



ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΟ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ

ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
σε συνεργασία με το
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

“Η συμβολή της υπερηχοτομογραφικής μεθόδου στη μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών”

Υπό

ΨΑΧΟΥΛΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

ΕΙΔΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΗΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διακρατικού Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

*«Υπερηχογραφική Λειτουργική Απεικόνιση για την πρόληψη & διάγνωση
των αγγειακών παθήσεων»*

Λάρισα, 2016

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Δρ. Νικόλαος Ρούσας**, Αγγειοχειρουργός Επιμελητής Β' Π.Γ.Ν.Λάρισας (Επιβλέπων),
- 2. Δρ. Δημήτριος Καρδούλας**, Μηχανικός Βιοϊατρικής Τεχνολογίας
Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστήμιο Κρήτης
- 3. Δρ. Χρήστος Καραθάνος**, Αγγειοχειρουργός
Επικ. Επιμελητής Αγγειοχειρουργική Κλινική Π.Γ.Ν. Λάρισας

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Ρούσα Νικόλαο, Αγγειοχειρουργό της Πανεπιστημιακής Αγγειοχειρουργικής Κλινικής του Νοσοκομείου Λάρισας, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε, προκειμένου αυτή η εργασία να περατωθεί επιτυχώς.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Γιαννούκα Αθανάσιο, Καθηγητή Αγγειοχειρουργικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που μου προσέφερε τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία.

Ψαχούλα Σ. Αικατερίνη

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	5
Abstract.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.....	9
Βασικές Αρχές Λειτουργίας των Υπερήχων.....	9
1.1 Φυσική των υπερήχων.....	9
1.2 Μετατροπείς υπερήχων.....	11
1.2.1 Τύποι υπερηχογραφικών κεφαλών.....	12
1.3 Μέθοδοι απεικόνισης με υπερήχους.....	15
1.3.1 Μέθοδος απεικόνισης A-mode.....	15
1.3.2 Μέθοδος απεικόνισης B-mode.....	15
1.3.3 Μέθοδος απεικόνισης M-mode.....	16
1.3.4 Οι βασικές τεχνικές ρυθμίσεις της υπερηχογραφικής απεικόνισης.....	16
1.3.5 Υπέρηχοι Doppler.....	17
1.4 Βελτιστοποίηση της ποιότητας της εικόνας της έγχρωμης απεικόνισης της ροής.....	19
1.5 Διερεύνηση ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής πριν και μετά την ενδοαγγειακή αποκατάσταση.....	20
1.5.1 Η αορτή και οι λαγόνιες αρτηρίες.....	21
1.5.2 Ορολογία.....	22
1.5.3 Το ανεύρυσμα της αορτής.....	23
1.5.4 Το πρωτόκολλο της υπερηχογραφικής εξέτασης.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	
2.1 Η μετεγχειρητική εκτίμηση.....	26

2.1.1	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της έγχρωμης Doppler υπερηχογραφίας.....	27
2.1.2	Η τεχνική της υπερηχογραφικής εξέτασης και η φυσιολογική απεικόνιση των μοσχευμάτων.....	27
2.1.3	Επιπλοκές.....	27-28
2.2	Η παρακολούθηση μετά την ενδοαγγειακή αποκατάσταση ΑΚΑ (EVAR).....	28-33
3.	Συμπεράσματα.....	35
4.	Βιβλιογραφία.....	35-40

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι υπέρηχοι είναι κύματα με συχνότητα πάνω από το ακουστικό όριο και χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση ανατομικών δομών του ανθρώπινου σώματος. Η υπερηχογραφία ανήκει στις μη επεμβατικές μεθόδους εξέτασης του αγγειακού συστήματος και επειδή είναι οικονομική εξέταση, σύντομη και δεν χρησιμοποιεί ακτινοβολία ή σκιαγραφικά, αποτελεί μέθοδο εκλογής για την επαλήθευση της παρουσίας της αγγειακής νόσου, καθώς επίσης επισημαίνει την εντόπιση, την έκταση και τη σοβαρότητά της. Συμβάλλει σημαντικά, στην διάγνωση και στην αντιμετώπιση των ανευρυσμάτων ανιχνεύοντας τα ασυμπτωματικά ανευρύσματα, ενώ βοηθά επίσης στην παρακολούθηση της αύξησης των διαστάσεων αυτών με την πάροδο του χρόνου καθώς και στην ανίχνευση τυχόν επιπλοκών μετά την χειρουργική τους αποκατάσταση.

Στόχος αυτής της εργασίας είναι να αναδείξουμε τον σημαντικό ρόλο που κατέχει πλέον στις μέρες μας η μετεγχειρητική υπερηχογραφική διερεύνηση μετά από ενδοαγγειακή αποκατάσταση του ανευρύσματος της κοιλιακής αορτής και των λαγονίων αρτηριών, τον πρώτο μήνα, στους έξι και δώδεκα μήνες μετά την ενδοαγγειακή αποκατάσταση σε σχέση με την αξονική αγγειογραφία. Σκοπός της μετεγχειρητικής υπερηχογραφικής απεικόνισης είναι να εξετάσουμε το μόσχευμα σε όλο το μήκος του αξιολογώντας την αιματική ροή του, να ανιχνεύσουμε πιθανές παθολογικές συλλογές υγρού, καθώς και την παρουσία ενδοδιαφυγής με πιθανή ανάπτυξη του ανευρύσματος. Απεικονίζουμε τον αυχένα του ανευρύσματος με το εγγύς μέρος του μοσχεύματος και στην συνέχεια παρακολουθούμε την πορεία του μέχρι το περιφερικό του άκρο ή αντίστροφα, χρησιμοποιώντας την μέθοδο της έγχρωμης Doppler απεικόνισης. Εφόσον, δεν ανιχνεύονται διαταραχές της ροής, λαμβάνουμε εικόνες της κεντρικής και της περιφερικής αναστόμωσης καθώς και κυματομορφές Doppler και ταχύτητες ροής στα αγγεία διαφυγής, αμέσως μετά τις περιφερικές αναστομώσεις.

Συμπερασματικά, η υπερηχογραφία είναι μία σημαντική μέθοδος για την μετεγχειρητική παρακολούθηση της κοιλιακής αορτής και των λαγονίων αρτηριών, καθώς έχει χαμηλό κόστος, δεν επιβαρύνει τον ασθενή με ακτινοβολία, δεν απαιτείται

η χορήγηση ενδοφλέβιου σκιαστικού μέσου, είναι σύντομη εξέταση με δυνατότητα διενέργειας αυτής ακόμη και στον χώρο του ασθενούς, με δυνατότητα απεικόνισης της κεντρικής και περιφερικής αναστόμωσης για τον έλεγχο τυχόν μετακίνησης του ενδομοσχεύματος καθώς και επιπλοκών, όπως ενδοδιαφυγές, στένωση και θρόμβωση.

Λέξεις κλειδιά: ενδοαγγειακή αποκατάσταση κοιλιακής αορτής, ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής (ΑΚΑ), ενδοδιαφυγή, έγχρωμο υπερηχογράφημα

ABSTRACT

Ultrasound are waves at a frequency above the audible limit and used for imaging anatomical structures of the human body. The ultrasonography belongs to the non-invasive vascular system examination methods and because it is a low cost examination, quick and does not use radiation or contrast, is a method of choice to verify the presence of vascular disease, and also points the location, extension and severity. It contributes therefore to the diagnosis and treatment of aneurysms, detecting asymptomatic aneurysms, and also helps in monitoring the increase in their dimensions over time and to detect any complications after surgical repair.

The aim of this work is to point out the important role that has in our days the postoperative ultrasound investigation after endovascular restoration (EVAR) of the aneurysm of the abdominal aorta and iliac arteries, the first month, six and twelve months after endovascular restoration in contrast to CT angiography. The purpose of post-operative ultrasound imaging is to look at the graft to its full length by evaluating blood flow, to detect possible abnormal fluid collections, and possible development of aneurysms. We show the neck of the aneurysm to the proximal portion of the graft and then follow the path to the distal end or vice versa, using the method of color Doppler imaging. If not detected flow disturbances, we take pictures of the central and peripheral anastomosis, as well as, Doppler waveform and flow velocities in vessels leak, immediately after the distal anastomosis.

In conclusion, ultrasonography is an important method for postoperative monitoring of the abdominal aorta and iliac arteries, as it is of a low cost, does not burden the patient with radiation, intravenous contrast agent is not required, it is a brief examination with the possibility of the patient to be examined in his personal place, as well as, there is the capacity of the central and peripheral shunt to be imagined, so as to control any movement of the graft and complications such as endoleaks, stenosis and thrombosis.

Keywords: endovascular restoration abdominal aorta, abdominal aortic aneurysm (AAA), endoleak, color ultrasound

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σωστή διάγνωση και ο ακριβής προσδιορισμός της εντόπισης και της έκτασης της νοσολογικής προσβολής του αγγειακού συστήματος αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για την κατάλληλη θεραπευτική της αντιμετώπιση. Η υπερηχογραφία των αγγείων αποτελεί στις μέρες μας ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην προσπάθεια της διαγνωστικής διερεύνησης των ασθενών με νόσο του αρτηριακού καθώς και του φλεβικού συστήματος. Τα πλεονεκτήματά της όπως είναι η μη επεμβατική της φύση, η ευκολία στην διενέργειά της καθώς και η δυνατότητα της επαναλαμβανόμενης εφαρμογής της στην παρακολούθηση της εξέλιξης της αγγειακής νόσου, την έχουν καταστήσει μέθοδο πρώτης γραμμής. Αποτελεί επίσης μια αποτελεσματική σε σχέση με το κόστος της μέθοδο στη διερεύνηση πολλών αγγειακών παθήσεων.

Η υπερηχογραφική εξέταση των αγγείων εξαρτάται κατά πολύ από τον ιατρό που την διενεργεί, όπως επίσης από την σωματική διάπλαση του ασθενούς, καθώς και από τις δυνατότητες του τεχνικού υπερηχογραφικού εξοπλισμού. Παρέχεται επίσης τόσο ανατομική όσο και λειτουργική πληροφόρηση. Οι διάφορες μέθοδοι της υπερηχογραφικής εξέτασης είναι η μέθοδος της φωτεινότητας-διαβάθμισης του γκρι (B-mode), η μέθοδος της διπλής (Duplex) υπερηχογραφικής απεικόνισης που αποτελεί συνδυασμό της μεθόδου B-mode και της επιλεκτικής λήψης σημάτων Doppler, η μέθοδος της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ροής (Color-Doppler) καθώς και η μέθοδος της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ισχύος της ροής (Power-Doppler).

Σε πολλές περιπτώσεις λοιπόν, ο σχεδιασμός της θεραπείας μπορεί να γίνει μόνο με την υπερηχογραφική διερεύνηση ενώ αποτελεί σχεδόν την βασική εξέταση για την παρακολούθηση ασθενών μετά από ενδοαγγειακή αποκατάσταση καθώς και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της συντηρητικής θεραπείας.

Έτσι λοιπόν, στην παρούσα διπλωματική εργασία θα αναφερθούμε αρχικά στις αρχές λειτουργίας των υπερήχων, στην ανατομία των αγγείων ενδιαφέροντος (κοιλιακή αορτή και λαγόνιες αρτηρίες), στις μεθόδους αποκατάστασης του ανευρύσματος της κοιλιακής αορτής και στην μετεγχειρητική υπερηχογραφική

διερεύνηση αυτής με σκοπό να αναδειχθούν τυχόν επιπλοκές όπως ενδοδιαφυγές, μετακίνηση του ενδομοσχεύματος, στένωση και θρόμβωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

1.1 Φυσική των υπερήχων

Ο υπέρηχος είναι ένα επίμηκες μηχανικό κύμα που χρειάζεται κάποιο μέσο προκειμένου να μεταδοθεί. Υπάρχουν επτά βασικές αρχές που είναι σημαντικές για την κατανόηση της λειτουργίας των υπερήχων:

1. Συχνότητα (F)
2. Περίοδος (T)
3. Μήκος κύματος (λ)
4. Ταχύτητα διάδοσης (C)
5. Ισχύς (P)
6. Ένταση (I)
7. Εύρος κύματος (A)

ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Η ταχύτητα διάδοσης των ηχητικών κυμάτων εξαρτάται από το υλικό μέσο στο οποίο διαδίδονται. Στους μαλακούς ιστούς, η μέση ταχύτητα του ήχου έχει βρεθεί ότι είναι 1540m/sec και παρεκκλίνει ελάχιστα από την εν λόγω μέση τιμή. Οι ελάχιστες, αν υπάρχουν, διαφορές στην ταχύτητα διάδοσης του ήχου σε σχέση με την συχνότητα και το πλάτος του κύματος είναι πολύ μικρές και δεν λαμβάνονται υπόψη στην υπερηχογραφική απεικόνιση.

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Ο αριθμός των ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο του πιεζοηλεκτρικού στοιχείου στον ηχοβολέα καθορίζει την συχνότητα του ηχητικού κύματος. Στις διαγνωστικές ιατρικές εφαρμογές των υπερήχων χρησιμοποιούνται συχνότητες από 1MHz μέχρι 30MHz.

Μήκος κύματος λ είναι η απόσταση που διαδίδεται η ακουστική διαταραχή στο μέσο διάδοσης σε χρόνο μιας περιόδου. Προσδιορίζεται από την εξίσωση:

$$\lambda = c/f$$

όπου c είναι η ταχύτητα του ήχου και f είναι η συχνότητά του.

Το μήκος κύματος έχει σημασία όταν περιγράφονται οι διαστάσεις αντικειμένων. Το μέγεθος ενός αντικειμένου περιγράφεται ουσιαστικότερα όταν αυτό γίνεται σε σχέση με το μήκος κύματος για την συχνότητα της δέσμης. Παρομοίως, το εύρος της υπερηχητικής δέσμης ενός ηχοβολέα εξαρτάται εν μέρει από το μήκος κύματος. Οι υψηλές συχνότητες, με τα μικρότερα μήκη κύματος που παρουσιάζουν, επιτρέπουν σε γενικές γραμμές την παραγωγή στενότερων υπερηχητικών δεσμών και καλύτερη διακριτική ικανότητα.

ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Ο χρόνος που απαιτείται για να συμπληρωθεί ένας κύκλος και υπολογίζεται σε δευτερόλεπτα. Η περίοδος και η συχνότητα είναι αμοιβαία μεγέθη, $F=1/T$ και $T=1/F$.

ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ

Η ένταση I του ηχητικού κύματος σε ένα σημείο του υλικού μέσου υπολογίζεται με βάση το τετράγωνο του πλάτους πίεσης P και τον τύπο $I=P^2/2\rho c$, όπου ρ είναι η πυκνότητα του μέσου και c η ταχύτητα του ήχου και υπολογίζεται σε Watt/m^2 .

Ακουστική ισχύς ενός ηχοβολέα, είναι ο ρυθμός εκπομπής της ενέργειας από τον ηχοβολέα. Τα επίπεδα των μέσων τιμών ακουστικής ισχύος που χρησιμοποιούνται

στην διαγνωστική υπερηχογραφία είναι χαμηλά και κυμαίνονται μεταξύ των 10 με 20 mW για τις περισσότερες εφαρμογές.

1.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Γενικά, ως μετατροπείς, καλούμε τις συσκευές αυτές που μετασχηματίζουν μία μορφή ενέργειας σε κάποια άλλη. Ο μετατροπέας (transducer) αποτελεί το σημαντικότερο συστατικό σε ένα σύστημα υπερήχων. Η λειτουργία του έγκειται στο να μετατρέπει ηλεκτρικά σήματα σε κύματα πίεσης τα οποία διαδίδονται μέσα στο μέσο διάδοσης (δημιουργία υπερήχων) και να παράγει το ηλεκτρικό αντίστοιχο οποιασδήποτε λαμβανόμενης ακουστικής κυματομορφής (λήψη υπερήχων).

Η διέγερση του μετατροπέα πραγματοποιείται με έναν παλμό τάσης, ο οποίος επιτυγχάνεται, είτε εκφορτίζοντας έναν πυκνωτή διαμέσου του κρυστάλλου, είτε χρησιμοποιώντας ένα τετραγωνικό παλμό τάσης, μικρής διάρκειας της τάξης του nanosecond. Ο διεγερμένος κρύσταλλος ωθείται σε ταλάντωση με αποτέλεσμα να παράγεται ένα φθίνον ημιτονοειδές κύμα το οποίο καλείται **παλμικό κύμα**.

Βασικός στόχος είναι να επιτευχθεί όσο το δυνατό μικρότερος παλμός. Όμως, όσο στενότερος είναι ο παλμός, τόσο ευρύτερο γίνεται το αντίστοιχο φάσμα συχνοτήτων του, γεγονός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τη χρησιμοποίηση ιδιαίτερα στενών παλμών. Ιδιαίτερη, λοιπόν, παράμετρο αποτελεί ο μηχανικός συντελεστής Q ο οποίος ορίζεται ως εξής:

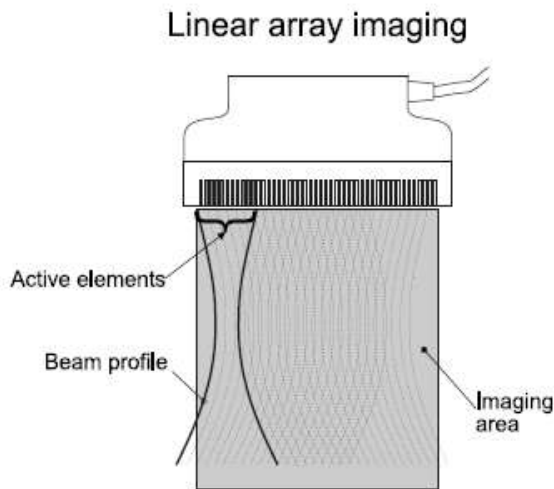
$$\text{Συντελεστής } Q = \text{συχνότητα λειτουργίας} / \text{εύρος ζώνης}$$

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος του μετατροπέα είναι η **συχνότητα επαναληψιμότητας παλμού (pulse repetition frequency / PRF)**. Το μέγεθος αυτό δίνει τον αριθμό των παλμών που εκπέμπονται από το μετατροπέα ανά second και αποτελεί το αντίστροφο μέγεθος της περιόδου επανάληψης του παλμού.

1.2.1 Τύποι υπερηχογραφικών κεφαλών

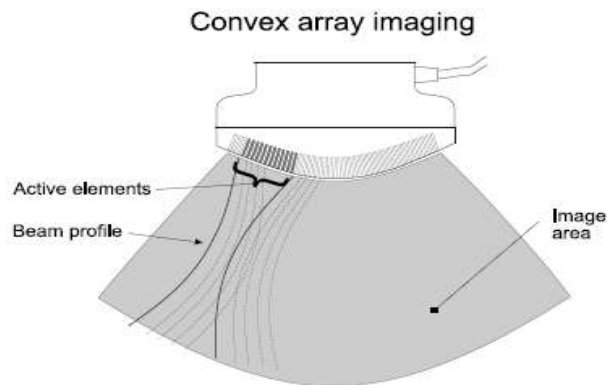
Η υπερηχογραφική απεικόνιση με την μέθοδο φωτεινότητας (B-mode) πραγματοποιείται με ηχοβολείς πραγματικού χρόνου. Οι ηχοβολείς αυτοί σαρώνουν αυτόματα με την υπερηχογραφική δέσμη την περιοχή της εξέτασης με ταχύ ρυθμό.

ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΗΧΟΒΟΛΕΑΣ



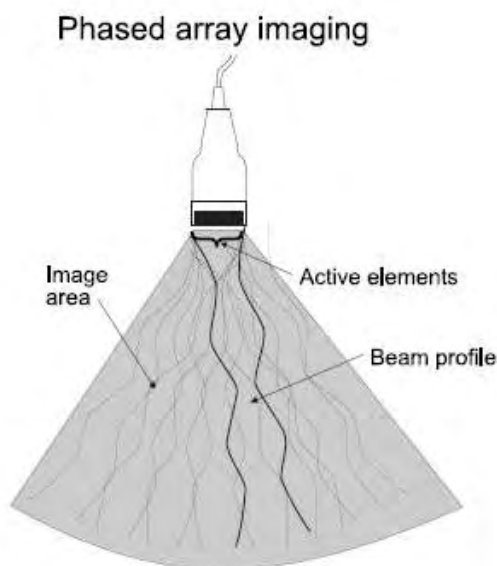
Ο μεταλλάκτης αποτελείται από διάταξη περίπου 120 χωριστών ορθογώνιων στοιχείων που είναι τοποθετημένα διαδοχικά. Για την παραγωγή της υπερηχογραφικής δέσμης ενεργοποιούνται ταυτόχρονα ομάδες 10 με 15 στοιχείων, με την γραμμή της δέσμης να επικεντρώνεται γύρω από το κεντρικό στοιχείο της ομάδας. Η απεικόνιση ξεκινάει με την ενεργοποίηση μιας ομάδας στοιχείων στο ένα άκρο της γραμμικής διάταξης, που εκπέμπει την πρώτη γραμμή της δέσμης και προσλαμβάνει τα σήματα των αντηχήσεων. Στην συνέχεια η ενεργός ομάδα στοιχείων μετατοπίζεται κατά ένα στοιχείο, δημιουργώντας μια καινούρια ομάδα στοιχείων και η επεξεργασία παλμού-αντήχησης συνεχίζεται. Η ενεργός ομάδα στοιχείων του μεταλλάκτη μετατοπίζεται από το ένα άκρο της διάταξης μέχρι το άλλο με τη διαδοχική ενεργοποίηση των απλών στοιχείων. Οι υπερηχογραφικές γραμμές είναι παράλληλες και το σχήμα της υπερηχογραφικής εικόνας που παράγεται είναι ορθογώνιο.

ΚΑΜΠΥΛΟΓΡΑΜΜΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΗΧΟΒΟΛΕΑΣ



Η διάταξη αυτή είναι παρόμοια με τη γραμμική διάταξη, με τη διαφορά ότι τα στοιχεία του μεταλλάκτη είναι τοποθετημένα κατά μήκος μιας κυρτής επιφάνειας του ηχοβολέα. Η μέθοδος παραγωγής της εικόνας είναι ίδια με εκείνη των ηχοβολέων γραμμικής διάταξης, όπου η ενεργός ομάδα στοιχείων μετατοπίζεται προοδευτικά από το ένα άκρο της διάταξης μέχρι το άλλο. Σε σύγκριση με τους ηχοβολείς γραμμικής, οι ηχοβολείς καμπυλόγραμμης διάταξης δημιουργούν ευρύτερο πεδίο απεικόνισης στο βάθος της εικόνας, ξεκινώντας από στενότερο πεδίο σάρωσης στην επιφάνεια του σώματος.

ΦΑΣΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΗΧΟΒΟΛΕΑΣ



Οι ηχοβολείς αυτοί αποτελούνται από διάταξη 120 περίπου πολύ στενών στοιχείων, που είναι τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο. Για την εκπομπή κάθε υπερηχογραφικής γραμμής σάρωσης χρησιμοποιούνται όλα τα στοιχεία. Ο προσανατολισμός της υπερηχογραφικής δέσμης ελέγχεται με την εφαρμογή μικρής χρονικής καθυστέρησης μεταξύ των παλμών που εκπέμπονται από τα ξεχωριστά στοιχεία της διάταξης. Για την δημιουργία μιας εικόνας χρησιμοποιούνται περίπου 150 δέσμες προσανατολισμένες σε διαφορετικές κατευθύνσεις.

Για την υπερηχογραφική απεικόνιση της κοιλιακής αορτής και των λαγονίων αγγείων, που είναι και το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, χρησιμοποιείται καμπυλόγραμμη διάταξης ηχοβολέας χαμηλών συχνοτήτων.

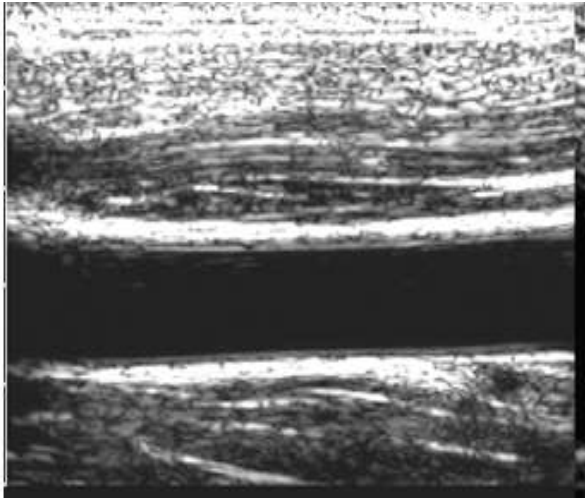
1.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

1.3.1 Μέθοδος απεικόνισης A-mode

Πρόκειται για μια μέθοδο λειτουργίας που απεικονίζει το χρόνο κατά μήκος ενός οριζώντιου άξονα και το εύρος της αντήχησης κατά μήκος ενός κάθετου άξονα. Στους υπερήχους, η μέθοδος αυτή αποκαλείται τύπος πλάτους.

1.3.2 Μέθοδος απεικόνισης B-mode





Απεικόνιση σε 2 διαστάσεις του αρτηριακού τοιχώματος και του αυλού, αδρή εκτίμηση της βλάβης και των χαρακτηριστικών του αθηρώματος.

Πρόκειται για μια μέθοδο λειτουργίας στην οποία η ένταση της επιστρεφόμενης αντήχησης απεικονίζεται με ένα ίχνος, με λάμψη για κάθε παλμό. Ένας ορισμός ο οποίος είναι ευρέως αποδεκτός είναι ‘μέθοδος φωτεινότητας’.

1.3.3 Μέθοδος απεικόνισης M-mode

Πρόκειται για μια μέθοδο απεικόνισης στην οποία το φωτεινό ίχνος κάθε παλμού δημιουργεί μια μονοδιάστατη απεικόνιση του χρόνου της θέσης του ανακλαστικού σημείου, δηλαδή μέθοδος κίνησης.

1.3.4 Οι βασικές τεχνικές ρυθμίσεις της υπερηχογραφικής απεικόνισης

Οι χειριστές των υπερηχογραφικών μηχανημάτων πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση των διαφόρων τεχνικών ρυθμίσεων της σάρωσης, ώστε να παράγονται όσο το δυνατό καλύτερης ποιότητας υπερηχογραφικές εικόνες. Οι βασικές ρυθμίσεις ελέγχου της υπερηχογραφικής σάρωσης περιλαμβάνουν:

- Ρύθμιση του βάθους της σάρωσης, για την επιλογή του μεγέθους του πεδίου απεικόνισης.
- Ρύθμιση της ισχύος εξόδου, για την μεταβολή της ευαισθησίας του ηχοβολέα. Αυξάνοντας την εκπεμπόμενη ισχύ είναι δυνατή η ανάδειξη ασθενέστερων

σημάτων αντήχησης από το σώμα. Η αύξηση αυτή συνοδεύεται βέβαια και από έκθεση του ασθενή σε υψηλότερη ακουστική ενέργεια.

- Επιλογή συχνότητας του ηχοβολέα, για την επιλογή της κυρίαρχης υπερηχογραφικής συχνότητας που εκπέμπεται από τον ηχοβολέα. Οι σύγχρονοι ηχοβολείς παράγουν υπερηχητικές δέσμες με ένα εύρος συχνοτήτων. Επιλέγεται έτσι η συχνότητα που χρειάζεται κάθε φορά.
- Ρύθμιση της συνολικής τεχνητής ενίσχυσης των προσλαμβανόμενων σημάτων, για την μεταβολή της ευαισθησίας του ηχοβολέα. Με τις ρυθμίσεις αυτές ενισχύεται τεχνητά η ένταση των αντηχήσεων που φθάνουν στον ηχοβολέα.
- Ρύθμιση της αντιστάθμισης της έντασης ανάλογα με τον χρόνο επιστροφής, που αντιρροπεί την εξασθένηση της υπερηχητικής δέσμης καθώς αυτή διαδίδεται στους ιστούς. Ο ηχοβολέας ενισχύει αυτόματα τις αντηχήσεις ανάλογα με το βάθος προέλευσής τους, έτσι ώστε αντηχήσεις από δομές που βρίσκονται βαθιά και έχουν υποστεί σημαντική εξασθένηση να ενισχύονται περισσότερο από σήματα αντηχήσεων που προέρχονται από επιφανειακές ανατομικές δομές και έχουν υποστεί μικρότερη εξασθένηση. Οι ρυθμίσεις αυτές στα περισσότερα μηχανήματα γίνονται με μια σειρά έξι με εννέα κουμπιών, καθένα από τα οποία προσαρμόζει την ενίσχυση του ηχοβολέα σε διαφορετικό βάθος σάρωσης.
- Ρύθμιση του εύρους των τιμών έντασης των αντηχήσεων που απεικονίζονται στην υπερηχογραφική εικόνα με διαβάθμιση του γκρι.
- Ρυθμίσεις προεπεξεργασίας, για την μεταβολή των σημάτων των αντηχήσεων πριν αυτές σταλούν στον μετατροπέα σάρωσης.
- Ρυθμίσεις μετεπεξεργασίας, για την μεταβολή της απεικόνισης των σημάτων αντήχησης στην εικόνα, που έχουν ήδη αποθηκευτεί στην μνήμη.
- Ρυθμίσεις παραμονής της εικόνας, ώστε να συμπεριληφθούν αρκετές επιτυχείς σαρώσεις του μεταλλάκτη για τον σχηματισμό της εικόνας. Η ρύθμισή της σε υψηλή τιμή έχει σαν αποτέλεσμα την εξομάλυνση της εικόνας αλλά σε βάρος της χρονικής λεπτομέρειας.

1.3.5 ΥΠΕΡΗΧΟΙ DOPPLER

Φαινόμενο Doppler ονομάζεται η μεταβολή της συχνότητας ενός ανακλώμενου υπερηχητικού κύματος όταν κινούνται η ανακλαστική επιφάνεια ή ο πομπός της δέσμης. Στην ιατρική υπερηχογραφία η μετατόπιση Doppler παρατηρείται όταν οι ανακλαστικές επιφάνειες κινούνται σε σχέση με τον ηχοβολέα. Η συχνότητα των σημάτων των αντηχήσεων που προέρχονται από κινούμενες ανακλαστικές επιφάνειες είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη σε σχέση με την συχνότητα εκπομπής του ηχοβολέα, ανάλογα με το αν η ανακλαστική επιφάνεια πλησιάζει ή απομακρύνεται από τον ηχοβολέα. Η συχνότητα μετατόπισης Doppler ή απλά η συχνότητα Doppler, είναι η διαφορά μεταξύ της προσλαμβανόμενης και της εκπεμπόμενης συχνότητας.

Έτσι λοιπόν, ο υπερηχογραφικός εξοπλισμός Doppler χρησιμοποιείται για την ανίχνευση και την εκτίμηση της ροής του αίματος.

Η σχέση που συνδέει τη συχνότητα του μετατροπέα f_{trans} με τη συχνότητα του αίματος f_{obs} είναι η ακόλουθη:

$$f_{obs} = f_{trans} \left(1 \pm \frac{u_{blood}}{c} \right)$$

όπου το + αντιστοιχεί στην περίπτωση που το αίμα κινείται προς το μετατροπέα με αποτέλεσμα ο μετατροπέας να δέχεται μία συχνότητα αυξημένη, ενώ το – αντιστοιχεί στην περίπτωση που το αίμα κινείται αντίθετα από το μετατροπέα με αποτέλεσμα η τελική τιμή της συχνότητας την οποία δέχεται ο μετατροπέας να είναι μειωμένη και u_{blood} η ταχύτητα ενός μικρού όγκου αίματος κινούμενου προς το μετατροπέα στον οποίο θεωρούμε ότι προσπίπτει μία συχνότητα υπερήχων f_{trans} . Από την παραπάνω εξίσωση συμπεραίνεται ότι η συχνότητα την οποία δέχεται ο μικρός όγκος του αίματος είναι μεγαλύτερη από την πραγματική. Όταν αυτός ο όγκος αίματος ανακλά την υπερηχητική δέσμη, συμπεριφέρεται και ο ίδιος ως μία κινούμενη πηγή, με αποτέλεσμα η δέσμη που ανιχνεύεται πίσω στο μετατροπέα να έχει ακόμα περισσότερο μετατοπισμένη συχνότητα. Συγκεκριμένα, ισχύει:

$$\Delta f = 2 f_{trans} \left(\frac{u_{blood}}{c} \right)$$

Η εξίσωση αυτή εκφράζει το γεγονός ότι στον μετατροπέα τελικά φθάνει συχνότητα μεγαλύτερη από την τιμή f_{trans} κατά Δf . Για αντίθετη κίνηση του όγκου του αίματος ο μετατροπέας θα δεχόταν συχνότητα με τιμή μικρότερη κατά Δf από την f_{trans} .

Με τον τρόπο που περιγράφηκε πιο πάνω μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα του αίματος μετρώντας τη μετατόπιση της συχνότητας κατά Doppler, Δf , αρκεί να γνωρίζουμε τη συχνότητα f_{trans} του μετατροπέα.

1.4 ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΤΗΣ ΕΓΧΡΩΜΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΡΟΗΣ

Η εικόνα με την μέθοδο της έγχρωμης απεικόνισης της ροής σχηματίζεται από σχετικά ασθενείς ανακλάσεις κυμάτων στα ερυθρά αιμοσφαίρια της κυκλοφορίας. Επειδή οι ανακλάσεις είναι ασθενείς, η ευαισθησία ανίχνευσης της ροής εξαρτάται σημαντικά από τις τεχνικές ρυθμίσεις του υπερηχογραφικού μηχανήματος. Στις περιπτώσεις που είναι αδύνατον να σχηματιστεί μια ικανοποιητικής ποιότητας εικόνα με την μέθοδο της έγχρωμης απεικόνισης της ροής πρέπει να δοκιμάζονται οι παρακάτω τεχνικές ρυθμίσεων.

1. **Εύρος ανιχνευόμενων ταχυτήτων.** Προσαρμόζουμε την συχνότητα εκπομπής παλμών ή το εύρος των ανιχνευόμενων ταχυτήτων σε επίπεδο κατάλληλο για το αγγείο του ενδιαφέροντος.
2. **Γωνία Doppler.** Θα πρέπει να είναι ίση ή μικρότερη από 60° .
3. **Πεδίο της σάρωσης.** Χρησιμοποιούμε μόνο το βάθος σάρωσης που απαιτείται. Το μεγαλύτερο βάθος σάρωσης απαιτεί μεγαλύτερο χρόνο διάδοσης των υπερηχητικών παλμών, ελαττώνει την συχνότητα εκπομπής παλμών, ελαττώνει τον αριθμό των παλμών ανά τετραγωνικό εκατοστό ιστού και αυξάνει τον χρόνο επεξεργασίας του σήματος.
4. **Μέγεθος του πλαισίου της έγχρωμης απεικόνισης της ροής.** Όταν εξετάζουμε αγγεία που βρίσκονται σε μεγάλο βάθος είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε ένα μικρού μεγέθους πλαίσιο έγχρωμης ροής.
5. **Ισχύς εξόδου και τεχνητή ενίσχυση.**

6. **Προτεραιότητα χρώματος.** Αν δοθεί προτεραιότητα στην εικόνα διαβάθμισης του γκρι η έγχρωμη εικόνα υποβαθμίζεται και το αντίστροφο. Αν υπάρχει πρόβλημα στην ανίχνευση ροής προσαρμόζουμε την επεξεργασία εικόνας προς την κατεύθυνση του χρώματος.
7. **Διακόπτης ρύθμισης ευαισθησίας χρώματος.** Η λειτουργία του συνίσταται στο ηλεκτρονικό φιλτράρισμα που εξαλείφει έγχρωμα τεχνικά σφάλματα (artifacts) που δημιουργούνται από την καρδιά ή τους αγγειακούς παλμούς.
8. **Τοιχωματικό φίλτρο φραγμού.** Αν είναι ρυθμισμένο σε πολύ υψηλό επίπεδο, τα σήματα χαμηλών συχνοτήτων από την χαμηλής ταχύτητας ροή θα εξαλείφονται.
9. **Πολύ αργή ροή.** Μπορεί να υπάρχει ροή που απλά είναι πολύ αργή για να αναδειχθεί με την μέθοδο της έγχρωμης απεικόνισης. Στην περίπτωση αυτή πιο ευαίσθητες μέθοδοι είναι η μέθοδος της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ισχύος της ροής ή το φασματικό Doppler σε σχέση με την συμβατική έγχρωμη απεικόνιση της ροής.

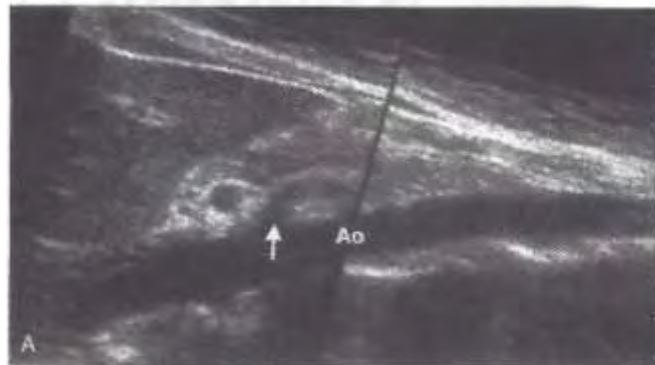
1.5 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΝΕΥΡΥΣΜΑΤΩΝ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΔΟΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Τα ανευρύσματα της κοιλιακής αορτής και των άλλων αγγείων της κοιλιάς είναι δυνητικά θανατηφόρα, παρόλο που συχνά είναι κλινικά σιωπηλά. Η υπερηχογραφία παίζει σημαντικό ρόλο στην διάγνωση και στην αντιμετώπιση των κοιλιακών ανευρυσμάτων ανιχνεύοντας τα ασυμπτωματικά ανευρύσματα, παρακολουθώντας την αύξηση διαμέτρου των ανευρυσμάτων με την πάροδο του χρόνου και ανιχνεύοντας τις επιπλοκές μετά την χειρουργική τους αποκατάσταση.

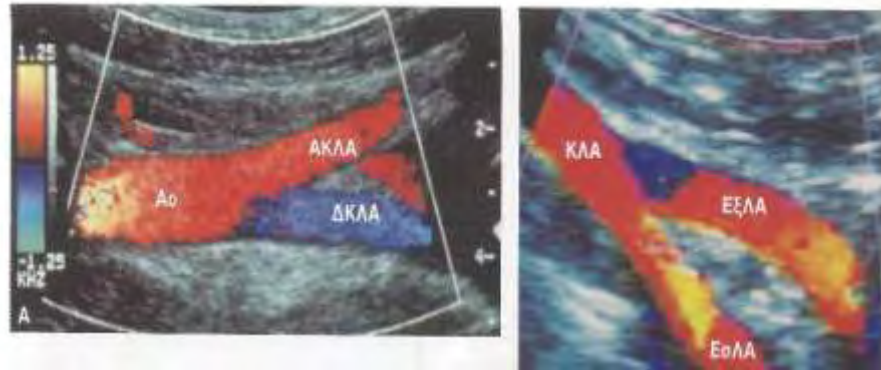
1.5.1 Η ΑΟΡΤΗ ΚΑΙ ΟΙ ΛΑΓΟΝΙΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ

Η φυσιολογική ανατομία

Η αορτή μετά την έκφυσή της από την αριστερή κοιλία ανέρχεται προς τα άνω και δεξιά, πίσω από το στέλεχος της πνευμονικής αρτηρίας, ως ανιούσα αορτή. Στην συνέχεια σχηματίζει το αορτικό τόξο και φέρεται προς τα πίσω και αριστερά, πίσω από την πύλη του αριστερού πνεύμονα. Από το ύψος του 4^{ου} θωρακικού σπονδύλου φέρεται στην συνέχεια προς τα κάτω, αρχικά προς τα αριστερά και ύστερα μπροστά από την σπονδυλική στήλη, ως κατιούσα αορτή. Στο κύτος του θώρακα ο οισοφάγος φέρεται δεξιά και εμπρός από την κατιούσα αορτή (θωρακική αορτή). Μετά την διέλευσή της από το αορτικό τρήμα του διαφράγματος εισέρχεται στο κύτος της κοιλιάς και η κατιούσα αορτή καλείται πλέον κοιλιακή αορτή¹⁻². Η κοιλιακή αορτή αντίστοιχα προς τον 4^ο οσφυϊκό σπόνδυλο διχάζεται στην δεξιά και την αριστερή κοινή λαγόνιο αρτηρία. Κάθε κοινή λαγόνιος αρτηρία υποδιαιρείται στην έσω λαγόνιο αρτηρία, για τα τοιχώματα και τα σπλάχνα της πυέλου, και στην έξω λαγόνιο αρτηρία, που συνεχίζει στο κάτω άκρο. Η υποτυπώδης μονοφυής συνέχεια της κοιλιακής αορτής είναι η μέση ιερή αρτηρία.



Η φυσιολογική αορτή. (Α) Σύνθετη εικόνα, επιμήκους υπερηχογραφικής τομής που αναδεικνύει ολόκληρο το μήκος της κοιλιακής αορτής (Αο), από το διαφραγματικό της τμήμα αριστερά, μέχρι την κατάληξή της δεξιά. (Β) Εγκάρσια υπερηχογραφική τομή της αορτής (Αο), της κάτω κοίλης φλέβας (ΚΚΦ) και της σπονδυλικής στήλης¹⁻².



Φυσιολογικές λαγόνιες αρτηρίες. (Α) Στεφανιαία υπερηχογραφική τομή που αναδεικνύει τον διχασμό της αορτής (Αο) στην δεξιά (ΔΚΛΑ) και στην αριστερή (ΑΚΛΑ) κοινή λαγόνιο αρτηρία. (Β) Η κοινή λαγόνιος αρτηρία (ΚΛΑ) διχάζεται στην έξω (ΕξΑΑ) και στην έσω (ΕσΑΑ) λαγόνιο αρτηρία¹⁻².

1.5.2 ΟΡΟΛΟΓΙΑ

Η αορτή θεωρείται ανευρυσματική όταν το διατεταμένο τμήμα της παρουσιάζει διάμετρο 1,5 φορά μεγαλύτερη από την διάμετρο του παρακείμενου φυσιολογικού της τμήματος ή όταν το περιφερικό της τμήμα υπερβαίνει τα 3εκ σε διάμετρο¹⁻⁵. Η ανευρυσματική διάταση είναι συνήθως εντοπισμένη, αλλά μερικά ανευρύσματα μπορεί να εκτείνονται σε μεγάλους μήκους τμήματα της αρτηρίας. Για την περιγραφή της έκτασης και της μορφολογίας των ανευρυσμάτων χρησιμοποιούνται ορισμένοι όροι, όπως εντοπισμένο ανεύρυσμα, γενικευμένο ανεύρυσμα, σακοειδές ανεύρυσμα και ατρακτοειδές ανεύρυσμα. Άλλοι όροι που περιγράφουν την παθογενετική αιτία των ανευρυσμάτων, περιλαμβάνουν το αληθές ανεύρυσμα, το ψευδοανεύρυσμα και το μυκωτικό ανεύρυσμα.

1.5.3 ΤΟ ΑΝΕΥΡΥΣΜΑ ΤΗΣ ΑΟΡΤΗΣ

Κλινικές εκδηλώσεις

Οι ασθενείς με ανευρύσματα αορτής μπορεί να παρουσιάζουν πόνο στην κοιλιά, στη ράχη ή στο κάτω άκρο, αλλά σε ποσοστό 30 με 60% είναι ασυμπτωματικοί. Στους ασυμπτωματικούς ασθενείς, τα ανευρύσματα ανακαλύπτονται τυχαία στην φυσική εξέταση ή στον απεικονιστικό έλεγχο⁵. Είναι χρήσιμο να γίνεται έλεγχος για πιθανή παρουσία κλινικά σιωπηλού αορτικού ανευρύσματος σε όλους τους ηλικιωμένους ασθενείς (ιδιαίτερα άντρες), που παραπέμπονται για υπερηχογραφική εξέταση κοιλίας.

Η κλινική εκδήλωση των αορτικών ανευρυσμάτων μπορεί να γίνεται μετά από οξεία διαφυγή (μικρορήξη) ή μετά από πραγματική ρήξη τους. Τα κλινικά σημεία και συμπτώματα στις περιπτώσεις αυτές περιλαμβάνουν πόνο, κατάπτωση ή κυκλοφορική καταπληξία. Η ρήξη του αορτικού ανευρύσματος αποτελεί ένα καταστροφικό συμβάν, που παρουσιάζει ποσοστό θνητότητας περίπου 80%^{6,7}.

Η υπερηχογραφική απεικόνιση

Το βασικό κριτήριο της υπερηχογραφικής διάγνωσης του αρτηριακού ανευρύσματος^{8,9,10} είναι η εντοπισμένη αύξηση στη διάμετρο της αρτηρίας, με τη διάμετρο του διατεταμένου τμήματος να είναι τουλάχιστον 1,5 με 2 φορές μεγαλύτερη από εκείνη του γειτονικού της, υγιούς τμήματος. Για τα ανευρύσματα της αορτής ένα επιπρόσθετο εύρημα είναι η απουσία της φυσιολογικής προοδευτικής ελάττωσης της διαμέτρου της αορτής κάτω από την έκφυση των μεσεντέριων και των νεφρικών αρτηριών.

Το τοίχωμα του μεγάλου μεγέθους αορτικών ή λαγόνιων ανευρυσμάτων επαλείφεται συνήθως από ομόκεντρες στοιβάδες θρόμβου. Ο τοιχωματικός θρόμβος μπορεί να δημιουργήσει έμβολα που αποφράσσουν περιφερικές αρτηρίες. Ο θρόμβος

στο ανεύρυσμα συνήθως δεν είναι οργανωμένος και μολονότι μερικά στοιχεία υποδηλώνουν πως μπορεί να ελαττώσει την μηχανική τάση του αίματος στο τοίχωμα και τον κίνδυνο ρήξης⁸, η παρουσία ή η απουσία του δεν επηρεάζει συνήθως την απόφαση για την χειρουργική αποκατάσταση του ανευρύσματος. Εξαιτίας της παρουσίας του θρόμβου, οι διαστάσεις μεταξύ των εξωτερικών παρυφών του ανευρύσματος είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερες από τις διαστάσεις του λειτουργικού αυλού. Συνεπώς, η αρτηριογραφία υποεκτιμά συνήθως το μέγεθος του αορτικού ανευρύσματος γιατί με την μέθοδο αυτή απεικονίζεται μόνο ο βατός αρτηριακός αυλός.

1.5.4 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

1. Επιμήκης υπερηχογραφική σάρωση

Εξετάζουμε την αορτή από το διάφραγμα μέχρι τον διχασμό της.

Προσδιορίζουμε την εντόπιση και το μήκος του αορτικού ανευρύσματος.

Μετρούμε την προσθιοπίσθια διάμετρο του ανευρύσματος από την μία έξω παρυφή του μέχρι την απέναντί της.

Εξετάζουμε τις κοινές λαγόνιες αρτηρίες μέχρι τον διχασμό τους.

Μετρούμε τις διαστάσεις του λαγόνιου ανευρύσματος (-των) αν υπάρχει, από την μία έξω παρυφή του μέχρι την απέναντί της.

2. Εγκάρσια υπερηχογραφική σάρωση

Τεκμηριώνουμε την μέγιστη διάμετρο της αορτής στο διάφραγμα, στην έκφυση της άνω μεσεντέριας αρτηρίας και περιφερικά κοντά στον διχασμό της αορτής.

Μετρούμε την προσθιοπίσθια και την εγκάρσια διάμετρο του ανευρύσματος από την μία έξω παρυφή του μέχρι την απέναντί της.

Αναδεικνύουμε τις λαγόνιες αρτηρίες.

Μετρούμε τις διαστάσεις του λαγόνιου ανευρύσματος, αν υπάρχει, από την μία έξω παρυφή του μέχρι την απέναντί της.

3. Στεφανιαία υπερηχογραφική σάρωση

Μετρούμε την εγκάρσια διάμετρο του αορτικού ανευρύσματος, από την μία έξω παρυφή του μέχρι την απέναντί της.

Εξετάζουμε τις λαγόνιες αρτηρίες και μετρούμε τις διαστάσεις του ανευρύσματος, αν υπάρχει.

4. Εξέταση με την μέθοδο της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ροής

Επιβεβαιώνουμε την βατότητα της άνω μεσεντέριας αρτηρίας, της κοιλιακής αορτής και των νεφρικών αρτηριών και διευκρινίζουμε για διαταραχές ροής που σχετίζονται με στένωση.

Μετρούμε την απόσταση του αυχένα του ανευρύσματος από τις εκφύσεις των νεφρικών αρτηριών.

Εναλλακτικά, μετρούμε την απόσταση του αυχένα του ανευρύσματος από την έκφυση της άνω μεσεντέριας αρτηρίας.

5. Υπερηχογραφική απεικόνιση των νεφρών: επιμήκης και εγκάρσια σάρωση

Τεκμηριώνουμε το μήκος και τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των νεφρών.

Τεκμηριώνουμε την υδρονέφρωση, εφόσον υπάρχει.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Η ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ

Στην ανοιχτή χειρουργική αποκατάσταση των ανευρυσμάτων της κοιλιακής αορτής τοποθετούνται συνήθως τρεις τύποι μοσχευμάτων: 1) τα απλά σωληνωτά μοσχεύματα, για ανευρύσματα που περιορίζονται στην αορτή, 2) τα αορτολαγόνια μοσχεύματα και 3) τα αορτοδιμηριαία μοσχεύματα. Η ανευρυσματική αορτή

διανοίγεται επιμήκως, τοποθετείται το μόσχευμα και στην συνέχεια ακολουθεί σύγκλειση του ανευρυσματικού σάκου γύρω από το μόσχευμα. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για να απομονωθεί το μόσχευμα από το δωδεκαδάκτυλο, έτσι ώστε να περιοριστεί ο κίνδυνος της μόλυνσής του. Η τεχνική της σύγκλεισης του ανευρυσματικού σάκου γύρω από το μόσχευμα δημιουργεί δυνητικό χώρο που φυσιολογικά περιέχει υγρό κατά τη διάρκεια της άμεσης μετεγχειρητικής περιόδου.

Στα τέλη της δεκαετίας του '90, με την εισαγωγή της μεθόδου της διαδερμικής, ενδοαυλικής αποκατάστασης των ανευρυσμάτων της αορτής, θεωρήθηκε πως η μέθοδος αυτή θα χρησιμοποιηθεί ευρέως μελλοντικά στην αποκατάσταση των ανευρυσμάτων του αορτολαγόνιου αρτηριακού συστήματος^{11,12,13}. Οι ενδοαυλικές προθέσεις είναι ειδικοί εκπτυσσόμενοι τοιχωματικοί ενδοαυτικοί νάρθηκες, που τοποθετούνται στον διατεταμένο αρτηριακό αυλό μέσω μιας μικρής τομής σε μια περιφερική αρτηρία. Η μέθοδος εκλογής για τον χειρουργικό σχεδιασμό και τον μετέπειτα έλεγχο είναι η υπολογιστική τομογραφία, ενώ η μέθοδος της διπλής υπερηχογραφικής απεικόνισης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στον περιοδικό επανέλεγχο.

2.1.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΓΧΡΩΜΗΣ DOPPLER ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ

Τα πλεονεκτήματα της έγχρωμης Doppler υπερηχογραφίας στην παρακολούθηση των ασθενών με ενδομοσχεύματα κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών, περιλαμβάνουν: 1) τη δυνατότητα μετρήσεων της εγκάρσιας διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου και του αληθούς αυλού σε τακτικά διαστήματα κατά τον πρώτο χρόνο μετά την ενδοαγγειακή αποκατάσταση αλλά και μετά την πάροδο του χρόνου με σκοπό να αποφευχθεί η πρόσθεση στον οργανισμό του ασθενούς σημαντικής δόσης ακτινοβολίας με την εφαρμογή συχνά της αξονικής αγγειογραφίας 2) αποφυγή της πιθανότητας νεφροτοξικότητας που μπορεί να προκληθεί μετά από επαναλαμβανόμενη απεικόνιση με υπολογιστική τομογραφία και συνακόλουθη

χορήγηση ενδοφλέβιας σκιαγραφικής ουσίας 3) είναι μια πολύ ευαίσθητη μέθοδος (σε ποσοστό που προσεγγίζει το 100%)⁴⁰ η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναγνωρίσει με αξιοπιστία τις σχετιζόμενες με το μόσχευμα ενδοδιαφυγές (τύπου I) και λιγότερο ενδοδιαφυγών τύπου II, αλλά καθώς είναι γνωστό ότι οι ενδοδιαφυγές τύπου II χωρίς αύξηση του σάκου δεν συνδέονται με σημαντικό κίνδυνο δυσμενών κλινικών γεγονότων, μπορεί να θεωρηθεί ως αποδεκτός περιορισμός 4) ο υπέρηχος μπορεί συχνά να εντοπίσει το σημείο της ενδοδιαφυγής για την ταξινόμηση αυτής 5) την εκτίμηση της βατότητας του μοσχεύματος και 6) είναι μέθοδος χαμηλού κόστους και μπορεί να επαναλειφθεί αν χρειαστεί. Τα μειονεκτήματα της έγχρωμης Doppler υπερηχογραφίας, περιλαμβάνουν: 1) περιορισμένη δυνατότητα αξιολόγησης της ακεραιότητας του μοσχεύματος σε σχέση με την υπολογιστική τομογραφία 2) υπάρχει μία ανάγκη για εξοπλισμό υψηλής ανάλυσης για την επαρκή απόδοση της εξέτασης αυτής 3) είναι μια τεχνική πρόκληση και υποκειμενική μελέτη, η οποία εξαρτάται από την εμπειρία του ιατρού που διενεργεί την εξέταση και ερμηνεύει τα ευρήματα, αλλά όπως ήδη αναφέρθηκε μπορεί να είναι ένα πολύτιμο εργαλείο για την αξιολόγηση των ασθενών με ενδοδιαφυγές και 4) τα δεδομένα του υπερήχου επηρεάζονται συχνά από την ποιότητα του εξοπλισμού που διαθέτει το κάθε εργαστήριο. Επιπλέον, τα αποτελέσματα που λαμβάνονται είναι πολύ πιο δύσκολο να αναπαραχθούν από εργαστήριο σε εργαστήριο, ενώ αντιθέτως η αξονική αγγειογραφία μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα αναπαραγωγήσιμο πρωτόκολλο για την απόκτηση της σάρωσης.

2.1.2 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΚΑΙ Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΜΟΣΧΕΥΜΑΤΩΝ

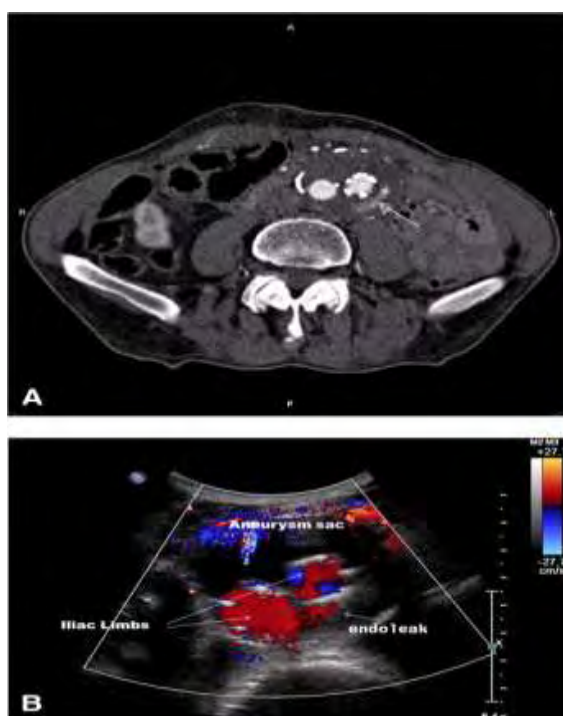
Ο σκοπός της μετεγχειρητικής υπερηχογραφικής απεικόνισης είναι να εξετάσει το μόσχευμα σε όλο του το μήκος αξιολογώντας την αιματική ροή, να ανιχνεύσει την πιθανή παρουσία επιπλοκών όπως ενδοδιαφυγές, μετακίνηση του ενδομοσχεύματος, στένωση και θρόμβωση. Σε γενικές γραμμές, η υπερηχογραφική εξέταση του μοσχεύματος είναι αρκετά σύντομη και απλή. Ο εξειδικευμένος ιατρός στους υπερήχους αρχίζει απεικονίζοντας το κεντρικό μέρος του μοσχεύματος και

στην συνέχεια παρακολουθεί την πορεία του μέχρι το περιφερικό του άκρο (ή αντίστροφα) χρησιμοποιώντας την μέθοδο της έγχρωμης απεικόνισης της ροής.

Οι ενδοαυλικοί νάρθηκες απεικονίζονται μέτρια ηχογενείς και ανιχνεύονται εύκολα. Αν και οι νάρθηκες κατασκευάζονται από μεταλλικό σύρμα, η διαπλοκή των τινών τους είναι αραιή, επιτρέποντας την διείσδυση των υπερηχητικών κυμάτων και την ανίχνευση της ροής του αίματος με την μέθοδο της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ροής και την ανάλυση του φάσματος των συχνοτήτων Doppler.

2.1.3 ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ

Οι επιπλοκές, λοιπόν, των ενδοαυλικών προθέσεων όπως προαναφέρθηκε αναλυτικά είναι: (1) η μετακίνηση της ενδοπρόθεσης, που φαίνεται να είναι το αποτέλεσμα συνδυασμού παραγόντων που σχετίζονται τόσο με τον ασθενή όσο και με την συσκευή, με την αποτυχία στο κεντρικό σημείο πρόσφυσης να είναι αυτή που περιγράφεται συχνότερα, (2) η συνεχιζόμενη ή υποτροπιάζουσα κυκλοφορία του αίματος στην ανευρυσματική κοιλότητα, αλλά επί τα εκτός του τοιχώματος του ενδοαγγειακού νάρθηκα (endoleak).

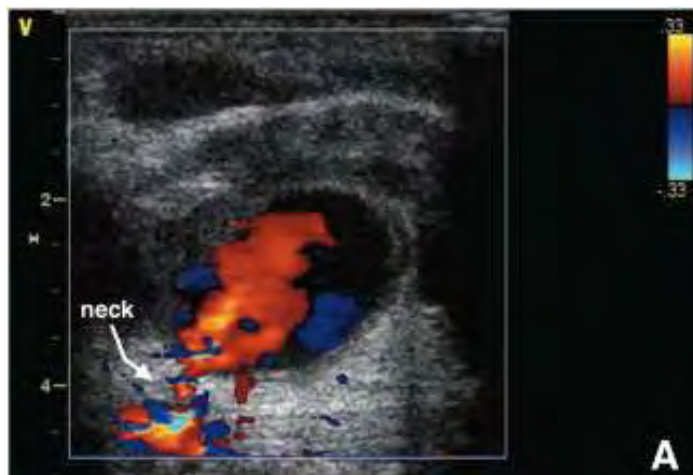


Ενδοδιαφυγή (endoleak) είναι η εμμένουσα αιματική ροή έξω από τον αυλό του ενδομοσχεύματος αλλά εντός του ανευρυσματικού σάκου ή των παρακείμενων αγγειακών τμημάτων που αντιμετωπίζονται με τον ενδονάρθηκα. Η διαφυγή μπορεί να περιγραφεί ως πρόιμη, που εμφανίζεται την στιγμή της EVAR, ή δευτερεύουσα, που αναφέρεται σε μια διαφυγή που δεν είναι ορατή στην τελική αγγειογραφία αλλά εμφανίζεται σε επακόλουθο έλεγχο. Οι ενδοδιαφυγές έχουν κατηγοριοποιηθεί σύμφωνα με την πηγή της ανώμαλης αιματικής ροής, καθώς αυτή χαρακτηρίζει την ενδοδιαφυγή και επομένως την πιθανότητα για καταστροφικά αποτελέσματα. Οι ενδοδιαφυγές είναι κλινικά σημαντικές καθώς μπορεί να συνδυαστούν με αύξηση του ανευρύσματος και ενδεχόμενη ρήξη. Endotension είναι η κατάσταση αυξημένης πίεσης μέσα στον ανευρυσματικό σάκο^{25,26}.

Υπάρχουν αρκετά είδη ενδοδιαφυγών που ταξινομούνται ως εξής^{20,22-24}:

- Ενδοδιαφυγές στα σημεία προσκόλλησης του ενδομοσχεύματος (Type I)
 - (Ia) κεντρική ενδοδιαφυγή
 - (Ib) διαφυγή από το περιφερικό άκρο του ενδομοσχεύματος
 - (Ic) από τον αποφρακτήρα της λαγονίου αρτηρίας
- Ενδοδιαφυγή από κλάδους εντός του ανευρυσματικού σάκου (Type II)
 - (IIa) απλή ή παλίνδρομη ροή από ένα μόνο βατό κλάδο
 - (IIb) σύνθετη ροή ή ροή από δύο ή περισσότερους βατούς κλάδους
- Ενδοδιαφυγή από πρόβλημα στο ενδομόσχευμα (Type III)
 - (IIIa) στο σημείο επαφής των προεκτάσεων του ενδομοσχεύματος ή αποσύνδεση αυτών
 - (IIIb) εξαιτίας καταστροφής του υλικού του ενδομοσχεύματος
 - A) μικρή (<2mm ή οπές από τα σημεία των ραμμάτων)
 - B) μεγάλη (>2mm)
- Διαφυγή διαμέσου των πόρων του υλικού του ενδομοσχεύματος (Type IV)
Η ενδοδιαφυγή εμφανίζεται σε λιγότερο από 30 ημέρες μετά την τοποθέτηση του ενδομοσχεύματος.
- Endotension: ταξινομείται ως εξής:
 - χωρίς ενδοδιαφυγή
 - με σφραγισμένη ενδοδιαφυγή (ουσιαστική ενδοδιαφυγή)

- με τύπου I ή III ενδοδιαφυγή
- με τύπου II ενδοδιαφυγή



και (3) ο σχηματισμός θρόμβου μέσα στον αυλό του ενδοαγγειακού νάρθηκα, που οδηγεί στην στένωση ή απόφραξη του.

2.2 Η ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΔΟΑΓΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΚΑ (EVAR)

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, η μετεγχειρητική υπερηχογραφική εκτίμηση μετά από ενδοαγγειακή αποκατάσταση περιλαμβάνει τον έλεγχο των ακόλουθων παραμέτρων: α) Η ελάττωση του μεγέθους του ανευρύσματος φαίνεται να είναι η φυσιολογική εξέλιξη μετά την τοποθέτηση του ενδοαυλικού νάρθηκα, εύρημα που αποτελεί σημείο επιτυχημένης θεραπευτικής αντιμετώπισης. β) η διατήρηση του ίδιου ή η αύξηση του μεγέθους του ανευρύσματος μετά την τοποθέτηση του ενδοαγγειακού νάρθηκα υποδηλώνει παρουσία κυκλοφορίας του αίματος και έξω από τον αυλό του νάρθηκα. Συνεπώς, έχει ιδιαίτερη σημασία η προσεκτική μέτρηση των διαστάσεων του ανευρύσματος μετά την τοποθέτηση του ενδοαγγειακού νάρθηκα. γ) η κυκλοφορία του αίματος γύρω από τον ενδοαγγειακό νάρθηκα μπορεί να προέλθει από διάφορα αίτια, όπως από την παρουσία ελλείμματος είτε στον ενδοαγγειακό νάρθηκα είτε στην θέση συμβολής του νάρθηκα με το αρτηριακό τοίχωμα καθώς και από παλίνδρομη ροή μέσω της κάτω μεσεντέριας αρτηρίας, μιας οσφυϊκής αρτηρίας ή

μιας λαγόνιας αρτηρίας. δ) η ταχείας ροής κυκλοφορία όσο και η χαμηλής ταχύτητας ροή έξω από τον αυλό του ενδοαγγειακού νάρθηκα δύναται να προσδιοριστεί εξίσου ικανοποιητικά με την υπερηχογραφία (CEUS) έναντι της αξονικής τομογραφίας^{46,47,48}, και ε) η μετακίνηση του ενδοαγγειακού νάρθηκα μπορεί να γίνει κεφαλικά ή ουραία και να προκαλέσει απόφραξη αρτηριακών κλάδων που εκφύονται από την αορτή καθώς και ανάπτυξη κυκλοφορίας έξω από τον αυλό του νάρθηκα. Συνεπώς, έχει σημασία η μετεγχειρητική τεκμηρίωση αναφοράς της θέσης του ενδοαγγειακού νάρθηκα σε σχέση με τους κύριους αρτηριακούς κλάδους που εκφύονται από την αορτή καθώς και με τον διχασμό της αορτής στις κοινές λαγόνιες αρτηρίες.

Ο υπερηχογραφικός επανέλεγχος παρακολούθησης θα πρέπει να επιβεβαιώνει την βατότητα των κύριων επιγαστρικών αορτικών κλάδων και των έσω λαγόνιων αρτηριών. Σημαντική είναι επίσης και η ανάδειξη μεταβολών στο σχήμα του ενδοαγγειακού νάρθηκα. Η ανίχνευση διόγκωσης του ενδοαγγειακού νάρθηκα καθώς και γωνίωσης ή διάσπασης των συρμάτων του μπορεί να αποτελέσουν προδιαθεσικούς παράγοντες μετακίνησης (μετανάστευσης) του νάρθηκα ή διαφυγής αίματος από τον αυλό του. Πιθανό πρόβλημα είναι και ο σχηματισμός θρόμβου στον αυλό του νάρθηκα. Ο θρόμβος μπορεί να απεικονιστεί υπερηχογραφικά απευθείας ή έμμεσα με την ανάδειξη αυξημένης ταχύτητας ροής λόγω της στένωσης του αυλού του νάρθηκα. Η υπερηχογραφική εξέταση των ενδοαυλικών προθέσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει πάντα την επιβεβαίωση της βατότητας του αυλού του ενδοαγγειακού νάρθηκα και την διερεύνηση για παρουσία στένωσης με την μέθοδο της έγχρωμης Doppler απεικόνισης της ροής.

Σύμφωνα, λοιπόν, με τα παραπάνω, η έγχρωμη Doppler υπερηχοτομογραφία έχει ευαισθησία και ειδικότητα που προσεγγίζουν το 100%. Μελέτες οι οποίες συγκρίνουν τις δύο απεικονιστικές μεθόδους (CT και CDU) καταλήγουν σε αντικρουόμενα αποτελέσματα. Πρόσφατες μελέτες αναφέρουν ότι η προγνωστική αξία της έγχρωμης Doppler υπερηχοτομογραφίας είναι υψηλή^{29-31,32-34}, όταν άλλες υποστηρίζουν ότι η ευαισθησία της έναντι της αξονικής αγγειογραφίας είναι μικρότερη^{35-37,38} ειδικά στην ανάδειξη της τύπου II ενδοδιαφυγής. Οι Sato et al³⁹ και d' Audiffret et al⁴⁰ συμφωνούν ότι η υπερηχοτομογραφία είναι μια εξαίρετη μέθοδος στην διάγνωση ενδοδιαφυγών με ευαισθησία 97 και 96% αντίστοιχα. Οι Schmieder et al εκτιμούν ότι η υπερηχοτομογραφία στην ανίχνευση ενδοδιαφυγών που απαιτούν

αποκατάσταση έχει ευαισθησία 90% και ειδικότητα 81%⁴¹. Οι Beeman et al υποστηρίζουν ότι η υπερηχοτομογραφία στην αναγνώριση των ενδοδιαφυγών είναι το ίδιο (ή και περισσότερο) ακριβής από την αξονική τομογραφία. Οι ίδιοι συγγραφείς το 2010 ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα της μελέτης τους σε 278 ασθενείς που υπεβλήθησαν σε EVAR, μεταξύ 1998 και 2009, και στους οποίους η μετεγχειρητική εκτίμηση έγινε με έγχρωμο Doppler υπερηχοτομογράφημα (βλ.πίνακα 1). Παράμετροι που εκτιμήθηκαν, όπως το ευρύ φάσμα του κύματος Doppler καθώς και η παραμονή ενδοδιαφυγών τύπου II, ήταν οι ισχυρότεροι προγνωστικοί παράγοντες για την αύξηση της διαμέτρου του ανευρύσματος της κοιλιακής αορτής και επομένως, μια δευτερεύουσα παρέμβαση για να αποφευχθεί η ρήξη. Άλλες πιο πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν ότι η CDU είναι μια ασφαλής και αποτελεσματική μέθοδος στον υπολογισμό του μεγέθους του ανευρυσματικού σάκου, καθώς και στην διάγνωση πιθανών επιπλοκών μετά από EVAR.

Έτσι, λοιπόν, η έγκαιρη διάγνωση των επιπλοκών μετά από EVAR, παραμένει η μεγαλύτερη πρόκληση για την μετεγχειρητική διερεύνηση αυτών των ασθενών. Η αξονική άνω και κάτω κοιλίας μετά την ενδοφλέβια χορήγηση σκιαγραφικής ουσίας ήταν μέχρι πρόσφατα η πλέον αποδεκτή μέθοδος απεικόνισης για την ανάδειξη ενδοδιαφυγών, τον έλεγχο για την κατάσταση του ενδομοσχεύματος, καθώς και την μέτρηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου μετά από EVAR, με διάφορα πρωτόκολλα. Πρόσφατες μελέτες ωστόσο, όπως ήδη αναφέρθηκε, επιδεικνύουν το έγχρωμο Doppler υπερηχοτομογράφημα ως μία ασφαλή και αποτελεσματική μέθοδο απεικόνισης για την μέτρηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου και την διάγνωση πιθανών επιπλοκών μετά από EVAR^{43,44}. Μελλοντικές έρευνες μπορεί να καταλήξουν ότι το CDU κάθε 6 ή 12 μήνες είναι μία αποδεκτή και αξιόπιστη εναλλακτική μέθοδος απεικόνισης κατά την μετεγχειρητική μετά EVAR διερεύνηση, ειδικά για ανευρύσματα με διάμετρο όχι μεγαλύτερη από 6,5εκ. και για σταθερά γενικά ανευρύσματα.

Πίνακας 1: Μελέτες που συγκρίνουν το έγχρωμο υπερηχοτομογράφημα (CDU) με την αξονική τομογραφία (CT) για την ανάδειξη ενδοδιαφυγής (endoleak) μετά από EVAR

Συγγραφέας	Έτος	Αριθμός ασθενών	Συγκεκριμένος τύπος αξονικής	CDU (ευαισθησία/ ειδικότητα)	US χειριστής (αριθμός/k score)
Heilberger et al	1997	102	CT	95/95	
Sato et al	1998	79	CTA	97/74	
Thompson et al	1998	20	CT	100/100	
Zanneti et al	2000	103	Axial, spiral CT	92/98	2 (k =1)
Wolf et al	2000	76	Helical CT	81/95	r
Fletcher et al	2000	36	CT	100/100	
d' Audiffret et al	2001	89	Helical CT	96/94	
Pages et al	2001	40	Spiral CT	48/93	3
Parent et al	2002	83	Helical CT-triple phase	100/NR	r
McLafferty et al	2002	79	Helical CT	100/99	
McWilliams et al	2002	51	CT-biphasic	12/94	1
Giannoni et al	2003	26	CTA	63/93	
Bendick et al	2003	20	CTA-triple phase	NR	r
Raman et al	2003	281	Helical CT	43/96	
Elkouri et al	2004	107	Helical CT	25/89	r

Napoli et al	2004	30	CTA-biphasic	↓NR	1
AbuRahma et al	2005	178	CT	68/99	
Dill-Mackey et al	2007	20	CTA-biphasic	75/88	1
Sandford et al	2006	310	Spiral CT	67/91	r
Henao et al	2006	20	CTA-biphasic	100/100	
Collins et al	2007	160	Helical CT	100/100	r
Tomlinson et al	2007	93	CT	↑ NR	
Chaer et al	2009	184	Helical CT	↑ NR	r
Manning et al	2009	117	CTA-biphasic	86/67	3
Bargellini et al	2009	196	CTA-triple phase	63/98	1
Ten Bosch et al	2010	83	CTA-triple phase	↑NR	3
Nagre et al	2011	561	CTA	35/95	r
Cantisani et al	2011	108	CTA-triple phase	58/93	2
Perini et al	2011	395	CTA-triple phase	100/100	3
Gürtler et al	2013	132	Multislice CT	97/73	1
Millen et al	2013	33	CTA-arterial phase	100/100	r

Συνοπτομογραφίες: ↑ υψηλό, ↓ χαμηλό, CDU, έγχρωμο υπερηχογράφημα; CT, αξονική τομογραφία; CTA, αξονική αγγειογραφία; EVAR, ενδοαυλική αποκατάσταση κοιλιακής αορτής; US, υπερηχογράφημα. US vs. CT after EVAR Karanikola et al

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η υπερηχογραφική απεικόνιση είναι η καλύτερη μέθοδος τόσο για τον αποκλεισμό ΑΚΑ και για προληπτικό έλεγχο, όσο και για την μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από ενδοαγγειακή αποκατάσταση καθώς δεν προκαλεί νεφροτοξικότητα, έχει μικρό κόστος, δεν απαιτεί χορήγηση σκιαγραφικού ή χρήση ακτινοβολίας και μπορεί να επαναληφθεί εφόσον χρειαστεί. Έχει ευαισθησία και ειδικότητα που προσεγγίζουν το 100% και απόκλιση περίπου 5χιλ. από εξεταστή σε εξεταστή⁴⁵.

Μειονεκτεί ως προς την αξονική τομογραφία εξαιτίας της αδυναμίας τα αποτελέσματα να αναπαραχθούν από εργαστήριο σε εργαστήριο, ενώ αντιθέτως η αξονική αγγειογραφία μπορεί εύκολα να τυποποιηθεί χρησιμοποιώντας ένα αναπαραγωγίσιμο πρωτόκολλο για την απόκτηση της σάρωσης. Σύμφωνα λοιπόν, με τα παραπάνω η καλύτερη μέθοδος παρακολούθησης μπορεί να μην είναι η έγχρωμη Doppler υπερηχογραφία ή η αξονική αγγειογραφία, αλλά ο συνδυασμός και των δύο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Bluth EI, Ultrasound of the abdominal aorta. *Arch Intern Med* 144:377-380, 1984.
- 2) Steiner E, Rubens D, Weiss SL, et al. Sonographic examination of the abdominal aorta through the left flank: A prospective study. *J Ultrasound Med* 5: 499-502, 1986.
- 3) Ricci MA, Kleeman M, Case T, Pilcher DB. Normal aortic diameter by ultrasound. *J Vasc Technol* 19: 17-19, 1995.
- 4) Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, et al. Relationship of age, gender, race and body size to infrarenal aortic diameter. *J Vasc Surg* 25: 595- 601, 1997.
- 5) Hallett JW. Natural history and treatment. *Heart Dis Stroke* 1: 303-308, 1992.
- 6) De Sanctis RW, Doroghazi RM, Austen G, et al. *N Engl J Aortic dissection. Med* 317: 1060-1067, 1987.
- 7) In Bergan. JJ, Yao JST (eds) *The ruptured abdominal aortic aneurysm.* Garrett HE, Ilabaca PA. *Aneurysms, Diagnosis and Treatment.*: New York, Grune & Stratton, 1982, pp 302-326.
- 8) LaRoy LL, Cormier PJ, Matalon TAS, et al. Imaging of abdominal aortic aneurysms.: *AJR Am J Roentgenol* 152: 785-792, 1989.
- 9) Paivansao M, Lahde S, Myllyla V, et al. Ultrasonography in the diagnosis of abdominal aortic aneurysms.: *Fortschr Rontgenstr* 140:683-685, 1984.
- 10) Yucel EK, Fillmore DJ, Knox TA, Waltman AC. Sonographic measurement of abdominal aortic diameter: Interobserver variability. *J Ultrasound Med* 10: 681-683, 1991.
- 11) Blum U, Voshage G, Lammer J, et al. Endoluminal stent-grafts for infrarenal abdominal aortic aneurysms.: *N Engl J Med* 336: 12-20, 1997.
- 12) Golzarian J, Imaging of abdominal aortic aneurysms after endoluminal repair.: *Semin Ultrasound CT MRI* 20:16-24, 1999.
- 13) Johnson BL, Harris EJ, Fogarty TJ, et al. Color duplex evaluation of endoluminal aortic stent grafts.: *J Vasc Technol* 22:97-104, 1998.
- 14) Domingos Moraes Filho¹, Fernando Barbosa Trevisan¹, José Manoel da Silva Silvestre¹, Wander Eduardo Sardinha¹, Eduardo Durante Ramires¹, Silfayner Victor Mathias Dias¹, Henrique Matsuda¹. Vascular ultrasonography for follow-up of endovascular repair of abdominal aorta aneurysms

- Ultrasonografia vascular no seguimento da correção endovascular do aneurisma da aorta abdominal. *J Vasc Bras.* 2014 July-Sept.; 13(3):168-174
- 15) Enrique M. San Norberto, James Taylor and Carlos Vaquero Division of Vascular Surgery, Valladolid University Hospital Spain. Color-Doppler Ultrasonography in the Monitoring of Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair.
 - 16) Andrew C. Picell, Nikhil Kansal. Essentials of Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair Imaging: Postprocedure Surveillance and Complications. *AJR*:203, October 2014.
 - 17) Bonnie L. Johnson, RDMS,RVT; Frank R.Arko, MD; Yehuda Wolf, MD; E.John Harris, MD; Christopher K. Zarins, MD. Update: Quantitative Duplex Ultrasound Assessment of Aortic Aneurysms after Endovascular Repair. *The journal for vascular ultrasound* 27(3): 165-170, 2003.
 - 18) Brian J. Manning, MD, FRCSI; Sean M. O'Neill Mch, FRCSI; Syed N. Haider, FRCSI; Mary P. Colgan, MD; Prakash Madhavan FRCS(Ed), Dermot J Moore, MD, FRCSI. Duplex ultrasound in aneurysm surveillance following endovascular aneurysm repair: a comparison with computed tomography aortography. *Journal of Vascular Surgery* vol. 49, number 1. January 2009.
 - 19) S. Zannetti¹, P. De Rango¹, B. Parente¹, G. Parlani¹, F. Verzini¹, A. Maselli², L. Nardelli¹ and P. Cao^{†1}. Role of Duplex Scan in Endoleak Detection After Endoluminal Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 19, 531–535 (2000)
 - 20) Robert B. McLafferty, MD, Bradford S. McCrary, PhD, Mark A. Mattos, MD, Laura A. Karch, MD, Don E. Ramsey, MD, Maurice M. Solis, MD, and Kim J. Hodgson, MD, Springfield, Ill. The use of color-flow duplex scan for the detection of endoleaks. *Journal of vascular surgery* volume 36, number 1. July 2002.
 - 21) Kathleen G. Raman, MD, MPH, Nita Missig-Carroll, RN BSN, Tracey Richardson, RVT, Satish C. Muluk, MD, and Michel S. Makaroun, MD, Color-flow duplex ultrasound scan versus computed tomographic scan in the surveillance of endovascular aneurysm repair. Pittsburgh, Pa. *Journal of vascular surgery* October 2003.
 - 22) Greg C. Schmieder MD, Christopher L. Stout MD, Gordon K. Stokes MD, F. Noel Parent MD, Jean M. Panneton MD. Endoleak after endovascular

- aneurysm repair: Duplex ultrasound imaging is better than computed tomography at determining the need for intervention. *Journal of vascular surgery* November 2009.
- 23) White GH, Yu W, May J, Chaufour X, Stephen MS. Endoleak as a complication of endoluminal grafting of abdominal aortic aneurysms: classification, incidence, diagnosis, and management. *J Endovasc Surg* 1997;4:152-68.
 - 24) White GH, May J, Waugh RC, Chaufour X, Yu W. Type III and type IV endoleak: toward a complete definition of blood flow in the sac after endoluminal AAA repair. *J Endovasc Surg* 1998; 5:305-9.
 - 25) Gilling-Smith G, Brennan J, Harris P, Bakran A, Gould D, McWilliams R. Endotension after endovascular aneurysm repair: definition, classification, and strategies for surveillance and intervention. *J Endovasc Surg* 1999;6:305-7.
 - 26) White GH, May J, Petrasek P, Waugh R, Stephen M, Harris J. Endotension: an explanation for continued AAA growth after successful endoluminal repair. *J Endovasc Surg* 1999;6:308-15.
 - 27) C.Grey, P.Goodman, S.A.Badger, M.K.O'Malley, M.K O'Donohoe, and C.O Mc Donnell. Comparison of colour duplex ultrasound with computed tomography to measure the maximum abdominal aortic aneurysmal diameter: *International Journal of Vascular Medicine*, Volume 2014.
 - 28) Yehuda G. Wolf MD, Bonnie L.Johnson RDMS RVT, Bradley B.Hill MD, Geoffrey D. Rubin MD, Thomas J. Fogarty MD, and Christopher K. Zarins MD. Duplex ultrasound scanning versus computed tomographic angiography for postoperative evaluation of endovascular abdominal aortic aneurysm repair: *Journal of Vascular surgery* Volume 32, Number 6.
 - 29) HeilbergerP, SchunnC, RitterW, WeberS, RaithelD. Postoperative color flow duplex scanning in aortic endografting. *JEndovascSurg* 1997;4(3):262–271
 - 30) SatoDT, GoffCD, GregoryRT, et al. Endoleak after aortic stentgraft repair: diagnosis by color duplex ultrasound scan versus computed tomography scan. *J Vasc Surg* 1998;28(4):657–663
 - 31) Thompson MM, Boyle JR, Hartshorn T, et al. Comparison of computed tomography and duplex imaging in assessing aortic morphology following endovascular aneurysm repair. *Br J Surg* 1998;85(3):346–350

- 32) Wolf YG, Johnson BL, Hill BB, Rubin GD, Fogarty TJ, Zarins CK.
Duplex ultrasound scanning versus computed tomographic angiography for postoperative evaluation of endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2000;32(6):1142–1148
- 33) Fletcher J, Saker K, Batiste P, Dyer S. Colour Doppler diagnosis of perigraft flow following endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Int Angiol* 2000;19(4):326–330
- 34) D'AudiffretA, DesgrangesP, Kobeiter DH, BecqueminJP. Follow-up evaluation of endoluminally treated abdominal aortic aneurysms with duplex ultrasonography: validation with computed tomography. *J Vasc Surg* 2001;33(1):42–50
- 35) McWilliams RG, Martin J, White D, et al. Detection of endoleak with enhanced ultrasound imaging: comparison with biphasic computed tomography. *J Endovasc Ther* 2002;9(2):170–179
- 36) Raman KG, Missig-Carroll N, Richardson T, Muluk SC, Makaroun MS. Color-flow duplex ultrasound scan versus computed tomographic scan in the surveillance of endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2003;38(4):645–651
- 37) Elkouri S, Panneton JM, Andrews JC, et al. Computed tomography and ultrasound in follow-up of patients after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg* 2004;18(3): 271–279
- 38) AbuRahma AF, WelchCA, Mullins BB, DyerB. Computed tomography versus color duplex ultrasound for surveillance of abdominal aortic stent-grafts. *J Endovasc Ther* 2005;12(5):568–573
- 39) SatoDT, GoffCD, GregoryRT, et al. Endoleak after aortic stentgraft repair: diagnosis by color duplex ultrasound scan versus computed tomography scan. *J Vasc Surg* 1998;28(4):657–663
- 40) D'AudiffretA, DesgrangesP, Kobeiter DH, BecqueminJP. Follow-up evaluation of endoluminally treated abdominal aortic aneurysms with duplex ultrasonography: validation with computed tomography. *J Vasc Surg* 2001;33(1):42–50
- 41) Schmieder GC, Stout CL, Stokes GK, Parent FN, Panneton JM. Endoleak after endovascular aneurysm repair: duplex ultrasound imaging is better than

- computed tomography at determining the need for intervention. *J Vasc Surg* 2009;50(5):1012–1017, discussion 1017–1018
- 42) BeemanBR, DoctorLM, DoerrK, McAfee-BennettS ,DoughertyMJ, Calligaro KD. Duplex ultrasound imaging alone is sufficient for midterm endovascular aneurysm repair surveillance: a cost analysis study and prospective comparison with computed tomography scan. *J Vasc Surg* 2009;50(5):1019–1024
- 43) BendickPJ, BovePG, LongGW, ZelenockGB, BrownOW, ShanleyCJ. Efficacy of ultrasound scan contrast agents in the noninvasive follow-up of aortic stent grafts. *J Vasc Surg* 2003;37(2):381–385
- 44) Collins JT, Boros MJ, Combs K. Ultrasound surveillance of endovascular aneurysm repair: a safe modality versus computed tomography. *Ann Vasc Surg* 2007;21(6):671–675
- 45) Evridiki Karanikola, MD, PhD1 Ilias Dalainas, MD, PhD2 Georgios Karaolani, MD3 Georgios Zografos, MD, PhD1 Konstantinos Filis, MD, PhD1. Duplex Ultrasound versus Computed Tomography for the Postoperative Follow-Up of Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. Where Do We Stand Now? *Int J Angiol* 2014;23:155–164.
- 46) Karthikesalingam A et al. Systematic review and meta-analysis of duplex ultrasonography, contrast-enhanced ultrasonography or computed tomography for surveillance after endovascular aneurysm repair. *Br J Surg*. 2012;99(11):1514-23.
- 47) Verhoeven EL et al. Is it time to eliminate CT after EVAR as routine follow-up? *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2011 Apr;52(2):193-8.
- 48) Oikonomou K et al. Early follow-up after endovascular aneurysm repair: is the first postoperative computed tomographic angiography scan necessary? *J Endovasc Ther*. 2012 Apr;19(2):151-6.doi:10.1583/11-3750.1.