



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΝΟΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ο ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ

ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ

ΣΑΛΟΝΙΚΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ ΑΜ: 21026

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Γεωργία Οικονόμου (Αναπληρώτρια καθηγήτρια)

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2023

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
ΓΕΩΡΓΙΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ	ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	
ΚΕΧΑΓΙΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Σαλονικίδου Μαρία του Ιωάννη με αριθμό μητρώου (ΑΜ) 21026 φοιτήτριας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Σύγχρονες Εφαρμογές στην Ιατρική Απεικόνιση» του Τομέα Ακτινολογίας-Ακτινοθεραπείας του Τμήματος Βιοϊατρικών Επιστημών, της Σχολής Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας με τίτλο « Ο Ακτινοτεχνολόγος και οι καθοδηγούμενες από Υπολογιστική Τομογραφία Επεμβατικές πράξεις » και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Σαλονικίδου Μαρία

ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ

Άλλος ένας κύκλος σπουδών κλείνει δημιουργικά, ευχάριστα και με επιπλέον γνώση. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές για τις γνώσεις που μας μετέφεραν και ιδιαίτερα την κ. Οικονόμου, για την ανάθεση του θέματος της διπλωματικής μου εργασίας, την άριστη συνεργασία, την στήριξη καθώς και την καθοδήγηση της καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τα παιδιά μου και την οικογένεια μου για την απεριόριστη υπομονή αλλά και κατανόηση που έδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος.

Ο ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΟΣ ΚΑΙ ΟΙ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, η υπολογιστική τομογραφία (CT) έχει εξελιχθεί σε ένα πλήρως αποδεκτό και ευρέως χρησιμοποιούμενο εργαλείο καθοδήγησης για ένα ευρύ φάσμα ελάχιστα επεμβατικών πράξεων. Οι καθοδηγούμενες από αξονικό επεμβατικές πράξεις, μπορούν να διαχωριστούν σε δύο είδη στις διαγνωστικές και θεραπευτικές. Τυπικές διαγνωστικές επεμβατικές πράξεις είναι οι βιοψίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την λήψη βιολογικού υλικού από διάφορα όργανα και οι παροχетеύσεις οι οποίες είναι εν μέρει διαγνωστικές αλλά και θεραπευτικές. Στις θεραπευτικές επεμβατικές πράξεις ανήκει η διαδερμική θεραπεία όγκων, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκαυτηρίασης με ραδιοσυχνότητες (RF), με μικροκύματα (MWA), μη αναστρέψιμη ηλεκτροδιάτρηση (IRE) και κρυοκαταλύσεις, οι οποίες εκτελούνται υπό την καθοδήγηση του αξονικού τομογράφου ως θεραπευτική ή παρηγορητική θεραπεία όγκων για πρωτοπαθείς ή μεταστατικούς όγκους σε όλες σχεδόν τις περιοχές του σώματος. Ένας άλλος μεγάλος τομέας θεραπευτικών παρεμβάσεων είναι η αντιμετώπιση του πόνου με τη χρήση νευρόλυσης ή ενέσιμης θεραπείας τοπικής αναισθησίας με ή χωρίς κορτικοειδή. Όλες αυτές οι θεραπείες, απαιτούν τη χρήση εξειδικευμένης τεχνολογίας, που απλοποιεί τις ροές εργασίας και μεγιστοποιεί την ασφάλεια των ασθενών με την παρουσία του ακτινοτεχνολόγου επιβεβλημένη. Ο ρόλος του ακτινοτεχνολόγου στην αξονική τομογραφία είναι αυτόνομος και πολύπλευρος. Απαιτεί την κατοχή ειδικών δεξιοτήτων και άριστες ανατομικές, φυσικές και ακτινογραφικές γνώσεις. Ενθαρρύνει την κριτική σκέψη και την ανάπτυξη με βάση τη βιωματική εμπειρία. Απαιτεί ομαδικό ήθος και κοινούς στόχους. Επικεντρώνεται στην παροχή ασφαλούς, υψηλής ποιότητας υπηρεσιών στους ασθενείς με ενσυναίσθηση και αποτελεσματικότητα.

Λέξεις κλειδιά: επεμβατικές πράξεις, θερμοκαυτηριασμός, κρυοκατάλυση, μικροκύματα, νευρόλυση, επεμβατικοί ακτινολόγοι, αξονικός τομογράφος, καθοδήγηση, ρομποτική καθοδήγηση, ακτινοτεχνολόγος, ρόλος.

TECHNOLOGIST AND CT GUIDED PERCUTANEOUS PROCEDURES

Abstract

In recent years, computed tomography (CT) has become a well-accepted and widely used guidance tool for a wide range of percutaneous minimally invasive procedures. CT-guided interventional procedures can be divided into two types in diagnostic and therapeutic. Typical diagnostic interventional procedures are biopsies which are used to obtain biological material from various organs and drainage which is partly diagnostic but also therapeutic. Therapeutic interventional procedures include percutaneous tumor therapy, including radiofrequency ablation (RF), microwave ablation (MWA), irreversible electroporation (IRE) and cryoablation, which are performed under the guidance of CT as a therapeutic or palliative tumor treatment for primary or metastatic tumors in almost all areas of the body. Another major area of therapeutic interventions, is pain management using neurolysis or injected local anesthesia therapy with or without corticosteroids. All of these treatments, require the use of specialized technology, which simplifies workflows and maximizes patient safety by defining the role of radiation technologists as imperative. The role of the radiographer in CT is autonomous and multifaceted. It requires possession of specific skill sets and excellent anatomical, physiological and radiographic knowledge. It encourages critical thinking and experiential based development. It necessitates team ethics and shared objectives. Its focus is to deliver a safe, high quality, compassionate and effective patient experience.

Key words: interventional procedures, thermal ablation, cryoablation, microwave, neurolysis, interventional, CT scanner, guidance, radiofrequency, robotic guidance, ct radiographer, role.

Περιεχόμενα

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΕΚΦΡΑΣΗ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΩΝ	4
Περίληψη	5
Abstract	6
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ	9
ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΡΑΞΕΩΝ	10
Προετοιμασία ασθενούς	11
Συγκατάθεση ασθενούς.....	12
Τοποθέτηση ασθενούς	13
Σάρωση σχεδιασμού πριν την επέμβαση	14
Διεξαγωγή επέμβασης.....	14
Λήψη απεικόνισης μετά την επέμβαση.....	15
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ ΥΠΟ CT	16
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΨΙΩΝ	18
Ενδείξεις και αντενδείξεις.....	18
Επιπλοκές	19
Προετοιμασία	19
Σχεδιασμός της βιοψίας	20
Βελόνες βιοψίας	22
ΒΙΟΨΙΕΣ	23
Βιοψία αναρρόφησης FNA με CT	23
Τεχνική.....	24
Βιοψία με κόπτουσα βελόνα με CT	25
Βιοψία με τρυπάνι καθοδηγούμενη από CT.....	27
ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟ CT	29
ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΣΕΙΣ	29
Τεχνική παροχέτευσης	31
ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΘΕΡΑΠΕΙΕΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ CT	34
Διαδερμική θερμική θεραπεία κατάλυσης	35
Θερμοκαυτηρίαση με ραδιοσυχνότητες.....	36
Κλινικές εφαρμογές	41
Θερμοκαυτηρίαση με μικροκύματα (MWA).....	48
Διαδικασία και κλινικές εφαρμογές.....	49

Μη αναστρέψιμη ηλεκτροδιάτρηση (IRE)	52
Κρυοκατάλυση (Percutaneous image guided CryoAblation PICA).....	56
Κλινικές εφαρμογές	57
Απεικονιστικά καθοδηγούμενος νευρικός αποκλεισμός και διηθήσεις	62
Διαδερμικές διηθήσεις	62
Διαδερμική νευροδιαμόρφωση	63
Διαδερμική νευρόλυση	63
Επεμβατικές πράξεις με ακτινοσκόπηση.....	65
Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΟΥ	67
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΔΟΣΗΣ	70
Μείωση δόσης σε επεμβατικές πράξεις με αξονική	72
Μείωση της δόσης επεμβατικών πράξεων με ακτινοσκοπική αξονική τομογραφία	73
Νέες τεχνολογίες πλοήγησης.....	76
Συμπέρασμα.....	81
Βιβλιογραφία	83

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΥ ΣΤΗΝ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑ

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η χρήση των υπολογιστικών συστημάτων αξονικής τομογραφίας (CT) έχει αυξηθεί εκθετικά, και αποτελεί θεμελιώδη εξοπλισμό όλων των μεγάλων ακτινολογικών τμημάτων. Οι πολυτομικοί αξονικοί τομογράφοι (MDCT) παρέχουν γρήγορη, ακριβή, μη επεμβατική αξιολόγηση σχεδόν κάθε οργανικού συστήματος με δυνατότητα ανάλυσης κάτω του 1mm, σε ελάχιστο χρόνο κάτω του 1 λεπτού. Για τους λόγους αυτούς, εκτός από την ευρεία διαθεσιμότητα και την εξαιρετική ανεκτικότητα των ασθενών, η MDCT διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στην διάγνωση, σταδιοποίηση και διαδερμική θεραπεία κακοηθειών συμπεριλαμβανομένων αυτών των πνευμόνων, του ήπατος, των νεφρών και του μυοσκελετικού συστήματος. Τέλος, η MDCT είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνότερα για την εκτίμηση τόσο της αρχικής επιβεβαίωσης θέσης της διαδερμικής παρέμβασης καθώς και της εξέλιξης της θεραπευτικής προσέγγισης κατά τη διάρκεια μίας επεμβατικής πράξης αλλά και την πιθανή ανάγκη για περαιτέρω παρέμβαση (Grand, 2013).

Η διαδερμική βιοψία υπό την καθοδήγηση υπολογιστικού τομογράφου (CT) έχει καθιερωθεί ευρέως ως ασφαλής μέθοδος για τη διαφοροποίηση των καλοήθων και κακοήθων μαζών. Οι περισσότερες από τις διαδικασίες εκτελούνται σε ασθενείς με γνωστό πρωτοπαθή όγκο για τον αποκλεισμό μεταστατικής κακοήθειας, ώστε να τεθεί η τελική διάγνωση ή για να γίνει διάκριση μεταξύ νεκρωτικού ιστού και δυνητικά ζωτικού ιστού του όγκου σε υπολειμματικές βλάβες μετά από θεραπεία.

Η αξονική τομογραφία ως μέθοδος καθοδήγησης είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για βλάβες που βρίσκονται βαθιά κάτω από την επιφάνεια του δέρματος και οι οποίες δεν απεικονίζονται εύκολα με υπερήχους (π.χ. βαθιές οπισθοπεριτοναϊκές, πυελικές και θωρακικές βλάβες). Με ορισμένες εξαιρέσεις, όπως οι ηπατικές βλάβες που είναι ισοπυκνωτικές προς το

φυσιολογικό παρέγχυμα σε σαρώσεις χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού μέσου, παρέχει εξαιρετική απεικόνιση της βλάβης-στόχου για τη βιοψία και διαφοροποιεί την αντίθεση των παρακείμενων οργάνων.

Είναι γενικά προτιμότερο να μην προγραμματίζεται η διαδικασία βιοψίας ταυτόχρονα με την πρώτη διαγνωστική σάρωση. Οι επεμβατικές πράξεις καθοδηγούμενες με αξονική τομογραφία είναι πλέον συχνές πράξεις. Μπορεί να είναι διαγνωστικές, όπως βιοψίες ή ενέσεις σε ρίζες νεύρων, ή ελάχιστα επεμβατικές θεραπευτικές διαδικασίες για την παροχέτευση αποστημάτων, αφαίρεση ηπατικών βλαβών, αποκλεισμούς νεύρων για διαχείριση του πόνου, ή ως θεραπεία οστικών βλαβών. Οι βιοψίες και η παροχέτευση αποστημάτων εξακολουθούν να αποτελούν την πλειονότητα αυτών των επεμβάσεων. Η αξονική τομογραφία χρησιμεύει ως σημαντική μέθοδος καθοδήγησης (Prokhor, et al., 2001).

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΩΝ ΠΡΑΞΕΩΝ

Μια επεμβατική πράξη καθοδηγούμενη υπό αξονικό τομογράφο χωρίζεται σε επτά στάδια εικ.1.1:

- 1) προετοιμασία ασθενούς
- 2) συγκατάθεση ασθενούς
- 3) συζήτηση με τον ακτινολόγο της πρόσβασης / τοποθέτησης του ασθενούς
- 4) τοποθέτηση του ασθενούς και λήψη του τοπογράματος (scout),
- 5) λήψη της σάρωσης σχεδιασμού πριν από την επέμβαση,
- 6) διεξαγωγή της επέμβασης υπό την καθοδήγηση του αξονικού τομογράφου και
- 7) λήψη απεικόνισης μετά την επέμβαση (Jones , et al., 2018).



Εικόνα 1.1 Τυπική διαδικασία επεμβατικών πράξεων υπό καθοδήγηση CT (Gupta, et al., 2014).


Προετοιμασία ασθενούς

Η αξιολόγηση ενός πιθανού υποψηφίου για βιοψία πραγματοποιείται κατά προτίμηση σε εξωτερικό ιατρείο. Είναι απαραίτητο το ακριβές ιστορικό και η φυσική εξέταση του ασθενούς, με ιδιαίτερη προσοχή στην καρδιοπνευμονική κατάσταση και την ικανότητα συνεργασίας του ασθενούς, συμπεριλαμβανομένης της ικανότητας επαρκούς αναπνοής και της ικανότητας να παραμείνει ακίνητος για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Η ενδεδειγμένη αξιολόγηση του ιστορικού φαρμακευτικής αγωγής του ασθενούς είναι σημαντική, με προσοχή στα αντιπηκτικά φάρμακα, καθώς αυτά πρέπει να διακοπούν πριν από τη διαδικασία. Η επανεξέταση ενός πρόσφατου ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ) και δοκιμασιών πνευμονικής λειτουργίας (PFT) είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ασθενείς με συνυπάρχουσα καρδιακή ή/και πνευμονική νόσο ή προηγούμενη κατάλυση. Πρόσφατες αξονικές τομογραφίες, μαγνητικές τομογραφίες (MR) και CT-PET θα πρέπει να είναι διαθέσιμες για να διασφαλιστεί η δυνατότητα βιοψίας και για την χάραξη ασφαλούς οδού πρόσβασης της βελόνας. Επιπλέον, η αξονική τομογραφία πριν από την επέμβαση καταδεικνύει τη θέση της βλάβης και τη σχέση της με τις ζωτικές δομές. Την ημέρα της επέμβασης θα πρέπει να λαμβάνεται συγκατάθεση του ασθενούς μετά από ενημέρωση για τη διαδικασία και άλλες ειδικές παρεμβάσεις, με λεπτομερή αναφορά των οφελών, των κινδύνων και των εναλλακτικών λύσεων. Τα εργαστηριακά δεδομένα,

συμπεριλαμβανομένων του χρόνου προθρομβίνης (PT), του χρόνου μερικής θρομβοπλαστίνης (PTT), του INR και, σε μικρές περιπτώσεις, του χρόνου αιμορραγίας (BT), απαιτούνται την ημέρα της επέμβασης ή τουλάχιστον εντός των τελευταίων 7 ημερών, ιδίως εάν ο ασθενής λαμβάνει αντιπηκτική αγωγή. Συνιστάται γενική εξέταση αίματος (CBC), συμπεριλαμβανομένης της αιμοσφαιρίνης και του αιματοκρίτη, των λευκών αιμοσφαιρίων και, κυρίως, των αιμοπεταλίων. Η κρεατινίνη πρέπει να λαμβάνεται εάν απαιτείται η χορήγηση ιωδιούχου σκιαγραφικού μέσου. Κάθε ασθενής πρέπει να διαθέτει επαρκή περιφερική ενδοφλέβια πρόσβαση (Gutierrez,, et al., 2013).

Συγκατάθεση ασθενούς

Η συγκατάθεση μετά από ενημέρωση είναι η διαδικασία κατά την οποία ο πάροχος υγειονομικής περίθαλψης ενημερώνει τον ασθενή σχετικά με τους κινδύνους, τα οφέλη και τις εναλλακτικές λύσεις μιας συγκεκριμένης διαδικασίας ή παρέμβασης. Ο ασθενής πρέπει να είναι ικανός να λάβει την απόφαση σχετικά με το αν θα υποβληθεί στη διαδικασία ή την παρέμβαση. Η συγκατάθεση μετά από ενημέρωση αποτελεί δεοντολογική και νομική υποχρέωση των ιατρών και πηγάζει από το δικαίωμα του ασθενούς να κατευθύνει τι συμβαίνει στο σώμα του. Η παροχή συγκατάθεσης μετά από ενημέρωση προϋποθέτει την αξιολόγηση της κατανόησης του ασθενούς, την παροχή πραγματικής σύστασης και την τεκμηρίωση της διαδικασίας. Η συγκατάθεση απαιτεί την τεκμηρίωση όλων των στοιχείων της συγκατάθεσης μετά από ενημέρωση "σε έντυπο" (εικ. 1.2). Τα ακόλουθα είναι τα απαιτούμενα στοιχεία για την τεκμηρίωση της συζήτησης της συγκατάθεσης μετά από ενημέρωση: (1) η φύση της διαδικασίας, (2) οι κίνδυνοι και τα οφέλη και η διαδικασία, (3) λογικές εναλλακτικές λύσεις, (4) κίνδυνοι και οφέλη των εναλλακτικών λύσεων και (5) αξιολόγηση της κατανόησης των στοιχείων 1 έως 4 από τον ασθενή (Shah, et al., n.d.).


ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΓΕΝΙΚΟ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟ «ΑΤΤΙΚΟΝ»
Β' ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΑΣ
 ΔΙΕΥΘΥΝΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ν. Α. ΚΕΛΕΚΗΣ

Χαϊδάρι,

ΕΓΓΡΑΦΗ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗ

Ο/Η κάτωθι υπογράφων/ουσα ασθενής.....
 δηλώνω ότι αποδέχομαι να υποβληθώ στην εξέταση..... ή στην
 επεμβατική πράξη....., αφού ενημερώθηκα από τον/την
 Ιατρό..... για τους πιθανούς κινδύνους ή
 επιπλοκές.

Ο/Η Ιατρός
 Ο/Η ασθενής

Πίμνι 1
 124 62 Χαϊδάρι

Τηλ: 210 58 31 812. FAX 210 69 26 418
 Website: www.rad.uoa.gr

Εικόνα 1.2 Έντυπο συγκατάθεσης ασθενών.

Τοποθέτηση ασθενούς

Η επικοινωνία με τον νοσηλευτή, τον αναισθησιολόγο (εάν εμπλέκεται) και τον τεχνολόγο είναι υψίστης σημασίας για την πρόβλεψη πιθανών ανεπιθύμητων συμβάντων, την αξιολόγηση της σχετικής ανατομίας, τον προσδιορισμό της προσέγγισης και την επιλογή των κατάλληλων εργαλείων για τη διαδικασία. Αφού ο ασθενής τοποθετηθεί ανάλογα με την επεμβατική πράξη στην κατάλληλη θέση (ύπτια ή μπρούμυτα ή στο πλάι) στο εξεταστικό κρεβάτι μετά από συνεννόηση με τον επεμβατικό ιατρό και αφού τοποθετηθεί το πλέγμα επιφανειακής σκόπησης στο δέρμα του ασθενή ώστε να βοηθήσει στον προσδιορισμό οδηγών σημείων στις ακτινογραφικές λήψεις και τον καθορισμό των σημείων εισόδου των

εργαλείων σε μικροεπεμβατικές πράξεις, λαμβάνεται τοπόγραμμα, με προσοχή ώστε να περιοριστεί το πεδίο απεικόνισης στο ανατομικό πεδίο που θα γίνει η επεμβατική προσέγγιση. Για παράδειγμα, εάν πρόκειται να διενεργηθεί βιοψία πνεύμονα, μπορεί να ληφθεί τοπόγραμμα του θώρακα χωρίς να επεκταθεί στον τράχηλο ή την κοιλιά. Βασικός στόχος της όλης διαδικασίας είναι να επιτευχθούν όσο το δυνατόν πιο σταθερές αναπνοές και αναπνευστικές κινήσεις, ώστε η θέση της βλάβης να μην διαφέρει σημαντικά μεταξύ της φάσης σχεδιασμού και της φάσης της επεμβατικής διαδικασίας.

Σάρωση σχεδιασμού πριν την επέμβαση

Αφού ληφθεί τοπόγραμμα ακολουθεί η σάρωση σχεδιασμού η οποία περιορίζεται μόνο στο σημείο που έχει τοποθετηθεί το πλέγμα στην αρχική σάρωση, διαφορετικά αυτή η φάση της διαδικασίας μπορεί να συνεισφέρει άσκοπα σε μεγαλύτερο κλάσμα της συνολικής δόσης ακτινοβολίας της όλης διαδικασίας στον ασθενή (Jones , et al., 2018).

Διεξαγωγή επέμβασης

Όταν ο επεμβατικός ακτινολόγος προσδιορίσει το σημείο εισόδου ο ακτινοτεχνολόγος μετακινεί το κρεβάτι στην θέση που έχει επιλεγεί ώστε να σημαδέψει ο ιατρός με μαρκαδόρο το σημείο πρόσβασης. Συνήθως, χρησιμοποιείται ένα πρωτόκολλο χαμηλής δόσης επαναλαμβανόμενων σαρώσεων χωρίς επικαλύψεις τομών, με εξαίρεση εάν ζητηθεί από τον επεμβατικό ιατρό χρήση σκιαγραφικού μέσου για καλύτερη απεικόνιση των δομών και αλλαγή πρωτοκόλλου για λήψη αρτηριακής και πυλαίας φάσης.

Η δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ακτινοτεχνολόγος καθώς και το υπόλοιπο προσωπικό μηδενίζεται, καθώς το προσωπικό εξέρχεται από την αίθουσα κατά τη διάρκεια λήψης της εικόνας. Ο ακτινοτεχνολόγος μειώνει το πεδίο απεικόνισης κατά κάποια εκατοστά πάνω και κάτω με βάση το σημείο εισόδου που του έχει υποδειχθεί, το οποίο θα πρέπει να

επαναλαμβάνεται σε κάθε ελικοειδή σάρωση κατά τη διάρκεια της επεμβατικής πράξης, καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στην συνολική δόση ακτινοβολίας που λαμβάνει ο ασθενής στο τέλος της επέμβασης. Ο χειριστής επαναλαμβάνει σε κάθε κύκλο σάρωσης τις αναπνευστικές εντολές και έπειτα σαρώνει την περιοχή ενδιαφέροντος.

Λήψη απεικόνισης μετά την επέμβαση

Μόλις ολοκληρωθεί η φάση της επεμβατικής διαδικασίας, πραγματοποιείται συχνά μια τελική σάρωση, όπου το πεδίο σάρωσης αυξάνεται για την επιβεβαίωση της τεχνικής επιτυχίας και την αναζήτηση ανεπιθύμητων συμβάντων όπως αιμορραγία, πνευμοθώρακας ή τραυματισμός του εντέρου.

Η υψηλή ποιότητα της διαγνωστικής εικόνας δεν είναι απαραίτητη για τις περισσότερες διαδικασίες που καθοδηγούνται με αξονική τομογραφία καθώς ο στόχος έχει ήδη ανιχνευθεί στη διαγνωστική απεικόνιση. Ο στόχος κατά τη στιγμή της επέμβασης με καθοδηγούμενη αξονική τομογραφία είναι η ακριβής πρόσβαση ή/και δειγματοληψία του στόχου, αποφεύγοντας με ασφάλεια τις παρεμβαλλόμενες και παρακείμενες δομές.

Στη βιβλιογραφία έχουν περιγραφεί δύο προσεγγίσεις για τον καθορισμό προεπιλεγμένων τεχνικών παραμέτρων. Η πρώτη είναι ο καθορισμός των παραγόντων στις ελάχιστες τιμές που μπορούν να επιλεχθούν από τον αξονικό τομογράφο συνήθως με 100-120 kV και τα ελάχιστα mAs που επιτρέπει η λυχνία, με την προϋπόθεση ο ακτινοτεχνολόγος να μεταβάλλει τις παραμέτρους εάν δεν είναι επαρκής η τελική εικόνα. Η δεύτερη προσέγγιση είναι η διαμόρφωση των προεπιλεγμένων τεχνικών σε εκείνες που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση ενός ασθενούς "τυπικού" μεγέθους ανάλογα με το μέγεθος του ασθενούς με την μείωση του πεδίου απεικόνισης μετά την ανίχνευση του σημείου εισόδου να επιβάλλεται ώστε να μειώνεται η συνολική δόση στον ασθενή (Jones , et al., 2018).

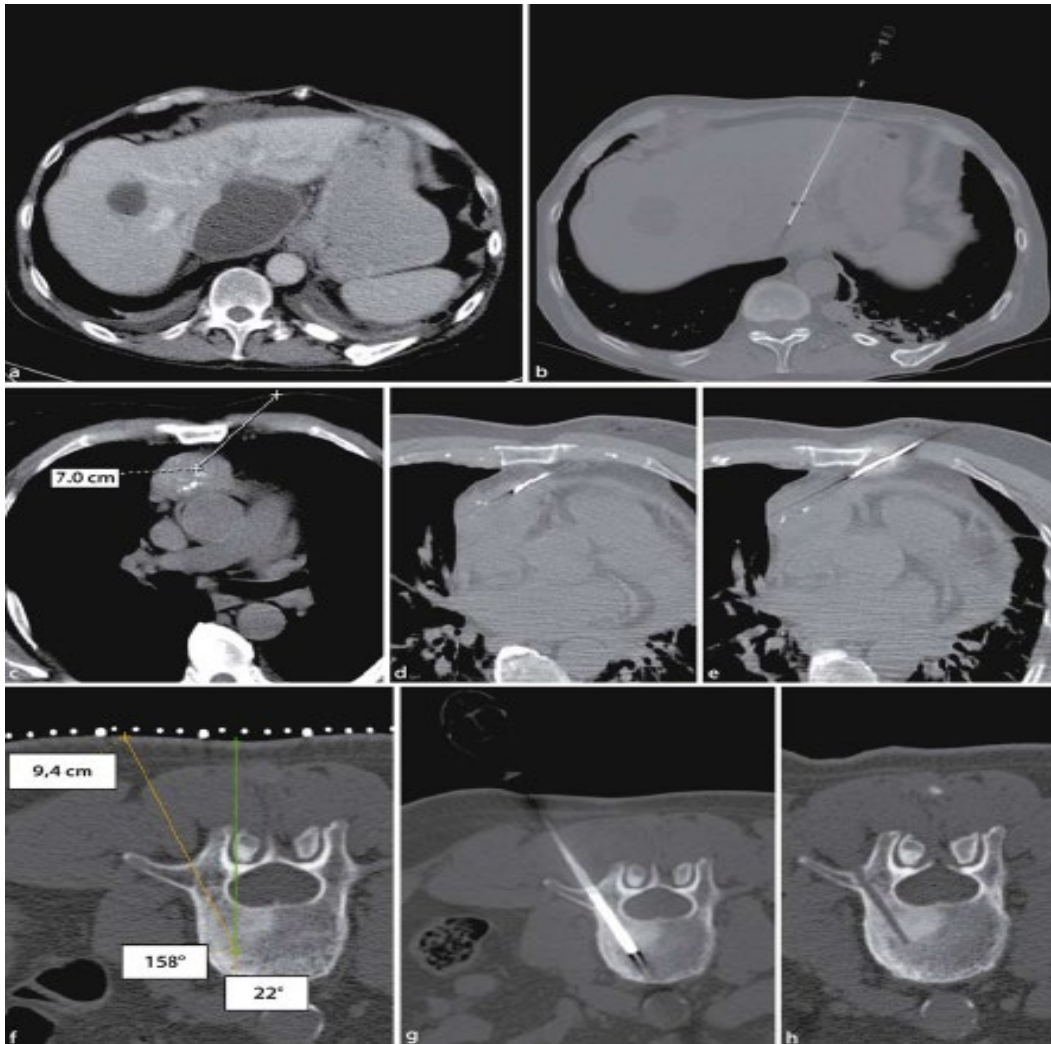
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ ΥΠΟ CT

Η αξονική τομογραφία είναι μια καθιερωμένη τεχνική καθοδήγησης για τη συλλογή δειγμάτων για κυτταρολογική, ιστολογική ή βακτηριολογική αξιολόγηση. Είναι κατάλληλη για ανατομικά σημεία δύσκολης πρόσβασης με διαδικασίες καθοδηγούμενες από υπερήχους ή ακτινοσκόπηση. Η διαγνωστική ακρίβεια και οι επιπλοκές των βιοψιών υπό αξονικό τομογράφο εξαρτώνται από το μέγεθος και τη θέση της βλάβης και το μέγεθος της διαδερμικής βελόνας που χρησιμοποιείται στην κάθε διαδικασία (Prokop, et al., 2001).

Οι βιοψίες είναι τυπικές διαγνωστικές διαδικασίες, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν σε βιοψίες αναρρόφησης ή βιοψίες με λεπτή βελόνα, βιοψίες με κόπτουσες βελόνες ή βιοψίες με τρυπάνι, ανάλογα με την περιοχή, την πρόσβαση ή τον ιστό που πρέπει να υποβληθεί σε βιοψία. Βιοψίες με αναρρόφηση ή βιοψία με λεπτή βελόνα χρησιμοποιούνται είτε για την απόκτηση υγρού υλικού για μικροβιολογική ανάλυση προς αναζήτηση λοίμωξης ή σε περιπτώσεις επιμολύνσεων (εικ. 1.3 a-b), για παράδειγμα σε ασθενείς με οξεία παγκρεατίτιδα, είτε για τη λήψη υλικού για κυτταρολογική εξέταση, όπως, σε μικρούς πνευμονικούς όζους ή σε περιοχές που δεν μπορούν να προσεγγιστούν με ασφάλεια με κόπτουσες βελόνες.

Η τελευταία διενεργείται όταν απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες ιστού για παθολογοανατομικό ή ιστολογικό έλεγχο, για παράδειγμα, βιοψίες λεμφαδένων ή μαζών μαλακών μορίων για τον εντοπισμό ή την ταξινόμηση όγκων πριν από τη θεραπεία (εικ. 1.3 c-e) ή για την αναζήτηση υπολειμματικών ζωντανών καρκινικών κυττάρων μετά από χημειοθεραπεία. Βιοψίες με κόπτουσες βελόνες μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε παρεγχυματικά όργανα ή σε μεγάλες πνευμονικές ή υπεζωκοτικές μάζες. Οι βιοψίες με

τρυπάνι γίνονται συνήθως στα οστά για την ταξινόμηση οστικών όγκων ή όγκων μαλακών μορίων εντός των οστών (εικ. 1.3 f-g). (Begemann, 2009)



Εικόνα 1.3 (a-b) Αναρρόφηση με λεπτή βελόνα μιας υγρής δομής πίσω από τον αριστερό λοβό του ήπατος μετά από χειρουργική επέμβαση στο ήπαρ, η οποία αποδείχθηκε ότι ήταν ορός μη επιμολυσμένος. (c-e) Ένα παράδειγμα βιοψίας με διάτρηση μιας οπισθοστερνικής μάζας, που αποδείχθηκε ότι πρόκειται για πλακώδες καρκίνωμα. (f-h) Βιοψία με τρυπάνι μιας οστικής μετάστασης σε σπονδυλικό σώμα (O3) (Begemann, 2009).

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΨΙΩΝ

Ενδείξεις και αντενδείξεις

Σημαντικό στοιχείο για την επιλογή των ασθενών είναι ο αποκλεισμός άλλων μεθόδων καθοδήγησης οι οποίες θα μπορούσαν να είναι απλούστερες ή αποτελεσματικότερες για τη δειγματοληψία ιστών όπως υπερηχογραφία. Ο αξονικός τομογράφος είναι αποτελεσματικότερος σε περιπτώσεις που περιλαμβάνουν δύσκολες οδούς προσέγγισης, μικρές εστιακές βλάβες, οστικές βλάβες και δομές με αέρα (Prokop, et al., 2001).

Οι κύριες ενδείξεις για την καθοδηγούμενη με εικόνα βιοψία είναι οι εξής:

1. Για τη διαπίστωση της καλοήθους ή κακοήθους φύσης του ύποπτης βλάβης ή όγκου
2. Για τη λήψη υλικού για μικροβιολογική ανάλυση σε ασθενείς με υποψία λοιμώξεων
3. Για την τεκμηρίωση της τοπικό-περιφερειακής εξάπλωσης ή της απομακρυσμένης μετάστασης σε ασθενείς με αποδεδειγμένη ή ύποπτη κακοήθεια
4. Για τον προσδιορισμό της πρωτογενούς θέσης προέλευσης σε ασθενή με μεταστατική νόσο και άγνωστο πρωτοπαθές
5. Για τη λήψη ιστού για μοριακή ανάλυση, βοηθώντας έτσι στην ταξινόμηση και διαχείριση ορισμένων κακοηθειών
6. Καθορισμός της φύσης και της έκτασης των διάχυτων παρεγχυματικών νόσων (ηπατική και νεφρική παρεγχυματική νόσος, απόρριψη μοσχεύματος) (Mukund, et al., 2019).

Δεν υπάρχουν απόλυτες αντενδείξεις για βιοψίες με αξονική τομογραφία. Η βιοψία αντενδείκνυται σχετικά σε ασθενείς με διαταραγμένη κατάσταση πηκτικότητας (π.χ. λόγω διαταραχών της πήξης ή φαρμακευτικής θεραπείας), μη ασφαλής οδός προσέγγισης,

αβεβαιότητα σχετικά με την αγγειακή φύση της εστίας, σοβαρή καρδιακή ή πνευμονική ανεπάρκεια και αιμοδυναμικά ασταθείς ασθενείς, ασθενείς που δεν μπορούν να συνεργαστούν ή να τοποθετηθούν σωστά για τη διαδικασία, εγκυμοσύνη εάν η μέθοδος καθοδήγησης χρησιμοποιεί ακτίνες Χ, ή άλλους παράγοντες (de Bazelaire , et al., 2014).

Γενικά, η επαρκής ενημέρωση και συγκατάθεση του ασθενούς, η σωστή προετοιμασία, η μετεγχειρητική επιτήρηση και φροντίδα είναι απαραίτητα στοιχεία ορθής πρακτικής και είναι εξίσου σημαντικά όσο η συμμόρφωση και η καλή συνεργασία των ασθενών για ένα επιτυχές αποτέλεσμα και ένα αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα λήψης υλικού (Prokor, et al., 2001).

Επιπλοκές

Οι βιοψίες υπό την καθοδήγηση αξονικού τομογράφου έχουν γενικά χαμηλό ποσοστό επιπλοκών. Οι κίνδυνοι βιοψίας περιλαμβάνουν νευρικούς ή αγγειακούς τραυματισμούς με αιμορραγία ή παράλυση, λοίμωξη και διασπορά των καρκινικών κυττάρων. Ο κίνδυνος αιμορραγίας αυξάνεται σημαντικά σε ασθενείς με μη φυσιολογική πήξη του αίματος (π.χ. χαμηλός αριθμός αιμοπεταλίων, αντιπηκτική αγωγή), καθώς και σε βιοψίες κοιλιακής χώρας σε ασθενείς με ασκίτη. Άλλοι κίνδυνοι σχετίζονται με τη θέση βιοψίας, οι οποίοι πρέπει να εξετάζονται σε ατομικό επίπεδο. Ο κίνδυνος διασποράς των καρκινικών κυττάρων είναι χαμηλός (<0,5%). Εξαρτάται από την τεχνική παρακέντησης και φαίνεται να αυξάνεται σε βιοψίες των υπεραγγειούμενων όγκων (π.χ. ηπατοκυτταρικών και νεφροκυτταρικών όγκων) (Prokor, et al., 2001).

Προετοιμασία

Τη στιγμή που προγραμματίζεται η βιοψία, όλες οι πιθανές οδοί προσέγγισης πρέπει να εξετάζονται με βάση τις αρχικές μελέτες για την εκτίμηση των κινδύνων και του κόστους της διαδικασίας (Prokor, et al., 2001). Οι περισσότερες καθοδηγούμενες από εικόνα βιοψίες

μπορούν να εκτελεστούν σε βάση εξωτερικών ασθενών. Συναίνεση του ασθενούς μετά από ενημέρωση, συμπεριλαμβανομένης της πιθανής συνειδητής καταστολής μετά από λεπτομερή εξήγηση των πιθανών επιπλοκών πρέπει να λαμβάνεται τουλάχιστον 24 ώρες πριν από την επέμβαση. Πρέπει να αποκλείονται πιθανές διαταραχές πήξης, συμπεριλαμβανομένου του αριθμού των αιμοπεταλίων, χρόνος προθρομβίνης κ.α, πριν από τη διαδικασία (Trumm, & Hoffmann,, 2009).

Θέση ασθενούς

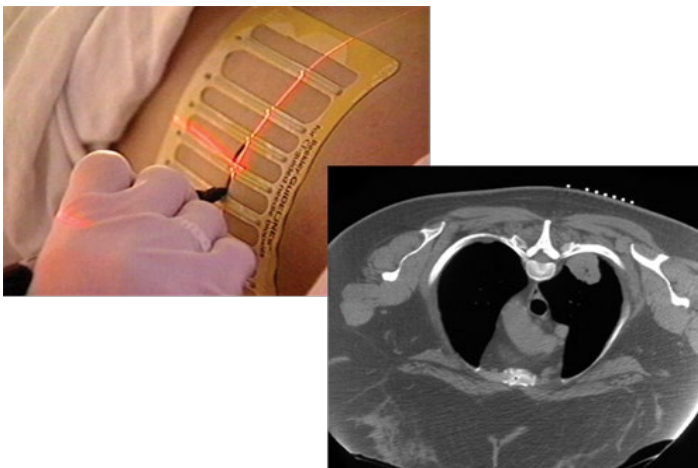
Ο τεχνολόγος παίζει σημαντικό ρόλο στην τοποθέτηση του ασθενούς η οποία μπορεί να είναι ύπτια, πρηνής, πλάγια ή λοξή ανάλογα με την προσέγγιση του γιατρού. Σε όλες τις περιπτώσεις ο ασθενής πρέπει να τοποθετείται σε σταθερή και άνετη θέση με τουλάχιστον το ένα χέρι τεντωμένο πάνω από το κεφάλι για να αποφευχθούν τα artifacts. Θα πρέπει να χρησιμοποιείται υποστηρικτικό υλικό όπως μαξιλάρια. Το ύψος του τραπέζιου πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερο για να παρέχει επαρκή χώρο για την μη παρεμπόδιση στην εισαγωγή της βελόνας (Prokop, et al., 2001).

Σχεδιασμός της βιοψίας

Ο σχεδιασμός της βιοψίας απαιτεί προηγούμενη ανασκόπηση σχετικών απεικονίσεων με σκιαγραφικό. Εναλλακτικά, μια διαγνωστική λήψη μπορεί να προηγηθεί της βιοψίας. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, μια απλή απεικόνιση χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού πριν από τη βιοψία αρκεί για την ασφαλή αξιολόγηση της οδού πρόσβασης. Επιπλέον, η λήψη αυτή χρησιμεύει και ως δοκιμασία για να εκτιμηθεί εάν η θέση είναι άνετη για τον ασθενή.

Αποτελεί ορθή γενική αρχή να επιλέγεται η απλούστερη και ασφαλέστερη οδός προσέγγισης, λαμβάνοντας υπόψη την κάθετη, οριζόντια ή λοξή πορεία της βελόνας, ή ακόμη και την κλίση του gantry για να διευκολύνεται η διαδρομή της βελόνας εντός του επιπέδου σάρωσης.

Πολυεπίπεδες ανακατασκευές εικόνων είναι χρήσιμες για τον σχεδιασμό αυτού του τύπου προσέγγισης. Με την προβολή μιας κατάλληλης εικόνας αναφοράς, ο χειριστής μπορεί να παρακολουθεί και να μετράει το βάθος της διήθησης, την ελάχιστη απόσταση μεταξύ του σημείου εισαγωγής της βελόνας και της βλάβης, και το μέγιστο ασφαλές βάθος διείσδυσης της βελόνας στην κονσόλα του αξονικού τομογράφου. Το σημείο παρακέντησης σηματοδοτείται στον άξονα z με το λέιζερ του gantry στην εικόνας αναφοράς. Η θέση εντός της σάρωσης μπορεί να προσδιοριστεί από ανατομικά σημεία (π.χ. ακανθώδης απόφυση), ή από ακτινοσκοιρούς δείκτες (πλέγμα) εικ.1.4 που είναι προσαρτημένοι στο δέρμα.









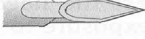
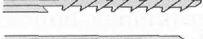
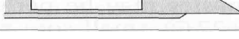
Εικόνα 1.4 Πλέγματα βιοψίας CT βοηθούν στη βελτιστοποίηση του εντοπισμού των σημείων εισόδου της βελόνας. (<https://beekley.com/ct-scan/guidelines-ct-biopsy-grids>)

Για τον εντοπισμό της βελόνας, αρκεί να χρησιμοποιηθεί η χαμηλότερη διαθέσιμη δόση σάρωσης (χαμηλά mAs και kV). Μια οθόνη απεικόνισης μέσα στην αίθουσα εξέτασης επιταχύνει σημαντικά τη διαδικασία, επειδή η θέση της βελόνας μπορεί να ελέγχεται γρήγορα από τον ακτινολόγο χωρίς να απαιτείται να απομακρύνεται συνεχώς από το εξεταστικό τραπέζι. Συνήθως, αρκούν λίγες σαρώσεις μέχρι την επίτευξη της επέμβασης αλλά μπορεί να απαιτηθούν περισσότερες λήψεις σε πιο δύσκολες προσεγγίσεις. Λαμβάνονται πολλαπλές εικόνες με τμήματα πάνω και κάτω από το επίπεδο-στόχο οι οποίες χρησιμεύουν

στην ανάδειξη της θέσης της βελόνας, η οποία μπορεί να αποκλίνει προς ουραία ή κεφαλική κατεύθυνση (Prokorp, et al., 2001).

Βελόνες βιοψίας

Οι διαδερμικές βιοψίες μπορούν να εκτελεστούν με λεπτές βελόνες (20-22 G), μικρού αυλού βελόνες (16- 18 G), ή βελόνες μεγάλου αυλού (14G και άνω) εικ 1.5 , ανάλογα με τον τύπο του απαιτούμενου δείγματος, τον κίνδυνο προσέγγισης, την παθολογία και την εμπειρία του γιατρού. Όσο μικρότερη είναι η βλάβη και όσο πιο επικίνδυνη είναι η προσέγγιση της, τόσο λεπτότερη είναι η βελόνα που χρησιμοποιείται. Σε πολλές περιπτώσεις η βελόνα βιοψίας μπορεί να αντικατασταθεί από βελόνα αναρρόφησης κυτταρολογίας (Prokorp, et al., 2001).

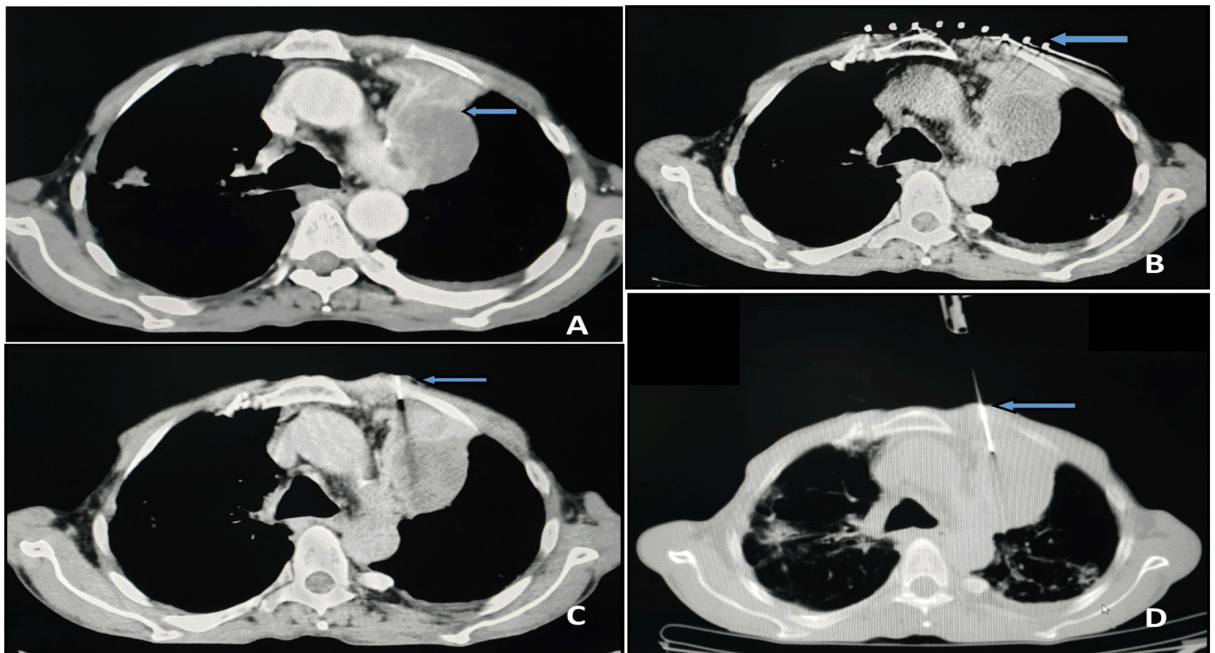
Type		Size
Chiba		22, 23 G
Turner		16, 18, 20, 22 G
Madayag		22 G
Greene		22, 23 G
Westcott		20, 22 G
Franseen		18, 20, 22 G
Otto		18, 19,5, 21 G
Rotex		22 G
Tru-Cut		14-22 G

Εικόνα 1.5 Βελόνες βιοψίας. (Prokorp, et al., 2001)

ΒΙΟΨΙΕΣ

Βιοψία αναρρόφησης FNA με CT

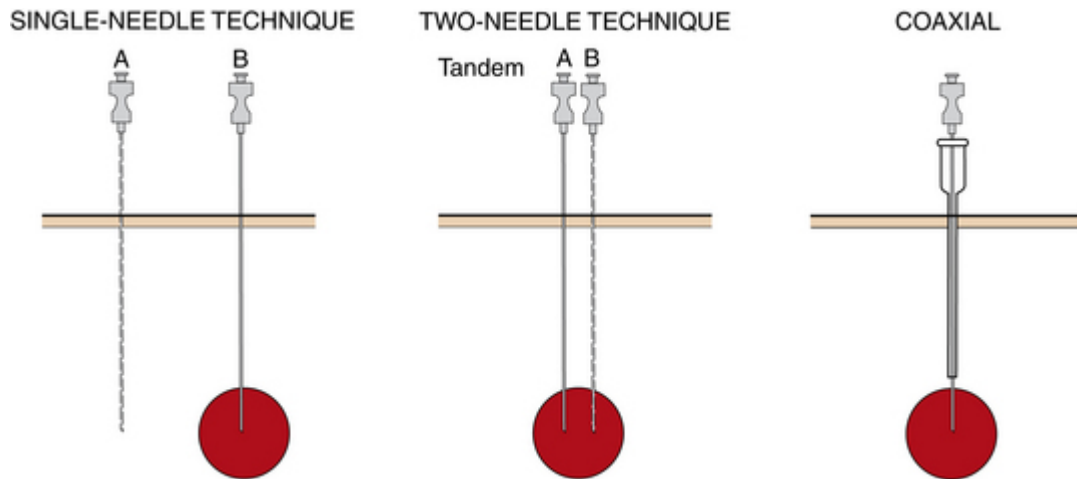
Η διαδερμική βιοψία αναρρόφησης με βελόνα (FNA) εικ.1.6 είναι μια καθιερωμένη μέθοδος για την αναρρόφηση υλικού με λεπτή βελόνα (20G ή μεγαλύτερη), η οποία συνήθως παρέχει αρκετό υλικό για να διαπιστωθεί ή να αποκλειστεί η κακοήθεια με κυτταρολογική ανάλυση. Η FNA είναι κατάλληλη για τη δειγματοληψία ιστών από πνευμονικές βλάβες, καθώς και βλαβών του τραχήλου (π.χ. λεμφαδένες) και κοιλιακών βλαβών, εφόσον υπάρχει γνωστός πρωτοπαθής όγκος σε συνδυασμό με ύποπτες μεταστάσεις στο ήπαρ, τους λεμφαδένες κ.λπ. Στις κοιλιακές βλάβες, η FNA είναι προτιμότερη όταν η πρόσβαση είναι άμεση χωρίς να κινδυνεύουν τα γύρω όργανα. Γενικά, θεωρείται ανεπαρκής εάν ο πρωτοπαθής όγκος είναι άγνωστος (Trumm, & Hoffmann,, 2009).



Εικόνα 1.6 (Α) Αξονική τομογραφία της βλάβης πριν από την επέμβαση. (Β) Τοποθέτηση πλέγματος στο δέρμα στο αναμενόμενο σημείο εισόδου (βέλος). (Γ) FNA με βελόνα 22G (βέλος). (Δ) βιοψία πυρήνα με κόπτουσα βελόνα 18 G με ελατήριο (βέλος) (Rai , et al., 2022).

Τεχνική

Η FNA μπορεί να διενεργηθεί αποκλειστικά με τη χρήση βελόνας, με την εφαρμογή μιας ομοαξονικής προσέγγισης ή με τη χρήση μιας τεχνικής tandem (εικ.1.7).



Εικόνα 1.7 μέθοδοι βιοψίας <https://radiologykey.com/percutaneous-biopsy-2/>

Η πρώτη τεχνική χαρακτηρίζεται από την απλή παρακέντηση της βλάβης-στόχου. Η ομοαξονική τεχνική χαρακτηρίζεται από συνδυασμό χρήσης δύο βελονών. Μια παχύτερη, κοντύτερη βελόνα εισάγεται μέχρι το πρόσθιο άκρο της βλάβης. Στη συνέχεια, μια λεπτότερη, μακρύτερη βελόνα εισάγεται μέσω της πρώτης βελόνας. Πολλαπλά δείγματα μπορούν να ληφθούν με τη χρήση της λεπτότερης βελόνας χωρίς πολλές παρακεντήσεις. Εάν είναι απαραίτητο, η μεγαλύτερη βελόνα μπορεί να τραβηχτεί προς τα πίσω και να αλλάξει η γωνία της για να προσεγγίσει διαφορετικές περιοχές της βλάβης.

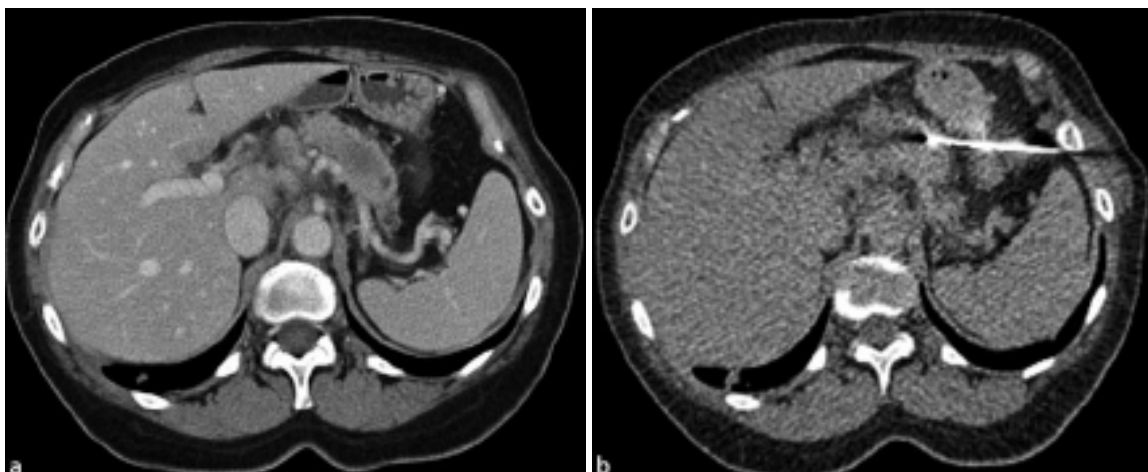
Με την τεχνική tandem, πρώτα εισάγεται στη βλάβη μια βελόνα αναφοράς και στη συνέχεια εισάγονται περαιτέρω βελόνες "σε συνδυασμό", δηλαδή παράλληλα με την πρώτη βελόνα, χωρίς να χρειάζεται να καθοδηγούνται ξεχωριστά. Μετά τη μέτρηση του κατάλληλου μήκους της βελόνας στη σάρωση σχεδιασμού, την προετοιμασία του επιλεγμένου σημείου εισόδου και την τοπική αναισθησία, η βελόνα fine εισάγεται στη βλάβη με επαναλαμβανόμενες

σύντομες σαρώσεις που ενεργοποιούνται από τον τεχνολόγο ακτινολόγο. Μόλις η βελόνα εισαχθεί στη βλάβη, το τροκάρ αφαιρείται και μια σύριγγα Luer-Lok των 10 ή 20ml συνδέεται στο εγγύς άκρο της βελόνας και εφαρμόζεται η αναρρόφηση και λαμβάνεται το υλικό (Trumm, & Hoffmann,, 2009). Σε ανατομικές δομές που κινούνται με τις εισπνοές, η βελόνα δεν πρέπει να είναι σταθερή, αλλά επιβάλλεται η κίνηση της παράλληλα με τις εισπνοές, διότι διαφορετικά θα μπορούσαν να τραυματιστούν όργανα όπως το ήπαρ, ο πνεύμονας ή άλλα όργανα κατά τη διάρκεια της αναπνοής.

Μετά τη λήψη του δείγματος, λαμβάνεται μία τελική σάρωση για να αποκλειστεί ο πνευμοθώρακας ή οξεία αιμορραγία. Εάν διαπιστωθεί μικρός πνευμοθώρακας επαναλαμβάνεται η σάρωση μετά από κάποια λεπτά ούτως ώστε να επαναξιολογηθεί. Συνήθως συνιστάται κλινοστατισμός αρκετών ωρών για να μειωθεί ο κίνδυνος αιμορραγίας μετά τη βιοψία (Prokop, et al., 2001).

Βιοψία με κόπτουσα βελόνα με CT

Σε σύγκριση με τη βιοψία αναρρόφησης, η τεχνική της βιοψίας με κόπτουσα βελόνα (core biopsy) πραγματοποιείται είτε με κόπτουσες βελόνες που ενεργοποιούνται με ελατήριο (Tru-Cut) σε συνδυασμό με ένα πιστόλι βιοψίας, είτε με κόπτουσες βελόνες που ενεργοποιούνται χειροκίνητα. Η τεχνική αυτή επιτρέπει τη λήψη τεμαχίων ιστού με άθικτη ιστολογική δομή που διευκολύνει την ακριβή ιστολογική διάγνωση ή την ανοσοϊστοχημική ανάλυση. Οι βιοψίες με βελόνα μεγάλου εύρους (14G-19G) εικ. 1.8 εκτελούνται παραδοσιακά σε ασθενείς χωρίς γνωστό πρωτοπαθή όγκο, σε περιπτώσεις πιθανού λεμφώματος και μετά από μη διαγνωστική FNA (Trumm, & Hoffmann,, 2009).

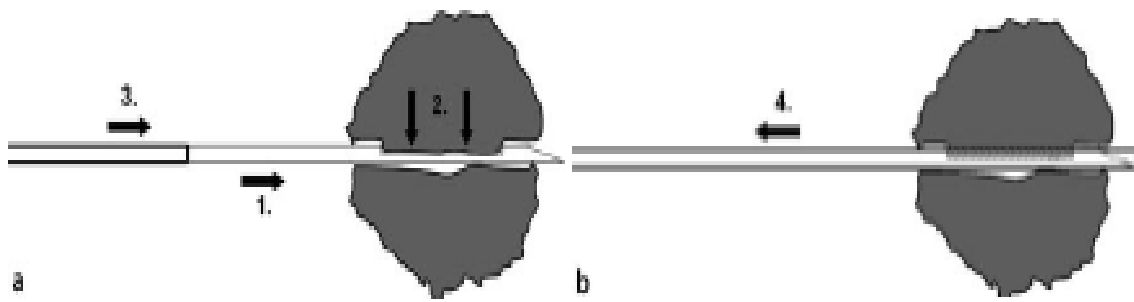


Εικόνα 1.8 Ασθενής (σε ύπτια θέση) με ύποπτη παγκρεατική μάζα και πνευμονικές μεταστάσεις. (α) Η προεπεμβατική σάρωση (φλεβική φάση) δείχνει μια υπόπυκνη περιοχή στο σώμα και την ουρά του παγκρέατος. (β) Επιλέχθηκε μια μεσοπλεύρια αριστερή πλάγια οδός πρόσβασης μεταξύ του σπλήνα και του ελάσσονος τόξου του στομάχου για βιοψία Tru-Cut με βελόνα 18G (13cm) υπό CT καθοδήγηση (Trumm, & Hoffmann,, 2009).

Σε σύγκριση με την τεχνική αναρρόφησης, οι κόπτουσες βελόνες βιοψίας χαρακτηρίζονται από διαμέτρους 14G-19G (μεγάλου αυλού) και σύστημα λήψης με ελατήριο που μπορεί να λειτουργήσει αυτόματα ή χειροκίνητα. Η βελόνα βιοψίας Tru-Cut χαρακτηρίζεται από μια κοιλότητα στο άπω άκρο. Πρώτα το πιστόλι βιοψίας προωθεί την εσωτερική βελόνα μέσα στη βλάβη, όπου ένας πυρήνας ιστού πέφτει στην κοιλότητα. Στη συνέχεια, η εξωτερική βελόνα αποκόπτει το δείγμα που βρίσκεται στη κοιλότητα από τον περιβάλλοντα ιστό και συλλέγεται το δείγμα, το οποίο μπορεί να αφαιρεθεί με ασφάλεια μέσω της εξωτερικής βελόνας ή με ολόκληρο το σύστημα (εικ. 1.9).

Όταν χρησιμοποιείται αυτοματοποιημένο σύστημα Tru-Cut για βιοψία, ο εντοπισμός του άκρου της βελόνας σε σχέση με τη βλάβη πρέπει να τεκμηριώνεται πριν από τη λήψη του δείγματος. Συνήθως λαμβάνονται τουλάχιστον δύο δείγματα για ιστολογική αξιολόγηση και τοποθετούνται αμέσως σε διάλυμα φορμόλης 10%. Όσον αφορά την ιστοπαθολογική αξιολόγηση, τα πλεονεκτήματα του συστήματος βιοψίας με κόπτουσα βελόνα είναι ότι η ποσότητα του ιστού που λαμβάνεται είναι πιο σταθερή, ενώ το δείγμα διατηρεί την

ιστολογική του δομή. Σε αντίθεση με τα χειροκίνητα συστήματα βιοψίας μεγάλου εύρους, ο αυτοματοποιημένος μηχανισμός εξασφαλίζει μια γρήγορη διαδικασία, με τη βελόνα βιοψίας να βρίσκεται εντός του ασθενή μόνο για σύντομο χρονικό διάστημα (Trumm, & Hoffmann,, 2009).



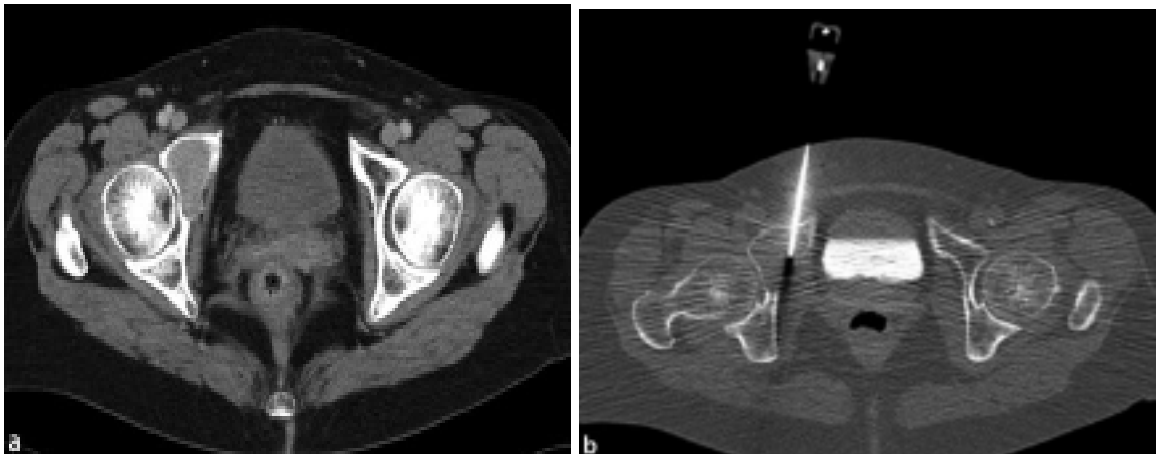
Εικόνα 1.9 Η τεχνική βιοψίας Tru-Cut: Η εσωτερική βελόνα (που χαρακτηρίζεται από μια κοιλότητα στο άκρο της) εισέρχεται στη βλάβη-στόχο με το πιστόλι βιοψίας (1). Ένας πυρήνας ιστού πέφτει μέσα στην κοιλότητα (2). Η εξωτερική βελόνα ολισθαίνει κατά μήκος της κοιλότητας και έτσι κόβει το δείγμα (3). Τέλος, το δείγμα μπορεί να αφαιρεθεί με ασφάλεια με την εσωτερική βελόνα ή με ολόκληρο το σύστημα (4). (Trumm, & Hoffmann,, 2009)

Βιοψία με τρυπάνι καθοδηγούμενη από CT

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η χειρουργική (ανοικτή) βιοψία των μυοσκελετικών όγκων έχει σταδιακά αντικατασταθεί από τεχνικές βιοψίας καθοδηγούμενες από εικόνα (Bickels, et al., 1999). Τα κύρια πλεονεκτήματα της καθοδηγούμενης με εικόνα διαδερμικής βιοψίας στο μυοσκελετικό σύστημα είναι η μειωμένη νοσηρότητα και το κόστος. Η FNA είναι συχνά περιορισμένη στους όγκους των οστών δεδομένης της ανεπαρκούς ικανότητας δειγματοληψίας λόγω της σκληρότητας του οστού, ενώ η βιοψία με κόπτουσα βελόνα έχει ποσοστά ακρίβειας 68-100% (Pramesh, et al., 2001). Από την άλλη πλευρά, σε νέους ασθενείς με βαθιές υποφλοιώδεις βλάβες ή πιθανές βλάβες με σκληρυντικό χείλος, η

κόπτουσα βελόνα βιοψίας από μόνη της μπορεί να μην είναι επαρκής για να διαπεράσει το φλοιώδες οστό.

Οι ενδείξεις για την καθοδηγούμενη με εικόνα διαδερμική βιοψία οστών εικ. 1.10 είναι οι οστικές μεταστάσεις και οι πρωτοπαθείς όγκοι των οστών. Η βιοψία διενεργείται για να επαληθευτεί ότι μια ύποπτη οστική βλάβη είναι πράγματι μετάσταση ή για να εντοπιστεί ο πρωτοπαθής όγκος. Μια άλλη ένδειξη για διαδερμική οστική βιοψία είναι η υποψία οστικής λοίμωξης με μικροοργανισμούς που πρέπει να ταυτοποιηθούν πριν από την αντιβιοτική θεραπεία. Συνήθεις αντενδείξεις είναι οι διαταραχές πήξεως και η πιθανή λοίμωξη των μαλακών μορίων με κίνδυνο επιμόλυνσης του οστού (Trumm, & Hoffmann,, 2009).



Εικ.1.10 Ασθενής (σε ύπτια θέση) με οστεόλυση της δεξιάς κοτύλης (α). Εισήχθη βελόνα οστικής βιοψίας 14G με αποστειρωμένο χειρουργικό σφυρί αποφεύγοντας τη δεξιά κοινή μηριαία αρτηρία και φλέβα (β). Η ιστοπαθολογική ανάλυση ανέδειξε πολλαπλό μυέλωμα. (Trumm, & Hoffmann,, 2009).

ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΠΟ CT

ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΣΕΙΣ

Ο σχηματισμός αποστήματος σχετίζεται με σημαντική νοσηρότητα και θνησιμότητα, παρά τη διαθεσιμότητα των διαθέσιμων ισχυρών αντιβιοτικών. Τα μη παροχέτευμένα αποστήματα οδηγούν σε θνησιμότητα 50-80%. (Gervais D, 2006). Ο κύριος στόχος στις επεμβάσεις παροχέτευσης είναι η αποσυμπίεση και η παροχέτευση όσο το δυνατόν περισσότερου πύου, ώστε τα αντιβιοτικά να είναι πιο αποτελεσματικά. (Mueller , et al., 1984)

Οι κύριες ενδείξεις για διαδερμική παροχέτευση των συλλογών υγρών είναι:

1. Χαρακτηρισμός της φύσης του υγρού
2. Επιβεβαίωση της παρουσίας λοίμωξης
3. Για την αποστράγγιση αποστημάτων και μολυσμένων συλλογών υγρού σε καταστάσεις όπως η οξεία παγκρεατίτιδα ή η μετεγχειρητική κατάσταση.
4. Για την ανακούφιση των συμπτωμάτων λόγω σήψης ή επίδρασης πίεσης και σταθεροποίηση του ασθενούς πριν από οποιαδήποτε οριστική παρέμβαση σε πολύπλοκες συλλογές
5. Ως μέρος της συμπληρωματικής διαδικασίας σε περίπτωση υποτροπιάζουσας συλλογής (Mukund, et al., 2019).

Η καθοδηγούμενη με αξονική τομογραφία διαδερμική παροχέτευση, είναι μια ασφαλής και αποτελεσματική διαδικασία, που επιτρέπει την ελάχιστη επεμβατική θεραπεία των κοιλιακών και πυελικών αποστημάτων και των συλλογών με υγρό. Είναι επεμβατική διαδικασία που εκτελείται από ακτινολόγο και επιτρέπει την ελάχιστη επεμβατική

αντιμετώπιση των συλλογών υγρών οπουδήποτε στο σώμα, ιδίως στα βαθύτερα ή πιο οπίσθια μέρη που είναι δύσκολα προσβάσιμα με τον υπέρηχο.

Η καθοδήγηση υπό αξονικό τομογράφο έχει πολλά πλεονεκτήματα: καλύτερη όραση σε παχύσαρκους ασθενείς, λιγότερη εξάρτηση από τον χειριστή και εξασφάλιση σταθερότερης θέσης του ασθενή στο τραπέζι του αξονικού. Οι κυριότεροι περιορισμοί είναι η μη προβολή σε πραγματικό χρόνο από τον επεμβατικό και η έκθεση στην ακτινοβολία του ασθενή.

Πρόκειται για μια σχετικά ελάχιστα επεμβατική διαδικασία και θεωρείται ασφαλής και αποτελεσματική. Η επιτυχία της διαδερμικής παροχέτευσης υπό αξονικό τομογράφο σχετίζεται με τη σωστή επιλογή θεραπείας, την προετοιμασία και τον επαρκή σχεδιασμό. Η εμπειρία και η επαρκής εκπαίδευση του χειριστή είναι δύο σημαντικά στοιχεία για την έκβαση της διαδικασίας. (De Filippo, et al., 2021)

Η αξονική τομογραφία είναι ιδανική στην καθοδηγούμενη διαδερμική παροχέτευση ή διαγνωστική αναρρόφηση με βελόνα. Οι σαρώσεις με λεπτές τομές είναι χρήσιμες για την ακριβή περιγραφή της θέσης μιας συλλογής αλλά και των γειτονικών δομών. Οριοθέτηση της ανατομίας του εντέρου βοηθά σημαντικά στη διαφοροποίηση από εξωαυλικά υγρά. Προκειμένου να βελτιωθεί περαιτέρω η διαγνωστική ποιότητα σε αμφίβολες περιπτώσεις, οι καθυστερημένες λήψεις μετά από χορήγηση σκιαγραφικού μέσου από το στόμα ή το ορθό μπορεί να βοηθήσουν στη διάκριση των εντερικών από τις άλλες συλλογές υγρών, ιδίως στην πύελο. Καθυστερημένες εικόνες μετά από ενδοφλέβια χορήγηση σκιαγραφικού βοηθούν επίσης στη διαφοροποίηση της ουροδόχου κύστης γεμάτης σκιαγραφικό από το υγρό μέσα στο σάκο του Douglas. Ισχυρά σημάδια ενός αποστήματος είναι μία καλά περιγεγραμμένη συλλογή υγρών, παχυσμένες μεμβράνες ή διαφράγματα, φυσαλίδες αέρα, Τα εξωαυλικά επίπεδα αέρα-υγρού ή ο αέρας που ανιχνεύεται σε μια ενδοηπατική συλλογή υγρών

καθιστούν πολύ πιθανή την απεικονιστική διάγνωση του αποστήματος. (Fischbach, & Hohl, 2009)

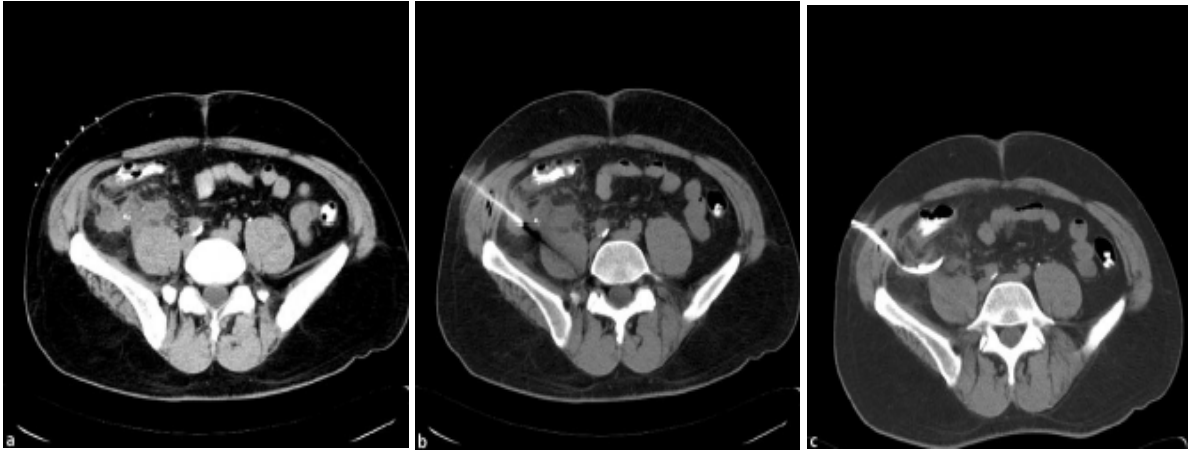
Τεχνική παροχέτευσης

Συνήθεις θέσεις για σχηματισμό αποστημάτων είναι η υπονεφρική, η περιηπατική, η περισπληνική, η λαγόνια, το κοιλιακό τοίχωμα και η πύελος. Η βέλτιστη οδός πρόσβασης καθορίζεται από τα ακόλουθα:

- συντομότερη διαδρομή
- ευκολότερη γωνία εισόδου ή εντοπισμός
- αποφυγή παρεμβαλλόμενων ή παρακείμενων δομών
- πιο βολική θέση του καθετήρα για τον ασθενή

Η τοποθέτηση του ασθενούς εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θέση της ύποπτης συλλογής υγρού και της πιθανής πρόσβασης. Αφού σχεδιαστεί η διαδρομή πρόσβασης, ο ασθενής τοποθετείται αναλόγως. Το απόστημα εντοπίζεται με μία σάρωση με ακτινοσκοπικό πλέγμα που τοποθετείται στο δέρμα στο επίπεδο της βλάβης (εικ. 1.11). Χρησιμοποιώντας το φως του λέιζερ, επιλέγεται το σημείο πρόσβασης και σημειώνεται στο δέρμα με ένα μαρκαδόρο. Στη συνέχεια το σημείο εισόδου καλύπτεται κατάλληλα με αποστειρωμένη κάλυψη, απολυμαίνεται και έπειτα η μικρού διαμέτρου βελόνα που χρησιμοποιείται για την αναισθησία παραμένει στη θέση της για τον έλεγχο του σημείου εισόδου και της γωνίας και εφαρμόζεται τοπική αναισθησία. Γενικά υπάρχουν δύο βασικές τεχνικές παρακέντησης:

1. Τεχνική Seldinger (πάνω από το συρμάτινο οδηγό)
2. Τεχνική τροκάρ (απευθείας παρακέντηση)



Εικόνα 1.11 Ασθενής με πυρετό και βουβωνικό πόνο μετά από λαπαροσκοπική σκληροκοιλεκτομή. Εντοπίζεται συλλογή υγρού στην περιοχή του τυφλού. α) τοποθέτηση πλέγματος πάνω στο προγραμματισμένο σημείο εισόδου στο δέρμα. β) Μετά από τοπική αναισθησία, προωθείται βελόνα 18G. γ) Μετά την αναρρόφηση του πύου, εισάγεται ένα οδηγό σύρμα και ένας καθετήρας παροχέτευσης 10-F τοποθετείται στην κοιλότητα του αποστήματος. Η κοιλότητα αρδεύεται με φυσιολογικό ορό και απομακρύνεται όσο το δυνατόν περισσότερο υγρό (Fischbach, & Hohl, 2009).

Όταν χρησιμοποιείται η τεχνική Seldinger, μια βελόνα 18 G προωθείται στη βλάβη και ελέγχεται με επαναλαμβανόμενες σαρώσεις. Το τοίχωμα του αποστήματος γίνεται συνήθως αισθητό ως τρυφερή αντίσταση. Η βελόνα πρέπει να προωθείται με σύντομη, σταθερή κίνηση μέσα στη συλλογή. Μόλις επιτευχθεί το προβλεπόμενο βάθος παρακέντησης ή γίνει αισθητή η διέλευση από την κάψα του αποστήματος, πραγματοποιείται διαγνωστική αναρρόφηση. Εάν το υγρό είναι πυώδες, ακολουθεί η τοποθέτηση καθετήρα. Εάν υπάρχει μεγαλύτερο απόστημα ή παχύρρευστο υγρό, ένα οδηγό σύρμα προωθείται στο απόστημα μέσω της βελόνας. Πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να αποφευχθεί η διάτρηση του τοιχώματος του αποστήματος. Συνήθως γίνεται αισθητή η αντίσταση κατά την προώθηση του οδηγού σύρματος και το σύρμα αρχίζει να συσπειρώνεται στη συλλογή. Εάν η θέση του άκρου του οδηγού σύρματος είναι αβέβαιη, πρέπει να λαμβάνεται σάρωση ελέγχου. Μόλις το οδηγό σύρμα φτάσει στην επιθυμητή θέση, είναι κρίσιμο να μην χαθεί η πρόσβαση στο οδηγό σύρμα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Αφού διασφαλιστεί η οδός πρόσβασης, ο

καθετήρας παροχέτευσης τοποθετείται πάνω από το οδηγό σύρμα συνδέεται με έναν συλλέκτη για την απομάκρυνση της συλλογής. (Fischbach, & Hohl, 2009)

ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΜΒΑΤΙΚΕΣ ΘΕΡΑΠΕΙΕΣ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΑΠΟ CT

Η θεραπεία διαδερμικής θερμικής κατάλυσης αποτελεί μια τοπική θεραπεία όγκου. Οι διαδικασίες θερμικής κατάλυσης εξαλείφουν τον ιστό του όγκου με θερμότητα ή ψύξη σε μια περιγεγραμμένη περιοχή. Οι εφαρμοζόμενες τεχνικές είναι η κατάλυση με ραδιοσυχνότητες (RF), η κατάλυση με μικροκύματα (microwave), μη αναστρέψιμη ηλεκτροδιάτρηση (IRE) και η κρυοκατάλυση (cryoablation). Η καθοδήγηση μέσω εικόνας υπολογιστικού τομογράφου διευκολύνει την ελάχιστη επεμβατική εφαρμογή της θεραπείας θερμικής κατάλυσης.

Μεταξύ αυτών των τεχνικών, η διαδερμική κατάλυση RF έχει βρει ευρεία κλινική εφαρμογή και σε πολλές περιπτώσεις, ευρεία κλινική αποδοχή ως μέθοδο εκλογής για τη θεραπεία εστιακών κακοηθειών σε ένα ευρύ φάσμα τύπων όγκων και ιστών, συμπεριλαμβανομένων των πρωτοπαθών και δευτεροπαθών κακοηθειών του ήπατος, των νεφρών, πνεύμονα και των οστών. Περιορισμοί στην επιτυχία των εστιακών θεραπειών για τη θεραπεία ορισμένων τύπων και μεγεθών όγκων έχουν αναφερθεί, αλλά αναφέρεται επιτυχία του συνδυασμού διαδερμικών θεραπειών με άλλες στρατηγικές ογκολογικής θεραπείας, συμπεριλαμβανομένης της χημειοθεραπείας και της ακτινοθεραπείας. (Ahmed, et al., 2011)

Στόχοι

Η ελάχιστη επεμβατική θεραπεία κατάλυσης όγκων σε εστιακές κακοήθειες περιλαμβάνει διάφορους ειδικούς στόχους. Κυρίως, μέσω της εφαρμογής ενέργειας ή χημικών ουσιών, ο πρωταρχικός στόχος των περισσότερων διαδικασιών κατάλυσης είναι η εξάλειψη όλων των βιώσιμων κακοήθων κυττάρων εντός ενός καθορισμένου όγκου-στόχου. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των θεραπειών αυτών έναντι της συμβατικής χειρουργικής εκρίζωσης είναι η δυνατότητα αφαίρεσης ή καταστροφής ελάχιστης ποσότητας φυσιολογικού ιστού. Για παράδειγμα, σε πρωτοπαθείς όγκους του ήπατος, όπου η λειτουργική ηπατική εφεδρεία

αποτελεί πρωταρχικό προγνωστικό παράγοντα για την έκβαση της μακροχρόνιας επιβίωσης των ασθενών, οι θεραπείες κατάλυσης μπορούν να ελαχιστοποιήσουν την ιατρογενή βλάβη που θα μπορούσε να προκληθεί στο γύρω κίρρωτικό παρέγχυμα., καθώς επίσης και σε ασθενείς με σύνδρομο von Hippel-Lindau, οι οποίοι είναι επιρρεπείς στην ανάπτυξη πολλαπλών νεφροκυτταρικών καρκινωμάτων και σε ασθενείς με πρωτοπαθείς κακοήθειες του πνεύμονα στο πλαίσιο εκτεταμένου υποκείμενου εμφυσήματος και περιορισμένης πνευμονικής λειτουργίας.

Ωστόσο, η υψηλή εξειδίκευση και η ακρίβεια της στόχευσης έχουν αποδειχθεί χρήσιμες και περιλαμβάνουν την παροχή ανακούφισης από συμπτώματα σε ασθενείς με οστικές μεταστάσεις ή ορμονικά ενεργούς νευροενδοκρινείς όγκους. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι ότι το ποσοστό καταστροφής του όγκου καθορίζεται από το πρότυπο κατανομής στους ιστούς που έχουν υποβληθεί σε θεραπεία. Αυτό σημαίνει ότι, για μεγαλύτερους όγκους (συνήθως ορίζονται ως διάμετρος μεγαλύτερη από 3cm, μία θεραπεία κατάλυσης καυτηριασμού μπορεί να μην είναι επαρκής για να καλύψει πλήρως τον όγκο-στόχο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, οι πολλαπλές αλληλεπικαλυπτόμενες παρεμβάσεις ή η ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών ηλεκτροδίων ίσως απαιτηθεί για την αποτελεσματική θεραπεία ολόκληρου του όγκου (Ahmed, et al., 2011).

Διαδερμική θερμική θεραπεία κατάλυσης

Οι στρατηγικές θερμικής κατάλυσης προσπαθούν να καταστρέψουν τον καρκινικό ιστό αυξάνοντας ή μειώνοντας τις θερμοκρασίες επαρκώς ώστε να προκληθεί μη αναστρέψιμη κυτταρική βλάβη. Αυτές οι στρατηγικές χωρίζονται σε κρυοκατάλυση ή υπερθερμική κατάλυση, κατά την οποία η θερμότητα μπορεί να παράγεται με υπερήχους ή ηλεκτρομαγνητικά (δηλαδή RF, μικροκύματα). Η πλήρης και επαρκής καταστροφή με θερμική

κατάλυση προϋποθέτει ότι ολόκληρος ο όγκος και ένα περιθώριο αυτού να μπορούν να υποβληθούν σε κυτταροτοξικές θερμοκρασίες που προκαλούν ιστική καταστροφή – πηκτική νέκρωση της βλάβης-στόχου. Η ικανότητα θέρμανσης ή ψύξης μεγάλων όγκων ιστού σε διαφορετικά περιβάλλοντα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες με τον λόγο: "η έκταση της πηκτικής νέκρωσης που προκαλείται σε μια δεδομένη βλάβη είναι ίση με την ενέργεια που εναποτίθεται, η οποία τροποποιείται από τις τοπικές ιστικές αλληλεπιδράσεις, μείον την απώλεια της θερμότητας πριν από την πρόκληση θερμικής βλάβης". Βάσει αυτής της σχέσης, έχουν αναπτυχθεί διάφορες στρατηγικές για την αύξηση της πηκτικής νέκρωσης, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της εναπόθεσης ενέργειας, της διαμόρφωσης των χαρακτηριστικών των ιστών, και την τροποποίηση της αιματικής ροής των ιστών. Η απόλυτη θερμοκρασία που επιτυγχάνεται σε κάθε σημείο εντός ενός όγκου, δεν σημαίνει οριστικά ότι έχει γίνει κατάλυση καθώς η ετερογένεια της θέρμανσης σε όλο τον όγκο-στόχο είναι συχνότερα ο κανόνας παρά η εξαίρεση (Goldberg , et al., 2000).

Θερμοκαυτηρίαση με ραδιοσυχνότητες

Η διαδερμική θεραπεία με ραδιοσυχνότητα (RFA) είναι μια τεχνική ηλεκτροκαυτηριασμού που έχει αναδειχθεί ως η πρώτη μεταξύ πολλών επιλογών για τοπική, ελάχιστα επεμβατική κατάλυση ιστών. Είναι αποτελεσματική, ευέλικτη και σχετικά φθηνή. Η RFA χρησιμοποιείται εδώ και χρόνια στη θεραπεία καρδιακών αρρυθμιών, στο οστεοειδές οστέωμα, στην υπερτροφία του προστάτη και στον χρόνιο πόνο. Επιπρόσθετες κλινικές εφαρμογές περιλαμβάνουν την καυτηρίαση όγκων στο ήπαρ, νεφρά, επινεφρίδια, οστά, πνεύμονα και μαστό, καθώς και την απομάκρυνση μαλακών ιστών και ανακούφιση από τον πόνο (Friedman , et al., 2004). Ο θερμοκαυτηριασμός με ραδιοκύματα εφαρμόζεται υπό την καθοδήγηση του αξονικού τομογράφου ο οποίος χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον από τους επεμβατικούς

ακτινολόγους (εικ 1.12) και στηρίζεται στην ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας (πάνω από 50°C) γύρω από εφαρμογείς που τοποθετούνται στο κέντρο ενός όγκου (Clasen , et al., 2009).

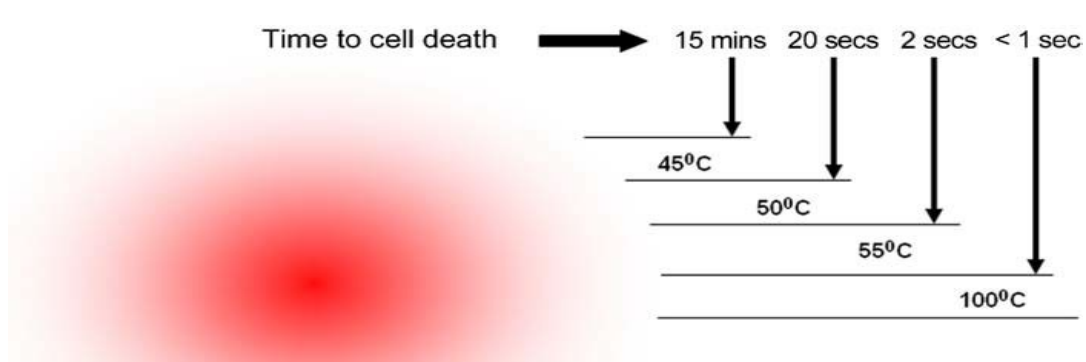


Εικόνα 1.12 Τυπική εγκατάσταση για κατάλυση RF υπό την καθοδήγηση υπολογιστικού τομογράφου (CT) (Clasen , et al., 2009).

Η αρχή του καυτηριασμού με RFA βασίζεται στη μετατροπή του εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας σε θερμική ενέργεια προκειμένου να καταστραφούν οι όγκοι (ιστός-στόχος) με τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, την καταστροφή των κυτταρικών μεμβρανών μέσω διάλυσης και τήξης των λιπιδικών διπλοστοιβάδων (Gillams, 2004). Για το λόγο αυτό εφαρμόζεται ένα εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα που ταλαντώνεται σε υψηλή συχνότητα (200-1200kHz) (Rhim, et al., 2001). Οι κυτταρικοί ομοιοστατικοί μηχανισμοί προσαρμόζονται σε μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας (έως 40°C). Αν και παρατηρείται αυξημένη ευαισθησία σε βλάβες από άλλους μηχανισμούς (π.χ. ακτινοβολία ή χημειοθεραπεία) σε θερμοκρασίες μεταξύ 42° και 45°C, η κυτταρική λειτουργία και η ανάπτυξη του όγκου συνεχίζεται ακόμη και μετά από παρατεταμένη έκθεση.

Μη αναστρέψιμη κυτταρική βλάβη εμφανίζεται όταν τα κύτταρα θερμαίνονται στους 46° C για 60 λεπτά, και εμφανίζεται ταχύτερα όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Βέλτιστες θερμοκρασίες για την καταστροφή υπερβαίνουν τους 50°C και μπορεί να φθάσουν τους 100°C για ορισμένες εφαρμογές (Rhim, et al., 2001). Με θερμοκρασίες μεταξύ 60-100°C

επέρχεται σχεδόν άμεση επαγωγή της πήξης των πρωτεϊνών, η οποία προκαλεί βλάβες στα μιτοχονδριακά και κυτοσολικά ένζυμα των κυττάρων. Επιπλέον, προκαλείται μικροαγγειακή βλάβη που οδηγεί σε μειωμένη ροή αίματος και σε μια ζώνη ισχαιμίας η οποία φτάνει στο μέγιστο σημείο της στις 72 ώρες λόγω δευτερογενούς φλεγμονώδους αντίδρασης των ιστών. Η αύξηση της θερμοκρασίας στους 100-110°C έχει ως αποτέλεσμα τον βρασμό, εξάτμιση και απανθράκωση των ιστών, μειώνοντας την αποτελεσματικότητα της RFA, και επομένως πρέπει να αποφεύγεται η θερμοκρασία άνω των 100°C, διατηρώντας παράλληλα ως βέλτιστη την θερμοκρασία μεταξύ 60-100°C σε ολόκληρο τον όγκο-στόχο για τουλάχιστον 4-6 λεπτά (Hong & Georgiades , 2010).



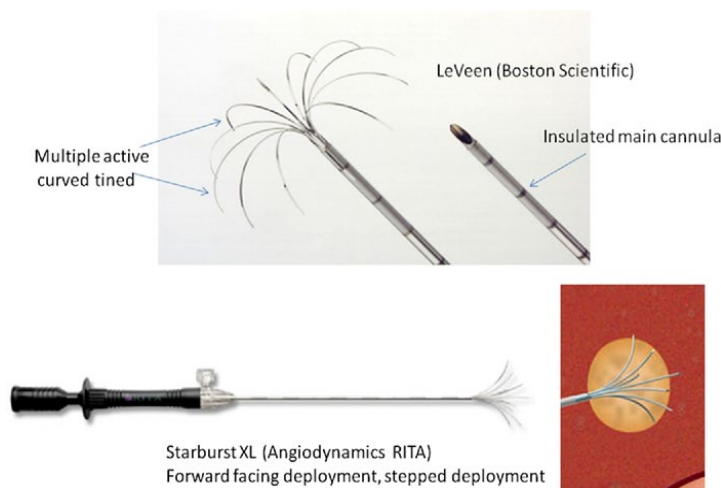
Εικόνα 1.13 Χρόνος που απαιτείται για το θάνατο των ιστών σε διάφορες θερμοκρασίες. Ο ιστός των θηλαστικών είναι πολύ ευαίσθητος στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Στους 55°C, για παράδειγμα, ο θάνατος του ιστού επέρχεται μέσα σε 2 δευτερόλεπτα. Στους 100°C, επέρχεται στιγμιαίος κυτταρικός θάνατος. Ωστόσο, αυτό δεν προτιμάται, διότι ο απανθρακωμένος ιστός που προκύπτει εμποδίζει την εναπόθεση της ενέργειας RF μακριά από το ενεργό ηλεκτρόδιο. Επομένως, μια σταδιακή αύξηση της ενέργειας εναπόθεσης συνδέεται με καλύτερα αποτελέσματα. (Hong & Georgiades , 2010)

Προκειμένου να αυξήσουν την αποτελεσματικότητα της θέρμανσης, οι εταιρείες κατασκεύασαν νέες συσκευές RF πάνω από 150W. Σήμερα διατίθενται στην αγορά διάφορα συστήματα RF και περιλαμβάνουν:

α) Μονοπολικό ηλεκτρόδιο, με το ρεύμα να διαχέεται από μία ή περισσότερες πλάκες γείωσης,

β) διπολικά συστήματα RF, με δύο ενεργούς εφαρμογείς ηλεκτροδίων σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους,

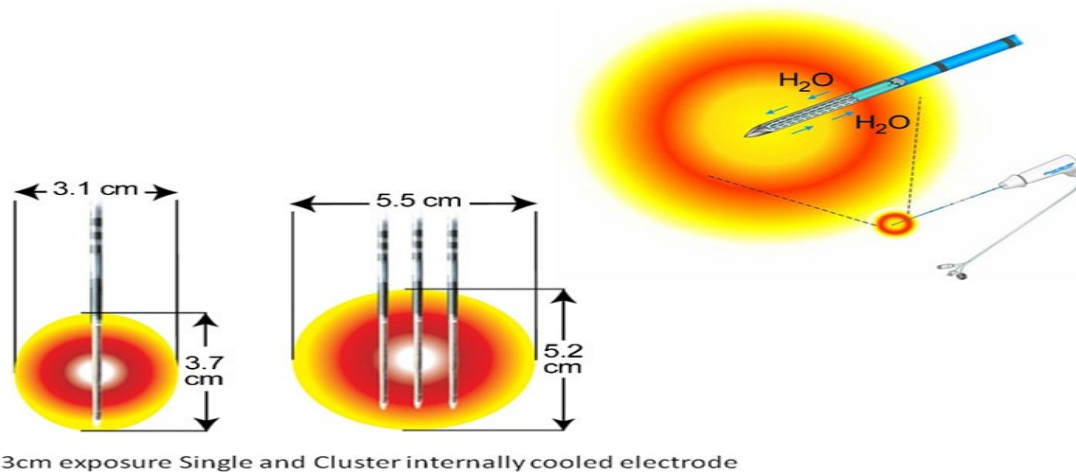
γ) επεκτάσιμα ηλεκτρόδια 1.14, εισάγεται κανονικά σαν βελόνα στον ιστό και όταν βρίσκεται στην επιθυμητή θέση, το ενεργό ηλεκτρόδιο αναπτύσσεται προς τα έξω, για να δημιουργήσει μεγαλύτερους όγκους νέκρωσης για πιο ομοιόμορφη θέρμανση του όγκου,



Εικόνα 1.14 Επεκτάσιμα ηλεκτρόδια (Hong &

Georgiades , 2010).

δ) ψυχρά ηλεκτρόδια εικ.1.15 περιέχουν στο εσωτερικό του δύο ομοαξονικά κυλινδρικά κανάλια. Το εσωτερικό κανάλι χρησιμεύει για να μεταφέρεται ένα ψυχρό υγρό μέχρι την άκρη του ηλεκτροδίου (χωρίς να εκχέεται προς τον όγκο) και το εξωτερικό για να επιστρέφει το υγρό στη μονάδα συλλογής του έξω απ' το σώμα του ασθενούς για την αποφυγή της εξάτμισης και της απανθράκωσης δίπλα στο ηλεκτρόδιο RF που επιτρέπει μεγαλύτερη εναπόθεση ενέργειας.

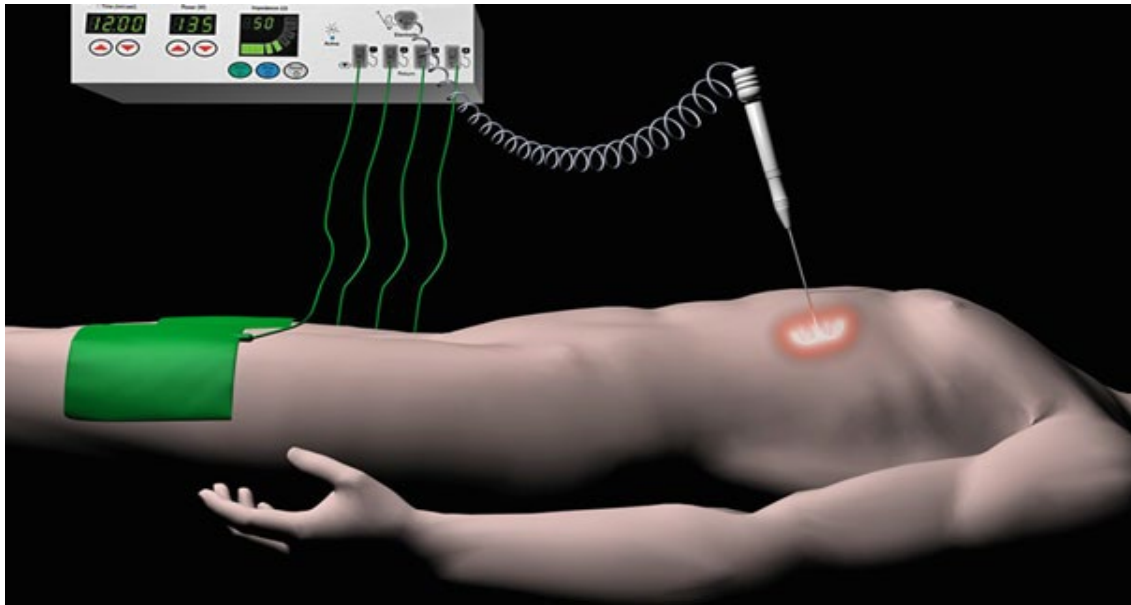


3cm exposure Single and Cluster internally cooled electrode

Εικόνα 1.15 Ψυχρά ηλεκτρόδια (Hong & Georgiades , 2010).

ε) ηλεκτρόδια που επιτρέπουν την έγχυση υγρού (συνήθως φυσιολογικού ορού) στον ιστό-στόχο μέσω μικροπόρων στην άκρη του ηλεκτροδίου RF και προκαλούν μεγάλες ζώνες πήξης (Goldberg , et al., 2003).

Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες συσκευές RF είναι τα μονοπολικά συστήματα εικ.1.16 (Hong & Georgiades , 2010), όπου ο ένας ηλεκτρικός πόλος είναι τοποθετημένος εντός του ιστού-στόχου (ενεργό ηλεκτρόδιο τύπου βελόνας) και ο δεύτερος ηλεκτρικός πόλος τοποθετείται στην επιφάνεια του σώματος (ηλεκτρόδια διασποράς, πλάκες γείωσης) (Rhim, et al., 2001). Ο ιστός μεταξύ του ενεργού ηλεκτροδίου και των επιθεμάτων γείωσης λειτουργεί ως αντίσταση. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα εναλλασσόμενο ηλεκτρικό πεδίο εντός του ιστού του ασθενούς.

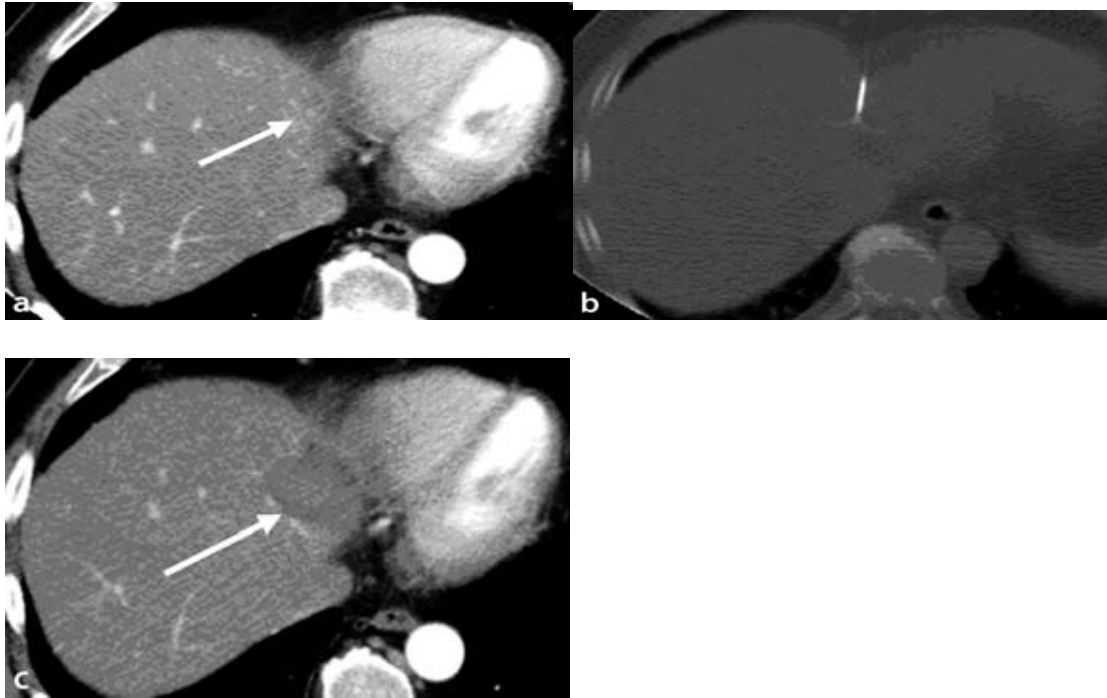


Εικόνα 1.16 Το "κύκλωμα" RF. Το ηλεκτρόδιο λειτουργεί ως κάθοδος, και το ηλεκτρόδιο γείωσης ως άνοδος. Ο ασθενής είναι στην πραγματικότητα μέρος του κυκλώματος και η αγωγιμότητα των ιστών είναι σημαντική για την επίτευξη επαρκούς ζώνης κατάλυσης (Clasen , et al., 2009).

Κλινικές εφαρμογές

Όγκοι ήπατος

Το ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα (HCC) είναι ο πιο κοινός πρωτοπαθής καρκίνος του ήπατος και το ήπαρ είναι η δεύτερη πιο συχνή περιοχή μετάστασης από συμπαγείς καρκίνους, κυρίως του παχέος εντέρου και συχνά το ήπαρ είναι η μόνη θέση μετάστασης. Οι αντενδείξεις για κατάλυση περιλαμβάνουν την εξωηπατική νόσο, πολυεστιακή νόσο, όγκος που γειτνιάζει με σημαντικές αγγειακές ή χολικές δομές και ανεπαρκής ηπατική εφεδρεία. Χωρίς θεραπεία, οι ασθενείς με ηπατικές μεταστάσεις από καρκίνο του παχέος εντέρου και άλλους καρκίνους έχουν διάμεσο χρόνο επιβίωσης λιγότερο από 1 έτος (Gillams & Lees , 2000) (Parikh , et al., 2002). Επειδή η πλειονότητα των ασθενών με πρωτοπαθή και μεταστατικό καρκίνο του ήπατος δεν είναι υποψήφιοι για χειρουργική αφαίρεση, οι τοπικές θεραπείες είναι μονόδρομος (εικ 1.17).



Εικόνα 1.17 α) Η αξονική τομογραφία με σκιαγραφικό δείχνει μια μικρή υποτροπιάζουσα μετάσταση (βέλος). β) Πραγματοποιήθηκε θερμοκαυτηριασμός RF με καθοδήγηση CT. γ) Follow up 24 ώρες μετά την κατάλυση με RF δείχνει μια σαφή οριοθέτηση της ζώνης κατάλυσης που περιβάλλει τον όγκο (βέλος) (Parikh, et al., 2002).

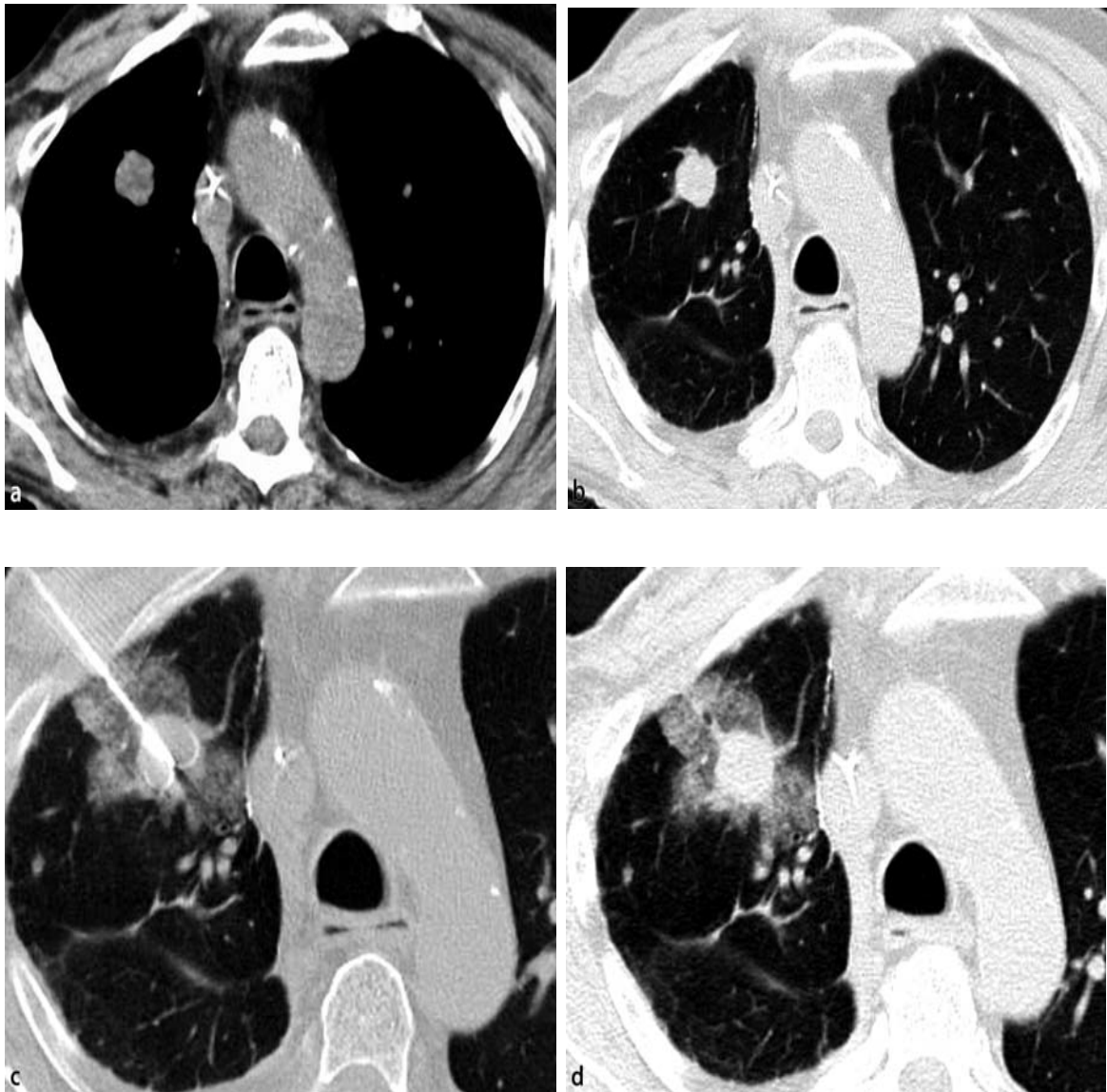
Μελέτες σε περισσότερους από 3.000 ασθενείς που υποβλήθηκαν σε θεραπεία με RFA έδειξαν την αποτελεσματικότητα της διαδερμικής RFA για μικρούς όγκους (3cm) HCC. Οι τεχνικές για την ηπατική RFA ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και τον αριθμό των εισαγόμενων καθετήρων και τον αριθμό των συνεδριών θεραπείας. Τα ποσοστά υποτροπής καθορίζονται κυρίως από το μέγεθος της βλάβης, με αυτές των μικρότερων από 3cm, να αποδίδουν επιτυχή θεραπεία σε συντριπτική πλειονότητα. Η πλήρης τοπική ανταπόκριση είναι κατά μέσο όρο 70-75% για όγκους μεταξύ 3-5cm, και πέφτει στο 25% σε μεγάλους όγκους με διάμετρο άνω των 5cm (Buscarini, et al., 2001).

Πνεύμονες

Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι από τις πιο συχνά εμφανιζόμενες κακοήθειες παγκοσμίως με τον μη μικροκυτταρικό καρκίνο του πνεύμονα (NSCLC) να περιλαμβάνει περίπου το 80% των πρωτοπαθών κακοήθων όγκων του πνεύμονα. Το πνευμονικό παρέγχυμα είναι η δεύτερη πιο συχνή θέση μεταστατικής εξάπλωσης από διάφορες κακοήθειες, για παράδειγμα από καρκίνο παχέος εντέρου. Η χειρουργική επέμβαση συχνά αποκλείεται λόγω του αριθμού και της θέσης των μεταστατικών αλλοιώσεων, με αποτέλεσμα να γίνονται απαραίτητες οι εναλλακτικές θεραπευτικές διαδικασίες, ώστε να μειώνεται ο υψηλός κίνδυνος υποτροπής σε ασθενείς με μεταστατική νόσο και η ανάγκη να αφαιρεθεί υγιής πνεύμονας.

Συνεπώς, η προσοχή έχει επικεντρωθεί σε επεμβατικές θεραπευτικές επιλογές, όπως η κατάλυση με RF, η οποία επιτυγχάνει καταστροφή του όγκου σε ασθενείς με ανεγχείρητες πρωτοπαθείς ή δευτεροπαθείς εστίες στον πνεύμονα. Αν και η κατάλυση RF δεν μπορεί ρεαλιστικά να επιτύχει τον ίδιο βαθμό εκρίζωσης του όγκου με την πλήρη χειρουργική εξαίρεση, ωστόσο οι ασθενείς μπορεί να έχουν καλύτερο προσδόκιμο επιβίωσης και ανακούφιση από τα συμπτώματα.

Η κατάλυση RF μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματική θεραπεία της χημειοθεραπείας και της ακτινοθεραπείας. Ο θερμοκαυτηριασμός RF του πνεύμονα εκτελείται συνήθως υπό την καθοδήγηση αξονικής τομογραφίας ακολουθώντας τους συνήθεις κανόνες με την καθοδηγούμενη υπό αξονικό βιοψία του πνεύμονα εικ.1.18 (Yan , et al., 2007).



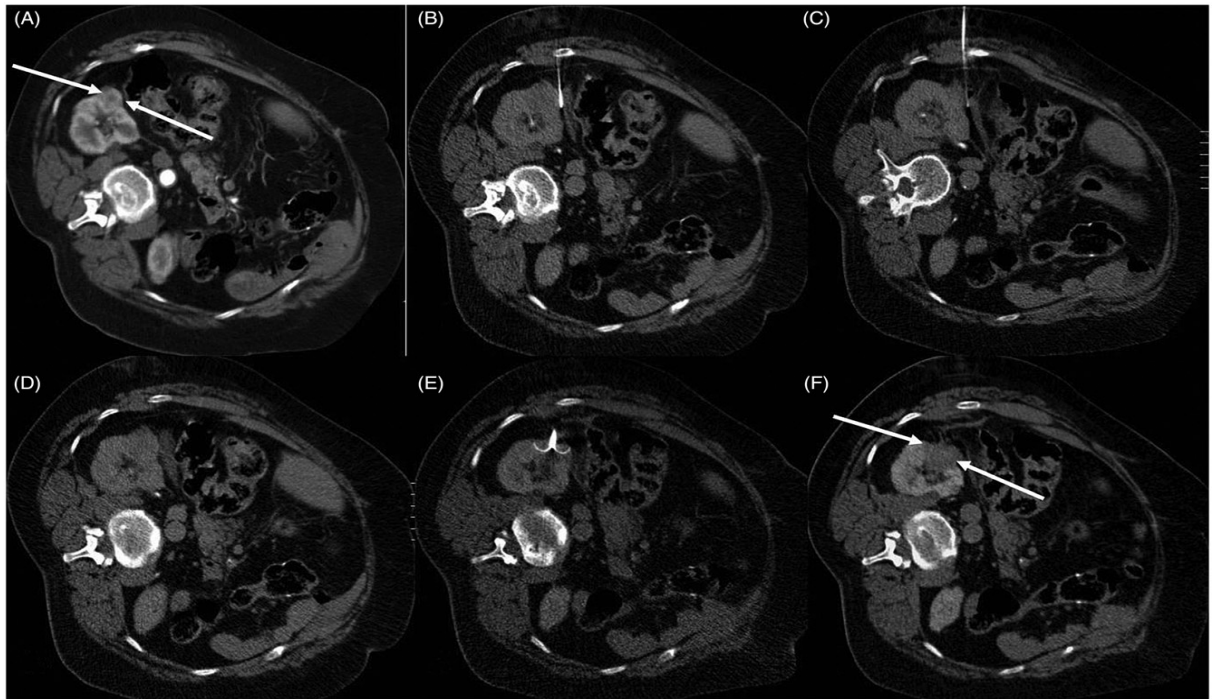
Εικόνα 1.18 a-b) Καθοδηγούμενη με CT RF μίας πνευμονικής μετάστασης του δεξιού άνω λοβού. c) Κατά την εισαγωγή του ηλεκτροδίου της βελόνας παρουσιάζεται παρεγχυματική αιμορραγία. d) Η αξονική τομογραφία αμέσως μετά την κατάλυση RF εμφανίζει διεύρυνση της θεραπευμένης μετάστασης που περιβάλλεται από αδιαφάνεια του πνευμονικού παρεγχύματος στην περιοχή γύρω από το της βλάβης, γεγονός που υποδηλώνει επιτυχή θεραπεία (Prokorp, et al., 2001).

Νεφροί

Η θερμική κατάλυση RF εικ.1.19 (Filippiadis , et al., 2019) χρησιμοποιείται ως θεραπευτική επιλογή σε ασθενείς με αντενδείξεις για χειρουργική επέμβαση, σε ασθενείς με συνυπάρχουσες παθήσεις ή σε εκείνους που αρνούνται την ανοικτή χειρουργική επέμβαση.

Η κατάλυση RF είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για ηλικιωμένους ασθενείς που κινδυνεύουν από

την αναισθησία, σε ασθενείς με μειωμένη νεφρική λειτουργία, μονήρη νεφρό, νόσο von Hippel-Lindau ή πολλαπλούς όγκους και αποτελεί μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για τη νεφροσυντηρητική χειρουργική επέμβαση. Σε αυτούς τους ασθενείς, η θερμική κατάλυση βοηθά στο να αποφευχθεί η αιμοκάθαρση.



Εικόνα 1.19 RFA όγκου δεξιού νεφρού που γειτνιάζει με το δεξιό κόλον. Πριν από τη θεραπεία, πραγματοποιήθηκε υδροδιατομή προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος εμφάνισης του εντέρου. βλάβης και διάτρησης του εντέρου. (Α) Αξονική τομογραφία ενισχυμένη με σκιαγραφικό, η οποία καταδεικνύει τον ενισχυόμενο όγκο στον δεξιό νεφρό (λευκά βέλη). (Β-Δ) Έχει εισαχθεί βελόνα και έχει γίνει έγχυση δεξτρώζης 5% για την υδροδιατομή. (Ε) Ένα ηλεκτρόδιο RF τύπου ομπρέλας έχει εισαχθεί στη βλάβη. (ΣΤ) Νεκρωτική ζώνη μετά την κατάλυση (λευκά βέλη) έχει καλύψει ολόκληρη τη βλάβη χωρίς βλάβη του παρακείμενου παχέος εντέρου (Filippiadis , et al., 2019).

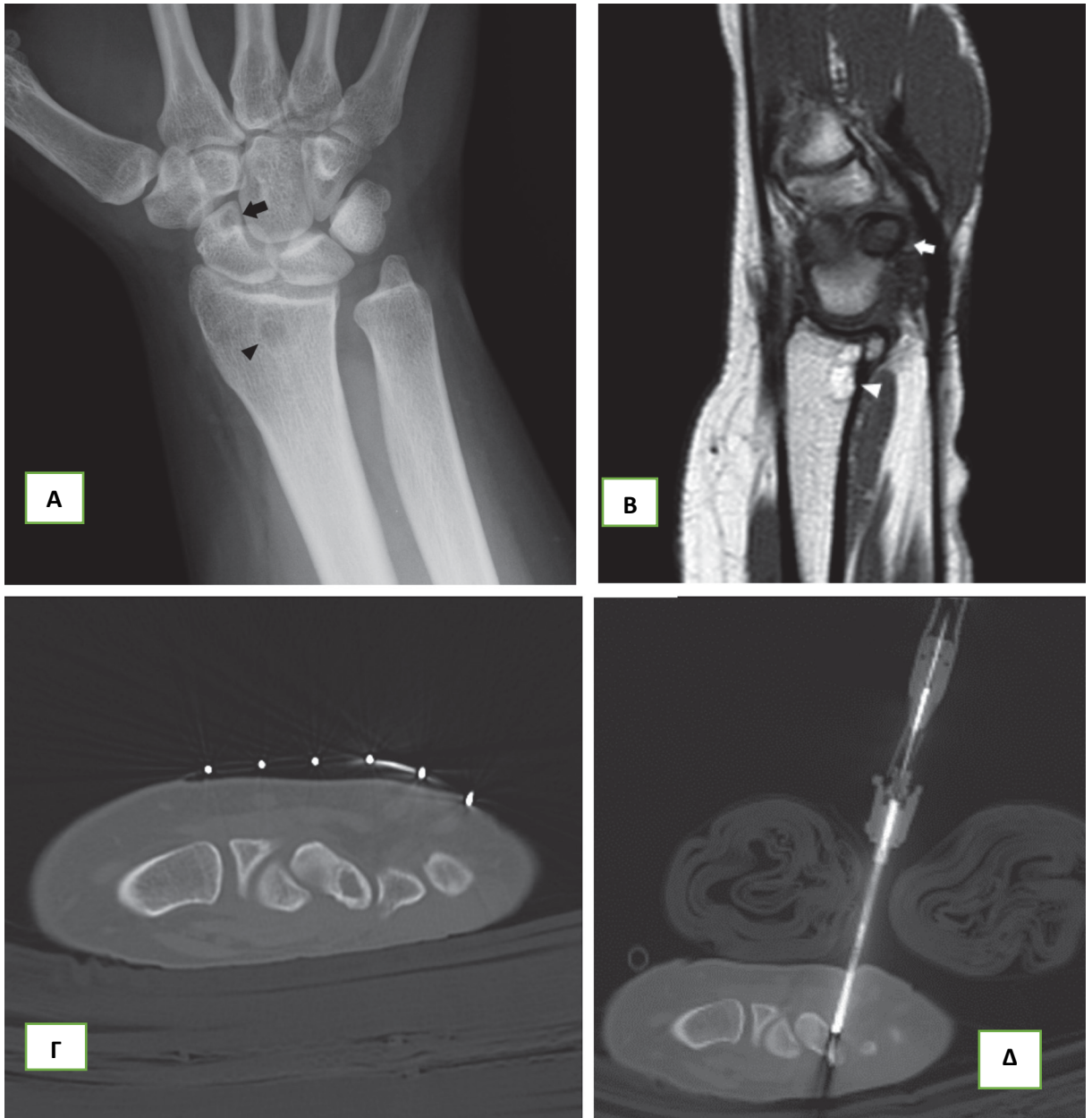
Οι πιθανές παρηγορητικές ενδείξεις περιλαμβάνουν τη θεραπεία της ανθεκτικής αιματουρίας ή τον περιορισμό του όγκου πριν από την ανοσοθεραπεία σε ασθενείς με προχωρημένο στάδιο νόσου ή τοπική υποτροπή του όγκου μετά από νεφρεκτομή (Neeman , et al., 2005). Η κατάλυση RF θεωρείται η μέθοδος εκλογής για τον τοπικό έλεγχο του όγκου σε ασθενείς με εξωνεφρικές μεταστάσεις. Λόγω του ελάχιστα επεμβατικού της χαρακτήρα

μπορεί επίσης να αποτελεί θεραπευτική επιλογή σε ασθενείς που πάσχουν από βλάβες Bosniak III και IV, οι οποίες θεωρούνται δυνητικά κακοήθεις (Mahnken , et al., 2005).

Οστεοειδές οστέωμα

Το οστεοειδές οστέωμα είναι ένας καλοήθης οστεογενής όγκος των οστών, ο οποίος αποτελεί το 10-14% των καλοήθων όγκων των οστών. Η καθοδηγούμενη με υπολογιστική τομογραφία RFA, είναι σήμερα η θεραπεία εκλογής και έχει τεχνικό ποσοστό επιτυχίας σχεδόν 100% και κλινικό ποσοστό επιτυχίας 94-100% (Singh , et al., 2022). Η διαδερμική κατάλυση αναφέρεται ως μια ασφαλής και οικονομικά αποδοτική θεραπεία, με απώτερη μακροπρόθεσμη αποτελεσματικότητα και σημαντική μείωση του κόστους και της διάρκειας νοσηλείας σε σύγκριση με το κόστος και τη διάρκεια νοσηλείας σε χειρουργική αφαίρεση.

Η διαδικασία εκτελείται σε αίθουσα αξονικού τομογράφου υπό άσηπτες συνθήκες, η θέση του ασθενούς μπορεί να είναι πρηνής, ύπτια ή σπανιότερα πλάγια ανάλογα με τη θέση της βλάβης. Η σάρωση με αξονικό τομογράφο λαμβάνεται για τον ακριβή εντοπισμό της βλάβης και ανακατασκευή της εικόνας σε πολυεπίπεδες ανασυνθέσεις (εικ. 1.20) οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό της βέλτιστης διαδερμικής προσέγγισης (De Filippo , et al., 2018).



Εικόνα 1.20 Υποτροπή οστεοειδούς οστεώματος μετά από χειρουργική απόξεση. (Α) ακτινογραφία που ελήφθη 3 μήνες μετά την απόξεση δείχνει μια ακτινοσκοιρή περιοχή στο σκαφοειδές (μαύρο βέλος), (Β) Η μαγνητική τομογραφία επιβεβαίωσε τη διάγνωση της υποτροπής του οστεοειδούς οστεώματος (λευκό βέλος), (Γ-Δ) Κατάλυση με θερμοκαυτηριασμό ήταν η οριστική θεραπεία με τον πόνο στον καρπό να εξαφανίζεται και δεν παρατηρείται υποτροπή (De Filippis, et al., 2018).

Θερμοκαυτηρίαση με μικροκύματα (MWA)

Η θερμοκαυτηρίαση με μικροκύματα είναι μια μέθοδος που επιτυγχάνει επίσης καταστροφή καλοήθων ή κακοήθων αλλοιώσεων μέσω της θερμότητας και είναι μία από τις πιο πρόσφατες προσθήκες στο πεδίο των ογκολογικών καυτηριάσεων. Τα ηλεκτρομαγνητικά μικροκύματα θερμαίνουν την ύλη ταλαντώνοντας τα μόρια του νερού του ιστού, μέσω ενέργειας που παρέχεται από κεραιές που έχουν προηγουμένως εισαχθεί και παράγουν τριβή και θερμότητα, προκαλώντας έτσι κυτταρικό θάνατο μέσω της πηκτικής νέκρωσης (Simon , et al., 2005). Η θερμότητα που χρησιμοποιείται παρέχεται από μία γεννήτρια μικροκυμάτων μέσω μίας ή πολλαπλών κεραιών εικ.1.21 (Hong & Georgiades , 2010) με συχνότητα 915 ή 2450MHz, πολύ υψηλότερη από τη συχνότητα του RFA και ο στόχος τους είναι να καταστραφούν οι όγκοι μέσω θέρμανσης των κυττάρων πάνω από 60⁰ C προκειμένου να επιτευχθεί μη αναστρέψιμος κυτταρικός θάνατος.



Εικόνα 1.21 Γεννήτρια μικροκυμάτων και κεραιές (Hong & Georgiades , 2010).

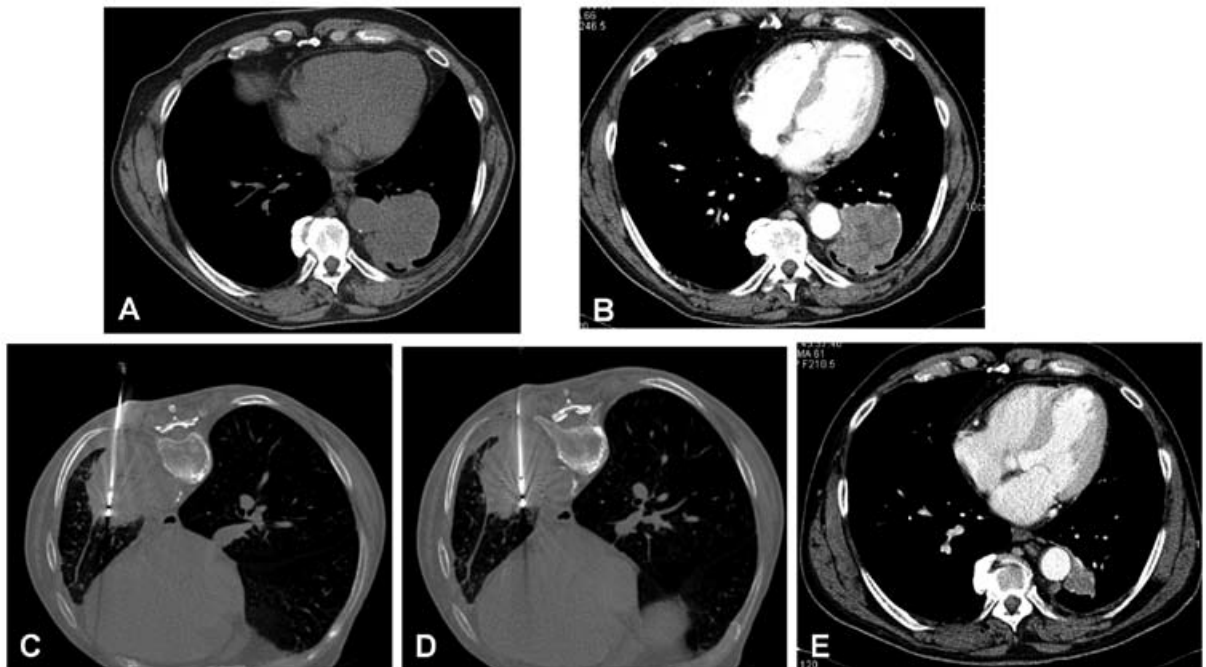
Η διείσδυση των κυμάτων διαφέρει μεταξύ των ιστών των διαφορετικών οργάνων καθώς και μεταξύ όγκου και υγιούς ιστού του ίδιου οργάνου. Οι ιστοί με υψηλότερη συγκέντρωση νερού, όπως το ήπαρ, είναι πιο αγώγιμοι σε αυτό το είδος θερμότητας. Με την MWA, ο

βρασμός, η απανθράκωση και η εξάτμιση δεν φαίνεται να αποτελούν πλέον εμπόδιο σε σύγκριση με την RFA, μπορεί να επιτύχει υψηλότερες θερμοκρασίες από την RFA, καθιστώντας τη θεραπεία μικρότερη σε χρόνο και φαίνεται ότι επηρεάζεται λιγότερο από την αγωγή διασπορά (λιγότερη θερμική απορρόφηση) στην περιοχή των μεγάλων αιμοφόρων αγγείων. Σε αντίθεση με την RFA, οι συσκευές MWA δεν χρειάζονται γείωση, εξαλείφοντας έτσι τον κίνδυνο εγκαυμάτων του δέρματος (Brace , 2009). Επιπλέον, επειδή η κατάλυση MWA δεν βασίζεται σε ηλεκτρικό κύκλωμα όπως η κατάλυση RF, πολλαπλές κεραιές μπορούν να τοποθετηθούν ταυτόχρονα σε κοντινή απόσταση για τη θεραπεία μεγάλων όγκων, ή να θεραπευθούν διάφοροι όγκοι όταν οι κεραιές απέχουν πολύ μεταξύ τους (Wright , et al., 2003).

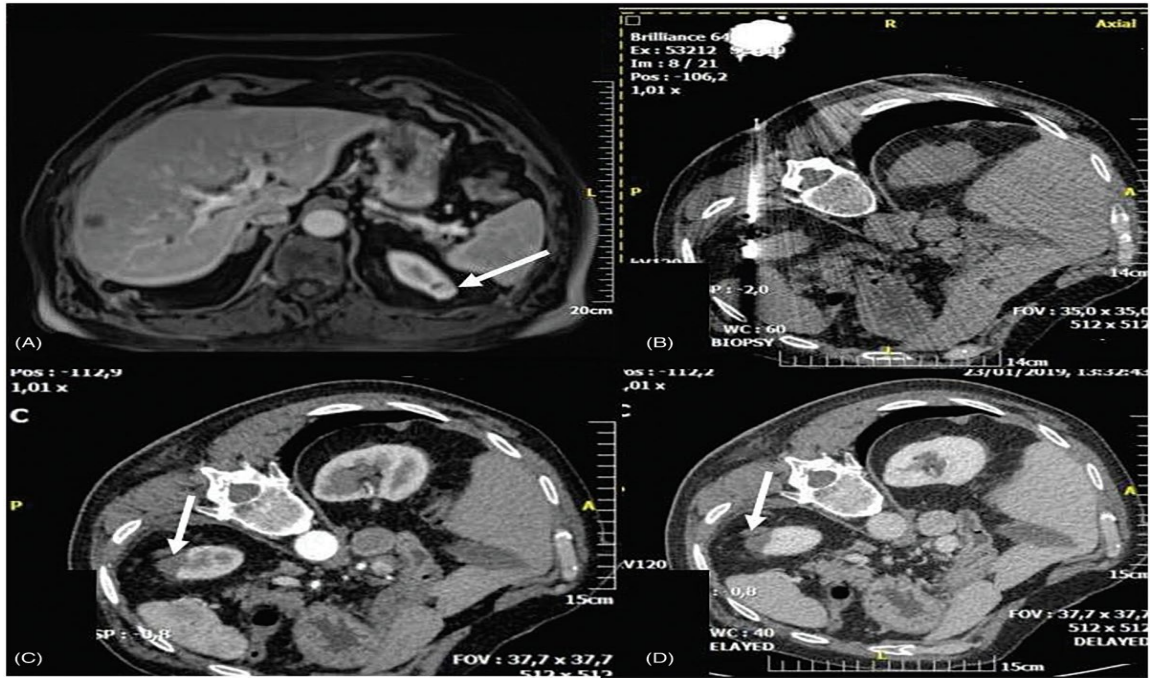
Διαδικασία και κλινικές εφαρμογές

Για τη διαδερμική κατάλυση όγκων, διατίθενται διάφορες μέθοδοι απεικόνισης σε πραγματικό χρόνο για τη βελτίωση της ορατότητας του όγκου, την ανίχνευση των περιβαλλόντων κρίσιμων δομών, την καθοδήγηση των κεραιών, την παρακολούθηση του αποτελέσματος της θεραπείας και εάν είναι απαραίτητο, την προσαρμογή ή την επανάληψη της παροχής ενέργειας (Puijk , et al., 2018). Ο ασθενής μεταφέρεται στην αίθουσα του αξονικού τομογράφου και τοποθετείται στο τραπέζι σε ύπτια, πρηνή ή πλάγια θέση, όπως καθορίζεται από την αναμενόμενη θέση πρόσβασης. Λαμβάνεται μια αρχική βασική σάρωση με ένα πλέγμα στο σημείο της βλάβης, που επιβεβαιώνει το μέγεθος και τη θέση της βλάβης και επιτρέπει τη διενέργεια μετρήσεων επί της οθόνης που υποδεικνύουν την ακριβή τρισδιάστατη θέση της βλάβης εντός της συγκεκριμένης τομής, και στη συνέχεια προσδιορίζεται η θέση διαδερμικής πρόσβασης με την βοήθεια των λέιζερ του αξονικού και η τροχιά της κεραιάς.

Η MWA χρησιμοποιείται στη θεραπεία πρωτοπαθών και δευτεροπαθών κακοηθειών του ήπατος, του πνεύμονα (εικ1.22), όγκων των νεφρών (εικ 1.23), επινεφριδίων και οστικών μεταστάσεων (Gala, et al., 2020).



Εικόνα 1.22 MWA πλακώδους κυτταρικού καρκινώματος (4x5 cm) στον αριστερό πνεύμονα που εντοπίζεται σε κοντινή απόσταση από την κατιούσα αορτή σε άνδρα 67 ετών. (Α) εικόνα αξονικής τομογραφίας χωρίς σκιαγραφικό (Β) με σκιαγραφική ενίσχυση. (Γ) MWA με εισαγωγή κεραίας με ισχύ εξόδου 70 W για 10 λεπτά με τον ασθενή σε πρηνή θέση, (Δ) δεύτερη κεραία με ισχύ εξόδου 70 W για 10 λεπτά, (Ε) Follow-up 10 μηνών, όπου φαίνεται μείωση του μεγέθους του όγκου (1,8 cm) με ανεπαίσθητη ενίσχυση (Pusceddu , et al., 2019).



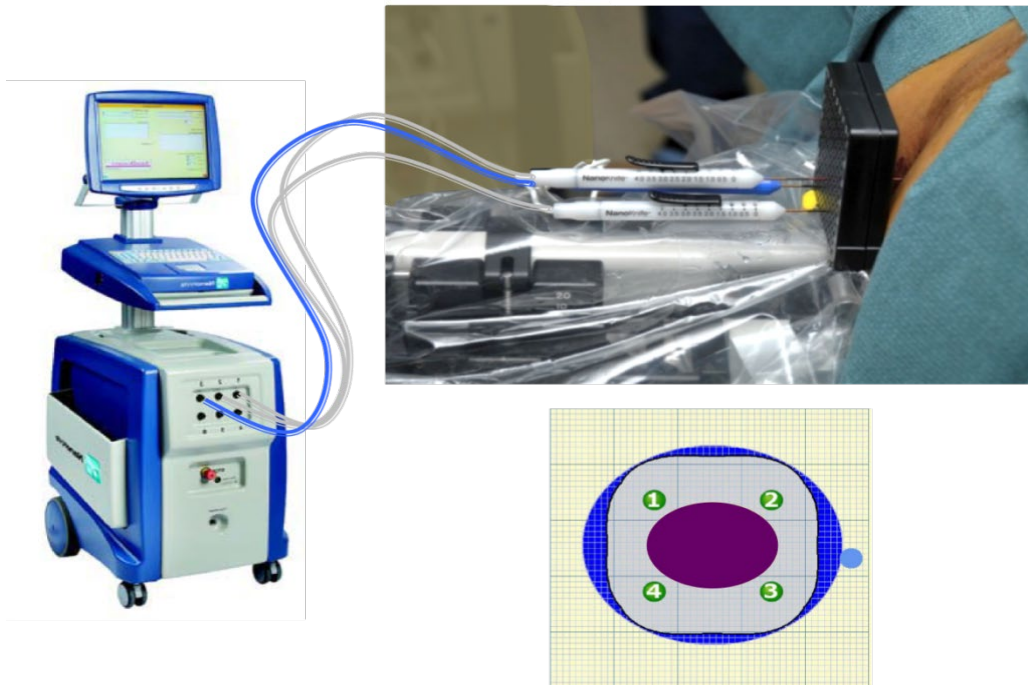
Εικόνα 1.23 MWA νεφροκυτταρικού καρκινώματος (αποδεδειγμένο με βιοψία) που εντοπίζεται στην κορυφή του αριστερού νεφρού. (Α) Ακολουθία T1 με IV που απεικονίζει τη βλάβη (βέλος) στην κορυφή του αριστερού νεφρού. (Β) Ο ασθενής τοποθετήθηκε σε πλάγια θέση και πραγματοποιήθηκε κατάλυση με κεραία μικροκυμάτων σύμφωνα με τις προβλεπόμενες διαστάσεις όσον αφορά την ενέργεια (W) και το χρόνο (min). (Γ, Δ) απεικονίσεις CT σε αρτηριακή (Γ) και πυλαία (Δ) φάση που απεικονίζουν την πλήρη αφαίρεση του όγκου (βέλος) (Filippiadis , et al., 2019).

Η εξαιρετικά εντοπισμένη εφαρμογή της ενέργειας και η διαδερμική τεχνική είναι ιδανική για ασθενείς με μειωμένη ηπατική, πνευμονική ή νεφρική λειτουργία, καθώς ο νεοπλασματικός ιστός αφαιρείται και το εναπομένον λειτουργικό παρέγχυμα διατηρείται. Τεχνικά, τα μικροκύματα είναι η μέθοδος επιλογής όταν αντιμετωπίζονται βλάβες που είναι μεγαλύτερες από 4cm σε μέγεθος, βρίσκονται σε κοντινή απόσταση με ευμεγέθη αγγεία διαμέτρου μεγαλύτερης των 3mm λόγω της θερμικής απορρόφησης ή όταν αντιμετωπίζεται μια βλάβη που έχει υποτροπιάσει μετά από προηγούμενη θερμική κατάλυση (Carrafiello , et al., 2008).

Μη αναστρέψιμη ηλεκτροδιάτρηση (IRE)

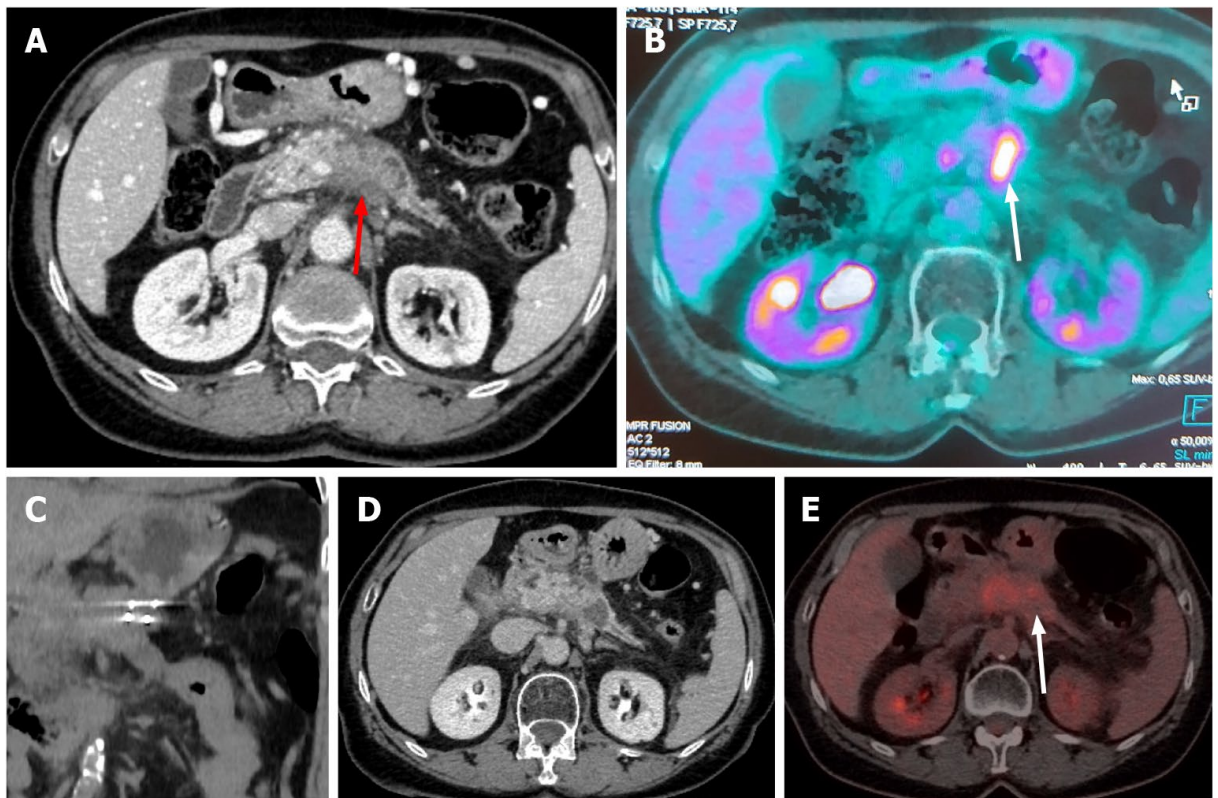
Η IRE είναι κατά κύριο λόγο μία μη θερμική τεχνική κατάλυσης μαλακών ιστών που χρησιμοποιείται για την αφαίρεση όγκων σε περιοχές που απαιτούν πολύ υψηλή ακρίβεια και διατήρηση των περιβάλλοντων κολλαγονούχων δομών (αγγεία και πόροι) καθώς και σε μειωμένη ευπάθεια σε φαινόμενα απαγωγής θερμότητας. Χρησιμοποιεί ηλεκτρικούς παλμούς υψηλής τάσης (HVEPs) ύψους έως 3000V ώστε να διαπεράσουν και να αποσταθεροποιήσουν την ομοιόσταση των κυτταρικών μεμβρανών, την αλλοίωση των ηλεκτρολυτών οδηγώντας τελικά σε κυτταρικό θάνατο με απόπτωση. Σε αντίθεση με τη νέκρωση που προκαλείται από τις θερμικές μεθόδους κατάλυσης, ο μη θερμικός αποπτωτικός ενεργός κυτταρικός θάνατος δεν προκαλεί φλεγμονή και επιτρέπει την κατάλυση με ελάχιστη παραμόρφωση των παρακείμενων ιστών (Spiliopoulos, et al., 2023).

Πολλαπλά ηλεκτρόδια εφαρμόζονται μέσα και γύρω από τον όγκο, έτσι ώστε ολόκληρος ο όγκος να συμπεριλαμβάνεται συν ένα ασφαλές περιθώριο. Η IRE εφαρμόζεται από ηλεκτρόδια συνδεδεμένα με γεννήτρια παλμών υψηλής τάσης (εικ. 1.24). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλά ζεύγη ηλεκτροδίων, ο αριθμός των ηλεκτροδίων που απαιτούνται και η ακριβής τοποθέτησή τους αποφασίζεται κατά τον προ-επεμβατικό σχεδιασμό. Για μικρούς όγκους μεγέθους έως 2cm, τοποθετούνται τρία ηλεκτρόδια στην περιφέρεια της βλάβης-στόχου, ενώ για βλάβες μεταξύ 2cm και 3cm χρησιμοποιούνται τέσσερα ηλεκτρόδια. Ωστόσο, για βλάβες >3cm, επιτρέπεται μέγιστος αριθμός έξι ηλεκτροδίων με τέσσερα ή πέντε ηλεκτρόδια στην περιφέρεια και ένα ή δύο στο κέντρο της βλάβης. Απαιτείται επίσης η χρήση αξονικού τομογράφου ως οδηγού για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων και την αποφυγή τυχαίας βλάβης των γύρω οργάνων.



Εικόνα 1.24 IRE σύστημα <https://vitusprivatklinik.com/en/overview-electroporation-process/vitus-ire-irreversible-electricity-in-detail/>

Σε σύγκριση με τις μεθόδους θερμικής αφαίρεσης, η IRE προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα ιδίως για όγκους του παγκρέατος (εικ 1.25), όπως η δυνατότητα εφαρμογής της κοντά σε δομές που είναι ευαίσθητες σε θερμικές βλάβες, όπως τα χοληφόρα (εξ' ου και η χρήση της σε όγκους στο ήπαρ και το πάγκρεας) και τα αγγεία λόγω της μείωσης του φαινομένου της απορρόφησης θερμότητας, όπου η ροή των μεγάλων αιμοφόρων αγγείων μειώνει το θερμικό αποτέλεσμα όπως κατάλυσης. Αυτά τα πλεονεκτήματα μπορεί να παρέχουν μια θεραπευτική επιλογή για όγκους που διαφορετικά δεν θα ήταν υποψήφιοι για κατάλυση (Timmer , et al., 2021).

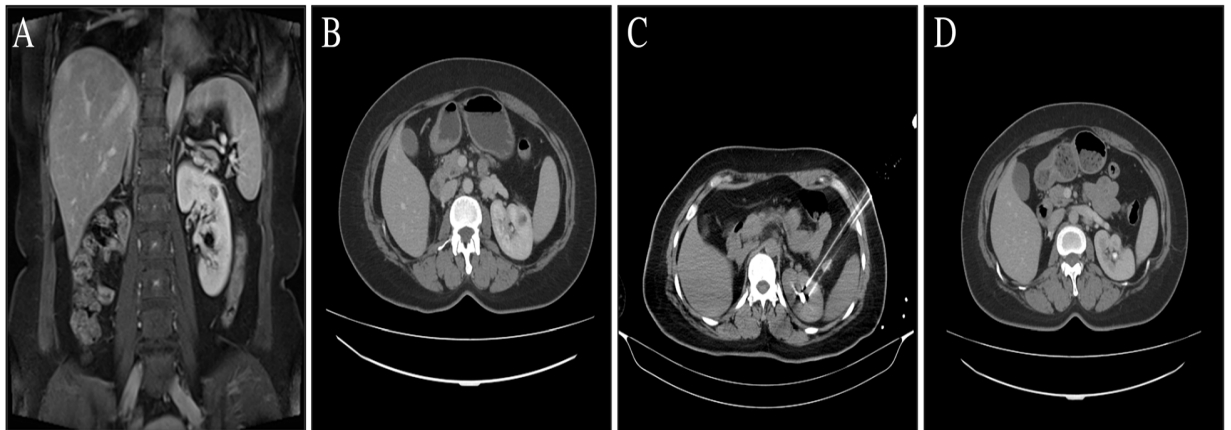


DOI: 10.3748/wjg.v29.i2.223 Copyright ©The Author(s) 2023.

Εικόνα 1.25 Καρκίνος του παγκρέατος που αντιμετωπίστηκε με IRE. A: CT που δείχνει μια βλάβη (βέλος) στο σώμα του παγκρέατος που συνάδει με αδενοκαρκίνωμα που είχε προηγουμένως υποβληθεί σε χημειοθεραπεία και ακτινοθεραπεία B: PET-CT υπολειπόμενο ενεργό τμήμα της βλάβης (βέλος)- C: στεφανιαία λήψη CT με 4 παράλληλα ηλεκτρόδια τοποθετημένα εντός της βλάβης- D και E: CT παρακολούθησης 3 μηνών D και PET-CT (E) που δείχνει πλήρη του όγκου με φωτοσπενική περιοχή στο σημείο της κατάλυσης (βέλος) (Spiliopoulos , et al., 2023).

Η IRE αποτελεί μια ενδιαφέρουσα επιλογή για τη νεφροσυντηρητική θεραπεία των νεφρικών όγκων, ακόμη και για εκείνους με δυσμενή ανατομική θέση (π.χ. κεντρικά τοποθετημένοι και κοντά στη νεφρική πύελο ή και σε μεγάλα αγγεία) εικ 1.26. Για κεντρικά εντοπισμένους νεφρικούς όγκους, η IRE έχει πλεονεκτήματα έναντι της χειρουργικής αφαίρεσης και τις τεχνικές θερμικής αφαίρεσης. Σε σύγκριση με τη θερμική αφαίρεση και την κρυοκατάλυση, η IRE δεν απαιτεί προεγχειρητική προετοιμασία για κακοήθεις νεφρικούς όγκους κοντά σε σημαντικά όργανα και ιστούς (όπως πυελοστομία, εμφύτευση ουρητηρικών στεντ και

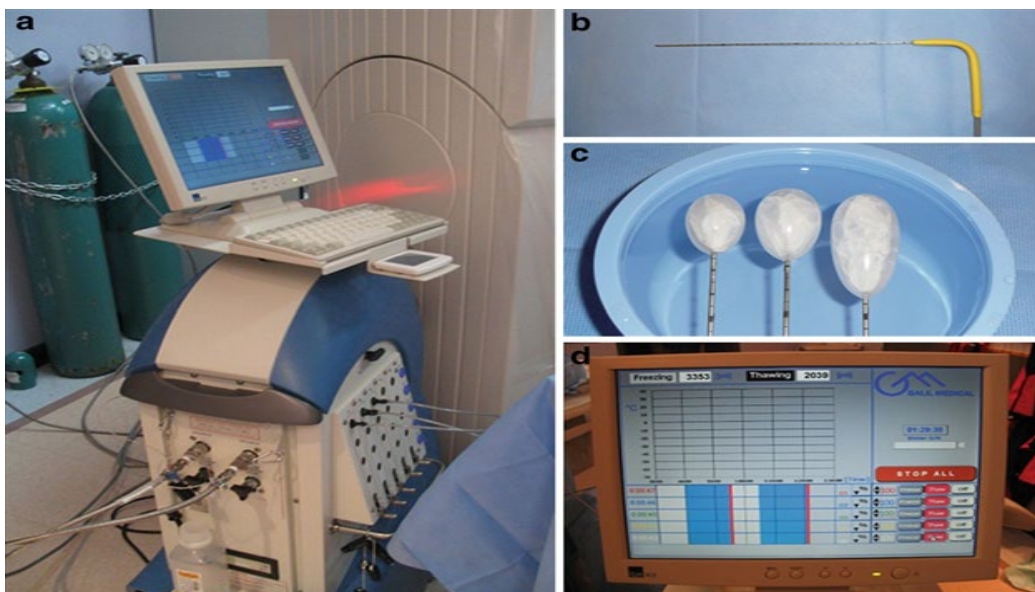
τεχνητά πνευμοπεριτόναιο και ασκίτη, κ.λπ., για την προστασία σημαντικών ιστών και οργάνων). (Wang , et al., 2021).



Εικόνα 1.26 A-B) MRI με σκιαγραφικό και CT με σκιαγραφικό αναδεικνύει τον όγκο στον άνω πόλο του αριστερού νεφρού. C) βελόνες IRE υπό CT. D) CT με σκιαγραφικό μετά από 15 μήνες με απουσία όγκου (Wang , et al., 2021).

Κρυοκατάλυση (Percutaneous image guided CryoAblation PICA)

Η κρυοκατάλυση είναι μια τεχνική που προκαλεί νέκρωση στον όγκο με ψύξη, επιτρέπει τη θεραπεία μεγάλων και ακανόνιστων όγκων παθολογικού ιστού, την αξιολόγηση της περιοχής κατάλυσης σε πραγματικό χρόνο και θεωρείται λιγότερο επώδυνη από τις τεχνικές κατάλυσης που βασίζονται στη θερμότητα, όπως οι ραδιοσυχνότητες και τα μικροκύματα (Arrighoni, et al., 2022). Για τους περισσότερους τύπους ιστών, η κυτταρική νέκρωση επέρχεται όταν η θερμοκρασία φτάσει τους -20°C , λόγω σχηματισμού πάγου και ώσμωσης που προκαλούν μετουσίωση πρωτεϊνών, ρήξη της κυτταρικής μεμβράνης και κυτταρικό θάνατο. Θερμοκρασία κάτω από -10°C αποδίδεται στους ιστούς εντός δευτερολέπτων λόγω της ταχείας, υψηλής πίεσης (300bar) διαστολή του αερίου αργού μέσω του φαινομένου JouleThomson (Sabharwal, et al., 2009). Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση διαδερμικά εισαγόμενων κρυοκαθετήρων αερίου αργού (εικ.1.27) που προκαλούν ελεγχόμενη ψύξη των ιστών. Η όλη διαδικασία παρακολουθείται μέσω των σαρώσεων του αξονικού όπου δημιουργείται η λεγόμενη σφαίρα πάγου.



Εικόνα 1.27 Σύστημα κρυοκατάλυσης (Morrison, 2013).

Συνεδρίες κρυοκατάλυσης περιλαμβάνουν συνήθως δύο κύκλους 10 λεπτών ψύξης και 10 λεπτών απόψυξης (επιτυγχάνεται με την κυκλοφορία αερίου ηλίου) (Krokidis, et al., 2018). Κυτταρική λύση προκύπτει από την ταχεία μεταβολή μεταξύ ψύξης και απόψυξης. Οι μηχανισμοί δράσης περιλαμβάνουν άμεση φυσική βλάβη (διάτμηση των κυτταρικών μεμβρανών και οργανιδίων με αποτέλεσμα τον κυτταρικό θάνατο) και την αγγειακή τοξικότητα (με μόνιμη μικροαγγειακή απόφραξη και ισχαιμική βλάβη) (Filippiadis, et al., 2019).

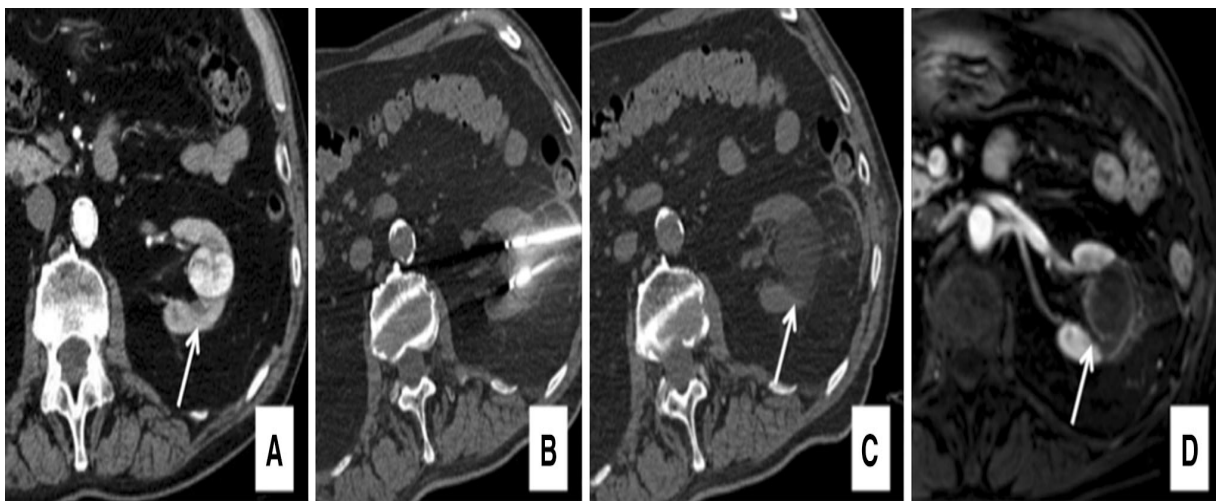
Απαιτείται θερμοκρασία -40°C για να εξασφαλιστεί συστηματική κυτταρική νέκρωση. Οι καθετήρες τοποθετούνται εντός του όγκου-στόχου υπό απεικονιστική καθοδήγηση (συνήθως 1-2cm μεταξύ τους και 0,5-1cm από το όριο του όγκου). Είναι σημαντικό η μπάλα πάγου να υπερβαίνει τον όγκο κατά 8-10mm, ώστε να διασφαλίζεται η κάλυψη εντός της τελευταίας ισόθερμης νέκρωσης (μεταξύ -20°C και -40°C και εντός 8-10mm από το όριο του πάγου). Πολλαπλοί αισθητήρες (έως 25) με διαφορετικές διαμορφώσεις πάγου μπορούν να συνδυαστούν ώστε να καλύψουν τα περιγράμματα πολύ μεγάλων βλαβών. Εκτελούνται 2 έως 3 κύκλοι ψύξης-απόψυξης, ανάλογα με τον τύπο του ιστού. Η υψηλής ποιότητας απεικονιστική καθοδήγηση με αξονικό τομογράφο είναι απαραίτητη για την απεικόνιση και παρακολούθηση της ζώνης κατάλυσης, την αποφυγή παράπλευρης θερμικής βλάβης ζωτικών δομών και στην επαλήθευση και καθοδήγηση μίας επιτυχημένης τεχνικής (Cazzato , et al., 2016).

Κλινικές εφαρμογές

Νεφροί

Η κρυοκατάλυση παρέχεται ως θεραπευτική επιλογή για μικρούς νεφρικούς όγκους <4cm ιδίως T1a όγκους σε ηλικιωμένους ή ασθενείς ακατάλληλους για χειρουργική επέμβαση. Μπορεί επίσης να είναι χρήσιμη όταν η διατήρηση του νεφρού είναι επιβεβλημένη (π.χ.

μονήρης νεφρός, κακή νεφρική λειτουργία, ή γενετική προδιάθεση για πολλαπλούς νεφρικούς όγκους). Η RICA προτιμάται για τους κεντρικούς όγκους λόγω των ιδιοτήτων διατήρησης του κολλαγόνου της (περιορίζοντας τη πυελοκαλυκτική βλάβη) και της ικανότητας υποχώρησης των όγκων περιφερικά πριν από την κατάλυση. Η RICA αποδίδει παρόμοια συνολική επιβίωση και επιβίωση χωρίς νόσο με τη λαπαροσκοπική θεραπεία και υπάρχουν λιγότερες περιεγχειρητικές επιπλοκές και μικρότερη παραμονή στο νοσοκομείο (εικ1.28) (Cazzato , et al., 2016).

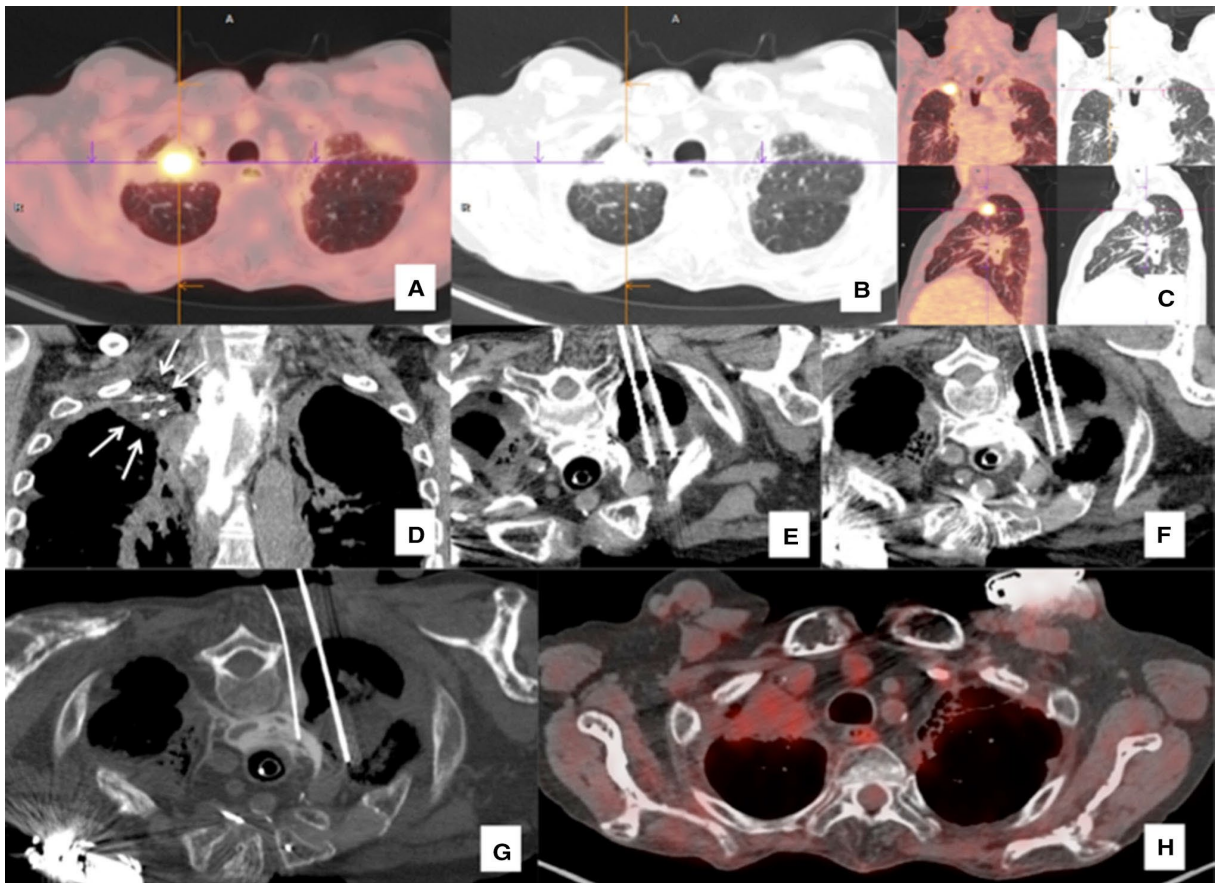


Εικόνα 1.28 α) Εικόνα αξονικής τομογραφίας που απεικονίζει κεντρικό νεφροκυτταρικό καρκίνωμα, β) κρυοκατάλυση γ) το βέλος υποδεικνύει την δημιουργία της μπάλας πάγου δ) MRI μετά από 3 μήνες που υποδεικνύει πλήρη κατάλυση του όγκου χωρίς γύρω τραυματισμούς (Cazzato , et al., 2016).

Πνεύμονες

Η κρυοκατάλυση χρησιμοποιείται στην θεραπεία πρωτογενών όγκων σε μικρές <3cm περιφερικές αλλοιώσεις και σε ιατρικά ανεγχείρητους ασθενείς με μη μικροκυτταρικό καρκίνο του πνεύμονα σταδίου I εικ. 1.29. Ειδικότερα, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για κεντρικούς όγκους, λόγω χαμηλότερου κινδύνου εμφάνισης βρογχοπνευμονικού συριγγίου. Επίσης, αποτελεί μια βιώσιμη θεραπευτική επιλογή για τις μεταστάσεις στους πνεύμονες, ιδίως προερχόμενες από το παχύ έντερο, υπό την προϋπόθεση ότι ελέγχεται η

εξωπνευμονική νόσος. Μπορούν να αντιμετωπιστούν έως και πέντε βλάβες <3cm, και η επιτυχής θεραπεία μπορεί να οδηγήσει σε ακύρωση της χειρουργικής επέμβασης ή να επιτρέψει "διακοπή ενός κύκλου χημειοθεραπείας" στο πλαίσιο ολιγομεταστατικής νόσου (Clasen , et al., 2009).

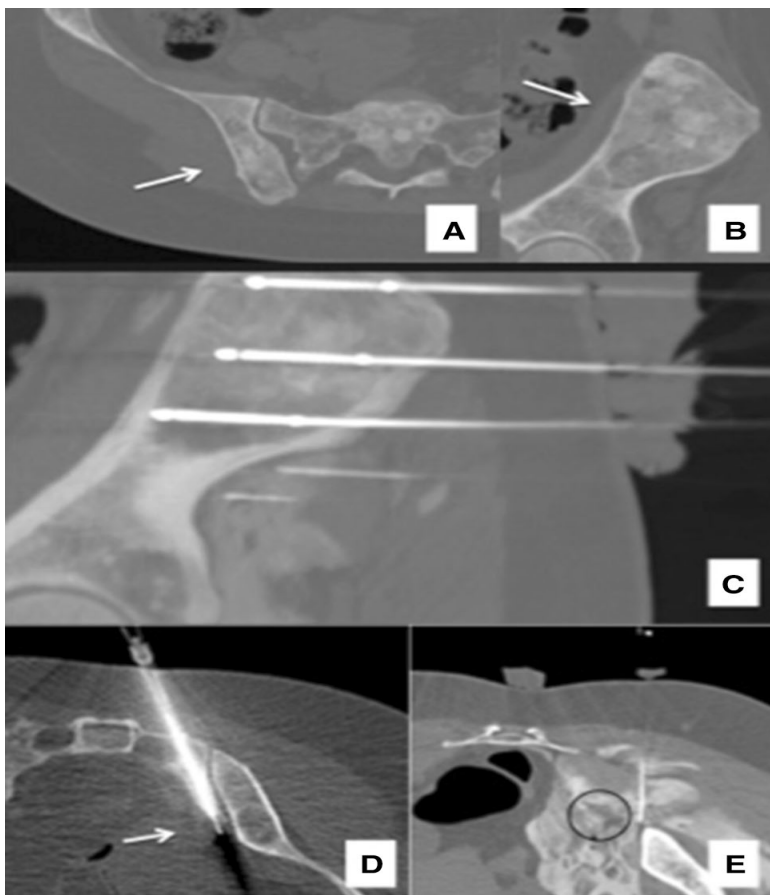


Εικόνα 1.29 A-C) PET-CT σε έναν άνδρα 60 ετών με υποτροπιάζον αδενοκαρκίνωμα του πνεύμονα στον αριστερό άνω λοβό μετά από ακτινοθεραπεία. D-F) Ο ασθενής υποβλήθηκε σε καθοδηγούμενη κρυοκατάλυση υπό CT με τη χρήση τεσσάρων καθετήρων για τη δημιουργία μιας μπάλας πάγου που περιβάλλει τη βλάβη (βέλη στα D,E,F). G) Ένα μείγμα φυσιολογικού ορού/σκιαγραφικού εγχύθηκε στο μεσοθωράκιο μέσω μίας διαδερμικά εισαγόμενης βελόνας κατά τη διάρκεια της ψύξης, προκειμένου να προστατευθούν ζωτικές δομές του μεσοθωρακίου. H) Follow-up 2 ετών, η PET-CT δεν δείχνει υποτροπή στην περιοχή που υποβλήθηκε σε θεραπεία (Clasen , et al., 2009).

Οστά και μαλακοί ιστοί

Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι η κρυοκατάλυση εικ.1.30 παρέχει καλή άμεση (<24 h) και βραχυπρόθεσμη (2-3 μήνες) ανακούφιση από τον πόνο των μυοσκελετικών μεταστάσεων

(ισοδύναμη ή ανώτερη από την RFA), και συντομότερη παραμονή στο νοσοκομείο. Η κρυοκατάλυση σε οστεολυτικές βλάβες συνήθως συνδυάζεται με τιμμεντοπλαστική ή/και διαδερμική οστεοσύνθεση, προκειμένου να αποφευχθεί παθολογικό κάταγμα. Πρόσφατες κατευθυντήριες γραμμές προτείνουν την εφαρμογή της κρυοκατάλυσης σε μυοσκελετική ολιγομεταστατική νόσο σε αργά αναπτυσσόμενους όγκους με μεταστάσεις μεγέθους <3cm σε <3 ξεχωριστές θέσεις (Cazzato , et al., 2016).

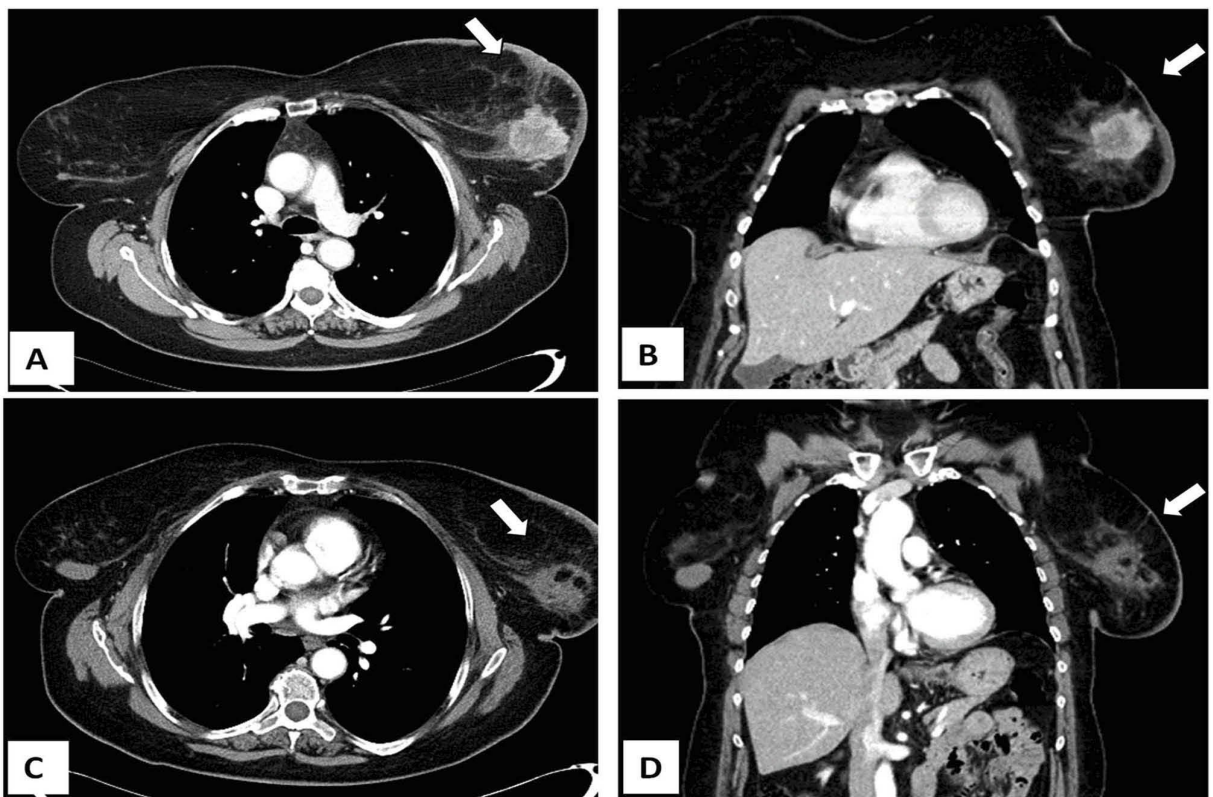


Εικόνα 1.30 Γυναίκα 38 ετών με διάχυτη οστεοβλαστική νόσο από μεταστατικό καρκίνο του μαστού. a-b) Η ασθενής παρουσίασε εστιακό πόνο στη δεξιά πτέρυγα του ιερού (βέλη). c) υποβλήθηκε σε κρυοκατάλυση καθοδηγούμενη από CT χρησιμοποιώντας τρεις βελόνες. d) Λήφθηκαν σχολαστικά μέτρα θερμοπροστασίας, μια συσκευή θερμομέτρησης τοποθετήθηκε δίπλα στην ρίζα του νεύρου, προκειμένου να παρακολουθείται η θερμοκρασία και να διακόπτεται η κατάλυση κάτω από 10-15⁰ C (βέλος). e) τοποθετήθηκε ένα πολύπλοκο σύστημα σπονδυλικών βελονών για την νευροπροστασία του ισχιακού νεύρου (κύκλος). Η ασθενής δεν παρουσίασε νευρική δυσλειτουργία μετά τη διαδικασία (Cazzato , et al., 2016).

Μαστός

Οι εξελίξεις των συστηματικών θεραπειών και η έγκαιρη διάγνωση λόγω του μαστογραφικού ελέγχου έχουν οδηγήσει σε προοδευτική αποκλιμάκωση της θεραπείας του καρκίνου του

μαστού σε λιγότερο επεμβατικές μορφές τοπικών επεμβάσεων. Έτσι, η χειρουργική επέμβαση με παράλληλη διατήρηση του μαστού έχει γίνει η θεραπεία εκλογής για την πλειονότητα των ασθενών με πρώιμο καρκίνο του μαστού. Πρόσφατα, σύμφωνα με τις συνεχιζόμενες έρευνες σε διάφορους τομείς της χειρουργικής ογκολογίας, οι μη χειρουργικές προσεγγίσεις, όπως η κρυσκατάλυση έχουν προταθεί ως πιθανή εναλλακτική λύση στη χειρουργική επέμβαση σε επιλεγμένους ασθενείς με πρώιμο καρκίνο του μαστού, τον μεταστατικό καρκίνο του μαστού και όταν οι ασθενείς αποκλείονται από τη χρήση χειρουργικής θεραπείας. Ο ασθενής μπορεί να πάρει εξιτήριο την ίδια ημέρα της θεραπείας και να επιστρέψει στη φυσιολογική του ζωή σχεδόν αμέσως μετά την επέμβαση (εικ. 1.31 (Pusceddu, et al., 2019)).



Εικόνα 1.31 Κρυσκατάλυση διηθητικού καρκινώματος μαστού σε γυναίκα 74 ετών με απομακρυσμένες μεταστάσεις στα οστά (στάδιο IV) κατά τη διάγνωση. (A-B) αξονική τομογραφία με σκιαγραφική ενίσχυση που δείχνει μάζα 4cm στον αριστερό μαστό. (C-D) Αξονική τομογραφία με σκιαγραφική ενίσχυση 2 μήνες μετά την κρυσκατάλυση που δείχνει μείωση του μεγέθους του όγκου και απουσία σκιαγραφικής ενίσχυσης (Pusceddu, et al., 2019).

Απεικονιστικά καθοδηγούμενος νευρικός αποκλεισμός και διηθήσεις

Η συντηρητική διαχείριση των ασθενών που περιλαμβάνει την φυσική ή και τη συστηματική φαρμακολογική θεραπεία, θεωρείται ως η προσέγγιση πρώτης γραμμής για την αντιμετώπιση των συνδρόμων νευροπαθητικού πόνου. Στην εποχή της υπερδοσολογίας οπιοειδών η αυξημένη ανησυχία για τους κινδύνους και τις βλάβες που προκύπτουν από την κατάχρηση των φαρμάκων για τη διαχείριση του πόνου, οι διαδερμικές ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές, όπως οι διηθήσεις νεύρων καθώς και τεχνικές νευρόλυσης ή νευροδιαμόρφωσης προτείνονται για τον έλεγχο του πόνου και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής.

Η σάρωση με αξονικό τομογράφο (120Kv, 240 mAs, πάχος τομής 2-5mm) χρησιμεύει ως ιδανική τεχνική καθοδήγησης λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της, συμπεριλαμβανομένης της ακριβούς ανατομικής οριοθέτησης, της υψηλής χωρικής ανάλυσης και της καλής αντίθεσης για το σχεδιασμό και τη στόχευση, καθώς επιτρέπει και την οποιαδήποτε τροποποίηση κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η προσέγγιση βελόνας/ηλεκτροδίου/ανιχνευτή αξιολογείται με διαδοχικές σαρώσεις CT. Μόλις επιλεγθεί η επιθυμητή θέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σκιαγραφικό μέσο για την επαλήθευση της εξωαγγειακής θέσης. Τα πιο συνηθισμένα σύνδρομα νευροπαθητικού πόνου περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων το τρίδυμο νεύρο, Alcock, Arnold, η νευραλγία του αιδοίου και η νευραλγία του απιοειδούς μύ μαζί με τη νευροπαθητική συνιστώσα σε μυοσκελετικές (MSK) και αρθρικές ανωμαλίες (Filippiadis , et al., 2021).

Διαδερμικές διηθήσεις

Οι διαδερμικοί νευρικοί αποκλεισμοί εικ. 1.32 για τη μείωση του πόνου χρησιμοποιούν έναν φαρμακολογικό παράγοντα (ή μείγμα) που εγχύεται σε χαμηλή δόση, συγκέντρωση και όγκο

σε συγκεκριμένη θέση κοντά στο νεύρο ή γάγγλιο-στόχο. Οι ενέσιμοι παράγοντες για νευρικούς αποκλεισμούς περιλαμβάνουν τοπικά αναισθητικά ή και κορτικοστεροειδή όπου η επιλογή του αναισθητικού καθορίζεται από τη δραστικότητα, την έναρξη και τη διάρκεια δράσης καθώς και την πιθανή τοξικότητα.



Εικόνα 1.32 Άνδρας 64 ετών με σύνδρομο απιοειδούς μυός που αντιμετωπίστηκε με διαδερμική διήθηση. Η εικόνα αξονικής τομογραφίας δείχνει τη βελόνα τοποθετημένη ακριβώς μπροστά από τον απιοειδή μυ δίπλα στο νευροαγγειακό κόμβο. Μικρή ποσότητα ιωδιούχου σκιαγραφικού (λευκό βέλος) εγχύεται μέσω της βελόνας για τον έλεγχο της θέσης του εξωαγγειακού άκρου της βελόνας (Filippiadis , et al., 2021).

Διαδερμική νευροδιαμόρφωση

Η διαδερμική νευροδιαμόρφωση χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες RF προκειμένου να μειωθεί η φλεγμονή (μέσω μιας ανοσολογικής απόκρισης) και να παρέχει άμεση ανακούφιση από τον πόνο. Η κατάλυση με ραδιοσυχνότητες χαρακτηρίζεται από την κατευθυνόμενη εναλλαγή ρεύματος μέσω ενός ηλεκτροδίου στον ιστό-στόχο με σύντομους παλμούς με διαστήματα ή μεγάλες παύσεις. Οι παύσεις μεταξύ των παλμών επιτρέπουν την απορρόφηση θερμότητας και διατηρούν τη θερμοκρασία κάτω από 42°C καθ' όλη τη διάρκεια της θεραπείας ώστε να επιτυγχάνεται η ανακούφιση από τον πόνο χωρίς μόνιμη βλάβη.

Διαδερμική νευρόλυση

Οι τεχνικές διαδερμικής νευρόλυσης χρησιμοποιούν χημικούς παράγοντες (αλκοόλη ή φαινόλη) ή θερμική ενέργεια (ραδιοσυχνότητα ή κρυοκατάλυση) στο νεύρο ή το γάγγλιο στόχο. Η καθαρή αλκοόλη 95%-100% και φαινόλη σε συγκέντρωση 3%-20% είναι οι πιο συχνά

χρησιμοποιούμενοι παράγοντες στη χημική νευρόλυση και οι δύο οδηγούν σε εκφυλισμό, μετουσίωση πρωτεϊνών και πηκτική νέκρωση του νευρικού ιστού. Αναλογία 6:3:1 καθαρής αιθανόλης (95%-100%), βουπιβακαΐνης και σκιαγραφικού μέσου είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο ενέσιμο υλικό.

Εκτός από τους χημικούς παράγοντες, υψηλές (75-99 °C) ή χαμηλές θερμοκρασίες (-20 έως -40°C) χρησιμοποιούνται για την καταστροφή νευρικού ιστού από ραδιοσυχνότητες ή κρυοκατάλυση αντίστοιχα. Για τη νευρόλυση με ραδιοσυχνότητες εικ. 1.33, η κεραία τοποθετείται παράλληλα στο νεύρο-στόχο προκειμένου να επιτευχθεί απονεύρωση κατά μήκος του βασικού μήκους του νεύρου και εφαρμόζονται 2-3 κύκλοι θερμοπηξίας 75-90°C διάρκειας 90 δευτερολέπτων. Κατά τη διάρκεια της κρυονευρόλυσης τοποθετείται μία βελόνα κοντά στον ιστό-στόχο σε τέτοια θέση ώστε να καλυφθεί ολόκληρο το νεύρο. Ακολουθούν δύο εναλλασσόμενοι κύκλοι ψύξης-απόψυξης που κυμαίνονται από 6 έως 10 λεπτά και από 3 έως 5 λεπτά, και στην συνέχεια επαναλαμβάνονται. Η κρυονευρόλυση οδηγεί σε ακριβή νευρικό τραυματισμό προκαλώντας εκφυλισμό και αναγέννηση, χωρίς να διαταράσσεται ο συνδετικός ιστός του νεύρου (Filippiadis , et al., 2021).



Εικόνα 1.33 Άνδρας 82 ετών με νευραλγία τριδύμου που παραπέμφθηκε για διαδερμική νευρόλυση. Η εικόνα υπολογιστικής τομογραφίας δείχνει το σημείο εισαγωγής και την πρόωθηση μιας βελόνας RF (λευκό βέλος) με ενεργό άκρο 5mm (Filippiadis , et al., 2021).

Επεμβατικές πράξεις με ακτινοσκόπηση

Η αξονική τομογραφία (CT) με ακτινοσκόπηση συνδυάζει τα συμβατικά πλεονεκτήματα τόσο της αξονικής τομογραφίας όσο και της ακτινοσκόπησης και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις επεμβάσεις με καθοδηγούμενη εικόνα όπου απαιτείται απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Ιστορικά, η ακτινοσκόπηση αποτελούσε το κύριο εργαλείο καθοδήγησης εικόνας για επεμβατικές ακτινολογικές επεμβάσεις. Η ακτινοσκοπική αξονική τομογραφία (CTF) συνδυάζει τις εγκάρσιες τομές που παρέχει η αξονική τομογραφία με την απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο, την ιχνηλάτηση και την αντίληψη της κίνησης της ακτινοσκόπησης σε επεμβατικές διαδικασίες. Επιτρέπει τη συνεχή ενημέρωση των εικόνων σε σταθερή θέση και χρησιμοποιείται συνήθως για βιοψίες και παροχετεύσεις υγρών υπό καθοδήγηση αξονικού τομογράφου.

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

1. δεν υπάρχουν επικαλύψεις και παρέχονται ακριβείς χωρικές πληροφορίες
2. απεικόνιση εικόνων σε πραγματικό χρόνο
3. επακόλουθη μείωση των επιπλοκών μέσω του λεπτότερου ελέγχου της βελόνας
4. μειωμένος χρόνος διαδικασίας
5. αυξημένη αυτοπεποίθηση του χειριστή

Σε αντίθεση με την τεχνική με βάση το πλέγμα στην κλασσική βιοψία που χρησιμοποιεί επαναλαμβανόμενες χωρίς σκιαγραφικό σαρώσεις που καλύπτουν τον όγκο του ενδιαφέροντος, στην ακτινοσκόπηση η βελόνα απεικονίζεται σε μια εσωτερική οθόνη μέσα στην αίθουσα σε πραγματικό χρόνο. Ο χειριστής μπορεί να ρυθμίσει δυναμικά τη θέση της βελόνας με CTF με μία λήψη ή συνεχή CTF έως ότου επιτευχθεί η είσοδος στην βλάβη. Η τεχνική αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση ασθενών που δεν είναι σε θέση να

συνεργαστούν, π.χ. να κρατήσουν την αναπνοή τους, ή σε περιοχές με συνεχή κίνηση, ή σε σημεία κοντά σε καρδιά και το διάφραγμα. Σε αντίθεση με τη συμβατική καθοδήγηση με αξονική τομογραφία, το κύριο μειονέκτημα είναι η έκθεση στην ακτινοβολία του χειριστή και στην περιορισμένη χρήση της. Η χρήση συστήματος για τη συγκράτηση της βελόνας βοηθά στην αποφυγή της άμεσης έκθεσης του χεριού του χειριστή στην ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της CTF (Silverman, et al., 1999).

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΑΚΤΙΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΟΥ

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών ο ρόλος των ακτινοτεχνολόγων έχει εξελιχθεί και εμπλουτισθεί θεαματικά. Σε όλους τους κλάδους του επαγγέλματος, εκτός από την ικανότητα χρήσης πολύπλοκου εξοπλισμού, οι ακτινοτεχνολόγοι πρέπει να κατανοούν τις αρχές της διάγνωσης και τους ακριβείς στόχους της απεικόνισης. Καταστάσεις που προηγουμένως διαχειρίζονταν αποκλειστικά χειρουργοί και αναισθησιολόγοι, αντιμετωπίζονται πλέον συχνά σε ακτινολογικές αίθουσες. Το φάσμα των διαδικασιών αυξάνεται, απαιτώντας μεγάλη ποικιλία πολύπλοκων εργαλείων και τη χρήση ταχέως μεταβαλλόμενης τεχνολογίας. Προκειμένου να διαχειριστούν αυτές τις προκλήσεις, οι επεμβατικοί ακτινολόγοι χρειάζονται την υποστήριξη των νοσηλευτών και των ακτινοτεχνολόγων.

Ο ρόλος των ακτινοτεχνολόγων που εμπλέκονται σε αυτές τις διαδικασίες είναι ουσιαστικός, από την κατανόηση της διαδικασίας έως και την κατεύθυνση της απεικόνισης. Οι σύγχρονες αίθουσες επεμβατικής ακτινολογίας είναι εξοπλισμένες με πολύπλοκο, ακριβό εξοπλισμό, ο οποίος απαιτεί χειρισμό με απρόσκοπτο τρόπο, προκειμένου να επιτελείται με απρόσκοπτο τρόπο η επεμβατική πράξη και όχι να παρεμποδίζεται. Ο ακτινοτεχνολόγος πρέπει να είναι εξοικειωμένος με τις ενδείξεις της επέμβασης, τη σχετική ανατομία, τις κύριες πτυχές των τεχνικών επεμβατικής ακτινολογίας και τις βασικές αρχές της μετεγχειρητικής φροντίδας. Η σαφής κατανόηση της κλινικής κατάστασης είναι σημαντική τόσο για τον επεμβατικό ακτινολόγο όσο και για τον νοσηλευτή και τον επεμβατικό ακτινοτεχνολόγο (McConnell J & Child, M, 1999).

Οι διαγνωστικοί και θεραπευτικοί ακτινοτεχνολόγοι εκτελούν αξονικές σε όλο το σώμα για τη διάγνωση τραυματισμών και ασθενειών και για τον σχεδιασμό θεραπείας. Είναι

επαγγελματίες υγείας που είναι ικανοί να ασκούν αυτόνομα. Ο ακτινοτεχνολόγος έχει καθήκον να κατανοεί την ιατρική ορολογία προκειμένου να παράγει εικόνες υψηλής ποιότητας με ασφάλεια. Εφαρμόζει τις ανατομικές, φυσικές και ακτινογραφικές γνώσεις για να διασφαλίσει ότι η σάρωση είναι κατάλληλη, δικαιολογημένη και ανταποκρίνεται στις ανάγκες του ασθενούς. Πρέπει να γνωρίζει την τεχνική των επεμβατικών πράξεων ώστε να εναρμονίζεται με τον επεμβατικό ακτινολόγο στην ομαλή ροή της διαδικασίας και να διασφαλίζεται ότι ο ασθενής είναι ασφαλής και άνετος και ότι αντιμετωπίζεται με σεβασμό, συμπόνια και αξιοπρέπεια ανά πάσα στιγμή. Οι ακτινολόγοι χρησιμοποιούν γνώσεις και τηρούν τις εθνικές και τοπικές πολιτικές σχετικά με το χειρωνακτικό χειρισμό, βασική και άμεση υποστήριξη ζωής, έλεγχο λοιμώξεων, αναγνώριση ασθενών και διαχείριση αρχείων.

Η βελτιστοποίηση των πρωτοκόλλων σάρωσης είναι καθοριστικής σημασίας για την ασφαλή παροχή ακτινοβολίας και αποτελεί ευθύνη του επεμβατικού ακτινοτεχνολόγου. Μέσα σε αυτό το περιβάλλον, ο ακτινοτεχνολόγος αξονικής τομογραφίας διασφαλίζει ότι διατηρεί τις απαιτούμενες δεξιότητες για την κατάλληλη χρήση και διαχείριση των διαθέσιμων τεχνικών καθώς και την ικανότητα πρόληψης και αποφυγής μη επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων τα οποία αποτελούν κλειδί για την ασφαλή σάρωση. Είναι σημαντικό να είναι σε θέση να διατηρεί υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης σε δύσκολες συνθήκες και επιπλέον πρέπει να διασφαλίζει ότι το περιβάλλον εργασίας είναι ελεύθερο από περισπασμούς. Η αναγνώριση και ο εντοπισμός των ανωμαλιών είναι δεξιότητες που βελτιώνονται με την εμπειρία.

Ο ακτινοτεχνολόγος πρέπει να έχει την ικανότητα να εργάζεται ευέλικτα και να παρέχει εξατομικευμένη και συμπονετική φροντίδα, διότι οι ασθενείς μπορεί να μην έχουν επίγνωση της πιθανής διάγνυσής τους. Επίσης, πρέπει να έχουν υπόψη τους τα διαφορετικά συναισθήματα και συμπεριφορές που εκφράζονται λόγω αβεβαιότητας, φόβου και άγχους

των ασθενών σχετικά με τη σάρωση και το αποτέλεσμα. Η αξονική τομογραφία διαρκεί περισσότερο από την ακτινογραφία επομένως ένας επιτυχημένος, εξειδικευμένος τεχνολόγος αξονικής τομογραφίας θα κερδίσει την εμπιστοσύνη του ασθενούς προκειμένου να εξασφαλίσει τη συγκατάθεση και τη συμμόρφωσή του (Johnson, 2017).

Ο ακτινοτεχνολόγος αξονικής τομογραφίας εκτελεί πολλά καθήκοντα κατά τη διάρκεια μιας επεμβατικής διαδικασίας, αλλά η κύρια ευθύνη και ο κύριος ρόλος του αφορά τη βελτιστοποίηση της χρήσης της ακτινοβολίας και την ασφάλεια των ασθενών. Ο ακτινοτεχνολόγος είναι υπεύθυνος σχετικά με τη χρήση του συστήματος αξονικής τομογραφίας, εφαρμόζει τη διασφάλιση της ποιότητας (QA) στο μηχάνημα και διασφαλίζει την απεικόνιση για να βοηθήσει τον ακτινολόγο κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Κατά τη διάρκεια των επεμβατικών διαδικασιών, ο ακτινοτεχνολόγος παρέχει ανακατασκευή των εικόνων σε πραγματικό χρόνο για να καθοδηγήσει τον ακτινολόγο σε μια ακριβή πορεία προς τη βλάβη. Είναι ευθύνη του ακτινοτεχνολόγου να διασφαλίζει ότι οι εικόνες που παράγονται είναι βέλτιστης ποιότητας με καλή χωρική ανάλυση και ικανοποιητική σχέση σήματος προς θόρυβο. Αυτό βοηθά τον ακτινολόγο να είναι σε θέση να διακρίνει τις διάφορες ανατομικές δομές κατά την ευθυγράμμιση της βελόνας σε μια διαδικασία.

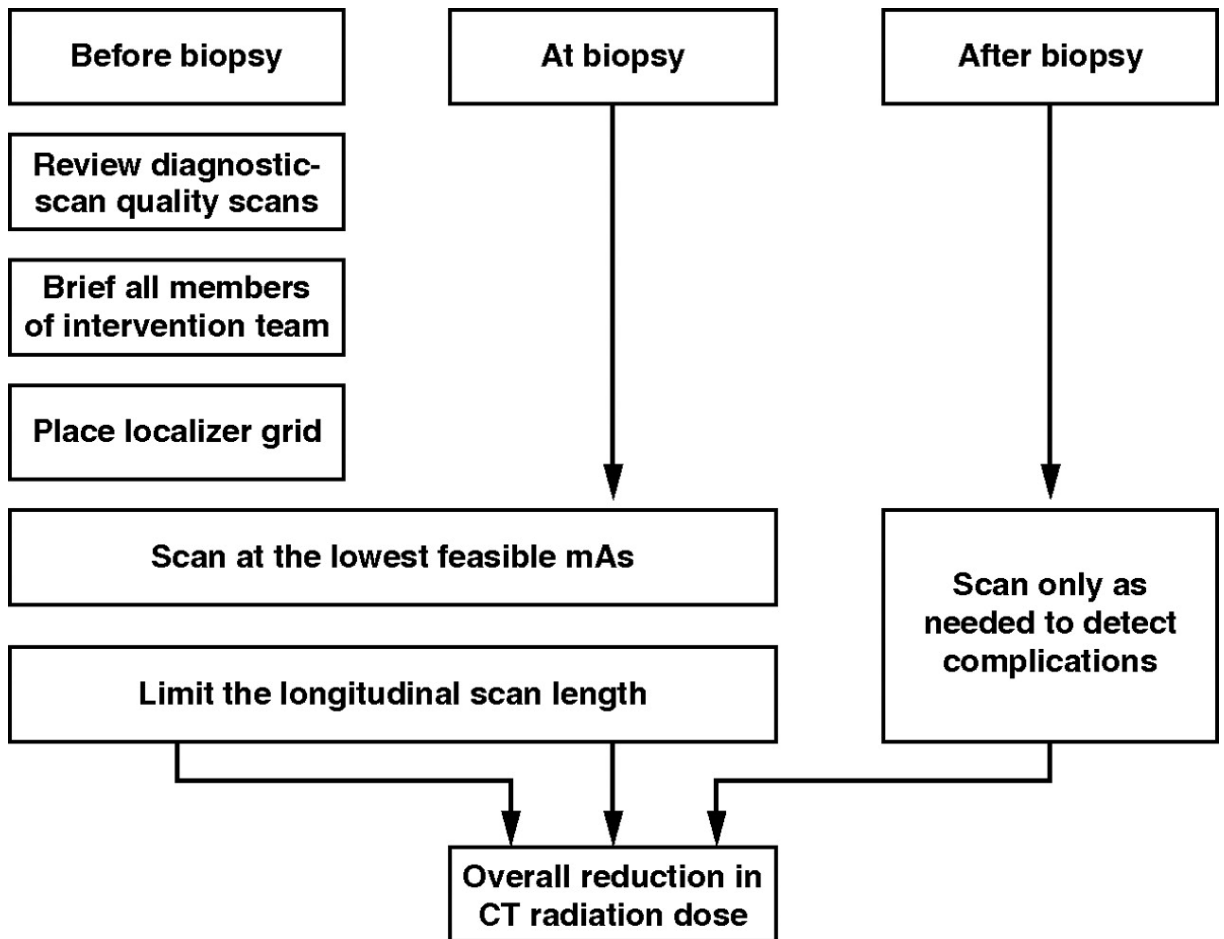
Άλλες ευθύνες του ακτινοτεχνολόγου περιλαμβάνουν τη διασφάλιση ότι όλος ο εξοπλισμός που απαιτείται για μια διαδικασία είναι διαθέσιμος και σε καλή λειτουργική κατάσταση και ότι υπάρχει εύκολη πρόσβαση σε πληροφορίες / ιστορικό του ασθενή. Συνεργάζεται με το νοσηλευτικό προσωπικό και ενημερώνει / ενημερώνεται για ιδιαιτερότητες κάθε ασθενούς. Επίσης, ο ακτινολόγος αναφέρει και επιλύει τυχόν προβλήματα του εξοπλισμού όταν και εφόσον προκύπτουν, ώστε να προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει οποιαδήποτε διακοπή στην παροχή υπηρεσιών, με γνώμονα την ασφάλεια των ασθενών και του προσωπικού. Ο

ακτινοτεχνολόγος βοηθά- επιβλέπει τη μεταφορά του ασθενούς από τον αξονικό τομογράφο για να διασφαλίσει ότι η μεταφορά είναι ασφαλής τόσο για τον ασθενή όσο και για τον εξοπλισμό (Bello & Lumeyu , 2022).

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΔΟΣΗΣ

Οι επεμβατικές διαδικασίες καθοδηγούμενες με αξονική τομογραφία είναι ασφαλείς και αποτελεσματικές μέθοδοι κατευθυνόμενης παρέμβασης. Η αυξανόμενη χρήση της ιατρικής ακτινοβολίας αποτελεί σημαντικό ζήτημα σε σχέση με την ασφάλεια των ασθενών. Η κατάλληλη χρήση απεικόνισης με αποδεκτό κίνδυνο πρέπει να εξετάζεται σε κάθε περίπτωση. Κατά τη διάρκεια επεμβάσεων καθοδηγούμενων με αξονική τομογραφία, υπάρχουν παράμετροι, συμπεριλαμβανομένων των CTD_{invol} και DLP, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πρόχειροι δείκτες της δόσης του ασθενούς. Τεχνικοί παράγοντες, όπως το μήκος της διαμήκουσας σάρωσης, ο αριθμός των σαρώσεων, τα mAs και τα kV, μπορούν να ρυθμιστούν. Τέλος, όλα τα μέλη της ομάδας που εμπλέκονται στις επεμβατικές διαδικασίες πρέπει να κατανοούν τον στόχο της μείωσης της δόσης ακτινοβολίας και να γνωρίζουν τις μεθόδους με τις οποίες επιτυγχάνεται αυτός ο στόχος. Η ομαδική προσέγγιση είναι το πιο αποτελεσματικό μέσο για την επίτευξη αυτού του στόχου. Τα σχετικά βήματα κατά τη φάση πριν από τη βιοψία περιλαμβάνουν την ανασκόπηση των διαθέσιμων προηγούμενων απεικονίσεων, τη γρήγορη ενημέρωση των μελών της ομάδας παρέμβασης με έμφαση στη μείωση της δόσης ακτινοβολίας και την τοποθέτηση του πλέγματος εντοπισμού. Οι επακόλουθες σαρώσεις για τις φάσεις πριν και μετά τη βιοψία θα πρέπει να ολοκληρώνονται με το χαμηλότερο δυνατό γινόμενο χρόνου έκθεσης (mAs) και το μικρότερο δυνατό μήκος διαμήκουσας σάρωσης. Η σάρωση μετά τη βιοψία μπορεί να είναι απαραίτητη για την

ανίχνευση επιπλοκών, αλλά μπορεί να παραλειφθεί, μειώνοντας έτσι τη συνολική δόση ακτινοβολίας (εικ. 1.34) (Chintapalli, et al., 2012).



Εικόνα 1.34 Στρατηγικές μείωσης της δόσης (Chintapalli, et al., 2012).

Οι περισσότεροι ακτινολόγοι μπορεί να μην συνειδητοποιούν ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, περισσότερο από 90% της δόσης του ασθενούς χορηγείται κατά τη διάρκεια του σταδίου ελικοειδούς σχεδιασμού της καθοδηγούμενης με αξονική τομογραφία ακτινοσκόπησης.

Μείωση δόσης σε επεμβατικές πράξεις με αξονική

Οι εικόνες σχεδιασμού CT πριν από την επέμβαση λαμβάνονται κυρίως για τον εντοπισμό της βλάβης και όχι για τον χαρακτηρισμό της, διότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, έχουν ήδη ληφθεί εικόνες διαγνωστικής ποιότητας. Κατά συνέπεια, οι εικόνες σχεδιασμού μπορούν να ληφθούν με σημαντικά χαμηλότερο λόγο σήματος προς θόρυβο από τις διαγνωστικές εικόνες, επιτρέποντας τη χρήση πρωτοκόλλων πολύ χαμηλής δόσης. Η μείωση της αποτελεσματικής δόσης είναι ανάλογη της μείωσης του μήκους της σάρωσης στο z- άξονα. Οι εικόνες σχεδιασμού πριν από την επέμβαση δεν απαιτούν τη χωρική ανάλυση ή την ανάλυση αντίθεσης των διαγνωστικών εικόνων. Κατά συνέπεια, η μείωση της δέσμης ενέργειας ή της ροής φωτονίων κατά τη διάρκεια του σταδίου σχεδιασμού σχεδόν πάντα αποδίδει επαρκή εικόνα.

Η απορροφούμενη δόση ασθενούς μειώνεται αισθητά καθώς η ενέργεια της δέσμης μειώνεται. Παρόλο που η μείωση της ενέργειας της δέσμης αυξάνει το θόρυβο, οι εικόνες είναι συνήθως επαρκείς για τον προγραμματισμό της διαδικασίας, ιδίως σε μικρόσωμους ασθενείς. Η απορροφούμενη δόση μειώνεται επίσης γραμμικά καθώς η ροή των φωτονίων μειώνεται. Πολλοί τεχνολόγοι αξονικής τομογραφίας χρησιμοποιούν τη ρύθμιση "auto mA", εάν ο ακτινολόγος δεν δώσει άλλη οδηγία. Αυτή η αυτόματη ρύθμιση παρέχει μια ευχάριστη στο μάτι εικόνα διαγνωστικής ποιότητας, αλλά μπορεί να αυξήσει άσκοπα τη δόση του ασθενούς επειδή, στους περισσότερους σαρωτές, δεν έχει ρυθμιστεί για μέγιστη μείωση της δόσης. Παρόλο που η χειροκίνητη μείωση αυτής της ρύθμισης αυξάνει το επίπεδο θορύβου, μπορεί να μειώσει τη δόση του ασθενούς και να διατηρήσει την ποιότητα της εικόνας επαρκή για τις περισσότερες διαδικασίες. Ένας άλλος τρόπος για να μειωθεί η δόση του ασθενούς στο στάδιο του σχεδιασμού είναι η προσαρμογή του λόγου βήματος της τράπεζας (pitch,

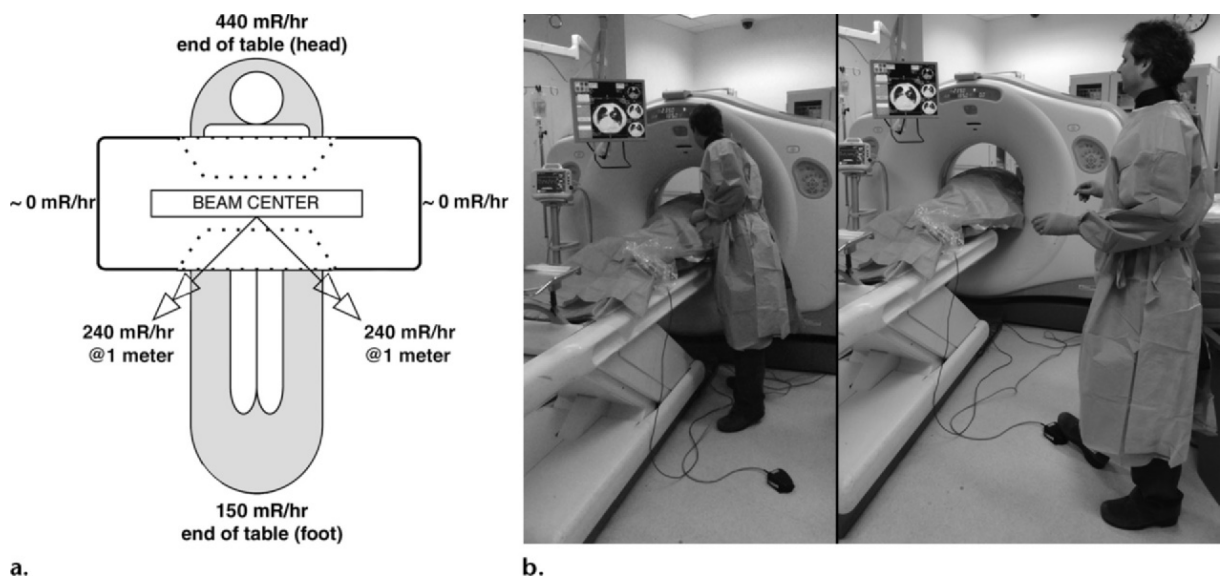
δηλαδή η απόσταση που διανύει η δέσμη κατά τη διάρκεια κάθε περιστροφής). Η δόση σχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με το βήμα και οι περισσότεροι κατασκευαστές διαθέτουν προκαθορισμένες αναλογίες βήματος για τη βελτιστοποίηση ποιότητας της εικόνας. Επειδή η διαγνωστική ποιότητα δεν είναι απαραίτητη στο στάδιο του σχεδιασμού πριν από την επέμβαση, θα πρέπει να επιλέγεται το υψηλότερο διαθέσιμο βήμα για την αποφυγή περιττών υψηλών δόσεων (Sarti , et al., 2012).

Μείωση της δόσης επεμβατικών πράξεων με ακτινοσκοπική αξονική τομογραφία

Η ακτινοσκοπική αξονική τομογραφία κατέστη δυνατή με την εισαγωγή δακτυλίων ολίσθησης, λυχνιών ακτίνων Χ υψηλής ενέργειας, και την ταχεία ανακατασκευή εικόνας, που επέτρεψε την απόκτηση και την προβολή εικόνων σε πραγματικό χρόνο με ρυθμό οκτώ καρτέ ανά δευτερόλεπτο. Με την έλευση της ακτινοσκοπικής αξονικής τομογραφίας, οι γιατροί παραμένουν πλέον στην αίθουσα εξέτασης κατά τη διάρκεια της σάρωσης και εκτίθενται σε ακτινοβολία. Η ακτινοσκοπική αξονική τομογραφία έχει γίνει δημοφιλής επειδή, έχει αποδειχθεί ότι μειώνει σημαντικά το χρόνο σε σχέση με την κλασική αξονική. Κατά τη ακτινοσκόπηση, ο ιατρός εκτίθεται σε σκεδαζόμενη ακτινοβολία από δύο πηγές: τον σαρωτή και τον ασθενή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το gantry παρέχει προστασία από την ακτινοβολία, επειδή η πρωτογενής δέσμη ακτίνων Χ σταματά από τους ανιχνευτές του αξονικού και το μεγαλύτερο μέρος του gantry, εκθέτοντας τους νοσηλευτές και τους τεχνολόγους σε ελάχιστη ακτινοβολία, το προσωπικό θα πρέπει να βρίσκεται στο πλάι του gantry όταν αυτό είναι εφικτό.

Η έκθεση σε σκεδαζόμενη ακτινοβολία από ασθενείς μπορεί να μειωθεί με τη μεγιστοποίηση της απόστασης μεταξύ των τεχνολόγων και των ασθενών κατά τη διάρκεια των διαδικασιών ακτινοσκόπησης. Σύμφωνα με τον νόμο του αντίστροφου τετραγώνου, η ακτινοβολία

μειώνεται με την απόσταση, συνεπώς, το πεντάλ της ακτινοσκόπησης δεν πρέπει να τοποθετείται κοντά στο gantry. Επιπλέον, μολύβδινα προστατευτικά που τοποθετούνται πάνω στον ασθενή απορροφούν τη σκεδαζόμενη ακτινοβολία και μειώνουν την έκθεση του χειριστή κατά 96% (εικ.1.35). Η χρήση προστατευτικού μολύβδινου εξοπλισμού μπορεί να μειώσει περαιτέρω την έκθεση του χειριστή όπως, προστατευτικά γάντια βισμούθιου και μολύβδινο κάλυμμα για τον ασθενή που τοποθετείται δίπλα, αλλά εκτός της περιοχής σάρωσης τα οποία μειώνουν την έκθεση του χειριστή σε ακτινοβολία κατά 97%. Επιπλέον, οι χειριστές θα πρέπει να φορούν πάντοτε ποδιά από μόλυβδο, κολάρο θυρεοειδούς και μολυβδούχα γυαλιά για την προστασία των ευαίσθητων οργάνων και να χρήση υποδοχέων βελονών και άλλες συσκευές για την προστασία των χεριών.



Εικόνα 1.35 Επίδραση της απόστασης του ιατρού από το gantry στη δόση. (α) Το διάγραμμα δείχνει την εκτιμώμενη δόση (σε millirads ανά ώρα) με βάση τη θέση του ιατρού σε σχέση με το gantry κατά τη διάρκεια της απεικόνισης με ρυθμίσεις 50 mA και 120 kVp. Σε κάθε θέση, η δόση μειώνεται με το τετράγωνο της απόστασης από το κέντρο της δέσμης. Σημειώστε την προστατευτική επίδραση στα πλάγια του gantry - αυτή είναι η βέλτιστη θέση για το προσωπικό κατά τη διάρκεια της ακτινοσκόπησης. (β) Φωτογραφίες δείχνουν την τεχνική της διακεκομμένης ακτινοσκόπησης, η οποία μειώνει σημαντικά τη δόση στον ιατρού, υπό την προϋπόθεση ότι οι ιατροί δεν χειρίζονται τη βελόνα πρόσβασης κατά τη σάρωση και απομακρύνονται από το gantry και τον ασθενή κατά τη λήψη εικόνων (Sarti , et al., 2012).

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για τη μείωση της δόσης χειριστή και ασθενούς, είναι η ελαχιστοποίηση του χρόνου ακτινοσκόπησης. Η συνεχής ή σε πραγματικό χρόνο ακτινοσκόπηση μπορεί να προκαλέσει σημαντική έκθεση σε ακτινοβολία. Εάν δεν δοθεί προσοχή στη δόση και ο χειριστής είναι αργός ως προς την διαδικασία, η έκθεση σε ακτινοβολία κατά τη διαδικασία ακτινοσκόπησης μπορεί να είναι ίση ή μεγαλύτερη από εκείνη του σταδίου σχεδιασμού (Sarti , et al., 2012).

Νέες τεχνολογίες πλοήγησης

Ο τομέας της επεμβατικής ακτινολογίας χαρακτηρίζεται από την εφαρμογή τεχνολογικών εξελίξεων αιχμής. Οι εξελίξεις αυτές έχουν καταστήσει δυνατή την πραγματοποίηση των ελάχιστα επεμβατικών θεραπειών με απεικόνιση σε πραγματικό χρόνο. Ο ρόλος της επεμβατικής ακτινολογίας στοχεύει όλο και περισσότερο στην εκτέλεση σύνθετων επεμβάσεων που μπορεί να είναι δύσκολες λόγω κακής απεικόνισης, δύσκολα προσβάσιμες, μικρού μεγέθους βλάβες ή πολύπλοκων αγγειακών ανατομιών. Για τους λόγους αυτούς, τα εργαλεία πλοήγησης, συμπεριλαμβανομένων των ρομποτικών συστημάτων καθοδήγησης, έχουν τη δυνατότητα να απλοποιήσουν αυτές τις διαδικασίες, βελτιώνοντας τη στόχευση των βλαβών, μειώνοντας το χρόνο της διαδικασίας και τη δόση ακτινοβολίας και ενδεχομένως βελτιώνοντας τα θεραπευτικά αποτελέσματα (Lanza , et al., 2023).

Τα ρομποτικά συστήματα πλοήγησης για διαδερμική τοποθέτηση βελονών ποικίλλουν από απλά συστήματα πλοήγησης ή εντοπισμού έως εκείνα καθοδήγησης των βελονών. Τα πρώτα παρέχουν μόνο οπτική αναφορά σχετικά με τη θέση και τον προσανατολισμό της βελόνας, με τον χειρισμό της βελόνας να εξαρτάται από τον ιατρό. Τα δεύτερα παρέχουν φυσική βοήθεια για τον χειρισμό της βελόνας, αποφέροντας ενδεχομένως πλεονεκτήματα, όπως τη μείωση των σφαλμάτων τοποθέτησης και της εξάρτησης από τον χρήστη (Matsui , et al., 2023).

Το σύστημα CT-Navigation™ αποτελείται από έναν σταθμό με οθόνη αφής και έναν ηλεκτρομαγνητικό εντοπιστή (εικ.1.36). Αυτός ο εντοπιστής αποτελείται από: (1) μία συσκευή εντοπισμού-πομπός που τοποθετείται στο δέρμα του ασθενούς κοντά στην περιοχή παρακέντησης και καθιστά δυνατή την εμφάνιση της αναμενόμενης τροχιάς της βελόνας σε πραγματικό χρόνο σε δύο ανακατασκευασμένα επίπεδα που προέρχονται από τον σταθμό

του αξονικού μετά την σάρωση (2) και ένα μαγνητικό δέκτη που βρίσκεται στο εσωτερικό του υποδοχέα της βελόνας. Η βασική μονάδα είναι μια ανεξάρτητη συσκευή που τοποθετείται δίπλα στο τραπέζι του αξονικού τομογράφου.



Εικόνα 1.36 Πομπός και δέκτης CT Navigation (Lanouzière, et al., 2021).

Έτσι, ο ακτινολόγος μπορεί να χρησιμοποιήσει τη συσκευή συγκράτησης βελόνας σαν τρισδιάστατο ποντίκι για να εξερευνήσει την περιοχή ενδιαφέροντος η οποία προηγουμένως έχει σαρωθεί από τον τεχνολόγο, να εντοπίσει τον στόχο και να σχεδιάσει το σημείο εισόδου καθώς και την τροχιά, απευθείας στην αίθουσα του αξονικού τομογράφου. Αφού πραγματοποιηθεί η αποστειρωμένη προετοιμασία με τη χρήση του καλύμματος και της αποστειρωμένης βελόνας από το σετ του CT-Navigation™, ο ακτινολόγος τοποθετεί τη βελόνα στη θήκη βελόνας, στέκεται στο σημείο εισόδου και εισάγει τη βελόνα όταν η εμφανιζόμενη τροχιά είναι η βέλτιστη. Το βάθος της βελόνας υποδεικνύεται σε πραγματικό χρόνο με την εισαγωγή του μήκους της χρησιμοποιούμενης βελόνας, επιτρέποντας την οπτικοποίηση της ακριβούς απόστασης που απομένει για την εισαγωγή (εικ.1.37) (Lanouzière, et al., 2021).



Εικόνα 1.37 Σταθμός εργασίας μέσα στην αίθουσα του αξονικού τομογράφου (Lanouzière, et al., 2021).

Βάσει της έρευνας που έκαναν οι Lanouzière et al, τα τεχνικά και διαγνωστικά ποσοστά επιτυχίας ήταν πολύ υψηλά (95,0% και 93,3%, αντίστοιχα) χωρίς σημαντικές διαφορές σε σύγκριση με τη συμβατική μέθοδο καθοδήγησης μόνο από CT. Η συνολική διάρκεια της διαδικασίας ήταν παρόμοια μεταξύ των δύο ομάδων, χωρίς σημαντική διαφορά. Η συνολική δόση ακτινοβολίας ήταν σημαντικά χαμηλότερη στην ομάδα με το σύστημα πλοήγησης.

Το ρομποτικό σύστημα EPIONE (εικ. 1.38) αποτελείται από έναν κινητό σταθμό εργασίας με οθόνη, ένα κινητό καρότσι πλοήγησης (υπέρυθρη κάμερα) και ένα κινητό ρομποτικό βραχίονα στο οποίο βρίσκεται προσαρμοσμένος ένας οδηγός βελόνας (de Baère, et al., 2022).

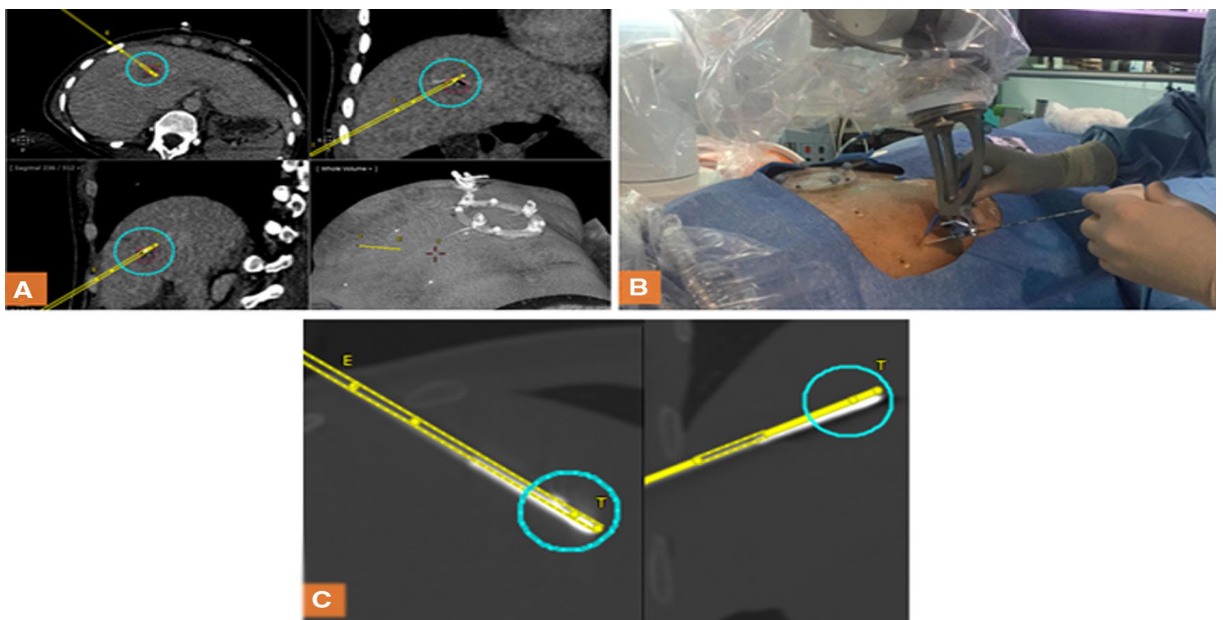


Εικόνα 1.38 Ρομποτικό σύστημα EPIONE <https://www.surgicalroboticstechnology.com/news/quantum-surgical-announces-first-center-in-world-to-adopt-its-epione-medical-robot/>

Το λογισμικό σχεδιασμού και πλοήγησης της συσκευής επιτρέπει την ανασκόπηση των εικόνων, τον σχεδιασμό της τροχιάς της βελόνας από την είσοδο του δέρματος στον στόχο, την παρακολούθηση της αναπνευστικής κίνησης και την αυτόματη τοποθέτηση του οδηγού βελόνας σύμφωνα με την τροχιά. Αφού ληφθεί η αξονική αναφοράς τα δεδομένα στέλνονται στον κινητό σταθμό εργασίας που βρίσκεται μέσα στην αίθουσα του αξονικού τομογράφου για να αναλυθούν από το λογισμικό του ρομποτικού συστήματος.

Ο επεμβατικός ακτινολόγος ορίζει το σημείο-στόχο έτσι ώστε η εκτιμώμενη ζώνη κατάλυσης να καλύπτει τον όγκο και το σημείο εισόδου το σημείο παρακέντησης της βελόνας στην επιφάνεια του δέρματος. Η τροχιά της βελόνας υπολογίζεται στη συνέχεια από το λογισμικό της συσκευής και εμφανίζεται στην οθόνη (εικ. 1.39 Α). Η τροχιά της βελόνας επιβεβαιώνεται προσεκτικά από τον χειριστή, ο οποίος είναι βέβαιος ότι αποφεύγονται ζωτικές ή οστικές δομές και η πληροφορία διαβιβάζεται στο ρομποτικό βραχίονα για εκτέλεση. Ο ρομποτικός

βραχίονας τοποθετείται χειροκίνητα κοντά στην κοιλιά του ασθενούς με ποδοδιακόπτη ελέγχου εντολών. Με συγκεκριμένη αναπνευστική εντολή, ο χειριστής εισάγει τη βελόνα μέσω του οδηγού βελόνας μέχρι να επιτευχθεί το τελικό στοπ (εικ. 1.39 Β). Στη συνέχεια, η βελόνα απελευθερώνεται από τον οδηγό βελόνας και ο ρομποτικός βραχίονας αποσύρεται χειροκίνητα. Μετά την εισαγωγή της βελόνας πραγματοποιείται σάρωση επιβεβαίωσης θέσης της βελόνας (εικ. 1.39 C). Μετεγχειρητική αξιολόγηση και επιτυχία της κατάλυσης πραγματοποιείται με λήψη αξονικής τομογραφίας στο τέλος της επέμβασης για να διασφαλιστεί η απουσία επιπλοκών και για να εκτιμηθεί εάν ο όγκος αφαιρέθηκε πλήρως ή όχι (de Baère, et al., 2022).



Εικόνα 1.39 A-C Ρομποτικό σύστημα EPIONE (de Baère, et al., 2022).

Συμπέρασμα

Η επεμβατική ακτινολογία χρησιμοποιεί τις τελευταίες δεκαετίες τις ελάχιστα επεμβατικές τεχνικές για την εκτέλεση διαγνωστικών και θεραπευτικών ιατρικών διαδικασιών. Η αξονική τομογραφία (CT) χρησιμοποιείται συνήθως για την καθοδήγηση των επεμβατικών εικόνων παγκοσμίως, επειδή παρέχει εικόνες ανώτερης ποιότητας πολλών τύπων ιστών και ανατομιών, είναι άμεσα διαθέσιμη και μπορεί να εκτελεστεί με ένα ευρύ φάσμα εξοπλισμού. Η αύξηση των ογκολογικών ασθενών οδήγησε στην ανάπτυξη της επεμβατικής ακτινολογίας και των μεθόδων της, προσφέροντας πολλά πλεονεκτήματα στην διάγνωση αλλά και θεραπεία τόσο των καλοήθων και κακοήθων όγκων σε διάφορα όργανα.

Οι ελάχιστα επεμβατικές διαδικασίες χρησιμοποιούν μια μικρή περιοχή του δέρματος για την παρακέντηση με χρήση αποστείρωσης και τοπικής αναισθησίας, εξασφαλίζοντας ταχύτερη και λιγότερο επώδυνη ανάρρωση, λιγότερες σοβαρές επιπλοκές, δυνατότητα επανάληψης της θεραπείας, αποφυγή γενικής αναισθησίας, απαιτούν μικρότερο χρόνο νοσηλείας και προσφέρουν θεραπευτικές επιλογές σε ασθενείς που μπορεί να μην είναι υποψήφιοι για ανοικτές χειρουργικές επεμβάσεις. Σε μια εποχή αυξανόμενων δαπανών υγειονομικής περίθαλψης, οι διαδερμικές επεμβατικές εφαρμογές, όπως η κατάλυση όγκων, είναι συχνά λιγότερο δαπανηρές από τις χειρουργικές εναλλακτικές λύσεις.

Οι σύγχρονοι επεμβατικοί ακτινολόγοι συμμετέχουν στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, με στόχο την εκτέλεση προσαρμοσμένων και αποτελεσματικών θεραπειών. Τα νέα μέσα, όπως η απεικόνιση σύμπτυξης εικόνων, η τεχνητή νοημοσύνη AI (artificial intelligence) και η ρομποτική, θα αποτελέσουν απαραίτητα εργαλεία τα επόμενα χρόνια, με σχεδόν απεριόριστες εφαρμογές. Η ανάπτυξη της ρομποτικής καθοδήγησης βελονών στην επεμβατική ακτινολογία συμβάλει στη βελτίωση προσαρμογής της βελόνας καθώς και στις

ανεπιθύμητες βλάβες που μπορεί να προκληθούν κατά την θεραπεία. Επιτρέπει επίσης στον ιατρό να καθορίσει και να οπτικοποιήσει το προγραμματισμένο περιθώριο κατάλυσης, για να επιτύχει πιο ακριβείς ζώνες κατάλυσης με λιγότερα ποσοστά επιβίωσης ή υποτροπής του όγκου καθώς και λιγότερη ακτινοβολία στον ασθενή.

Ο ρόλος του ακτινοτεχνολόγου παραμένει από τους πιο βασικούς ως προς τη σωστή τοποθέτηση του ασθενούς, την επιλογή του κατάλληλου πρωτοκόλλου για επεμβατικές πράξεις, την σωστή συνεργασία με τον επεμβατικό ιατρό για οποιαδήποτε αλλαγή χρειασθεί κατά τη διάρκεια της επεμβατικής διαδικασίας π.χ χρήση σκιαγραφικού μέσου, αλλαγή θέσης ασθενούς, αλλά και την σωστή συνεργασία με τον ασθενή κυρίως για τις αναπνευστικές κινήσεις και την επιτυχία της διαδικασίας με τη μικρότερη δυνατή ακτινολογική έκθεση του ασθενή.

Βιβλιογραφία

- Ahmed, M., Brace, C., Lee, F. J. & Goldberg, S., 2011. Principles of and Advances in Percutaneous Ablation. *Radiology*, 1 Feb, pp. 258:2, 351-369.
- Arrigoni, F. και συν., 2022. CT-guided cryoablation for management of bone metastases: a single center experience and review of the literature. *Radiol med*, February, pp. 199-205.
- Begemann, P., 2009. CT-Guided Interventions – Indications, Technique, Pitfalls. . Στο: *CT- and MR-Guided Interventions in Radiology*. Berlin, Heidelberg: Springer, pp. 11-20.
- Bello, Z. & Lumeyu, T., 2022. *The life of a CT interventional radiographer*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.radmagazine.com/scientific-article/the-life-of-a-ct-interventional-radiographer/>
[Πρόσβαση February 2022].
- Bickels, J. και συν., 1999. Biopsy of musculoskeletal tumors. Current concepts.. *Clin Orthop Relat*, November, pp. (368):212-9.
- Brace, C., 2009. Microwave ablation technology: what every user should know. *Curr Probl Diagn Radiol*, Mar-Apr, pp. 61-7.
- Buscarini, L. και συν., 2001. Percutaneous radiofrequency ablation of small hepatocellular carcinoma: long-term results. *Eur Radiol*, p. 914–921.
- Carrafiello, G. και συν., 2008. Microwave tumors ablation: principles, clinical applications and review of preliminary experiences. *Int J Surg*, pp. 65-69.
- Cazzato, R. και συν., 2016. Percutaneous image-guided cryoablation: current applications and results in the oncologic field. *Medical Oncology*, December, p. (33)12.
- Chintapalli, K. και συν., 2012. Radiation dose management: part 1, minimizing radiation dose in CT-guided procedures. *AJR Am J Roentgenol*, April, pp. 347-51.
- Clasen, S. και συν., 2009. Interventional Oncology. Στο: *CT and MR Guided Interventions in Radiology*. Berlin: Springer.
- de Baère, T. και συν., 2022. Evaluation of a New CT-Guided Robotic System for Percutaneous Needle Insertion for Thermal Ablation of Liver Tumors: A Prospective Pilot Study. *Cardiovasc Intervent Radiol*, November, pp. 1701-1709.
- de Bazelaire, C. και συν., 2014. Biopsies in oncology. *Diagn Interv Imaging*, Jul-Aug, pp. 647-57.
- De Filippo, M. και συν., 2018. Radiofrequency ablation of osteoid osteoma. *Acta Biomed*, 19 January, pp. 175-185.
- De Filippo, M. και συν., 2021. CT-guided percutaneous drainage of abdominopelvic collections: a pictorial essay.. *Radiol Med*, December, pp. 126(12):1561-1570.
- Filippiadis, D. και συν., 2021. Percutaneous imaging-guided techniques for the treatment of benign neuropathic pain. *Diagn Interv Imaging*, January, pp. 11-18.
- Filippiadis, D. και συν., 2019. Percutaneous ablation techniques for renal cell carcinoma: current status and future trends. *Int J Hyperthermia*., October, pp. 21-30.

- Filippiadis, D. και συν., 2019. The Role of Ablation in Cancer Pain Relief.. *Curr Oncol Rep*, November, p. 105.
- Fischbach,, R. & Hohl, C., 2009. Drainage. *Springer*.
- Friedman , M. και συν., 2004. Radiofrequency Ablation of Cancer. *CardioVascular and Interventional Radiology*, p. 427–434.
- Gala, K., Shetty , N., Patel , P. & Kulkarni , S., 2020. Microwave ablation: How we do it?. *Indian J Radiol Imaging*, April- June, pp. 206-213.
- Gervais D, D. S., 2006. *Percutaneous drainage of pelvic: Interventional Radiology*. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins .
- Gillams , A. & Lees , W., 2000. Survival after percutaneous, image-guided, thermal ablation of hepatic metastases from colorectal cancer. *Dis Colon Rectum*, May, pp. 656-61.
- Gillams, A., 2004. Liver ablation therapy. *The British Journal of Radiology*, September, pp. 713-723.
- Goldberg , S. και συν., 2003. International Working Group on Image-Guided Tumor Ablation. Image-guided tumor ablation: proposal for standardization of terms and reporting criteria. *Radiology*, August, pp. 335-45.
- Goldberg , S., Gazelle , G. & Mueller, P., 2000. Thermal ablation therapy for focal malignancy: a unified approach to underlying.. *AJR Am J Roentgenol*, p. 174 (2): 323 – 331.
- Grand, D., 2013. Imaging of Interventional Therapies in Oncology: Computed Tomography. Στο: *Image-Guided Cancer Therapy*. New York: Springer.
- Gupta, R. και συν., 2014. CT-Guided Interventions: Current Practice and Future Directions. Στο: *Intraoperative Imaging and Image-Guided Therapy*. New York: Springer, pp. 173-191.
- Gutierrez,, A., Abtin, F. & Suh, R., 2013. Percutaneous Transthoracic Lung Biopsy. Στο: *Percutaneous Image-Guided Biopsy*. New York, NY: Springer, pp. 141-166.
- Hong , k. & Georgiades , c., 2010. Radiofrequency Ablation: Mechanism of Action. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*, August, pp. 179-186.
- Johnson, L., 2017. The Role of the Radiographer in Computed Tomography Imaging. *Society of Radiographers* , 10 April.
- Jones , A. και συν., 2018. Society of Interventional Radiology Health and Safety Committee. Best Practice Guidelines for CT-Guided Interventional Procedures. *J Vasc Interv Radiol*, April, pp. 518-519.
- Jones , A. και συν., 2018. Society of Interventional Radiology Health and Safety Committee. Best Practice Guidelines for CT-Guided Interventional Procedures.. *J Vasc Interv Radiol.*, April, pp. 518-519.
- Joo I, M. K. R. S. M. J. S. J. L. D., 2022. CT-monitored minimal ablative margin control in single-session microwave ablation of liver tumors: an effective strategy for local tumor control.. *Eur Radiol*, September, pp. 6327-6335.
- Krokidis, M. και συν., 2018. Image-guided minimally invasive treatment for small renal cell carcinoma. *Insights Imaging*, April, p. 385–390.

- Lanouzière, M. και συν., 2021. Computed Tomography-Navigation™ Electromagnetic System Compared to Conventional Computed Tomography Guidance for Percutaneous Lung Biopsy: A Single-Center Experience. *Diagnostics*, 25 August.
- Lanza , C. και συν., 2023. Robotics in Interventional Radiology: Review of Current and Future Applications. *Technol Cancer Res Treat*, 23 April.
- Mahnken , A. και συν., 2005. Percutaneous radiofrequency ablation of renal cell carcinoma: preliminary results. *Acta Radiol*, April, pp. 208-14.
- Matsui , Y. και συν., 2023. Robotic systems in interventional oncology: a narrative review of the current status. *Int J Clin Oncol*, 28 April.
- McConnell J & Child, M, 1999. The interventional radiographer. *CardioVascular and Interventional Radiology*, May 1999, pp. 185-6.
- Morrison, P., 2013. Devices and Equipment in Interventional Oncology and Their Operation. Στο: *Image-Guided Cancer Therapy*. New York: Springer.
- Mueller , P., van Sonnenberg, E. & Ferrucci , J. J., 1984. Percutaneous drainage of 250 abdominal abscesses and fluid collections. Part II: Current procedural concepts.. *Radiology*, May, pp. 151(2):343-7.
- Mukund, A., Bhardwaj, K. & Mohan , C., 2019. Basic Interventional Procedures: Practice Essentials. *Indian J Radiol Imaging*, April-June, pp. 182-189.
- Neeman , Z. και συν., 2005. Radiofrequency ablation for tumor-related massive hematuria. *J Vasc Interv Radiol.*, March, pp. 417-21.
- Parikh , A., Curley , S., Fornage , B. & Ellis , L., 2002. Radiofrequency ablation of hepatic metastases. *Semin Oncol*, April, pp. 168-82.
- Pramesh, C., Deshpande , M., Pardiwala, D. & Agarwal , M., 2001. Core needle biopsy for bone tumours.. *Eur J Surg Oncol.*, 27 November, pp. 668-71.
- Prokop, M., Galanski , M. & Van Der Molen , . A., 2001. *Spiral and Multislice Computed Tomography of the Body*. s.l.:George Thieme Verlag.
- Puijk , R. και συν., 2018. Percutaneous Liver Tumour Ablation: Image Guidance, Endpoint Assessment, and Quality Control. *Can Assoc Radiol J*, January, pp. 51-62.
- Pusceddu , C. και συν., 2019. Usefulness of percutaneous microwave ablation for large non-small cell lung cancer: A preliminary report. *Oncol Lett*, January, pp. 659-666.
- Pusceddu, C., Paliogiannis , P., Nigri , G. & Fancellu , A., 2019. Cryoablation In The Management Of Breast Cancer: Evidence To Date. *Breast Cancer (Dove Med Press)*, October, pp. 283-292.
- Rai , S. και συν., 2022. *Efficacy and safety of CT-guided percutaneous fine needle aspiration and biopsy for malignant pulmonary lesions..* [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://f1000research.com/articles/11-411>
- Rhim, H. και συν., 2001. Essential techniques for successful radio-frequency thermal ablation of malignant hepatic tumors. *Radiographics*, October, pp. 17-35.
- S., H. K. a. G. C., 2010. *Percutaneous Tumor Ablation: Strategies and Techniques*. 1st επιμ. s.l.:Thieme.

- Sabharwal, T., Katsanos, K., Buy, X. & Gangi, A., 2009. Image-guided ablation therapy of bone tumors. *Semin Ultrasound CT MR*, April, pp. 78-90.
- Sarti, M., Brehmer, W. & Gay, S., 2012. Low-dose techniques in CT-guided interventions. *Radiographics*, Jul-Aug, pp. 1109-19.
- Shah, P., Thornton, I., Turrin, D. & Hipskind, J., χ.χ. *National Library of Medicine*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430827/>
[Πρόσβαση 5 June 2023].
- Silverman, S. και συν., 1999. CT fluoroscopy-guided abdominal interventions: techniques, results, and radiation exposure. *Radiology*, September, pp. 673-81.
- Simon, C., Dupuy, D. & Mayo-Smith, W., 2005. Microwave ablation: principles and applications. *Radiographics*, October, pp. 69-83.
- Singh, D. και συν., 2022. Percutaneous CT-guided radiofrequency ablation of osteoid osteoma: Potential Pitfalls and complications and how to avoid them. *J Clin Orthop Trauma*, April, pp. 16-28.
- Spiliopoulos, S. και συν., 2023. Irreversible electroporation for the management of pancreatic cancer: Current data and future directions. *World J Gastroenterol*, January, pp. 223-231.
- Surgical, Q., χ.χ. *Surgical Robotics Technology*. [Ηλεκτρονικό]
Available at: <https://www.surgicalroboticstechnology.com/news/quantum-surgical-announces-first-center-in-world-to-adopt-its-epione-medical-robot/>
[Πρόσβαση 11 January 2022].
- Timmer, F. και συν., 2021. Locally Advanced Pancreatic Cancer: Percutaneous Management Using Ablation, Brachytherapy, Intra-arterial Chemotherapy, and Intra-tumoral Immunotherapy. *Curr Oncol Rep*, 17 April, p. 68.
- Trumm, C. & Hoffmann, R., 2009. Biopsy. Στο: *CT- and MR-Guided Interventions in Radiology*. s.l.:s.n., pp. 91-117.
- Wang, Z. και συν., 2021. A retrospective study of CT-guided percutaneous irreversible electroporation (IRE) ablation: clinical efficacy and safety. *BMC Cancer*, February, p. 124.
- Wright, A., Lee FT Jr, F. J. & Mahvi, D., 2003. Hepatic microwave ablation with multiple antennae results in synergistically larger zones of coagulation necrosis.. *Ann Surg Oncol*, 10 April, pp. 275-83.
- Yan, T. και συν., 2007. Hepatectomy and lung radiofrequency ablation for hepatic and subsequent pulmonary metastases from colorectal carcinoma.. *J Surg Oncol*, October, pp. 367-73.