παλμού και συμμετοχής. Οι 504 εγγραφές το αποδεικνύουν. Είχαμε παρουσίες από Αθήνα, Θεσ/νίκη, Ιωάννινα, Πάτρα, Καλαμάτα, Σέρρες, Δράμα, Καβάλα, Ξάνθη, Κομοτηνή, Καστοριά, Φλώρινα, Βόλο, Λάρισα, Άρτα, Μεσολόγι, Πύργο, Καλαμάτα, Τρίπολη, Κόρινθο, Ρόδο, Κρήτη, Χίο, Κύπρο, Βέροια και ζητώ συγγνώμη για όσους μου διαφεύγουν.



Το κέντρο της Αθήνας γέμισε με Τ/Α το τριήμερο 23-25/10/12. Το συνέδριο άρχισε με τους καλύτερους οιωνούς. Σε μία κατάμεστη αίθουσα με έντονη την παρουσία των συναδέλφων από κάθε γωνιά της χώρας και με ενεργό συμμετοχή δεκάδων φοιτητών. Η κεντρική ομιλήτρια κα Δούση, με την συγκλονιστική ομιλία της κέρδισε το ζεστό και παρατεταμένο χειροκρότημα όλων μας. Την τελευταία έναρξη ακολούθησε δεξίωση στο εστιατόριο του ξενοδοχείου, όπου οι σύνεδροι είχαν την ευκαιρία να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και να μεταφέρουν τις εμπειρίες τους από όλες τις γωνιές της χώρας. Η επόμενη μέρα ήταν γεμάτη από εργαστηριακά φροντιστήρια και ελεύθερες ανακοινώσεις. 48 εργασίες παρουσιάστηκαν σε δύο συνολικά ημέρες, προσελκύοντας το ενδιαφέρον των συνέδρων που κατέκλυσαν την αίθουσα του συνεδρίου και των work shops.

Εξαιρετικό ενδιαφέρον είχαν οι παρουσιάσεις των δικηγόρων μας, που με θαυμάσιο τρόπο παρέθεσαν όλα τα νέα δεδομένα, τόσο για την υπαλληλική υπόσταση των τεχνολόγων όσο και για τα νέα μέτρα που μας αφορούν σε δημόσιο και ιδιωτικό τομέα. Επίσης οι σύνεδροι είχαν την ευκαιρία να ξεδιπλώσουν τις σκέψεις τους και να εκφράσουν τις απόψεις τους στην επαγγελματική συνεδρία της Ομοσπονδίας, κάτι που έχει πλέον αποτελείσει θεσμό για τα συνέδρια του ΣΤΡΑΕΠΤ.



Ο κος Μανιάτης συγκέντρωσε πολύ μεγάλο ενδιαφέρον με την ομιλία του.



Υπήρξαν στιγμές ενδιαφέροντος του κλάδου, που παρατηρήθηκε το αδιαχώρητο στην αίθουσα





Το περίπτερο της SIEMENS και ο κος Κοτσελίδης Θ.



Το work shop της Bayer Schering



Ο κος Βυθούλκας Δ. της FUJI κατά την διάρκεια της εκπαίδευσης



Το work shop της AGFA με τον Καρκαλή Β.

WORKSHOP

Επίσης κατά την διάρκεια του συνεδρίου, και για πρώτη φορά στα χρονικά των Τεχνολόγων Ραδιολογίας Ακτινολογίας, εταιρίες με αντικείμενο την παραγωγή και εγκατάσταση μονάδων απεικόνισης, συμμετείχαν με εργαστηριακό φροντιστήριο (work shop). Η ανταπόκριση των συναδέλφων σε αυτή την προσπάθεια ήταν εξαιρετική. 130 συνάδελφοι ενημερώθηκαν και εκπαιδεύτηκαν από τα 4 συνεργεία επίδειξης-πρακτικής άσκησης των εταιριών καθ' όλη την διάρκεια του συνεδρίου.

Συγκεκριμένα:

Η Agfa HealthCare παρείχε εκπαίδευση με Θέμα : IMPAX Reporting Workflow: Ενιαία εφαρμογή PACS/RIS διάγνωσης εξετάσεων.

Η εταιρία προκειμένου να καλύψει τις λειτουργικές ανάγκες της εκπαίδευσης, διέθεσε δύο συστήματα υπολογιστών με τα ανάλογα λογισμικά, επι των οποίων πραγματοποιήθηκε η πρακτική άσκηση των Τεχνολόγων.

Το work- shop της εταιρίας BAYER- SCHERING είχε θέμα την «Εκπαίδευση στην χρήση αυτόματων συσκευών έγχυσης».

Η εταιρία BAYER-SCHERING διέθεσε δύο εγχυτές τελευταίας τεχνολογίας, προκειμένου να γίνει επίδειξη – εκπαίδευση στη λειτουργία τους, αφού προηγήθηκε ομιλία-ενημέρωση από τον κο Μανιάτη (Ακτινολόγο Ιατρό) για τα σκιαγραφικά στα πλαίσια του συνεδρίου.

Επίσης το work- shop της εταιρίας SIEMENS είχε ως θέμα την «Εκπαίδευση σε λογισμικό επεξεργασίας εικόνας SYGNO VIA»

Το εν λόγω Work- shop σύμφωνα με τις οδηγίες της εταιρίας αφορούσε επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται στον χώρο του Αξονικού/ Μαγνητικού Τομογράφου και πραγματοποιήθηκε αυστηρά σε ομάδες των 4 ατόμων ανά συνεδρία. Η εν λόγω εταιρία διέθεσε προς τον σκοπό αυτό δύο υπολογιστικά συστήματα και 4 I pad.

Το Work- shop της εταιρίας FUJI είχε ως στόχο την εκπαίδευση- επίδειξη τεχνολογικού εξοπλισμού με σταθμό εργασίας διαχείρισης ψηφιακής – υπολογιστικής εικόνας. Η προσέλευση των ενδιαφερομένων πραγματοποιείτο ελεύθερα καθ' όλη την διάρκεια του Συνεδρίου.



Οι εκπρόσωποι της ΕΤΑΝΗ (Ηπείρου)



Οι εκπρόσωποι της ΕΤΑΔΕ (Δυτικής Ελλάδας)



Κατά την διάρκεια της Γ.Σ. των Ενώσεων



Δρούλιας Σ., Νικολάου Ι. Γεωργιάδης Κ., και ο νομικός σύμβουλος της Ο ΕΤΑΕ Κούρης Α.

ΠΡΩΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ ΔΣ ΕΝΩΣΕΩΝ

Επισημαίνουμε την σημαντικότητα της πραγματοποίησης (το Σάββατο 24/11/2012 και ώρα 18.00) της 1ης Γενικής Συνέλευσης των Δ.Σ. των Ενώσεων. Η συνέλευση πραγματοποιήθηκε υπό την παρουσία της νομικής υπηρεσίας της Ομοσπονδίας. Στα πλαίσια της συνάντησης αναγνώσθηκε το καταστατικό, απαντήθηκαν ερωτήματα που προέκυψαν και αποφασίσθηκε οι Ενώσεις να προχωρήσουν άμεσα σε αιτήσεις για την εκλογή των Αντιπροσώπων της Ομοσπονδίας. Κατόπιν προγραμματίστηκε, οι αντιπρόσωποι να προχωρήσουν στην ανάδειξη του Διοικητικού Συμβουλίου και της Ελεγκτικής Επιτροπής της Ομοσπονδίας. Κατά την διάρκεια της Συνέλευσης αναλύθηκαν διεξοδικά όλα τα βήματα που πρέπει να πραγματοποιηθούν και έγινε η χάραξη της στρατηγικής που θα ακολουθήσει η ΟΤΑΕΔ, με κεντρικό γνώμονα την προάσπιση των συμφερόντων των Τεχνολόγων Ραδιολογίας Ακτινολογίας.



Νικολάου Ι., Σιγαλός Ε., Μίχαλος Κ., Καραβούλιας Χ., Γεωργιάδης Κ., Βλασσάκης Δ., Δούση Μ., Ψημίτης Α., Αποστολοπούλου Ε., Παπαλέξης Π.



Ο Μπούγιας Χ. σε πρώτο πλάνο



Κολλιπούλου Ε. Νικολάου Ι.

ΜΗΝΥΜΑ ΠΡΟΕΔΡΟΥ

Αγαπητοί συνάδελφοι

Οι 504 εγγραφές του 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Τεχνολόγων Ακτινολόγων δηλώνουν από μόνες τους την ανεπανάληπτη επιτυχία που γνώρισε η μεγαλύτερη επιστημονική εκδήλωση του κλάδου.

Ως πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους στήριξαν την προσπάθεια αυτή από την πλευρά του συμμετέχοντα αλλά και αυτήν του ομιλητή.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τις εταιρίες χορηγούς που συνέβαλαν τα μέγιστα για να αντεπεξέλθουμε στις υποχρεώσεις της επιστημονικής αυτής εκδήλωσης, αλλά και για την αρωγή τους στην πραγματοποίηση των workshops που αναπτύχθηκαν με ομολογουμένως τεράστια επιτυχία.

Η μαζική αυτή συμμετοχή μας δίνει το κουράγιο να συνεχίσουμε την προσπάθειά μας κάνοντας βήματα μπροστά.

Γεωργιάδης Κων/νος

Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής
του Συνεδρίου

Πρόεδρος Δ.Σ. της ΕΤΑΕΔ



Κατάμεστη η αίθουσα του συνεδρίου.



Βαμβακούλα Ε. Βλασσάκης Δ.



Η γραμματεία εν δράσει. Η Αδάμη Μ. και η εκ Θεσ/νίκης Μάρτη Μ.



Αποστολίδης Κ. Κανακαράκη Ε., Ψημίτης Α., Κολλιοπούλου Ε., Βλασσάκης Δ.

Τα μέλη προσωρινής Διοίκησης της Ομοσπονδίας
ΠΡΟΕΔΡΟΣ: ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΑΝΤΙΠΡΟΕΔΡΟΣ: ΓΙΩΤΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ
ΓΕΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ: ΔΡΟΥΛΙΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ
ΑΝΑΠ/ΤΗΣ ΓΕΝ. ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ: ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΙΩΑΝΝΑ
ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΕΑΣ: ΑΜΠΑΤΖΗΣ ΗΛΙΑΣ
ΤΑΜΙΑΣ: ΜΠΟΥΓΙΑΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ
ΜΕΛΟΣ: ΓΚΟΛΑ ΔΗΜΗΤΡΑ
ΜΕΛΟΣ: ΜΕΘΕΝΙΤΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ
ΜΕΛΟΣ: ΑΠΟΣΤΟΛΙΔΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ





Το 5ο Ετήσιο Συνέδριο της EFRS στην Αθήνα

Την ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ 2 και ΣΑΒΒΑΤΟ 3, ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ 2012 οργανώθηκε στο ZAFOLIA HOTEL στην Αθήνα η 5^η Ετήσια Συνάντηση Τεχνολόγων Ακτινολόγων από την Ευρωπαϊκή ομοσπονδία Τεχνολόγων Ακτινολόγων. Το A.G.M (Annual General Meeting) της EUROPEAN FEDERATION OF RADIOGRAPHER SOCIETIES αποτελεί την κορυφαία Ευρωπαϊκή διασυλλογική οργάνωση του κλάδου μας. Την διοργάνωση της συνάντησης αυτής ανέλαβε ο Σ.Τ.Ρ.Α.Ε.Π ΚΑΙ η Ένωση Τεχνολόγων Ακτινολόγων Ελλάδος Δημοσίου.

Οι επίσημοι εκπρόσωποι της διεθνούς κοινότητας Συργισμώτης Βασιλίας και Βαμβακούλα Ευθυμία σε συνεργασία με τον Κο Πάνου Θεόδωρο συνέβαλλαν τα μέγιστα για την επιτυχή έκβαση της διοργάνωσης. Σύμφωνα με την ομόφωνη θέση του Διοικητικού συμβουλίου Της EFRS, η ετήσια συνάντηση στέφθηκε με απόλυτη επιτυχία τόσο οργανωτικά όσο και επιστημονικά. Το γεγονός αποκτά ιδιαίτερη σημασία διότι μέχρι και την τελευταία στιγμή υπήρχε η αμφιβολία για την εξέλιξη των εργασιών λόγω της γενικότερης κατάστασης και του κλίματος που επικρατούσε και επικρατεί στο Ευρωπαϊκό στερέωμα. Αναφορικά με την συμμετοχή των μελών –συναδέλφων μας, η ικανοποίηση για την παρουσία τους ήταν έκδηλη στο πρόσωπό μας.

24 Πλήρη μέλη (full members) με 39 σύνεδρους (delegates), 2 μέλη δεν παρουσιάστηκαν δίνοντας πληρεξούσιο σε άλλες χώρες (proxy). 10 πάρεδρα μελη (affiliate members) με 10

σύνεδρους και 7 μέλη του διοικητικού συμβουλίου. Συνολικά 56 σύνεδροι παραβρέθηκαν στην Αθήνα, ενώ δεν κατάφεραν να παρουσιαστούν 4 μέλη – χώρες.

Η ατζέντα των εργασιών σπουδαία όπως είθισται να είναι. Αξιοσημείωτο το γεγονός της συνύπαρξης του διοικητικού συμβουλίου της HENRE (Higher Education Network for Radiography in Europe) το οποίο συνεδρίασε την Παρασκευή 2 Νοεμβρίου πριν από την Ετήσια συνάντηση Των Τεχνολόγων Ακτινολόγων.



Τα κυριότερα θέματα που αναπτύχθηκαν σχετίζονται με τα τρέχοντα Project EMAN (EUROPEAN MEDICAL ALARA NETWORK) και το MEDRAPET (MEDICAL RADIATION PROTECTION EDUCATION AND TRAINING). Παρουσιάστηκαν αποτελέσματα της ερευνας της EFRS στα μέλη της σχετικά με τον αναπτυξιακό ρόλο και την εκπαίδευση του τεχνολόγου

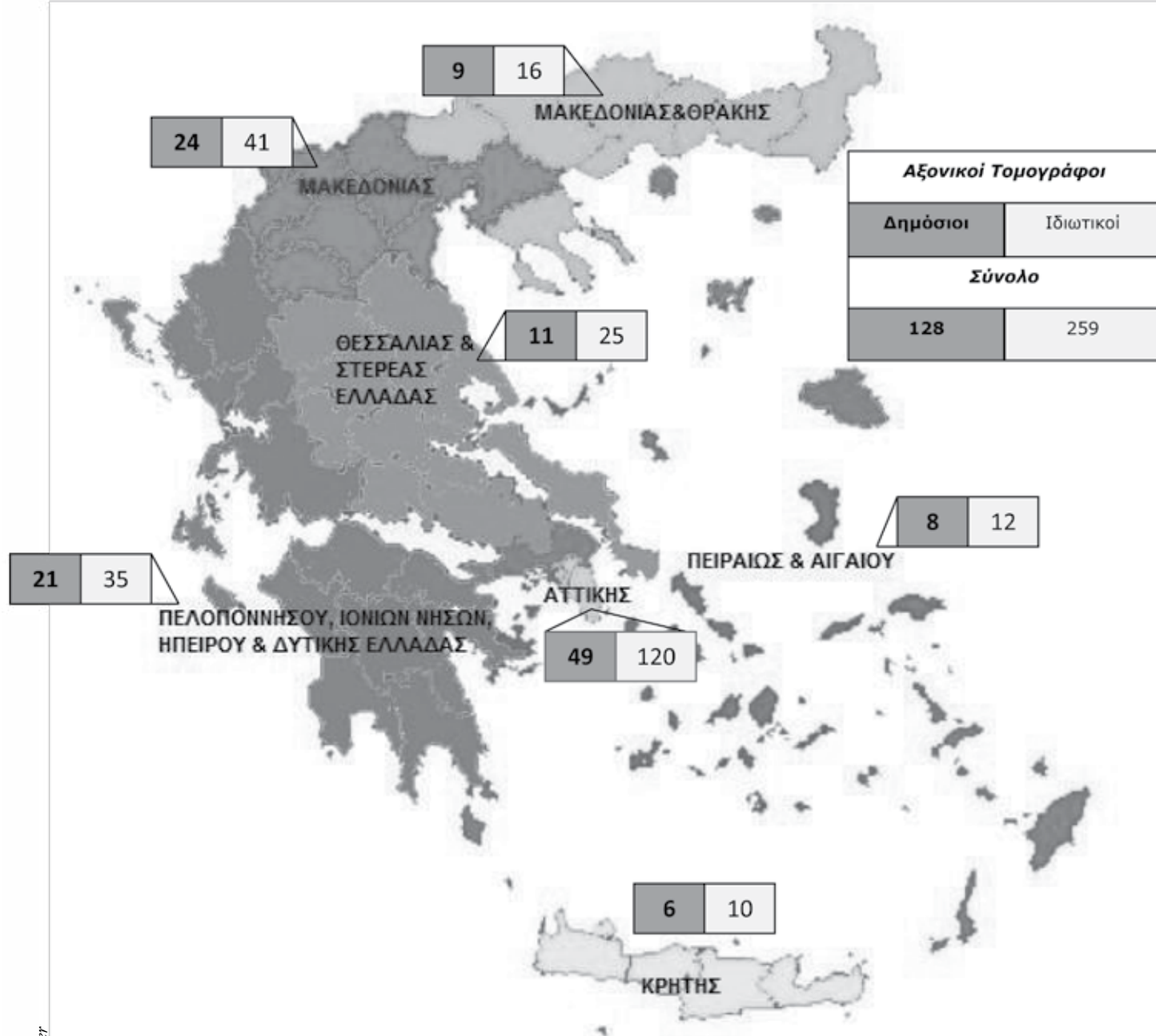
στην Ευρώπη ενώ παράλληλα έγιναν προτάσεις για τον τρόπο δράσης του 2013. Θέμα η οικονομική έρευνα

2011-2012 από Richard Evans και Wim Dankaaft βρέθηκαν να πλαισιώνουν την ημερησία διάταξη Ψηφίστηκε ο προϋπολογισμός και ορίστηκε η νέα συνάντηση στην Πράγα για το 2013. Λεπτομέρειες για την Ατζέντα μπορούν να αναζητηθούν στο www.efrs.eu.

Ο Βασίλης Συργισμώτης (αντιπρόσωπος του ΣΤΡΑΕΠ ΚΑΙ ΕΤΑΕΔ) ήταν μέλος της εφορευτικής επιτροπής του συνεδρίου ύστερα από την εκλογή του στο Παρίσι το Νοέμβριο του 2011.

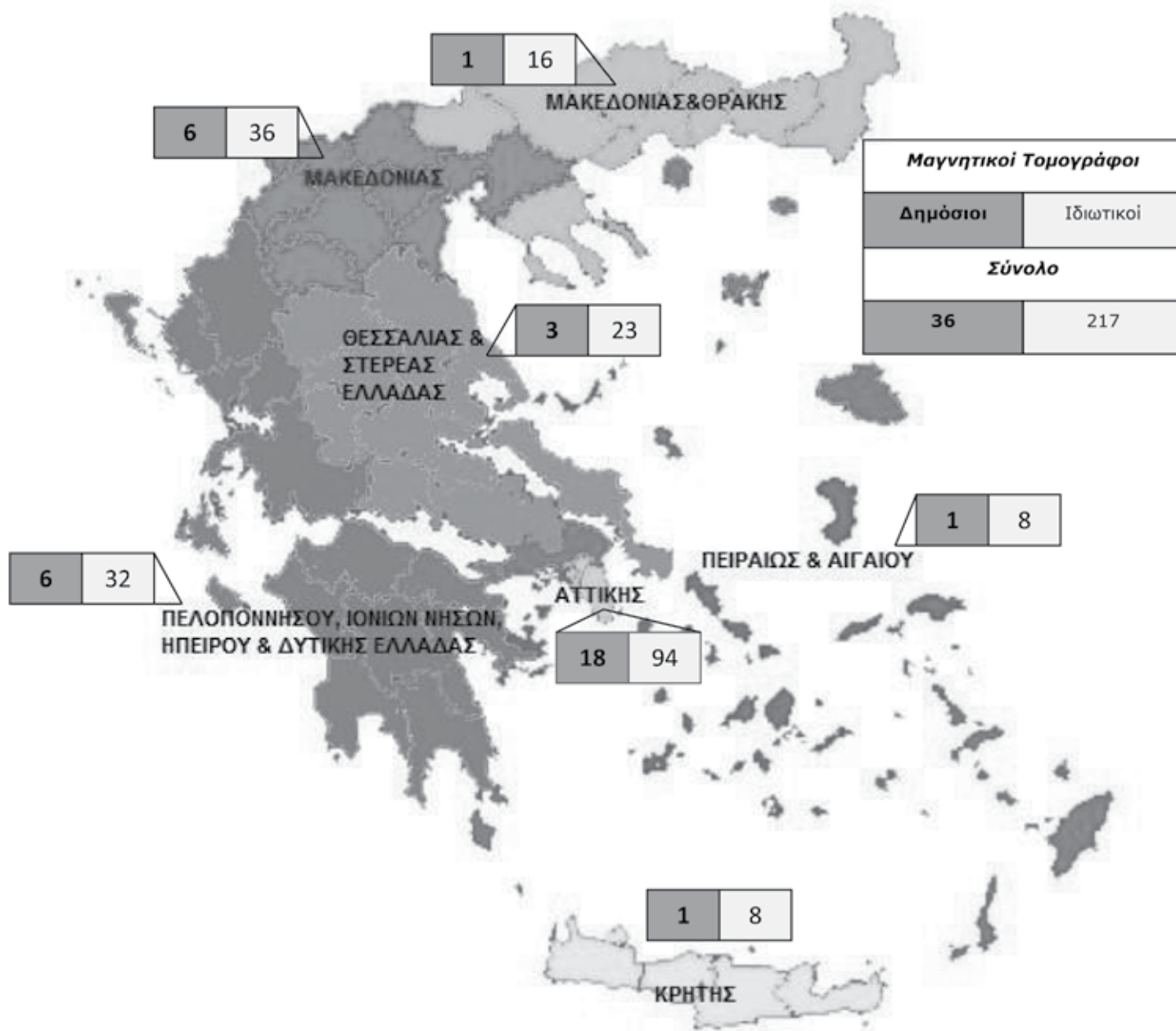
Κατανομή μονάδων CT

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΞΟΝΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ ΑΝΑ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ

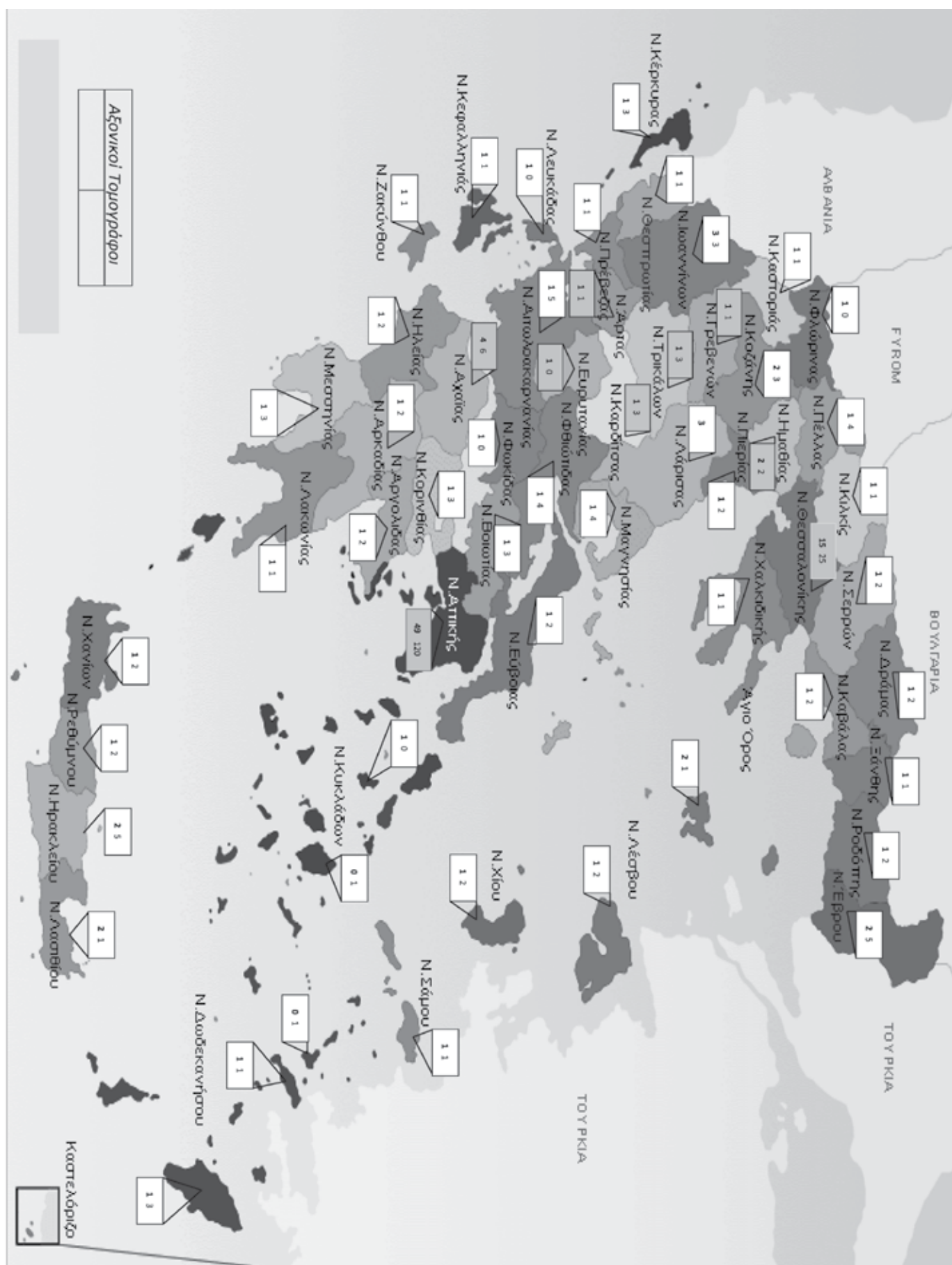


και MRI στην Ελλάδα

ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΤΟΜΟΓΡΑΦΩΝ ΑΝΑ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ







Τεχνολογία Αιχμής

Whole-Body MR/PET Hybrid Imaging: Technical Considerations, Clinical Workflow, and Initial Results

MR/PET – ADVENT OF A NEW HYBRID IMAGING MODALITY

A new hybrid imaging modality is entering the clinical arena, with simultaneous whole-body MR/PET imaging. Envisioning the combination of the excellent soft tissue contrast, high spatial and temporal resolution, and functional tissue parameters that MR provides with the high sensitivity of PET, different technical approaches have been pursued by researchers and by the industry to work on the integration of two formerly ‘non-integrable’ imaging modalities. With the recent introduction of the Biograph mMR, Siemens has launched a 3.0 Tesla whole-body MR hybrid system that hosts in its isocenter a fully integrated PET detector and that with its 60 cm patient bore enables whole-body simultaneous MR/PET imaging.

Researchers, radiologists, and nuclear medicine physicians have been waiting and actively been working on the advent of this hybrid imaging modality for a long time. Now that whole-body MR/PET has entered clinical practice, we have a starting point to evaluate the full clinical potential of the modality, to research for and to validate new imaging applications, and to ultimately establish this imaging modality in early diagnosis of oncologic, neurologic, cardiologic, and many more diseases.

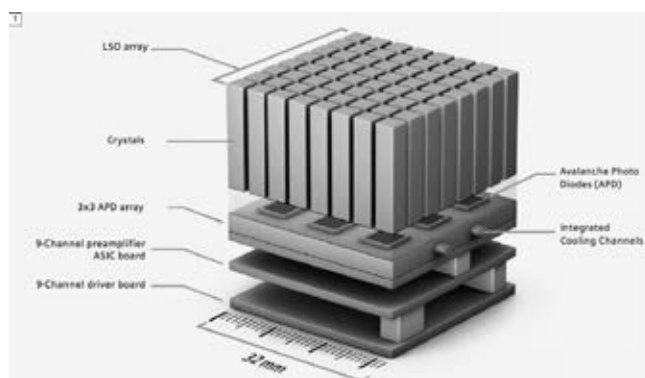
As more and more research and clinical sites come on board during the months and years ahead, let's take a first look into the technology and explore what specifics such an integrated MR/PET hybrid system brings with it. We will then also explore the workflow of a MR/PET whole-body hybrid exam and present first image examples from clinical findings.

TECHNICAL INTEGRATION OF MR AND PET

The Biograph mMR hybrid imaging system fully integrates the MR and the PET imaging modality into one imaging system. In order to ensure such a high level of integration, we have to overcome numerous physical and technical preconditions and challenges. The potential physical interactions of both modalities in both directions – PET on MRI and MRI on PET – are manifold. Full integration of a PET system into an MRI environment requires technical solutions for three groups of potential electro-magnetic interaction:

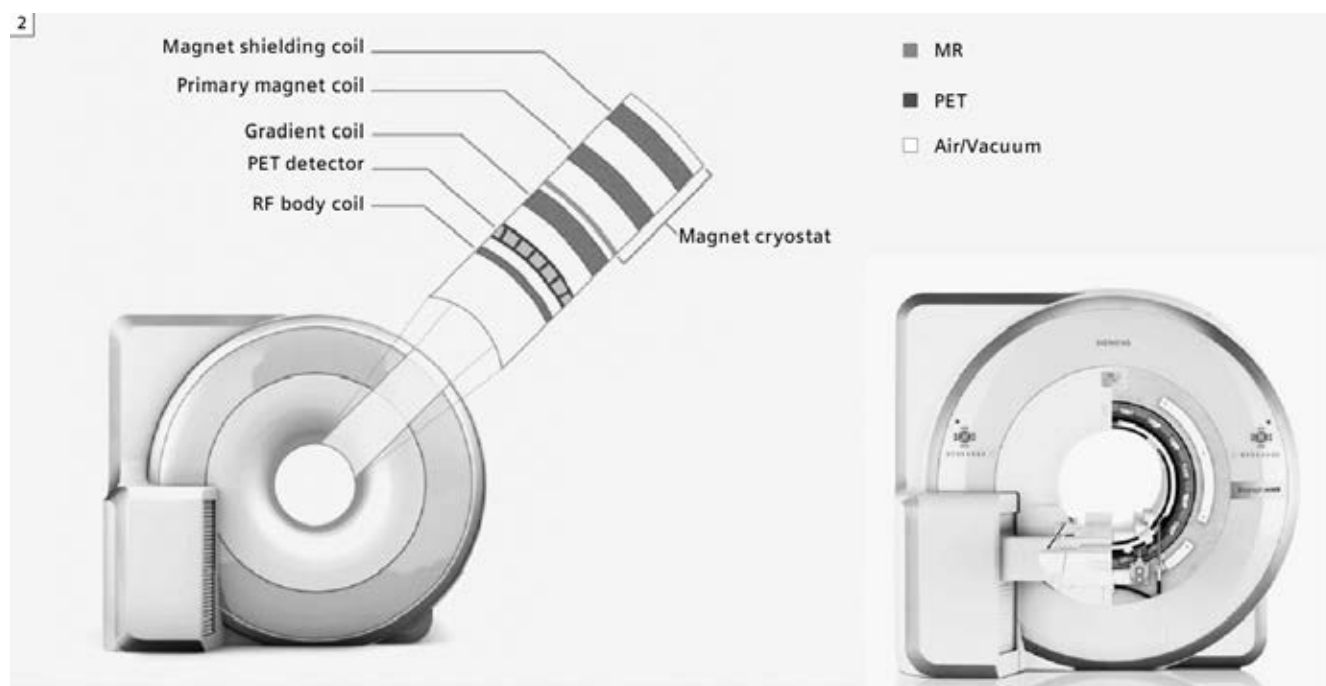
- 1 the strong static magnetic B0-field for spin alignment,
- 2 the electromagnetic changing fields of the gradient system (Gxyz) for spatial signal encoding, and
- 3 the radiofrequency (RF) B1-field for MR signal excitation and MR signal readout.

PET hardware and PET signals must not be disturbed by any of these



1 Pet detector assembly for mMR. 64 Lutetium Oxyorthosilicate (LSO) crystals form one block that transforms 511 keV gamma quanta into light flashes. Light events in the LSO crystals are detected by a 3x3 array of avalanche photo diodes (APD). 9-channel preamplifiers and driver boards as well as integrated water cooling completes each detector block. This detector assembly is characterized by its small size, can be designed free of magnetic components, and performs in strong magnetic fields. 56 such blocks form one detector ring, 8 rings form the PET detector assembly in the Biograph mMR that spans a longitudinal field-of-view (FOV) of 25.8 cm.

fields. Equally, for full and unlimited MRI system performance, PET must not disturb any of these electromagnetic MR fields and signals. Numerous technical solutions were thus required for PET integration into an MRI system. The most important key technology enabler was the development of detectors and photo diodes that are able to detect the 511 keV PET gamma quanta following an annihilation event inside of a strong magnetic field. What worked well in established PET and in hybrid PET/CT systems in the form of scintillation crystal blocks read out by photomultiplier tubes (PMT), had to be replaced for the MR/PET integration since the PMTs are very susceptible to magnetic fields. The current detector solution for simultaneous MR/PET is a combination of Lutetium Oxyorthosilicate (LSO) crystals and Avalanche Photo Diodes (APD) able to detect gamma quanta even inside strong magnetic fields and convert the detected events from scintillation light to electrical signals (Fig. 1). Another advantage of the combination LSO crystal and APD diodes compared to PMT is that they do not require as much space and thus can be integrated inside of an MRI bore. Siemens' 70 cm magnet bore technology is clearly another precondition to integrate the PET detectors inside the limited space of an MRI system and at the same time to leave enough space to eventually end up with an inner whole-body bore diameter of 60 cm – as has been clinical standard for MRI magnet



2 Schematic drawing and photograph showing the integration of the PET detectors in the MR hardware structure of the Biograph mMR. From the inside to the outside: RF body coil, PET detector, gradient coil assembly, primary magnet coil, and magnet shielding coil. The latter two magnet coil assemblies are contained in the helium filled magnet cryostat. The MR/PET integration as shown requires that the PET detector works within strong static and dynamic magnetic fields, and does not disturb any of the associated electromagnetic MR fields. The PET detector must not disturb the static B_0 -field, the gradient fields nor the RF transmission and reception. Additionally, in this configuration the RF body coil needs to be designed 'PET transparent' with little attenuation of gamma quanta.

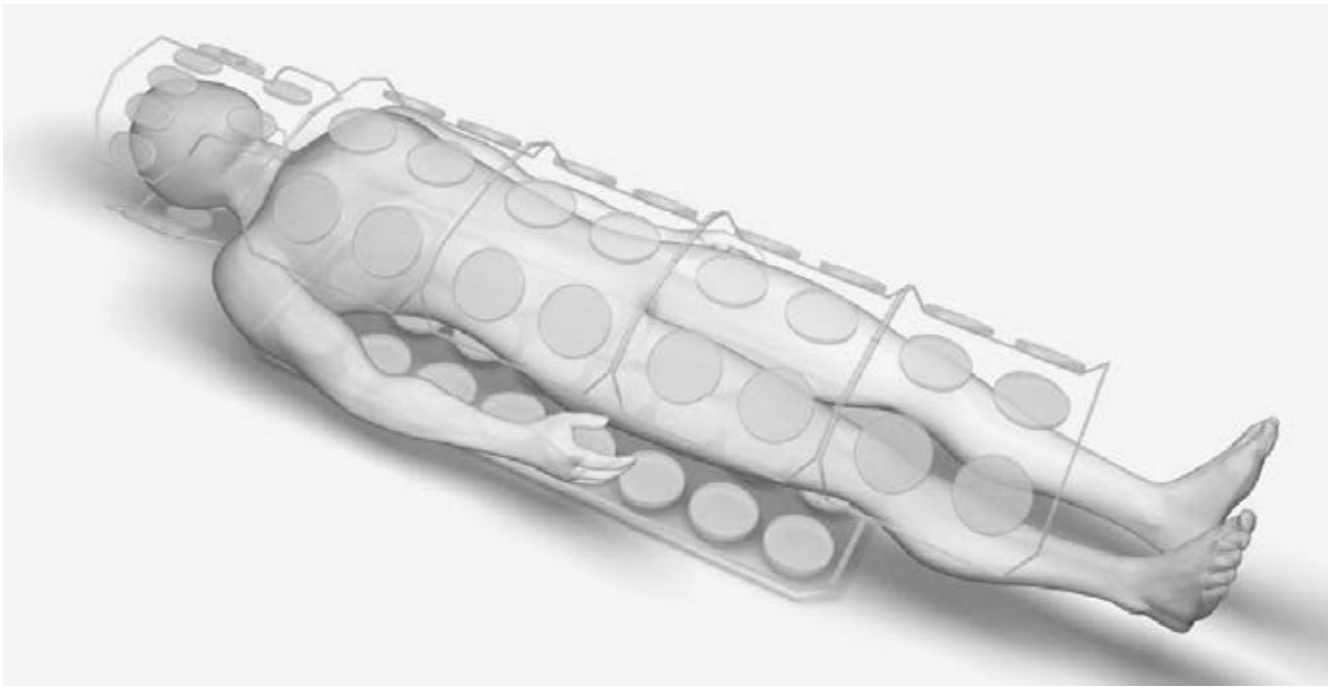
bore diameter in the past. In the Biograph mMR hybrid system, 56 LSO-APD detector blocks, each with a block area of 32×32 mm², are aligned circumferentially to form one PET detector ring. 8 rings form the full PET detector unit, spanning a length of 25.8 cm in z-direction (for comparison: conventional/ standard PET-CT systems have an axial field-of-view (FOV) of less than 20 cm and high-end PET-CT systems nowadays have a FOV of approximately 22 cm). Each LSO crystal, which are put together to form than the LSO-APD block, has a size of $4 \times 4 \times 20$ mm³ which is the finest crystal dimension in the market for clinical PET systems; the crystal size has a direct impact on the achievable PET resolution.

How has the integration of the PET detector unit into the MR environment been performed technically? Seen from the perspective of the signals emitting patient, the hardware layer structure of the hybrid system is as follows: The innermost layer in the magnet bore is formed by the signal transmitting and receiving RF body coil with its RF shield, shielding the RF coil towards the other structures in the bore. The PET detector rings are located behind the RF coil and its RF shield. The layer behind the PET detector unit is formed by the gradient coil assembly encompassing gradient coils for spatial MR signal encoding in all three dimensions of the scanner coordinate system. The outer layer structure is formed by the magnet cryostat containing the liquid helium for magnet cooling as well as the superconducting magnet winding producing the 3.0 Tesla static magnetic B_0 -field (Fig. 2). The individual hardware components as well as the whole hardware assembly are optimized towards MR and PET signal detection with no signal disturbances in either direction. A technical precondition

to fulfill these requirements is that the RF body coil should be 'PET transparent' such that gamma quanta emitted by the patient are not attenuated by the RF body hardware. An additional consequence is that the PET detectors need to be non-magnetic and 'gradient transparent' in order to not distort the linearity of the fast switching gradient fields.

The PET detectors require stable temperatures over time of around 20°C temperature, which has been achieved by implementing water cooling into the APDs (Fig. 1). Analog electrical signals and water cooling are conducted from the PET detector in the isocenter of the magnet bore to the back end of the MR/PET system. All PET detector electronics are hermetically shielded by copper elements in order not to emit RF signals that potentially could disturb the weak MR RF signals or contribute to increased overall RF noise, leading to decreased signal-to-noise-ratio (SNR) in MRI measurements. With regard to potential interaction with the three groups of electromagnetic fields in an MRI surrounding, all components of the PET detector and electronics must be absolutely non-magnetic, must be absolutely RF shielded and must be optimized to eliminate susceptibility to eddy currents.

Eddy currents potentially interact with the strong and fast switching magnetic gradient fields for spatial MR signal encoding. When switching gradient fields, according to Lorentz' induction law, eddy currents are induced into neighbouring electrically conducting structures. Unwanted eddy currents thus counteract the effect of fast switching linear gradient fields, potentially leading to reduced rise times, reduced amplitudes, and reduced gradient linearities, resulting in an overall reduced gradient performance and non-linear geometrical distortions in MR imaging.



3 The Biograph mMR is equipped with the Tim (Total imaging matrix) RF coil technology consisting of multiple integrated surface coils that cover the patient's body from head to toe with up to 102 RF coil elements connected to 32 RF receivers. This multi-channel phased array RF coil configuration enables parallel imaging and whole-body MR data acquisition with optimized signal-to-noise (SNR) performance. In simultaneous MR/PET hybrid imaging, the surface RF coils are located between the radioactivity emitting patient and the PET detectors. As a consequence, the RF coils should be designed to be as PET-transparent as possible.

SYSTEM INTEGRATION TESTING

Early system integration testing of the Biograph mMR hybrid MR/PET system has been performed at the Institute of Medical Physics (IMP), University of Erlangen, Germany, in close collaboration with Siemens Healthcare, Erlangen, Germany. Successful system integration needs to be explored and verified in numerous systematic technical and phantom testing experiments. This requires testing in both directions to answer the following questions: Is PET performance influenced by the MR? Is MR performance influenced by the PET? MR testing encompasses testing for potential interactions with RF, B₀, and G_{xyz}, and related artifacts. PET testing encompasses testing for count rates, detector performance, signal homogeneity, and artifacts.

Static magnetic B₀-field homogeneity testing encompasses measurements of the static magnetic field homogeneity with/without PET detectors inside of the system. The difference between both measurements can be visualized and evaluated in B₀ difference field maps in three spatial dimensions. Thus subtle differences in the B₀ static magnetic field homogeneity can be detected and displayed within ppm accuracy. In the Biograph mMR system the magnetic field homogeneity is specified with ≤ 6 ppm standard deviation V_{rms} (volume root-mean square) over an elliptical volume of 50 cm diameter in the x-y-plane and 45 cm in z-direction. In system integration testing the measurements with/without PET detector installed did not reveal any influence of the PET detector on the B₀-field homogeneity of the MR system.

Also the gradient system performance with its parameters amplitude (mT/m), slew rate (T/m/s) and overall linearity has to be evaluated twice with/without PET detectors to determine possible variations

from the gradient systems specifications. Measurements have confirmed that the gradient systems performance in the Biograph mMR system is in the specifications – 45 mT/m maximum amplitude for all three gradient axes, 200 T/m/s maximum slew rate, and thus compares well to a system without PET integrated in the magnet bore. This is a major precondition to take full advantage of numerous whole-body imaging sequences providing anatomical and functional tissue information simultaneously with a combined data acquisition with PET: Diffusion-weighted imaging (DWI), diffusion tensor imaging (DTI), arterial spin labelling (ASL), functional MRI (fMRI), MR spectroscopy, time-of-flight angiography (TOF-MRA), dynamic cardiac acquisitions, etc., to name only a few. Finally the PET systems performance has also to be tested for the potential influences of the strong magnetic field by gradient fields, or by RF interactions. Such testing performed according to NEMA standards twice outside and inside of the MRI system and during system integration testing did not reveal any deviations from the PET performance without MRI surrounding.

RF COILS AND ASSOCIATED ATTENUATION CORRECTION

Like its MR-only siblings, the Biograph mMR MR/PET hybrid system is equipped with a full set of RF coils and associated RF architecture – the well established Tim technology (Tim, Total imaging matrix, Siemens Healthcare). The Tim RF system provides seamless coverage of the patient's body with integrated surface coils from head to toe (Fig. 3).

The coils are each equipped with multiple RF coil channels providing a high coil element density for high SNR gain as well



Figure 4A

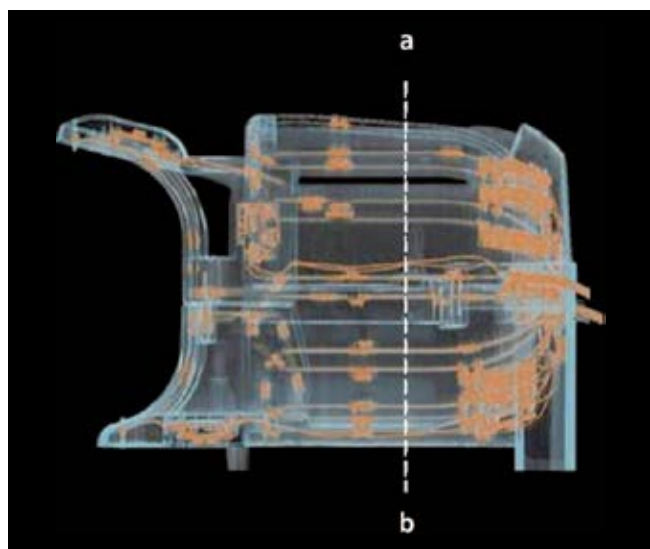


Figure 4B

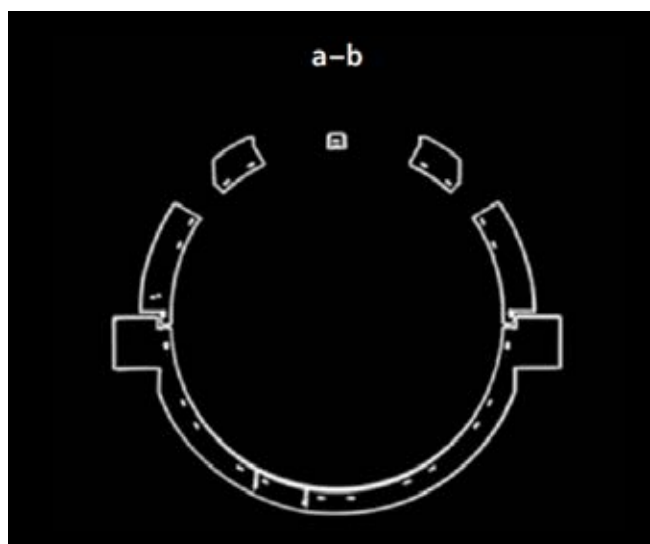


Figure 4C

4A (A) A head/neck RF coil that was designed and optimized towards PET-transparency for use in simultaneous MR/PET hybrid imaging. This RF coil serves as an example of a rigid hardware component that is stationary at its known position with regard to the patient table. (B) 3D CT-scan of this rigid RF coil. Such a CT-scan provides hardware attenuation values that can be transformed from the CT's 100 keV energy level to the 511 keV energy level of PET in order to derive a PET-equivalent attenuation map (μ -map), shown in image (C). The μ -map in (C) has been acquired at level a-b as shown in image (B).

as parallel imaging capabilities with high acceleration factors in three spatial dimensions. While this integrated RF surface coil concept today is well established in MRI, its use in a combined MR/PET hybrid imaging system is a novelty and prerequisite for seamless whole-body MR/PET acquisitions. The RF surface coils that cover the patient's body for optimal MR signal performance are at the same time in the FOV of the PET detectors. Thus all RF surface coils now have to be also optimized towards PET-transparency, i.e. such coils should attenuate gamma quanta to only a minor extent, for optimized PET performance. This also holds true for all other hardware equipment – MR or PET related – that potentially accompanies the patient's body when travelling through the PET-FOV, e.g. RF surface coils, the patient table, cables, connectors, patient monitoring equipment, etc. Here one can differentiate between 'rigid and stationary' equipment such as the patient table, the RF spine array coil as well as the RF head coil, and between 'flexible and non-stationary' equipment such as the flexible RF Body Matrix array coils. 'Rigid' here means stable in its form and geometry. 'Stationary' in this context means non-moving relative to the patient table whose position is known to the imaging coordinate system at any point in time when moving in the scanner bore. The PET signal attenuation and scatter of rigid and stationary equipment can be compensated for by straightforward attenuation correction (AC) methods. For example, the RF head coil (Fig. 4A) is scanned in a CT (computed tomography) system once and a 3-dimensional map of attenuation values is thus generated (Fig. 4B). X-ray based CT attenuation values in general are in the energy range of about 70–120 keV and thus have to be converted to the 511 keV energy level of the gamma quanta emitted in PET. A 3D graphical representation of the obtained attenuation values ' μ -map' with 511 keV attenuation values is then generated (Fig. 4C). This CT-based registration of 3D attenuation values has to be performed once for each rigid hardware component and then the according μ -map becomes part of the PET image reconstruction process. By linking the RF spine – or RF head coils – position relative to the patient's table position, the relevant AC μ -map for each table position is automatically selected by the system for PET image reconstruction.

The flexible and non-stationary Body Matrix RF array coils covering the patient's body cannot be attenuation-corrected in the same manner. Here the geometry and position of the coils attenuating structures depend on the patient's individual anatomy and on the individual situation of the patient exam and thus cannot be easily predicted by MR imaging. Here the emphasis lies on designing flexible and moving RF coils as PET-transparent as possible. For the Biograph mMR system, the associated RF

SALIENT™

Contrast Injection System

IMAXEON


The Salient™ Contrast Injection System is the latest innovative product from Imaxeon. This award winning product received the 2010 Australian International Design Award from Standards Australia in the Medical and Scientific category.

Imaxeon Pty Ltd is a niche organisation that designs and manufactures a range of contrast injection systems and associated consumables for the worldwide radiology market. Imaxeon contrast injectors are specifically designed to be economical, compact, mobile and reliable and provide excellent value in these tough economic times.

Imaxeon is located in Sydney, Australia and maintains the highest level of quality systems; accredited with ISO 13485 and proudly carries the CE Mark. Imaxeon is a fully owned subsidiary of Bayer and is distributed through the Bayer Healthcare R&I organisation and its partners. The Salient™ gives the ultimate flexibility to you and your busy department. Available in both Single and Dual head configurations with the option of a wireless Remote Control Unit (RCU) for complete ease of use. This lightweight, cordless system is so easy to move, even in compact CT rooms. The Salient™ is a dual powered system that offers the cordless convenience of battery power which is able to power the system over a full, busy day. Recharge the system overnight, or if the battery does run low during use, simply plug into mains power and continue without any delay. The touch screen user interface provides a modern design with simple icons and programming screens that are very easy to use. It is able to deliver a range

of injection protocols from simple routine studies or up to 6 phases for more complex examinations. To

maximise patient safety during the injection, a real time injection pressure graph may be viewed from the injector head or the optional RCU. The Salient™ system conveniently records the details of the previous 40 injections on the injector head or 200 injections on the RCU. The optional Remote Control Unit connects wirelessly to the Salient™ pedestal using Wi-Fi technology. This intuitive tablet enables full programming and protocol management at your convenience away from the injector head. Up to 20 protocols may be saved and downloaded via a USB connection; perfect for busy sites with multiple injectors!

Simply store your protocols on USB and then upload them onto another Salient™ RCU. The RCU also has a media player which contains training videos to help educate and train new staff on the safe operation of the Salient™.

To view the Salient™ Clinical Demonstration video please visit: <http://tinyurl.com/abw2bmd>



Please read the Clinical Case Study below to learn more about the clinical applications of the Salient™ Contrast Injection System.

SALIENT™ CONTRAST INJECTION SYSTEM CASE STUDY: CAROTID CTA

Patient History

A 35 year old female presented to the Emergency Department with extensive right sided neck pain. On examination there was extensive swelling and obvious out pouching beneath the mandibular angle. The patient complains of weight loss and difficulty swallowing.

CT Examination:

Phase	Salient™ Contrast Injection Protocol
Pre Contrast	N/A
Timing Bolus	10ml Ultravist® 370 @ 4.5ml/s 20ml Saline @ 4.5ml/s
Carotid Dynamic CTA	Timing is determined by Timing Bolus 70ml Ultravist® 370 @ 4.5ml/s 60ml Saline @ 4.5 ml/s

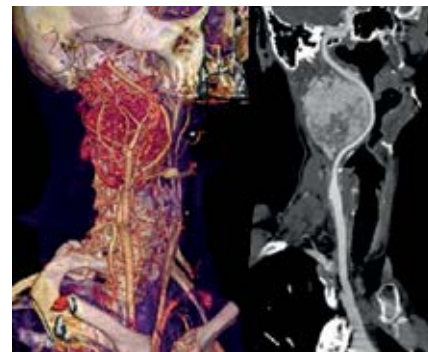
The patient underwent Carotid CTA.

Contrast Injection Protocol:

Pre Contrast Scan from the Circle of Willis to the ascending Thoracic Aorta
Timing Bolus conducted to measure the time to peak enhancement of the arteries at the Circle of Willis. Dynamic scan timing adjusted to the timing bolus to ensure perfect enhancement of the entire Carotid arteries from start to finish with no venous contamination.

Results:

The resultant image on the left demonstrates a 3D volume rendering of the dynamic images. The rendered image displays a Glomus tumour where the tumour volume has engulfed the spaces around the right Internal and External Carotid artery at the Carotid Bifurcation.



The image on the right is a Curved Multi-Planar Reformat of the source images which demonstrate the borders of the tumour in relation to the right Carotid artery. The reformat displays the tumour position and that it has not invaded into the vessel.

*Case Study provided with permission from Dr Charbel Saade: www.mdct.com.au

Η FUJIFILM σας καλωσορίζει στον ακτινολογικό θάλαμο του Μέλλοντος!

FDR AcSelerate

CsI
Sensor

ISS
Technology

Dynamic
Visualization



Πλήρης σειρά ψηφιακών ακτινολογικών (DR) με νέας τεχνολογίας επίπεδους ανιχνευτές, προσφέρουν ένα από τα υψηλότερα DQE παγκοσμίως.

Η "καρδιά" του ψηφιακού ακτινολογικού (DR) της FUJIFILM είναι ο νέος επίπεδος ανιχνευτής (Flat Panel). Οφείλει την επιτυχία του στην πολύ υψηλή ικανότητα απορρόφησης των ακτίνων X, χρησιμοποιώντας την καινοτόμο τεχνολογία ISS της FUJIFILM.

Με την τεχνολογία ISS (Irradiation Side Sampling) τα δεδομένα συλλέγονται στην επιφάνεια του ανιχνευτή (σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους), προτού η ακτινοβολία εξασθενήσει και διαχυθεί εντός του ανιχνευτή. Έτσι, η αποτελεσματικότερη διαχείριση της ενέργειας της ακτινοβολίας παράγει εικόνες υψηλής ποιότητας, με πολύ υψηλό λόγο απόδοσης κβαντικής ανίχνευσης DQE (από τα υψηλότερα παγκοσμίως), μειώνοντας παράλληλα την δόση της ακτινοβολίας.

Η ίδια τεχνολογία (ISS) χρησιμοποιείται και στους φορητούς επίπεδους ανιχνευτές FDR D - EVO μετατρέποντας, χωρίς περιορισμούς, το ήδη υπάρχον ακτινογραφικό μηχάνημα ή φορητό ακτινολογικό, σε ψηφιακό.

Η εμπειρία και η τεχνογνωσία της FUJIFILM συνδυάζονται για να δώσουν ψηφιακές εικόνες εξαιρετικής ποιότητας.

FDR D-EVO



150 Years
Science For A Better Life



Ultravist®
Iopromide

Gadovist® 1.0
Gadobutrol

Equipment Service

MEDRAD® Veris®
MR Monitoring System

Multi Vendor Service

Certegra®
Informatics Platform

Magnevist®
Gadopentetate
Dimeglumine

MEDRAD® Spectris Solaris® EP
MR Injection System

MEDRAD® Stellant®
CT Injection System

SALIENT™
CONTRAST INJECTION SYSTEM

Primovist®
Gadoxetic Acid

Our Universe of Products

Κάτοχος άδειας κυκλοφορίας στην Ελλάδα: Ultravist, Gadovist, Magnevist, Primovist
Bayer Ελλάς ABEE, Σωρού 18-20, 15125 Μαρούσι

Κάτοχος άδειας κυκλοφορίας στην Κύπρο: Primovist Novagem.
Κάτοχος ειδικής άδειας κυκλοφορίας στην Κύπρο: Ultravist, Gadovist, Magnevist Novagem.
Novagem Ltd Tηλ. +35722483858

Τοπικός αντιπρόσωπος των: Medrad veris, Multi Vendor Service, Certegra, Medrad Spectris Solaris EP, Medrad Stellant, Salient
L.G Biomed Solutions Ltd

Τοπικός αντιπρόσωπος της MEDRAD στην Κύπρο:
L.G. Biomed Solutions Ltd, Tel: +357 22 466077
Τμήμα Επιστημονικής Ενημέρωσης
Τηλ. +302106187742, Fax: +302106187522
Email: medinfo.gr.cy@bayer.com

Customer Service Support Medrad
Τηλ. 800 11 30 500 free line
Fax: +302106187525
Email: bhri@bayer.com

Βοηθήστε να γίνουν τα φάρμακα πιο ασφαλή:
Συμπληρώστε την «ΚΙΤΡΙΝΗ ΚΑΡΤΑ»

Αναφέρατε:

Όλες τις ανεπιθύμητες ενέργειες για τα Νέα Φάρμακα 
Τις ΣΟΒΑΡΕΣ ανεπιθύμητες ενέργειες για τα Γνωστά Φάρμακα.