



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**" Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΗΧΟΤΟΜΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ
ΣΤΗ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΜΕΤΑ ΑΠΟ
ΕΝΔΟΑΥΛΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΝΕΥΡΥΣΜΑΤΩΝ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ
ΑΟΡΤΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΑΓΟΝΙΩΝ ΑΡΤΗΡΙΩΝ"**

υπό

ΙΩΑΝΝΙΔΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ
ΙΑΤΡΟΣ-ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΗΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των
απαιτήσεων για την απόκτηση του
Διπλώματος Μεταπτυχιακών Σπουδών

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

Λάρισα, 2021-2022

Επιβλέπων:

Πιτούλιας Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Β'
Χειρουργική Κλινική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

1. Πιτούλιας Γεώργιος, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Β'
Χειρουργική Κλινική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
2. Γιαννούκας Αθανάσιος, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. Κακίσης Ιωάννης, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Ιατρική Σχολή, Εθνικό
και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθήνας

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

« The contribution of ultrasonography in the post operative follow-up after
endovascular aneurysm repair of abdominal aorta and iliac arteries»

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη στον επιβλέποντα μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κύριο Πιτούλια Γιώργο για την επικοινωνιακή συνεργασία, στήριξη και καθοδήγηση καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου, καθώς και για τις συμβουλές του.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή κύριο Γιαννούκα Αθανάσιο, Διευθυντή της Αγγειοχειρουργικής Κλινικής και του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών *«Υπερηχογραφική Λειτουργική Απεικόνιση για την πρόληψη & διάγνωση των αγγειακών παθήσεων»* του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που μου έδωσε τη δυνατότητα να λάβω μέρος στο παρόν πρόγραμμα και να εμβαθύνω σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο στο πεδίο του αγγειακού υπερηχογραφήματος. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τον καθησυχασμό στις ανησυχίες μου αλλά και στην στήριξη που μου παρείχαν καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου και της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το έγχρωμο υπερηχογράφημα κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών είναι μία μη επεμβατική και ανώδυνη απεικονιστική διαγνωστική εξέταση. Η τεχνική αυτή καθορίζει με ακρίβεια, το μέγεθος, την έκταση και το σημείο ενός ανευρύσματος στην πορεία της κοιλιακής αορτής, των κλάδων της καθώς και των λαγονίων αρτηριών. Με τον υπερηχοτομογραφικό έλεγχο μπορούμε να παρακολουθήσουμε μετεγχειρητικά τη βατότητα της ενδοπρόθεσης σε όλο το μήκος της, τις ενδεχόμενες επιπλοκές που μπορεί να παρουσιαστούν όπως η ενδοδιαφυγή, η αύξηση της διαμέτρου του σάκου του ανευρύσματος που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο ρήξης του, καθώς και να απεικονίσει πιθανές παθολογικές συλλογές υγρού. Στόχος αυτής της εργασίας είναι να αναδειχθεί, μέσω ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, ότι το έγχρωμο υπερηχογράφημα αποτελεί τη μέθοδο εκλογής για την μακροχρόνια παρακολούθηση ενός ανευρύσματος μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση και την πρώιμη διάγνωση των πιθανών επιπλοκών του.

Λέξεις- Κλειδιά:

Ενδοδιαφυγή, ανεύρυσμα, υπέρηχος, κοιλιακή αορτή

ABSTRACT

Color ultrasound of the abdominal aorta and iliac arteries is a non-invasive and painless examination. This technique accurately determines the size, extent, and location of an aneurysm in the course of the abdominal aorta, its branches, and the iliac arteries. With the ultrasound examination we can monitor postoperatively the patency of the stent along its entire length, the complications that may occur such as endoleaks, the possibility of increasing diameter of the aneurysm sac, that can lead to an increased risk of rupture with possible abnormal fluid collections. The aim of this work through literature review, is to highlight that color ultrasound is a method of choice for long-term follow-up of an aneurysm after endovascular reconstruction and early diagnosis of possible complications.

Key words:

Endoleak, aneurysm, ultrasound, abdominal aorta

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	8
ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	8
Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών.....	12
Έγχρωμο Doppler Υπερηχοτομογράφημα - Color Doppler Ultrasound (CDU).....	15
Ενισχυτές ηχογένειας Υπερήχων – Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS).....	17
ΑΝΑΤΟΜΙΑ	18
Φυσιολογική ανατομία αορτής.....	18
Παθολογία – Δημιουργία Ανευρύσματος.....	19
Υπολογισμός Διαμέτρου Ανευρύσματος.....	20
Τρόποι Πρόληψης.....	23
ΕVAR	24
ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ ΕVAR.....	26
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	31
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ.....	31
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	31
DUS vs CEUS.....	31
DUS vs CEUS vs CTA vs MRA.....	32
CEUS vs CTA.....	33
2D vs 3D/4D US.....	34
2D US vs 2D CT vs 3D US vs 3D CT.....	36
MRI vs CEUS vs CTA.....	37
SMI & AngioPLUS.....	38
Portable vs Highend US vs CEUS.....	39
CDUS&X-ray vs CTA.....	40
IVUS (Intravascular Ultrasound).....	40
Intraoperative CEUS vs Angiography.....	41
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	42

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΚΑ=ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής

EVAR= Endovascular treatment of abdominal aortic aneurysms

DUS= Duplex ultrasound scanning

US= Ultrasound

CDU=Colour Doppler Ultrasound

PDU= power Doppler Ultrasound

CEUS =Contrast Enhanced Ultrasound

DSA= Digital subtraction angiography (Κλασσική αγγειογραφία)

CT= computed tomography (αξονική τομογραφία-ΑΤ)

CTA= CT angiography (αξονική αγγειογραφία)

MRI= *Magnetic resonance imaging* (μαγνητική τομογραφία/ΜΤ)

MRA =MR angiography (μαγνητική αγγειογραφία)

AngioPL.U.S.=Angio Planewave Ultra-Sensitive

SMI=SuperbMicro-vascular Imaging

IVUS=Intravascular Ultrasound

AI= Artificial Intelligence

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το υπερηχογράφημα (US) είναι μια καθιερωμένη μέθοδος απεικόνισης στην αξιολόγηση των αγγειακών ανωμαλιών. Ειδικότερα, οι συνήθεις τεχνικές του B-mode (παράγουν μια δισδιάστατη εικόνα του υποκείμενου ιστού), του CDU (Colour Doppler Ultrasound, δηλαδή η έγχρωμη υπερηχοτομογραφία) και οι τεχνικές Doppler (εκτίμηση αιματικής ροής) έχουν συμβάλει στη λεπτομερή αιμοδυναμική αξιολόγηση των αγγείων. Το US είναι οικονομικά αποδοτικό, ασφαλές και εύκολα προσβάσιμο και είναι η μόνη μέθοδος απεικόνισης, που προσφέρει πληροφορίες για την ροή σε πραγματικό χρόνο.

Το CEUS (Contrast Enhanced Ultrasound, δηλαδή η υπερηχοτομογραφία με χρήση σκιαγραφικού μέσου) υπερτερεί στην απεικόνιση των ενδοαυλικών δομών και στην ανίχνευση μικρών ροών, λόγω των μικροφουσαλίδων. Επιπλέον, το CEUS είναι σε θέση να εξετάσει τα μικρά αγγεία που είναι δύσκολο να απεικονιστούν με την τεχνική Doppler.

Η αποκατάσταση του ενδοαγγειακού ανευρύσματος (EVAR) έχει γίνει η κύρια θεραπευτική επιλογή για τα ανευρύσματα κοιλιακής αορτής (AKA) σε κατάλληλους ασθενείς, επειδή επιτυγχάνει καλύτερα βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα σε σύγκριση με την ανοιχτή αποκατάσταση. Η ύπαρξη ενδοδιαφυγής, που ταξινομείται σε 5 τύπους, είναι η πιο συχνή επιπλοκή σε ποσοστό που κυμαίνεται από 20 έως 30% η οποία ωστόσο αντιμετωπίζεται κατά κύριο λόγο με δευτερογενείς επεμβάσεις που βασίζονται σε ενδοαγγειακές τεχνικές. Η αυξημένη πιθανότητα των ενδοδιαφυγών καθιστά αναγκαία την επιμελή απεικονιστική παρακολούθηση μετά την EVAR, η οποία αποσκοπεί στον εντοπισμό αυτών των επιπλοκών προτού καταλήξουν σε απειλητικά για τη ζωή συμβάντα, όπως η ρήξη.

Αν και η CTA (αξονική αγγειογραφία) θεωρείται το gold standard για την διάγνωση των ενδοδιαφυγών, το υψηλό κόστος, η έκθεση σε υψηλή δόση ακτινοβολίας και η χορήγηση νεφροτοξικού σκιαγραφικού είναι οι κύριοι περιορισμοί της χρήσης του. Έτσι, το DUS, το CEUS και η MRA (μαγνητική αγγειογραφία) έχουν διερευνηθεί ως εναλλακτικές λύσεις στην αξονική τομογραφία για την παρακολούθηση EVAR. Ο στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να αξιολογηθούν οι απεικονιστικές υπερηχογραφικές τεχνικές σε σχέση με τη CTA, MRA και DSA για την ανίχνευση κυρίως των ενδοδιαφυγών αλλά και άλλων πιθανών επιπλοκών σε ασθενείς μετά από EVAR.

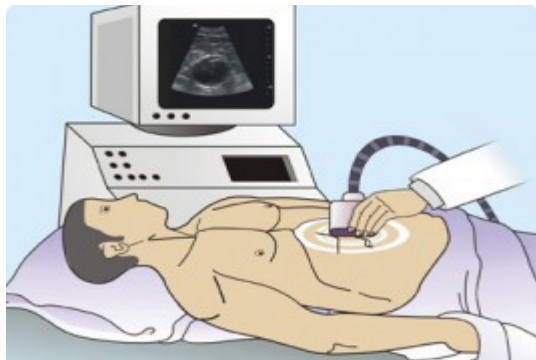
ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΑΣ

Οι υπέρηχοι χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση του ανθρώπινου σώματος για τουλάχιστον 50 χρόνια. Το υπερηχογράφημα είναι συγκριτικά με άλλες μεθόδους, μία σχετικά φθηνή μέθοδος πραγματοποιούμενο με σταθερό ή ακόμα και με φορητό εξοπλισμό. (εικ.1)

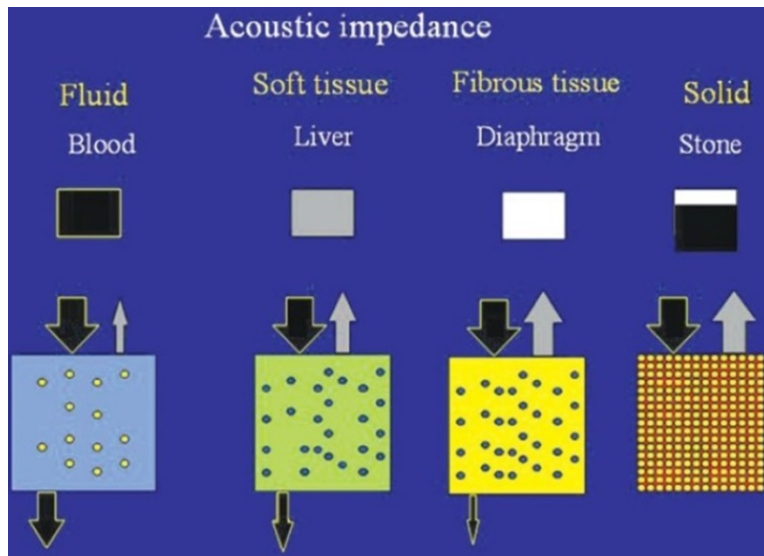
Η κατανόηση της βασικής φυσικής του υπερήχου είναι απαραίτητη για τους γιατρούς οι οποίοι χρησιμοποιούν το υπερηχογράφημα, με σκοπό να λάβουν ακριβείς διαγνωστικές πληροφορίες και να λάβουν στη συνέχεια θεραπευτικές αποφάσεις.[1] Ο υπέρηχος αποτελείται / δημιουργείται από μηχανικά κύματα τα οποία μπορούν να μεταδοθούν μέσω διαφορετικών υλικών όπως υγρά, μαλακοί ιστοί και στερεά. Έχει συχνότητα μεγαλύτερη από το ανώτερο ανθρώπινο ακουστικό όριο των 20 KHz.(1) Η συχνότητα των υπερήχων ορίζεται ως ο αριθμός των κύκλων των κυμάτων ανά δευτερόλεπτο και τα ιατρικά μηχανήματα υπερήχων χρησιμοποιούν διαμήκη κύματα με συχνότητα που κυμαίνεται μεταξύ 2 και 15 MHz. (2) Η ταχύτητα του υπερήχου σε ένα συγκεκριμένο μέσο ισούται με τη συχνότητα του υπερήχου πολλαπλασιαζόμενη με το μήκος κύματος του.

Το σώμα μπορεί να απεικονιστεί σε διαφορετικά επίπεδα ανάλογα με τη θέση του ηχοβολέα. Αυτές οι λεπτές τομές είναι μικρότερες από 1 mm η καθεμία και μπορεί να είναι οβελιαίες, στεφανιαίες, εγκάρσιες ή λοξές. Τα ηχητικά κύματα εκπέμπονται από πιεζοηλεκτρικούς κρυστάλλους από τον ηχοβολέα υπερήχων. Οι πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι κατασκευάζονται από υλικό που αλλάζει τα ηλεκτρικά σήματα σε μηχανικές δονήσεις και τις μηχανικές δονήσεις σε ηλεκτρικά σήματα.(1)



Εικόνα 1: Εξέταση υπερήχου

Καθώς τα υπερηχητικά κύματα περνούν μέσα από διάφορους ιστούς του σώματος, αντανακλώνται πίσω στον ηχοβολέα δημιουργώντας μια εικόνα στην οθόνη υπερήχων. (1) Η ακουστική αντίσταση ορίζεται ως η αντίσταση διάδοσης των ηχητικών κυμάτων. Αυτό ποικίλλει ανάλογα με την πυκνότητα του υλικού από το οποίο διέρχεται ο υπέρηχος. Όταν το υλικό είναι πιο στερεό, τότε τα σωματίδια είναι πιο πυκνά και τα υπερηχογραφικά κύματα θα αντανακλούν περισσότερο. Το υγρό μεταδίδει περισσότερα ηχητικά κύματα από το στερεό υλικό. Αυτό παράγει μια ηχογενή «μαύρη» εικόνα. (1) Οι επασβεστωμένοι ιστοί, όπως οι αθηρωματικές πλάκες, οι λίθοι και τα οστά αντανακλούν περισσότερα ηχητικά κύματα σε σχέση με τα υγρά και παράγουν «λευκές» φωτεινές εικόνες. (εικ.2) Δεδομένου ότι τα κύματα υπερήχων δεν μπορούν να μεταδοθούν μέσω των λίθων, μια μαύρη ακουστική σκιά θα υπάρχει πίσω από αυτές. Ο αέρας είναι ένας ισχυρός ανακλαστήρας δέσμης υπερήχων που καθιστά δύσκολη την οπτικοποίηση των δομών πίσω από αυτόν.



Εικόνα 2: Απεικονίσεις διαφορετικών ιστών

Η αλλαγή της συχνότητας των ηχητικών κυμάτων θα ελέγχει τη διείσδυση και την ανάλυση των εικόνων. Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο καλύτερη είναι η ανάλυση, ωστόσο το βάθος διείσδυσης μειώνεται. Το αντίθετο θα συμβεί όταν χρησιμοποιείται μετατροπέας χαμηλότερης συχνότητας. Οι μεγαλύτερες αποστάσεις και οι υψηλότερες συχνότητες έχουν ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη εξασθένηση.(1) Αυτό σημαίνει ότι για παχύσαρκους ασθενείς και για τις βαθιές δομές, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ανιχνευτές χαμηλών συχνοτήτων, ενώ για τις επιφανειακές δομές ανιχνευτές υψηλής συχνότητας.

Στην ιατρική απεικόνιση χρησιμοποιούνται τέσσερις διαφορετικές λειτουργίες υπερήχων.

Αυτοί είναι οι ακόλουθοι: (εικ.3)

1. A-mode

Η λειτουργία A δεν είναι διαθέσιμη σε όλα τα μηχανήματα, αλλά είναι χρήσιμη όταν απαιτείται ακριβής ένδειξη του βάθους ή της σχετικής ανακλαστικότητας των διεπιφανειών που παράγουν ηχώ. Είναι ο απλούστερος τύπος υπερήχων. Ένας μόνο ηχοβολέας σαρώνει μια γραμμή μέσα στο σώμα με τις ηχώ να απεικονίζονται στην οθόνη ως συνάρτηση του βάθους. Ο θεραπευτικός υπέρηχος που στοχεύει σε έναν συγκεκριμένο γεωμετρικό όγκο ή λίθο χρησιμοποιεί επίσης την A-mode, για να επιτρέψει την ακριβή εστίαση της καταστροφικής κυματικής ενέργειας.

2. M-mode

Αυτή είναι μια επέκταση της λειτουργίας A στην οποία το πλάτος της ηχούς αντιπροσωπεύεται στην οθόνη με μια κλίμακα του γκρι. Η λειτουργία M χρησιμοποιείται κυρίως για την αξιολόγηση της δυναμικής συμπεριφοράς της βαλβίδας και των τοιχωμάτων της καρδιάς. Επίσης, χρησιμοποιείται και στον τομέα της μαιευτικής, παρέχοντας μία γραφική απόδειξη ύπαρξης της εμβρυϊκής ζωής. Τόσο η λειτουργία A όσο και η λειτουργία M περιλαμβάνουν τη μετάδοση μιας σειράς σύντομων παλμών κατά μήκος μιας σταθερής δέσμης.


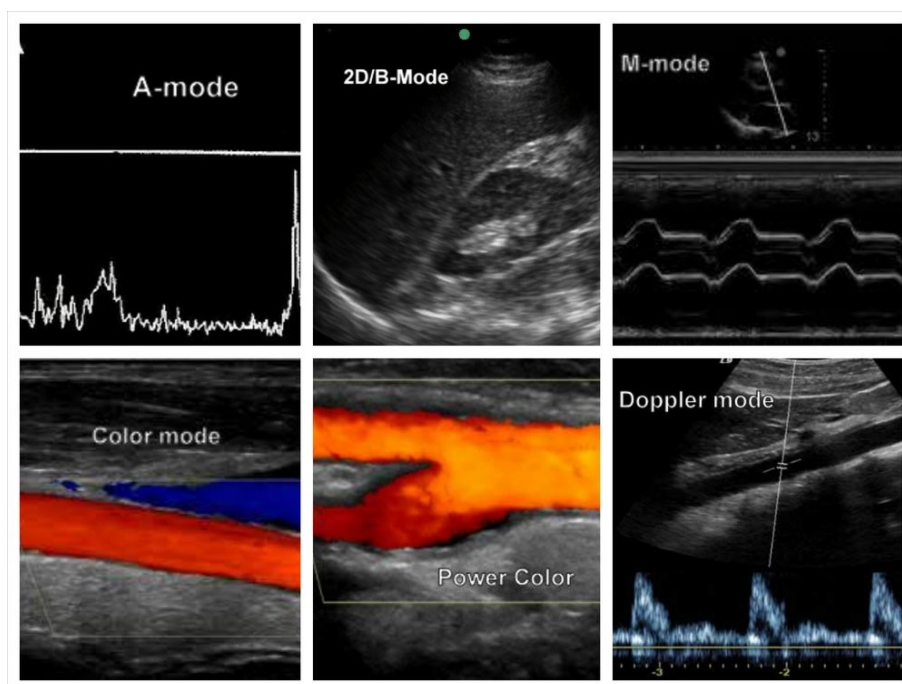
3. B-mode

Όπως και στη λειτουργία M, το πλάτος της ήχους αντιπροσωπεύεται από μια κλίμακα του γκρι. Η σάρωση σε πραγματικό χρόνο σε λειτουργία B είναι μια σημαντική μέθοδος ιατρικής απεικόνισης, με εφαρμογές σε όλους τους μαλακούς ιστούς που δεν βρίσκονται πίσω από οστά ή αέρια. Στον υπέρηχο B-mode, μια γραμμική συστοιχία ηχοβολέων σαρώνει ταυτόχρονα ένα επίπεδο, διαμέσου του σώματος που μπορεί να προβληθεί ως δισδιάστατη εικόνα στην οθόνη.

4. Doppler mode

Αυτή η λειτουργία του υπερήχου χρησιμοποιεί το φαινόμενο Doppler για τη μέτρηση και την απεικόνιση της ροής του αίματος. Το υπερηχογράφημα Doppler παίζει σημαντικό ρόλο στην ιατρική. Το υπερηχογράφημα μπορεί να εκτιμήσει με μεγαλύτερη ακρίβεια, εκμεταλλευόμενο το φαινόμενο Doppler, εάν οι δομές (συνήθως το αίμα) κινούνται προς ή μακριά από τον ηχοβολέα καθώς και την σχετική τους ταχύτητα. Οι πληροφορίες Doppler εμφανίζονται γραφικά χρησιμοποιώντας φασματικό Doppler ή ως εικόνα χρησιμοποιώντας έγχρωμο Doppler (κατευθυντικό Doppler) ή Power Doppler (μη κατευθυντικό Doppler). (3)

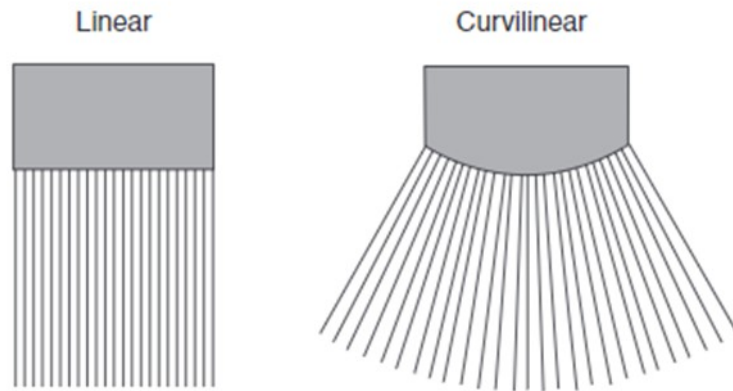
- **Mode A**
 - One transducer
 - Linear image
- **Mode B**
 - Set transducers aligned
 - 2D image
- **Mode M (Movement)**
 - Consecutive B-mode images
- **Mode Doppler**
 - View and measures blood flow
 - Pulsed Doppler “power Doppler” (non-directional)
 - Color Doppler (directional)
 - **Red: approaches the transducer**
 - **Blue: away from the transducer**

Εικόνα 3: Απεικονίσεις των διαφορετικών λειτουργιών των υπερήχων

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανιχνευτών λειτουργίας B, ο καθένας με τη δική του μορφή σάρωσης (Εικ 4). Οι γραμμικοί ηχοβολείς διαθέτουν οπτικό πεδίο με σταθερό πλάτος, καθιστώντας τους κατάλληλους για απεικόνιση οργάνων που βρίσκονται κοντά ή εκτείνονται

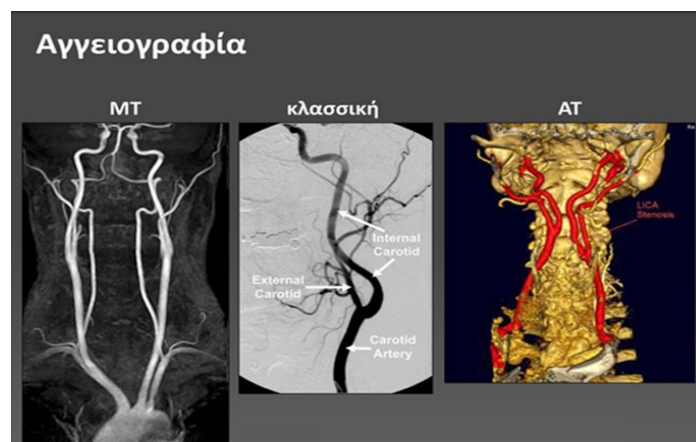
μέχρι το δέρμα. Οι καμπυλόγραμμοι ηχοβολείς παράγουν ένα αποκλίνον οπτικό πεδίο το οποίο είναι τόσο ευρύ όσο μια γραμμική διάταξη στην επιφάνεια, που γίνεται ευρύτερο με το βάθος.



Εικόνα 4: Γραμμικός και καμπυλόγραμμος ηχοβολέας

Πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την διάγνωση ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στους διαφορετικούς τρόπους διάγνωσης των ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής και λαγονίων αρτηριών, χρησιμοποιώντας διαφορετικά διαγνωστικά μέσα όπως είναι ο υπέρηχος, ο αξονικός τομογράφος, ο μαγνητικός τομογράφος, το PET-CT (αξονική τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων) κλπ. (εικ.6)



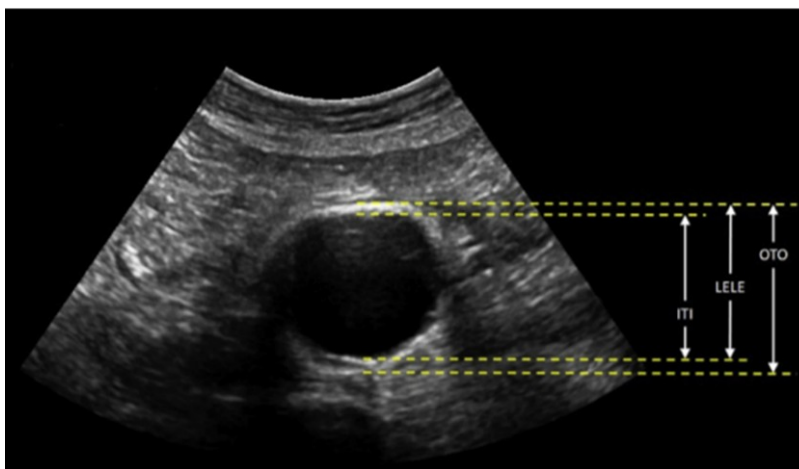
Εικόνα 5: Συγκριτικές εικόνες αγγειογραφίας εξωκράνιων αγγείων εγκεφάλου στον τράχηλο, προερχόμενες από Μαγνητικό Τομογράφο (MT), Κλασσική αγγειογραφία (DSA) και Αξονικό Τομογράφο(AT)

Το υπερηχογράφημα κοιλίας και το duplex υπερηχογράφημα αποτελούν τις πιο κοινές επιλογές απεικόνισης ανίχνευσης και διαχείρισης μικρών κοιλιακών ανευρυσμάτων, με υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα. Ωστόσο, η διαγνωστική αυτή μέθοδος διαθέτει τους εξής περιορισμούς:

- Παχυσαρκία
- Μεταβολή της αορτής με τον καρδιακό κύκλο
- Απουσία δυνατότητας ανακατασκευής εικόνας και μορφομετρικής ανάλυσης του ΑΚΑ με σκοπό να επιτραπεί η επιλογή του κατάλληλου μοσχεύματος-stent
- Δυσκολία απεικόνισης του υπερνεφρικού τμήματος της κοιλιακής αορτής
- Αδυναμία απεικόνισης της θωρακικής αορτής

Μερικοί από αυτούς τους περιορισμούς μπορούν να επιλυθούν χρησιμοποιώντας πρότυπα εκπαίδευσης, μερικά εκ των οποίων είναι τα ακόλουθα:

- Πραγματοποίηση μετρήσεων κατά την διαστολή έναντι της συστολής, έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της διαμέτρου κατά 2mm.
- Η ταυτόχρονη χρήση υπερήχου και ηλεκτροκαρδιογραφήματος, μειώνει την μεταβλητότητα της καρδιάς.
- Πραγματοποίηση μετρήσεων σε επίπεδο κάθετο στον διαμήκη άξονα της αορτής
- Η τοποθέτηση του «Caliper» καθορίζει ποια αορτικά όρια θα επιλεγούν με σκοπό τον καθορισμό της διαμέτρου: έξω χιτώνα, έσω χιτώνα ή ένα συνδυασμό αυτών. (εικ.5)



Εικόνα 6: Απεικόνιση των τριών διαφορετικών τύπων μέτρησης της διαμέτρου της αορτής

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία δεν είναι σαφής ποια μέθοδος έχει τα καλύτερα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά η μεταβλητότητα μεταξύ των παρατηρητών ως προς την μέτρηση

των εξωτερικών τοιχωμάτων (ΟΤΟ) συχνά αναφέρεται ως η χαμηλότερη σε σχέση με τις αντίστοιχες των εσωτερικών (ΙΤΙ) και LΕLΕ. Επιπλέον, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η μετρούμενη διάμετρος της αορτής εξαρτάται σημαντικά από τη χρήση της μεθόδου.

Η *αξονική αγγειογραφία* (CTA) διαδραματίζει βασικό ρόλο στην εκτίμηση της έκτασης της νόσου, στη λήψη και τον σχεδιασμό θεραπευτικών αποφάσεων. Η CTA είναι επίσης η συνιστώμενη μέθοδος απεικόνισης για τη διάγνωση της ρήξης και είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την παρακολούθηση μετά την αποκατάσταση. Παρόμοιοι περιορισμοί με την υπερηχογραφία συναντώνται και στο CTA με τους κυριότερους περιορισμούς να είναι οι ακόλουθοι: μετρήσεις στα διάφορα επίπεδα, οι αλλαγές του καρδιακού κύκλου και η τοποθέτηση του «caliper».

Το CTA παρέχει πολλά πλεονεκτήματα σχετικά με τον προγραμματισμό παρέμβασης. Παρέχει ένα πλήρες σύνολο δεδομένων ολόκληρης της αορτής (συμπεριλαμβανομένης της θωρακικής αορτής), καθώς και των αγγείων πρόσβασης, τα οποία μέσω ειδικού λογισμικού επεξεργασίας επιτρέπουν την ανάλυση και τον ακριβή υπολογισμό της διαμέτρου και του μήκους. Επιπλέον, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την στένωση των αρτηριών, τη θέση ή τον διπλασιασμό της αριστερής νεφρικής φλέβας, τη μορφολογία του αυχένα καθώς και την ακεραιότητα του τοιχώματος της αορτής. Στα πλεονεκτήματα της CTA περιλαμβάνεται η δυνατότητα καθορισμού της γραμμής του κέντρου του ανευρυσματικού αυλού (Central Lumen Line – CLL) και κατά συνέπεια η διενέργεια πλέον αξιόπιστης μορφομετρικής ανάλυσης του ΑΚΑ(4)

Στους περιορισμούς της απεικονιστικής αυτής μεθόδου συμπεριλαμβάνονται η χορήγηση των νεφροτοξικών σκιαγραφικών και η ιονίζουσα ακτινοβολία. Είναι σημαντικό να αξιολογείται η νεφρική λειτουργία πριν από την αξονική τομογραφία και να διασφαλίζεται επαρκής ενυδάτωση των ατόμων με οριακή νεφρική λειτουργία. Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για τον εάν η ενυδάτωση του ασθενούς θα πρέπει να γίνεται από το στόμα ή ενδοφλεβίως.

Η *μαγνητική τομογραφία-αγγειογραφία* (MRA) είναι λιγότερο χρησιμοποιούμενη απεικονιστική μέθοδος σε σχέση με την CTA και το υπερηχογράφημα. Τούτο συμβαίνει γιατί οι επιπλέον περιορισμοί της διαδικασίας όπως είναι η κλειστοφοβία και η απαγόρευση μεταλλικών εμφυτευμάτων, απαγορεύουν την χρήση της. Ωστόσο, δεν απαιτεί ακτινοβολία ή έγχυση ιωδιούχων σκιαγραφικών, επομένως έχει πλεονέκτημα έναντι της CTA όταν η διαχείριση ανευρυσμάτων απαιτεί επαναλαμβανόμενη απεικόνιση. Υπάρχουν λίγα δεδομένα σχετικά με τη

χρήση της μαγνητικής τομογραφίας και της μαγνητικής αγγειογραφίας σχετικά με τη διαχείριση ρουτίνας ανευρυσμάτων στην κλινική πράξη.

Η τομογραφία εκπομπής ποζιτρονίων (PET-CT) με την χρήση του ραδιοφαρμάκου 18-FDG εντοπίζει και ποσοτικοποιεί τη μεταβολική δραστηριότητα των κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των φλεγμονωδών κυττάρων. Επίσης, χρησιμοποιείται με σκοπό τη διάγνωση και την παρακολούθηση παθολογιών της αορτής που σχετίζονται με φλεγμονώδες ανεύρυσμα, καθώς και λοίμωξη της αορτής. Εκτός από αυτές τις ενδείξεις, το PET-CT είναι κατά κύριο λόγο ένα ερευνητικό εργαλείο. (5)

Έγχρωμο Doppler Υπερηχοτομογράφημα - Color Doppler Ultrasound (CDU)

Το έγχρωμο υπερηχοτομογράφημα Doppler είναι μία τεχνική απεικόνισης η οποία συνδυάζει ανατομικές πληροφορίες οι οποίες προέρχονται από τεχνικές υπερήχων pulse-echo, με πληροφορίες της ταχύτητας οι οποίες προέρχονται από τεχνικές υπερήχων Doppler δημιουργώντας ένα χρωματικά κωδικοποιημένο χάρτη της ταχύτητας του ιστού. Η πιο κοινή χρήση της τεχνικής είναι η απεικόνιση της κίνησης του αίματος μέσω της καρδιάς, των αρτηριών και των φλεβών. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την απεικόνιση συμπαγών ιστών, όπως είναι τα τοιχώματα της καρδιάς. Ωστόσο, διαθέτει ένα σημαντικό μειονέκτημα σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα απεικόνισης και αυτό είναι η αδυναμία μέτρησης του μεγέθους και της κατεύθυνσης των τρισδιάστατων διανυσμάτων ροής του αίματος.(6)

Στην απεικόνιση του αίματος με Doppler, το σταθερό αντικείμενο είναι ο ηχοβολέας (probe) και τα ερυθρά αιμοσφαίρια παράγουν την ηχώ του σήματος που επιστρέφει. Η συχνότητα μετατόπισης Doppler ή η μετατόπιση Doppler είναι γνωστή ως η διακύμανση μεταξύ των συχνοτήτων της μεταδιδόμενης και της λαμβανόμενης ηχού των υπερηχητικών κυμάτων.(7)

$$\Delta F_T = (2f_0 v \cos\theta / c)$$

Όπου ΔF_T η συχνότητα μετατόπισης Doppler,

f_0 η συχνότητα του ηχοβολέα (Hz),

v η ταχύτητα του αίματος,

$\cos\theta$ το συνημίτονο της γωνίας αντίληψης,

c η ταχύτητα του ήχου σε μαλακούς ιστούς (1540 m/s)

Η ποιότητα της εικόνας του έγχρωμου Doppler εξαρτάται από τέσσερις παράγοντες:

- Διάκριση κίνησης (motion discrimination),
- Χρονική ανάλυση (temporal resolution),
- Χωρική ανάλυση (spatial resolution) και
- Ομοιομορφία (uniformity)

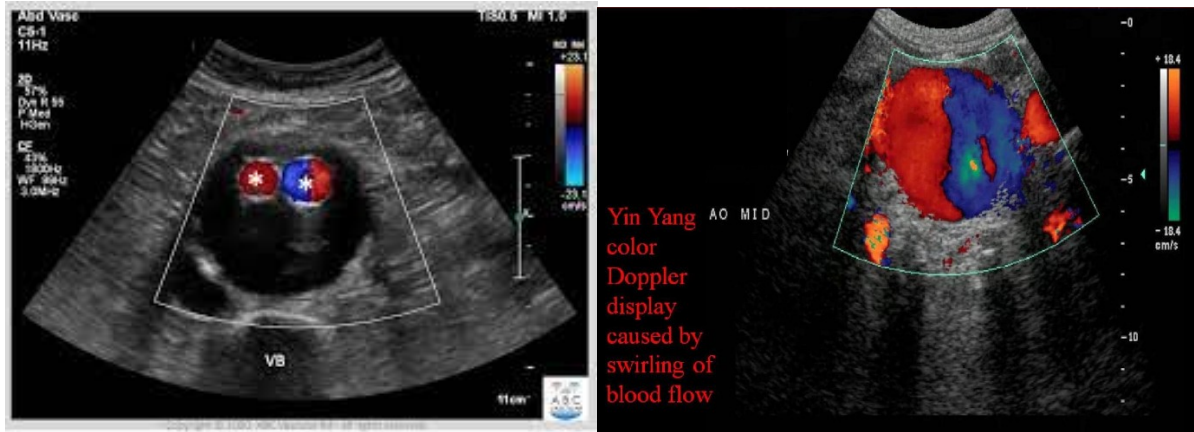
Ο όρος ευαισθησία χρώματος (colour sensitivity) χρησιμοποιείται με σκοπό την περιγραφή αυτών των παραγόντων. (7) Το χρώμα συνδέεται με την κίνηση, αλλά δεν υποδηλώνει απαραίτητα ροή. Η κίνηση του ηχοβολέα, η περισταλτική και η καρδιακή κίνηση μπορεί να συνεισφέρουν ψευδές χρώμα στην εικόνα και να δώσουν μία τεχνητή εντύπωση ροής. Η ικανότητα να διακρίνει το κινούμενο αίμα από τον κινούμενο ιστό και ταυτόχρονα να απεικονίζει διακριτικά μοτίβα ροής είναι ο απώτερος στόχος.

Ένα φίλτρο τοίχου (wall filter) αφαιρεί τους ιστούς οι οποίοι κινούνται αργά από την έγχρωμη οθόνη. Ανάλογα με τον σκοπό της εξέτασης χρησιμοποιούνται και διαφορετικά φίλτρα. Δυστυχώς, αυτή η τεχνική δεν είναι εντελώς αποτελεσματική για την εξάλειψη βραδέως κινούμενων, έντονα ανακλαστικών δομών.

Για την καλύτερη διαφοροποίηση του ρέοντος αίματος από το σταθερό υγρό και τον κινούμενο μαλακό ιστό, εξετάζονται τα χαρακτηριστικά των λαμβανόμενων ήχων. Αρκετές παράμετροι της κίνησης (όχι μόνο η ταχύτητα και η ισχύς του σήματος) αξιολογούνται για να εξακριβωθεί εάν η κίνηση είναι χαρακτηριστική του ιστού ή του αίματος που ρέει. Για να επιτευχθεί υψηλός ρυθμός εικόνων, το πλάτος του οπτικού πεδίου, το βάθος σάρωσης και η πυκνότητα ελαχιστοποιούνται. Συχνά, όταν επιλέγεται ένα μεγαλύτερο οπτικό πεδίο, η πυκνότητα προσαρμόζεται αυτόματα για να διατηρείται υψηλός ο ρυθμός.

Η χωρική ανάλυση χαρακτηρίζει την ικανότητα του σαρωτή να απεικονίζει μικρές δομές στη σωστή θέση. Όσο ο κατά περίπτωση γεωμετρικός όγκος (volume) μειώνεται σε μέγεθος, παράγονται ασθενέστερα σήματα που είναι λιγότερο πιθανό να κωδικοποιηθούν έγχρωμα. Η ακρίβεια της μέτρησης της ταχύτητας μειώνεται ραγδαία. Το χωρικό φίλτρο είναι μία τεχνική για την μείωση των τυχαίων χρωματικών διακυμάνσεων σε όλη την εικόνα. Τα εικονοστοιχεία κωδικοποιούνται έγχρωμα μόνο εάν γειτνιάζουν με άλλα εικονοστοιχεία που κωδικοποιήθηκαν προηγουμένως με χρώμα.

Η ομοιομορφία ορίζεται ως η δυνατότητα απεικόνισης αγγείων με τις ίδιες ιδιότητες ανεξάρτητα από την θέση τους στο οπτικό πεδίο. Δηλαδή, το μέγεθος της φλέβας και το χρωματικό μοτίβο δεν πρέπει να αλλοιώνονται από την αλλαγή της θέσης. Ιδανικά, μία φλέβα με σταθερή ροή θα πρέπει να εμφανίζεται με αμετάβλητο χρώμα.



Εικόνα 7: Απεικόνιση μέσω έγχρωμου Doppler κοιλιακών ανευρυσμάτων

Ενισχυτές ηχογένειας Υπερήχων – Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS)

Ο υπέρηχος με ενίσχυση σκιαγραφικού μέσου (CEUS) συνδυάζει τον υπέρηχο της κοιλίας με έναν ειδικό τύπο ενδοφλέβιας σκιαγραφικής ουσίας για τη βελτίωση της οπτικοποίησης των αιμοφόρων αγγείων και των οργάνων. Αυτή η εξέταση μπορεί να αξιολογήσει το ήπαρ, τον σπλήνα, τα νεφρά, το πάγκρεας, το έντερο ή και την ουροδόχο κύστη.

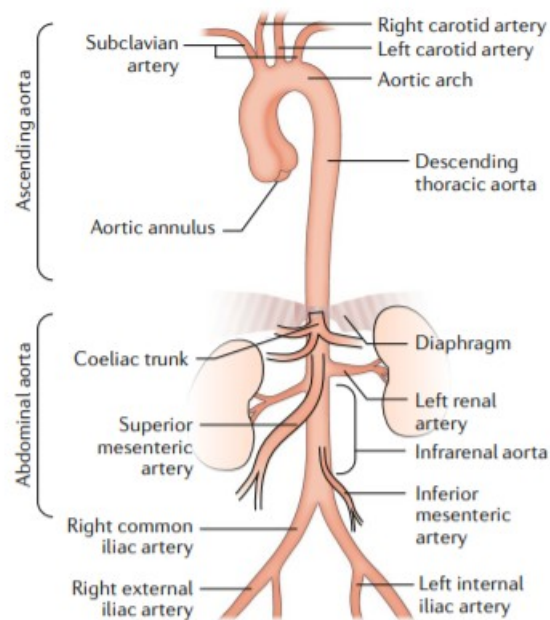
Κατά το (CEUS) χρησιμοποιείται μία μικρή ποσότητα σκιαγραφικού υλικού το οποίο αποτελείται από μικροφουσαλίδες γεμάτες αέρα. Ο εξεταστής εγχύει ενδοφλεβίως αυτό το υλικό στην κυκλοφορία του αίματος. Δεδομένου ότι αυτές οι μικροσκοπικές φουσαλίδες είναι παρόμοιες σε μέγεθος με τα ερυθρά αιμοσφαίρια, περνούν από την καρδιά και τους πνεύμονες και στην αρτηριακή κυκλοφορία. Οι φουσαλίδες ταξιδεύουν μέσω του αίματος στα όργανα και με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται η αντίθεση της λαμβανόμενης εικόνας. Οι σκιαγραφικοί παράγοντες μικροφουσαλίδων για το CEUS είναι επίσης ασφαλείς για χρήση σε ασθενείς που είναι αλλεργικοί στα σκιαγραφικά υλικά που χρησιμοποιούνται στην αξονική και μαγνητική τομογραφία.

Αυτή η διαδικασία απαιτεί ελάχιστη έως καθόλου ειδική προετοιμασία. Για την βελτιστοποίηση της ληφθείσας εικόνας στις εφαρμογές του CEUS στην κοιλιά απαιτείται μικρή προετοιμασία νηστείας.(8)

ANATOMIA

Φυσιολογική ανατομία αορτής

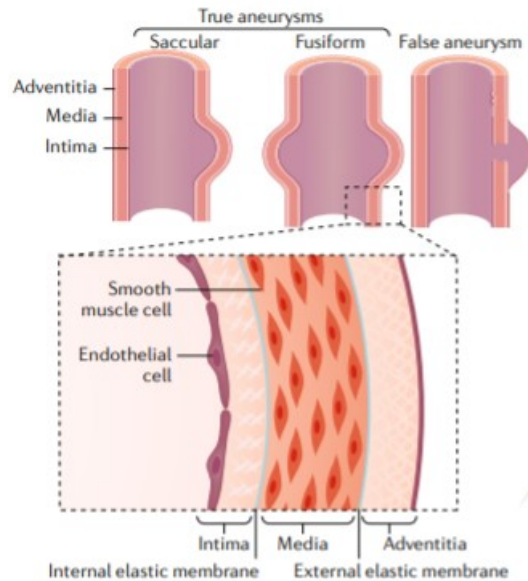
Η αορτή είναι η κύρια αρτηρία του ανθρώπινου σώματος. Εκφύεται από τον αριστερό κόλπο της καρδιάς και πορεύεται προς τα άνω σχηματίζοντας το αορτικό τόξο και στη συνέχεια με καθοδική πορεία συνεχίζει με το τμήμα που ακολουθεί και ονομάζεται θωρακική αορτή. Μετά το διάφραγμα βρίσκεται η κοιλιακή αορτή με τις αντίστοιχες διακλαδώσεις της. Η κοιλιακή αορτή διακλαδίζεται στις κοινές λαγόνιες αρτηρίες στο επίπεδο της κάτω κοιλιακής χώρας. (εικ.8). Παθολογίες στην αορτή έχουν συνέπειες στα αντίστοιχα όργανα και τους ιστούς τα οποία αιματώνονται από αυτήν.(9)



Εικόνα 8: Ανατομία Αρτηριών

Παθολογία – Δημιουργία Ανευρύσματος

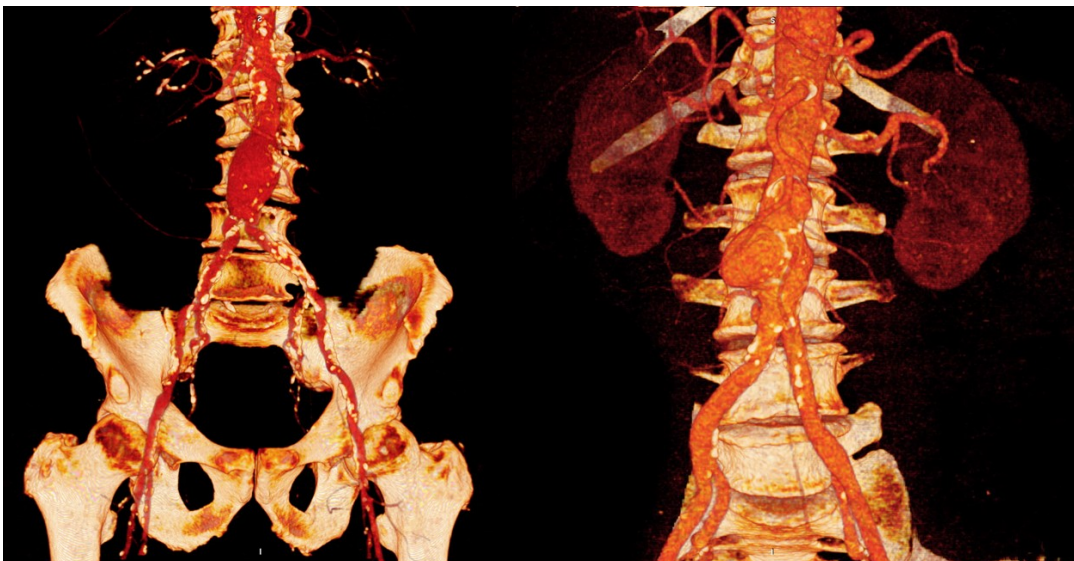
Το ανεύρυσμα είναι μια μόνιμη και μη αναστρέψιμη τοπική διαστολή μίας αρτηρίας. Αυτή η μη φυσιολογική διαστολή περιλαμβάνει και τα τρία στρώματα του αγγειακού τοιχώματος: τον έσω χιτώνα (intima), τον μέσο (media) και τον έξω (adventitia). (εικ.9)



Εικόνα 9: Παθολογία ανευρύσματος

Μορφολογικά, τα ανευρύσματα μπορεί να είναι:

- Ατρακτοειδή (fusiform), όταν η διάταση αφορά ολόκληρη το τοίχωμα της αρτηρίας, ή
- Σακοειδή (saccular), όταν εμπλέκεται μόνο ένα μέρος του τοιχώματος.
- Ψευδοανευρύσματα (false aneurysm), όταν εμπλέκεται μόνο ο έξω χιτώνας (adventitia).

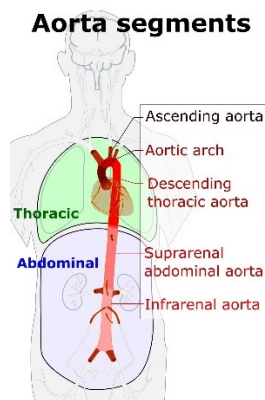


Εικόνα 10: Αριστερά CTA ατρακτοειδούς ανευρύσματος και δεξιά σακοειδούς ανευρύσματος

Τα περισσότερα ανευρύσματα είναι ατρακτοειδή, παρόλο που η διάταση της ραχιαίας πλευράς της αορτής συχνά περιορίζεται από την παρουσία της σπονδυλικής στήλης. Τα ανευρύσματα που σχηματίζονται στην κοιλιακή αορτή πέραν των νεφρικών αρτηριών ονομάζονται ανευρύσματα κοιλιακής αορτής (ΑΚΑ).

Υπολογισμός Διαμέτρου Ανευρύσματος

Το 1991, η Αμερικανική Αγγειοχειρουργική Εταιρία (Society for Vascular Surgery) και η Διεθνής Εταιρία Καρδιαγγειακών Χειρουργών (International Society for Cardiovascular Surgery Ad Hoc Committee on Standards in Reporting) πρότειναν σε αναφορά τους ότι μια αορτική διάταση είναι ΑΚΑ εάν η διάμετρος της αορτής στο υπονεφρικό τμήμα της (infrarenal) είναι 1,5 φορά μεγαλύτερη από την αναμενόμενη. Ωστόσο, στην κλινική πράξη, το υπονεφρικό τμήμα της αορτής θεωρείται ανευρυσματικό εάν η διάμετρος είναι ≥ 30 mm, αν και αυτός ο ορισμός μπορεί να μην είναι αρκετά ακριβής για γυναίκες, οι οποίες έχουν αρτηρίες μικρότερης διαμέτρου από τους άνδρες και για άτομα με αρτηριομεγαλία, μια κατάσταση γενικευμένης αρτηριακής διάτασης. Στην γνωμάτευση μιας ανευρυσματικής διάτασης της αορτής, θα πρέπει να αναφέρεται και η φυσιολογική μη ανευρυσματική διάμετρος της, ακόμα και αν κλινικά είναι συχνά δύσκολο να υπολογιστεί. Έτσι, η διάγνωση ΑΚΑ οριστικοποιείται, όταν η αναλογία των διαμέτρων της αορτής κάτω από τις νεφρικές σε σχέση με αυτήν πάνω από τις νεφρικές είναι $\geq 1,5$.



Εικόνα 11: Τμήματα Αορτής

Με βάση τη διάμετρο, τα ΑΚΑ μπορεί να ταξινομηθούν ως μικρά ή μεγάλα. Στο Πίνακα (1) μπορεί να διακρίνεται την ταξινόμηση αυτή με βάση την διάμετρο τους και το ενδεχόμενο αποκατάστασης τους μέσω χειρουργικής – επεμβατικής αντιμετώπισης.

Διάμετρος (mm)	Χαρακτηρισμός ΑΚΑ	Χειρουργική Αποκατάσταση
< 55	Μικρό	Όχι αλλά υπό προϋποθέσεις εξετάζεται το ενδεχόμενο
≥ 55	Μεγάλο	Ναί

Πίνακας 1: Επιλογή χειρουργικής αποκατάστασης ανάλογα με την διάμετρο

Το ΑΚΑ είναι μια ξεχωριστή εκφυλιστική διαδικασία του αορτικού τοιχώματος που περιλαμβάνει όλα τα στρώματα του τοιχώματος του αγγείου. Τα ανευρύσματα προκύπτουν από προοδευτικές αλλαγές στο αρτηριακό τοίχωμα ως απόκριση σε πολυπαραγοντικά αίτια. Οι επακόλουθες αλλαγές στη δομή του τοιχώματος και στην αρτηριακή πίεση οδηγούν σε λέπτυνση του τοιχώματος, μέσω της αποικοδόμησης της εξωκυττάριας ουσίας (ECM-extracellular matrix composition) στην επιφανειακή κοιλότητα και της απώλειας αγγειακών λείων μυϊκών κυττάρων (VSMCs-Vascular smooth muscle cells) στην μεσαία στιβάδα (media). Θεωρητικά, εάν ένα ΑΚΑ αφηθεί χωρίς αποκατάσταση, η διάμετρός του θα αυξάνεται σταδιακά, με τα μεγάλα ΑΚΑ να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο ρήξης. Οι ρήξεις ΑΚΑ μπορεί να συμβούν:

- ενδοπεριτοναϊκά,
- οπισθοπεριτοναϊκά ή σπάνια
- σε άλλα όργανα.

Η ρήξη συνήθως οδηγεί σε ξαφνικό κοιλιακό ή οσφυϊκό πόνο ή και σε αιμορραγικό σοκ. Η σοβαρότητα του σοκ ποικίλλει ανάλογα με τη θέση και την έκταση της ρήξης. Αυτή η κατάσταση, εάν αφηθεί χωρίς θεραπεία, οδηγεί σχεδόν 100% σε θνητότητα. Σε πολύ σπάνιες περιπτώσεις, η ρήξη ΑΚΑ προκαλεί μικρή απώλεια αίματος στον οπισθοπεριτοναϊκό χώρο, όπου μπορεί να περιοριστεί, προκαλώντας μόνο πόνο, χωρίς αιμοδυναμική αστάθεια.(10)

Κατά την τελευταία δεκαετία, ο θάνατος που σχετίζεται με το ΑΚΑ ήταν η 12-15^η κύρια αιτία θανάτου σε άτομα ηλικίας >55 ετών στις Ηνωμένες Πολιτείες, το Ηνωμένο Βασίλειο και πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όπως αναφέρθηκε.

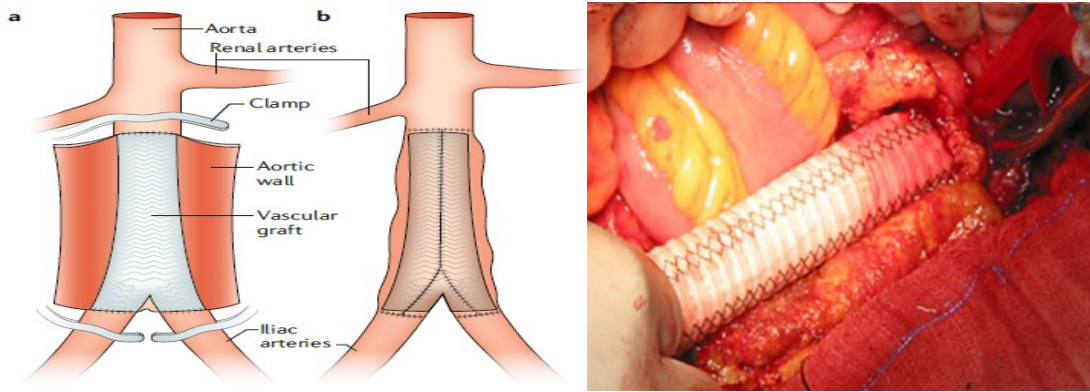
Το ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής (ΑΚΑ) εμφανίζεται συχνότερα από το αντίστοιχο της θωρακικής αορτής. Οι παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνουν:

- την ηλικία,
- το κάπνισμα,
- το φύλο και
- το οικογενειακό ιστορικό ΑΚΑ
- υψηλή αρτηριακή πίεση
- υψηλά επίπεδα χοληστερόλης στο αίμα
- καρδιαγγειακή νόσος
- χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (10)

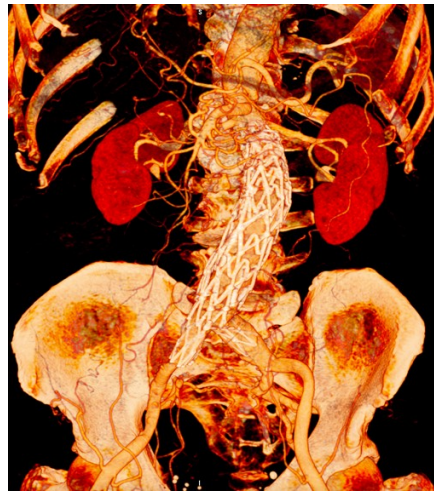
Το ΑΚΑ είναι συνήθως μια ασυμπτωματική πάθηση που δύσκολα μπορεί να διαγνωστεί με κλινικά μέσα. Ο τυχαίος ή συστηματικός έλεγχος των ομάδων κινδύνου είναι η πιο αποτελεσματική προσέγγιση για την πρόληψη του θανάτου που σχετίζεται με το ΑΚΑ. Λόγω της υψηλής θνητότητας που σχετίζεται με τη ρήξη ΑΚΑ, στους περισσότερους ασθενείς που έχουν διαγνωστεί με μεγάλα ΑΚΑ προσφέρονται οι ακόλουθοι τύποι αποκατάστασης.

1. *Ανοιχτή χειρουργική επέμβαση αποκατάστασης*, για την υποστήριξη της ανευρυσματικής αορτής στο υπονεφρικό τμήμα της με ένθετα αγγειακά προσθετικά μοσχεύματα σε σχήμα σωλήνα ή διχαλωτά προσθετικά αγγειακά μοσχεύματα ραμμένα στην αορτή (εικ.12)
2. *Ενδοαγγειακή αποκατάσταση αορτής (EVAR)*, όπου εισάγεται μόσχευμα στεντ και τοποθετείται μέσα στο ανεύρυσμα μέσω των λαγόνιων αρτηριών (εικ.13)

Η επιτυχία του EVAR εξαρτάται από τη μορφολογία της αορτής και των σχετικών αρτηριών. Το EVAR ως χειρουργική τεχνική ήσσονος τραύματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με ασφάλεια ακόμα και σε ασθενείς πολύ υψηλού κινδύνου ή και σε άτομα άνω των 80 ετών. (11)



Εικόνα 12: Ανοικτή αποκατάσταση ανευρύσματος αριστερά με τελικοτελική διχαλωτή αορτολαγόνια πρόθεση σχηματικά και δεξιά μετά από εμφύτευση τελικοτελικού ευθέως αορτικού μοσχεύματος Dacron.



Εικόνα 13: Ενδοαγγειακή αποκατάσταση αορτής με μόσχευμα στεντ

Τρόποι Πρόληψης

Τρόποι μείωσης του κινδύνου εμφάνισης ανευρύσματος κοιλιακής αορτής:

- Διακοπή καπνίσματος
- Υγιεινή διατροφή: τήρηση μιας ισορροπημένης διαίτας, πτωχή σε λιπαρές τροφές.
- Συχνή άσκηση: 150 λεπτά άσκησης εβδομαδιαίως
- Διατήρηση υγιούς σωματικού βάρους
- Μείωση κατανάλωσης αλκοόλ
- Ρύθμιση πιθανών παθολογιών που σχετίζονται με την δημιουργία ανευρυσμάτων (λήψη φαρμακευτικής αγωγής και παρακολούθηση από γιατρούς)
- Συμμετοχή σε προγράμματα προληπτικού ελέγχου (screening) (10)

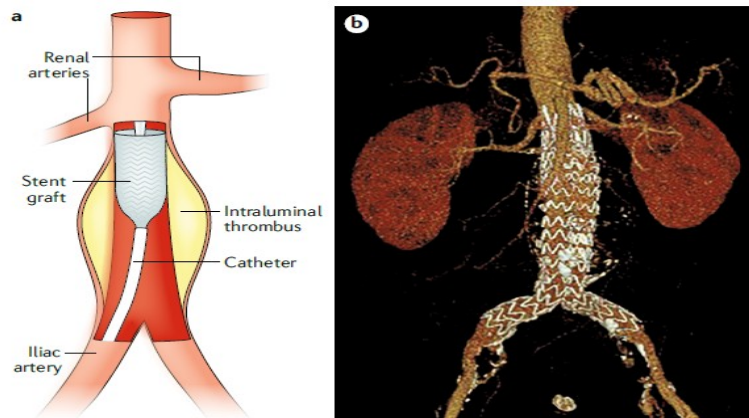
EVAR

Είναι η τεχνική κατά την οποία εμφυτεύεται μόσχευμα αποτελούμενο από δύο κλάδους, μέσω των μηριαίων αρτηριών. Τα είδη αναισθησίας τα οποία χρησιμοποιούνται είναι η γενική αναισθησία, η τοπική αναισθησία και η επισκληρίδιος. Η επιλογή ανάμεσα σε αυτές τις μεθόδους γίνεται ανάλογα με το ιστορικό του κάθε ασθενή και το αποτέλεσμα στην έκβαση της ενδοαγγειακής αποκατάστασης του ανευρύσματος.(12) Το μόσχευμα τοποθετείται είτε μέσω χειρουργικής τομής είτε διαδερμικά. Στην διαδερμική επιλογή προηγείται η τοποθέτηση θηκαριών μέσω των οποίων θα γίνει η είσοδος των καθετήρων και στη συνέχεια του μοσχεύματος.(5) Το μόσχευμα «αγκιστρώνεται» με στέντ, τα οποία τοποθετούνται στο υγιές μη ανευρυσματικό τμήμα της αορτής στο ύψος των νεφρικών και ισχιακών αρτηριών. Ο ανευρυσματικός σάκος παραμένει στο σημείο. Η μέθοδος αυτή δεν αντικαθιστά το πάσχον τμήμα της αορτής, αλλά στόχο έχει να απομακρύνει το ανεύρυσμα της κοιλιακής αορτής μέσω την κυκλοφορίας του αίματος.

Στο ξεκίνημά της, η συγκεκριμένη μέθοδος κρινόταν κατάλληλη μόνο για ευπαθείς ασθενείς, οι οποίοι δεν πληρούσαν τα κριτήρια για μία ανοιχτή χειρουργική αποκατάσταση του ανευρύσματος. Σταδιακά, όμως, οι ενδείξεις αυτές άλλαξαν και πλέον η EVAR αποδεικνύεται μία ασφαλής μέθοδος εναλλακτικά της ανοιχτής χειρουργικής για κατάλληλα ανευρύσματα και είναι η μέθοδος εκλογής πολλών κέντρων. Αξιοσημείωτες εξελίξεις στις τεχνολογίες των υλικών (διαπερατότητα μοσχευμάτων και εύκαμπτα στέντ) έχουν προσφέρει μεγάλη βελτίωση στην διάρκεια ζωής των EVAR.

Πρέπει να αξιολογούνται διάφοροι παράγοντες προκειμένου να οδηγηθούμε σε EVAR. Τα αγγεία από τα οποία γίνεται η πρόσβαση, χρήζει να είναι επαρκής ποιότητας, ώστε να μπορέσουν να διέλθουν τα μοσχεύματα και τα στέντ. Επίσης, τα υγιή, μη ανευρυσματικά σημεία πριν και μετά το ανεύρυσμα να είναι επαρκή για την ορθή τοποθέτηση του μοσχεύματος. Επιπλέον, η μορφολογία της ίδιας της αορτής επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της EVAR. Εξέχουσας σημασίας είναι λοιπόν, η τήρηση αυστηρών ενδείξεων. Σε περιπτώσεις με αμφιλεγόμενα δεδομένα όπως ανατομικές παραλλαγές, εναλλακτικές θεραπευτικές προσεγγίσεις όπως η ανοιχτή χειρουργική αποκατάσταση ή η χρήση «chimney» μοσχευμάτων, θα πρέπει να συνηγορούνται.

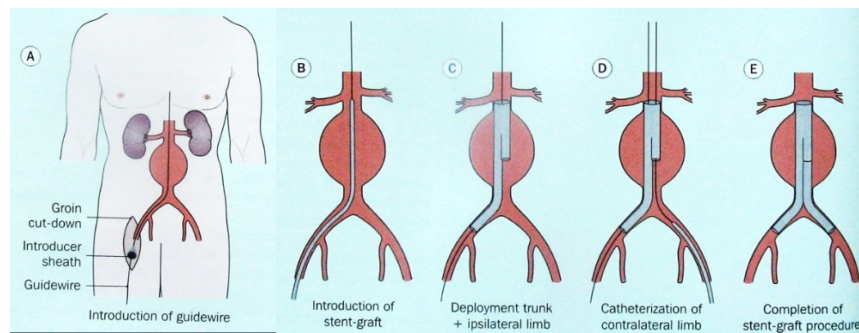
Τα ανευρύσματα κοιλιακής αορτής σε πάνω από το 20 % των περιπτώσεων παρουσιάζουν επέκταση μέχρι και τις λαγόνιες αρτηρίες. Σε κάποιους ασθενείς το ανεύρυσμα περιλαμβάνει τον διχασμό των λαγόνιων ενώ σε άλλους εκτείνεται και κατά μήκος των λαγόνιων αρτηριών. Λόγω του βάθους εντός της πυέλου αυτών των βλαβών, η ανοιχτή χειρουργική αποκατάσταση κρίνεται πιο επικίνδυνη και με τεχνικές δυσκολίες (ρήξη περιουρητηρικού αγγειακού πλέγματος ή λαγόνιας φλέβας) ιδίως σε παχύσαρκους ασθενείς ή μετά από άλλες επεμβάσεις στην συγκεκριμένη ανατομική περιοχή. Ως εκ τούτου, η EVAR θεωρείται ευρέως η θεραπευτική προσέγγιση πρώτης γραμμής για τέτοιες περιπτώσεις. (13)

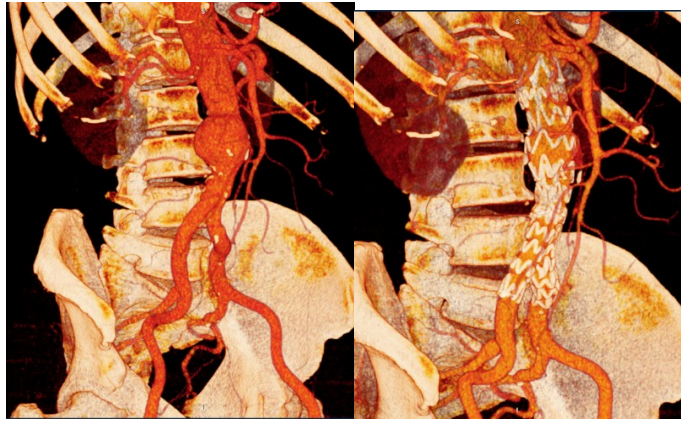


Εικόνα 14: Ενδαγγειακή αντιμετώπιση ανευρύσματος (EVAR)

Άνω: Σχηματική αναπαράσταση της τεχνικής ενδοαγγειακής αποκατάστασης της αορτής (EVAR): a & b) εισάγεται καθετήρας μέσω της μηριαίας και λαγόνιας αρτηρίας, c) ανοίγεται το άνω εγγύς τμήμα του μοσχεύματος-stent και το κύριο άνω σώμα τοποθετείται στην αορτή κάτω από τις νεφρικές αρτηρίες, σφραγίζοντας τον αυχένα (λαιμό) πάνω από το ανευρυσματικό εξόγκωμα. D & e) ολοκλήρωση της εμφύτευσης με την έκπτυξη των λαγονίων σκελών.

Κάτω: CTA πριν και μετά την EVAR





ΕΠΙΠΛΟΚΕΣ EVAR

- Ενδοδιαφυγές
- «Μετανάστευση» ή/και γωνίωση του μοσχεύματος (εικόνα 15)
- Διάτρηση του μοσχεύματος
- Θρόμβωση μοσχεύματος. (14)
- Post-implantation syndrome, φλεγμονώδης αντίδραση με αυξημένη θερμοκρασία σώματος, λευκοκυττάρωση και υψηλή καρδιακή συχνότητα (>90). (15)

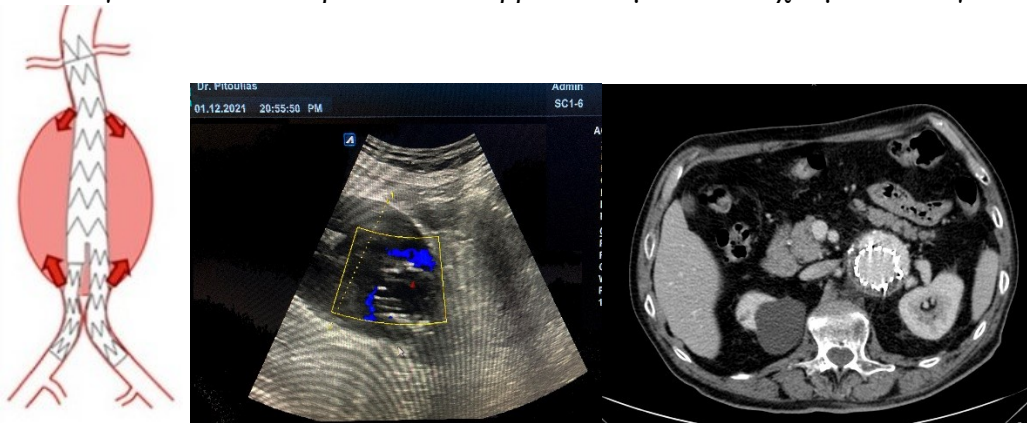


Εικόνα 15

Αυτές οι επιπλοκές έχουν καταστήσει απαραίτητη την επανεξέταση και παρακολούθηση των ασθενών μετά από EVAR.

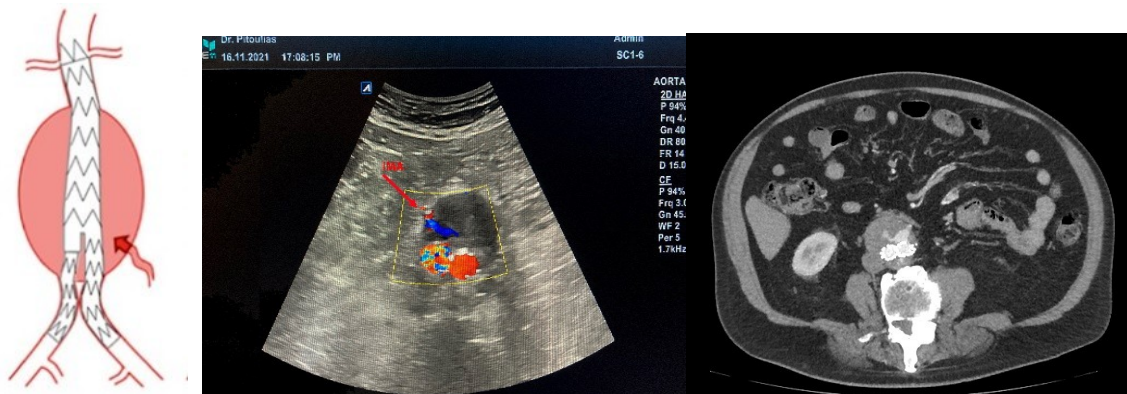
Πιο συγκεκριμένα με τον όρο ενδοδιαφυγή εννοείται η παραμονή συνεχούς αιματικής ροής εκτός του μοσχεύματος αλλά εντός του ανευρυσματικού σάκου. Κατηγοριοποιούνται σε 5 τύπου ανάλογα με την προέλευση της διαφυγής.

- Τύπος I: ενδοδιαφυγή από τα άκρα του μοσχεύματος με άμεση τροφοδοσία από τον αορτικό αυλό
 - o 1α : από το εγγύς άκρο
 - o 1β: από το άπω άκρο
 - o 1γ: από το άπω άκρο όταν αυτό βρίσκεται μετά τον διχασμό των λαγόνιων.



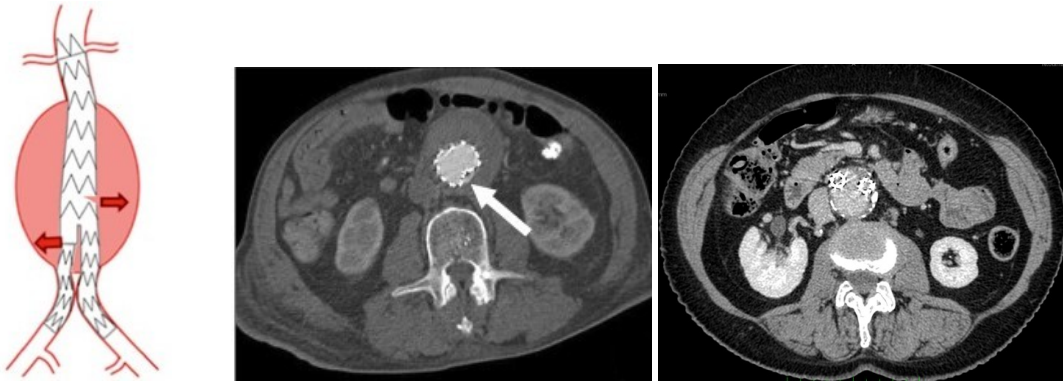
Εικόνα 16: Ενδοδιαφυγή από τα άκρα του μοσχεύματος (16)(17)

- Τύπος II: πλήρωση του ανευρυσματικού σάκου από άλλες (μη αορτικές) κατευθύνσεις, μέσω των πλάγιων κλάδων της αορτής. Ορισμένοι ερευνητές διαχωρίζουν δύο κατηγορίες:
 - o 2α: από ένα αγγείο (οσφυϊκή ή κάτω μεσεντέριος αρτηρία)
 - o 2β: από δύο αγγεία (οσφυϊκές αρτηρίες ή/και κάτω μεσεντέριος αρτηρία)

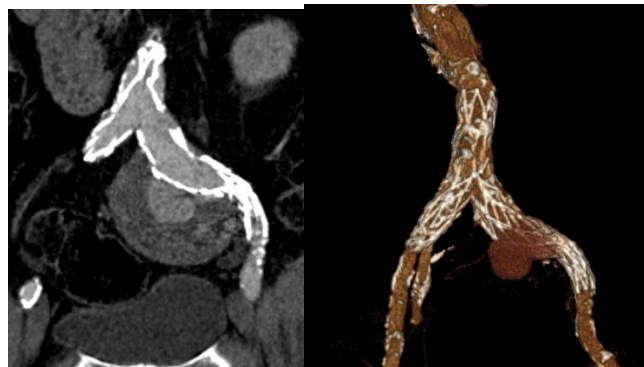


Εικόνα 17: Ενδοδιαφυγή από αγγεία (16)(18)

- Τύπος III: αφορά <3% των ασθενών και έχει να κάνει με κατασκευαστική αλλοίωση του μοσχεύματος
 - o 3α: διαχωρισμός κύριου κορμού από τα σκέλη
 - o 3β: ρωγμές του υλικού του μοσχεύματος



(16,18)



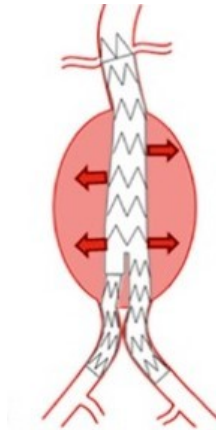
Εικόνα 18: Ενδοδιαφυγή από διαχωρισμό και ρωγμή του μοσχεύματος

Παραπλήσια εικόνα εμφανίζεται μερικές φορές μετά από τοποθέτηση πρόθεσης AFX Endologix (Billowing) το οποίο προσομοιάζει με την ενδοδιαφυγή τύπου III. Χαρακτηριστικό εύρημα στην αξονική τομογραφία είναι ότι αναγνωρίζεται υπέρπυκνο στοιχείο (σκιαστικό) εκτός του μεταλλικού σκελετού (endoskeleton) του μοσχεύματος, ως επί ενδοδιαφυγής, ενώ στην πραγματικότητα εξακολουθεί να βρίσκεται εντός του υλικού επικάλυψης (ePTFE) του μοσχεύματος. Η κατάσταση αυτή αν και συνήθως έχει καλή πρόγνωση αναφέρεται ότι έχει οδηγήσει και σε ρήξη του ΑΚΑ. (εικόνα 19)



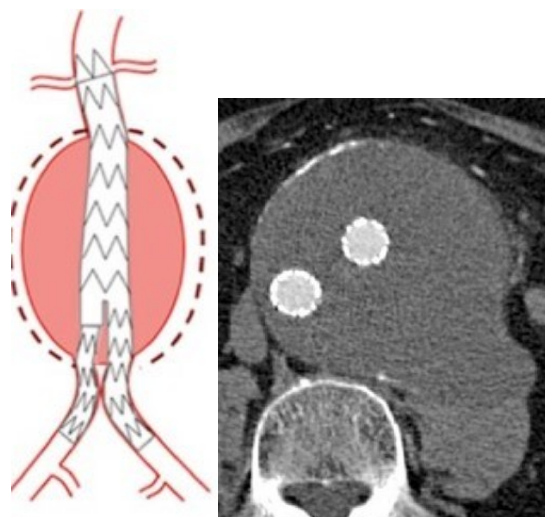
Εικόνα 19: Το φαινόμενο Billowing

- Τύπος IV: έχει να κάνει με την διαπερατότητα στο ίδιο το μόσχευμα. Έχει σχεδόν εξαλειφθεί λόγω της νέα γενιάς, λιγότερο πορωδών μοσχευμάτων που υπάρχουν πλέον.



Εικόνα 20: Ενδοδιαφυγή τύπου IV (16)

- Τύπος V: Ενδοτάση, δηλαδή η αυξημένη ενδο-ανευρυσματική πίεση που οδηγεί σε επέκταση του ανευρυσματικού σάκου χωρίς ευρήματα ενδοδιαφυγών. (15,19)



Εικόνα 21: Ενδοδιαφυγή τύπου V (16,20)

Οι ενδοδιαφυγές αφορούν ποσοστό που σε μερικές μελέτες αγγίζει το 20 % των ασθενών μετά από EVAR αλλά η πλειονότητα αφορά ενδοδιαφυγές τύπου II, που είναι συνήθως αυτοπεριοριζόμενες και καλής πρόγνωσης ακόμα και χωρίς επανεπέμβαση. Οι άλλοι τύποι ενδοδιαφυγών συνοδεύονται από βέβαιη αύξηση της διαμέτρου του ΑΚΑ και δυνητικά της πιθανότητας της ρήξης και απαιτούν επανεπέμβαση με την διάγνωσή τους (14). Σε κάθε περίπτωση η αυξημένη επίπτωση των ενδοδιαφυγών επιβάλλουν την τακτική μετεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών μετά από EVAR. Η ενδοδιαφυγή είναι η αχίλλειος πτέρνα του EVAR και θεωρητικά όλοι οι τύποι ενδοδιαφυγής μπορεί να προκαλέσουν αυξημένη πίεση εντός του ανευρυσματικού σάκου, με επακόλουθο κίνδυνο επέκτασης και ρήξης του ανευρύσματος. Η ενδοδιαφυγή τύπου I και III έχουν την τάση να είναι πιο επιρρεπής στη ρήξη και χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης. Επέκταση και ρήξη ανευρύσματος ως αιτία επίμονου τύπου II ενδοδιαφυγής έχει αναφερθεί από τους Darling et al. (18,21)

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ

Πραγματοποιήθηκαν αναζητήσεις για μελέτες στις ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων PubMed, Research gate και Scopus. Οι μελέτες αφορούσαν ενήλικες και η χρονολογική περίοδος αναζήτησης ήταν από το 2006 έως το 2021 χωρίς γεωγραφικούς και γλωσσικούς περιορισμούς. Οι μελέτες επικεντρώθηκαν στην σύγκριση μεθόδων απεικόνισης όπως το υπερηχοτομογράφημα με και χωρίς σκιαγραφικό, η αξονική, και η μαγνητική αγγειογραφία, καθώς και η κλασική ψηφιακή αφαιρετική αγγειογραφία (DSA) για την παρακολούθηση μετά την ενδοαγγειακή αποκατάσταση της κοιλιακής αορτής (EVAR).

Τα κριτήρια ένταξης είχαν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- συμμετοχή ασθενών οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε θεραπεία με EVAR για ΑΚΑ και
- σύγκριση απεικονιστικών μεθόδων MRA και CTA ή υπερήχων (DUS– duplex ultrasound ή CEUS–contrast enhanced ultrasound) ως προς την ανίχνευση ενδοδιαφυγών και την ακριβή μέτρηση της διαμέτρου της κοιλιακής αορτής.

Οι βασικοί όροι αναζήτησης ήταν «ultrasound», «EVAR», «abdominal aortic aneurysm», «endoleak», «Magnetic resonance angiography», και «computed tomography angiography». Τα άρθρα αξιολογήθηκαν σε πρώτο στάδιο με βάση τους τίτλους και τις περιλήψεις τους.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

DUS (CDUS) vs CEUS (CE-CDUS)

Ο Abraha et al. το 2017 πραγματοποίησαν μία συστηματική ανασκόπηση που συμπεριέλαβε 42 μελέτες και 4220 συμμετέχοντες, με σκοπό τον προσδιορισμό της διαγνωστικής ακρίβειας με την έννοια της ευαισθησίας και της ειδικότητας του DUS και του CEUS (contrast enhanced US).

Test	Number of studies (participants)	Prevalence % (median)	Summary accuracy	Implications	Quality
CDUS	16 studies (1357)	22%	Sensitivity: 0.82 (95% CI 0.66 to 0.91) Specificity: 0.93 (95% CI 0.87 to 0.96)	Of 1000 people who receive CDUS, 35 people will have their endoleaks missed and 47 people will have an unnecessary CT scan.	Moderate/low: in 40% of studies, delay between tests was unclear (4/16) or > 4 weeks (2/16); in 50% of studies, blinding of either index test or reference standard not clearly reported or not performed; in 12%, interpretation of reference standard not clearly reported.
CE-CDUS	11 studies (947)	25%	Sensitivity: 0.94 (95% CI 0.85 to 0.98) Specificity: 0.95 (95% CI 0.90 to 0.98)	Of 1000 people who receive CE-CDUS, 15 people will have their endoleaks missed and 47 people will have an unnecessary CT scan.	High/moderate: 5 studies (45%) fulfilled all QUADAS items; 4 (36%) studies did not report clearly blinding interpretation of reference standard; in 2 (18%) studies, the delay between the 2 tests not clearly reported.

Τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας ήταν πως και οι δύο μέθοδοι υπερήχων (με ή χωρίς σκιαγραφικό) έδειξαν υψηλή ειδικότητα. Για την αναγνώριση των ενδοδιαφυγών, το CE-DUS αποδείχθηκε καλύτερο από το CDUS. Σε ένα πρόγραμμα παρακολούθησης ενδοδιαφυγών, το CE-CDUS μπορεί να εισαχθεί ως διαγνωστική μέθοδος ρουτίνας η οποία ακολουθείται από αξονική τομογραφία μόνο όταν ο υπέρηχος είναι θετικός, για τον προσδιορισμό του τύπου της ενδοδιαφυγής και της θεραπευτικής αντιμετώπισης.(22)

DUS vs CEUS vs CTA vs MRA

Το 2010 ο Cantisani et. al. πραγματοποίησαν έρευνα με σκοπό την ανίχνευση ενδοδιαφυγών. Στην έρευνα αυτή συμπεριλήφθηκαν 108 ασθενείς. Εξετάστηκαν οι ακόλουθες παράμετροι:

- η ευαισθησία,
- η ειδικότητα,
- η ακρίβεια και
- η αρνητική προγνωστική αξία

με σκοπό την σύγκριση των DUS, CEUS, CTA και MRA.

Η ευαισθησία και η ειδικότητα των CDUS, CEUS, CTA και MRA ήταν

58% και 93%,

96% και 100%,

83% και 100%

96% και 100% αντίστοιχα.

Το CEUS επέτρεψε καλύτερη ταξινόμηση των ενδοδιαφυγών σε σύγκριση με τα CDUS και CTA. (Πίνακας 3)

Imaging modality	True positives	False positives	False negatives	True negatives	Sensitivity	Specificity	Accuracy	Negative predictive value
CDUS	14	6	10	78	58%	93%	85%	89%
CEUS	23	0	1	84	96%	100%	99%	99%
CTA	20	0	4	84	83%	100%	96%	95%
MRA	23	0	1	84	96%	100%	99%	99%

CDUS: Colour-Doppler ultrasound; CEUS: contrast-enhanced ultrasound; CTA: computed tomography angiography; MRA: magnetic resonance angiography.

Πίνακας 2: Ακρίβεια τεσσάρων διαφορετικών διαγνωστικών μεθόδων στην ανίχνευση ενδοδιαφυγών

Τέλος, μετρήθηκαν οι μέσες διάμετροι του σάκου του κοιλιακού ανευρύσματος και βρέθηκαν 5.2 ± 1.2 , 5.1 ± 1.1 και 5.2 ± 1.1 cm για τις τεχνικές CDUS/CEUS, CTA και MRA, αντίστοιχα, που υπογραμμίζει την υψηλή διαγνωστική αξία των υπερηχογραφικών τεχνικών.(23)

CEUS vs CTA

Τόσο η CTA όσο και το CEUS έχουν αποδειχθεί ότι έχουν μεγάλη ακρίβεια στην έγκαιρη ανίχνευση δυνητικά απειλητικών καταστάσεων που θα μπορούσαν τελικά να οδηγήσουν σε ρήξη του σάκου ή απόφραξη της πρόθεσης μετά την εμφύτευση του μοσχεύματος. Η επιλογή της CTA περιλαμβάνει τη χορήγηση σκιαγραφικού και υψηλές δόσεις ακτινοβολίας. Το CEUS μπορεί να είναι μια καλή εναλλακτική λύση, καθώς έχει δείξει αξιόπιστα και αναπαραγώγιμα αποτελέσματα, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται σκιαγραφικά μέσα μικροφουσαλίδων. Ωστόσο, σε όλες της υπερηχογραφικές τεχνικές η εξέταση εξαρτάται από τον χειριστή και απαιτεί εξοπλισμό υψηλής ευκρίνειας. Το CEUS επιτρέπει μόνο την απεικόνιση των ήδη υπαρχόντων ενδοδιαφυγών. Τέλος, το CTA μπορεί να είναι πιο χρονοβόρο και το κόστος μπορεί να υπερβαίνει το αντίστοιχο του CEUS. Συχνά, για την τελική διάγνωση χρησιμοποιείται συνδυασμός και των δύο CTA και CEUS. Η αναζήτηση απέφερε 16 συνολικά μελέτες οι οποίες ασχολήθηκαν με την σύγκριση των συγκεκριμένων απεικονιστικών μεθόδων, εκ των οποίων οι 9 αποτελούν σειρές και αφορούσαν 860 ασθενείς και 5 είναι συστηματικές ανασκοπήσεις. Το συμπέρασμα τους είναι ότι παρόλο που η CTA θεωρείται ως “gold standard”

το CEUS αποδείχθηκε εξίσου ακριβής μέθοδος με τα πλεονεκτήματα της μη-νεφροτοξικότητας των σκιαγραφικών και της μη χρήσης ιοντίζουσας ακτινοβολίας.

Οι παράμετροι αξιολόγησης των μεθόδων στις ανωτέρω μελέτες ήταν οι ακόλουθες:

- η διάμετρος του ανευρύσματος,
- η αναγνώριση και η ταξινόμηση της ενδοδιαφυγής,
- η προσθιοπίσθια διάμετρος και
- η βατότητα του μοσχεύματος

Αναλυτικότερα, το υπερηχογράφημα εντόπισε έναν αριθμό ενδοδιαφυγών που δεν ήταν ορατές στην αξονική τομογραφία. Οι ενδοδιαφυγές τύπου I αντιμετωπίστηκαν με EVAR ή με ανοιχτή χειρουργική επέμβαση. Οι ενδοδιαφυγές τύπου II παρατηρήθηκαν ή αντιμετωπίστηκαν με ενδοαγγειακές τεχνικές. (Πίνακας 2)

	Ultrasound	CT
Total	359	35
Type I	7	1
Type II	26	9
Combined	8	4
No leak	318	21

Πίνακας 3: Ορισμός ενδοδιαφυγών

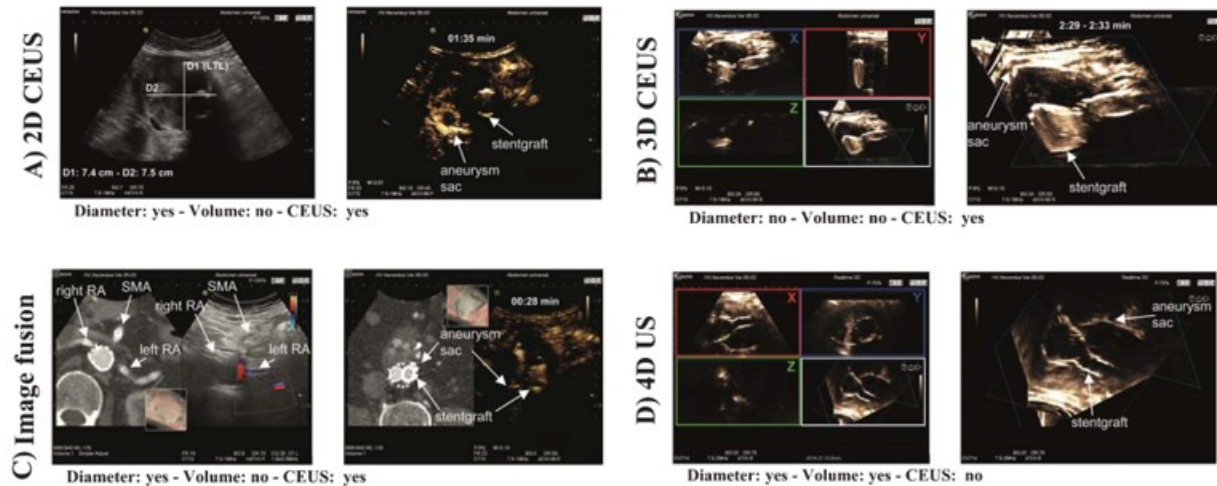
Η αποτυχία ανίχνευσης ενδοδιαφυγών Τύπου II στις μελέτες αυτές, ήταν σχεδόν αμελητέα καθώς η μεγέθυνση του σάκου φάνηκε ότι ήταν το κλειδί για την επανεκτίμηση σε αυτήν την κατάσταση. Το έγχρωμο DUS έχει αξιοσημείωτα υψηλή συσχέτιση με το CTA στη μέτρηση της διαμέτρου του σάκου. Επιπλέον, το CEUS έχει χαμηλή διαγνωστική ευαισθησία για το σύνολο των πιθανών επιπλοκών, π.χ. δεν απεικονίζει εύκολα πιθανή μετανάστευση της πρόθεσης αλλά έχει υψηλή ειδικότητα για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών που αποτελούν ωστόσο το συχνότερο πρόβλημα μετά από EVAR. (24,27)

2D vs 3D/4D US

Ο Pfister et al. 2016 συνέκριναν το 2D U/S με τις νέες τεχνικές υπερηχογραφικής απεικόνισης 3D/4D U/S και σύντηξη εικόνας (fusion) (συνδυασμένη απεικόνιση σε πραγματικό

χρόνο B mode και αξονική τομογραφία) για τη μέτρηση της διαμέτρου της αορτής στην παρακολούθηση μετά από αποκατάσταση του ενδοαγγειακού ανευρύσματος αορτής (EVAR).

Για τη μέτρηση της μέγιστης διαμέτρου του ανευρύσματος χρησιμοποιήθηκαν πέντε διαφορετικές μέθοδοι, όπου η καθεμία αξιοποιούσε την τεχνική υπερήχου CEUS. Η 2D U/S ήταν το καθορισμένο πρότυπο αναφοράς για στατιστική ανάλυση. Το CEUS χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών. (εικ.14)



Εικόνα 21: Τεχνικές υπερηχογραφικής απεικόνισης. A) 2D CEUS . B) 3D CEUS. C) Image Fusion D) 4D Υπερηχογράφημα

Επομένως, το κανονικοποιημένο 2D U/S επιτρέπει επαρκή παρακολούθηση ρουτίνας της μέγιστης διαμέτρου αορτικού ανευρύσματος μετά από EVAR. Η σύντηξη εικόνων της μετεγχειρητικής αξονικής με την νέα B mode σε πραγματικό χρόνο, επιτρέπει μια ακριβή απεικόνιση του ανευρύσματος χωρίς την ανάγκη διενέργειας νέας αξονικής τομογραφίας. Το 3D/4D CEUS και η σύντηξη εικόνας μπορούν να βελτιώσουν τον χαρακτηρισμό ενδοδιαφυγής σε επιλεγμένες περιπτώσεις, αλλά δεν είναι απαραίτητες για πρακτική ρουτίνας.

Συμπερασματικά, η έρευνα κατέληξε στα εξής.

- 1) Οι μέσες αορτικές προσθιοπίσθιες διάμετροι ήταν 4.0 ± 1.3 cm (1.9–7.4 cm) για 2D US 4.0 ± 1.2 cm (2.0–7.4 cm) για 3D 3.9 ± 1.3 cm (2.2–7.4 cm) για 4D US. Όπως παρατηρείται και παραπάνω απο τις τιμές των τριών διαφορετικών τεχνικών απεικόνισης δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

2) Οι μέσες μετρήσεις της πλαγιοπλάγιας διαμέτρου ήταν 4.1 ± 1.2 cm (2.1–7.0 cm) για 2D US 4.0 ± 1.1 cm (2.2–7.2 cm) για 3D 4.2 ± 1.2 cm (2.3–7.6 cm) για 4D US.

Όπως παρατηρείται και παραπάνω απο τις τιμές των τριών διαφορετικών τεχνικών απεικόνισης δεν υπήρχε στατιστικώς σημαντική διαφορά.

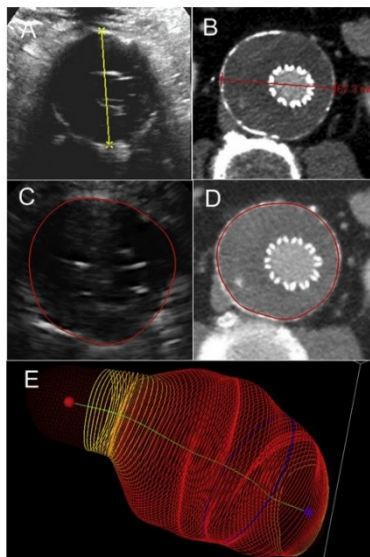
3) Ο μέσος όγκος αορτής που αξιολογήθηκε με 3D και 4D U/S ήταν 84.4 ± 59.8 ml (17.6–276.7 ml) και 59.4 ± 48.0 ml (8.4–190.0 ml), αντίστοιχα. Ωστόσο, το σύνολο των δεδομένων του όγκου δημιουργήθηκε αυτόματα με την τεχνική 4D.(34)

Ωστόσο, όσον αφορά τον μέσο όγκο αορτής, η διαφορά ήταν στατιστικώς σημαντική μεταξύ των 3D και 4D U/S.

2D US vs 2D CTA vs 3D US vs 3D CTA

Η μέτρηση των ανατομομορφολογικών χαρακτηριστικών ενός ΑΚΑ και ιδιαίτερα της μέγιστης διαμέτρου πραγματοποιείται ιδανικά κάθετα στην κεντρική γραμμή, μια μεθοδολογία μέχρι στιγμής εφικτή μόνο με τρισδιάστατη 3D-CTA και αγγειογραφία μαγνητικού συντονισμού (MRA).(4)

Το 3D U/S (τρειςδιάστατο υπερηχογράφημα) υπερέχει σημαντικά της 3D CT σε σύγκριση με την τρέχουσα ευρύτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδο του 2D U/S. Οι Bredahl et. al. πραγματοποίησαν το 2013 δύο σχετικές μελέτες εκτίμησης της μέγιστης διαμέτρου αλλά και του όγκου.



Εικόνα 22: Η μέγιστη διάμετρος που προκύπτει από τις τέσσερις χρησιμοποιούμενες μεθόδους απεικόνισης. (A) 2D U/S (B) 2D CTA (C) 3D U/S (D) 3D CTA. (E) τρισδιάστατο μοντέλο που δημιουργήθηκε μετά από τμηματοποίηση λήψεων τρισδιάστατων υπερήχων ή αξονικών τομών CT που παρουσιάζονται με μια πράσινη κεντρική γραμμή μεταξύ του αυχένα της αορτής και το διχασμό της αορτής και ένα μπλε περίγραμμα που δείχνει την τομή συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης διαμέτρου.(33).

Σύμφωνα με τις μελέτες αυτές (Πίνακας 4), η μέγιστη διάμετρος του υπολειπόμενου σάκου μετά την EVAR μπορεί να μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια χρησιμοποιώντας 3D-US αντί για 2D-US και συμπερασματικά φαίνεται ότι εισάγεται μια νέα τρισδιάστατη μέθοδος υπερήχων για τη μέτρηση της μέγιστης διαμέτρου του υπολειπόμενου σάκου μετά το EVAR.

Όσον αφορά την μέτρηση της προσθιοπίσθιας διαμέτρου του σάκου, το μοντέλο 3D-US δεν έδειξε σημαντική διαφορά σε σύγκριση με το 3D-CTA που την καθιστά μια χρήσιμη μέθοδο για την εκτίμηση της προσθιοπίσθιας διαμέτρου για την παρακολούθηση των ΑΚΑ μετά από EVAR. (33)

Imaging method	Mean diameter (mm)	Mean difference \pm range of variability from 3D CT (mm)
3D CT	60.8 (38.9–82.7)	0 \pm 0
2D CT	61.5 (39.9–83.1)	-0.7 \pm 6.0
3D ultrasound	62.2 (39.1–85.2)	-1.3 \pm 6.6
2D ultrasound	54.8 (34.6–75.1)	6.0 \pm 9.4

Πίνακας 4: Μέτρηση μέγιστης διαμέτρου του σάκου με 4 διαφορετικές διαγνωστικές μεθόδους

Επίσης, όσον αφορά τον όγκο, ο 3D US είναι σε θέση να δώσει ακριβή αποτελέσματα όπως και το 3D CT. (35,36)

MRI vs CEUS vs CTA

Μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των Guo et al. η οποία δημοσιεύτηκε το 2016, περιλάμβανε 31 μελέτες από το 1999 μέχρι το 2014. Οι μελέτες αυτές σκοπό είχαν την ανίχνευση ενδοδιαφυγής και μέτρηση διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου μετά την αποκατάσταση του ενδοαγγειακού ανευρύσματος χρησιμοποιώντας υπερηχογράφημα duplex (DUS) ή με σκιαγραφικό (CEUS), μαγνητική τομογραφία ή αξονική τομογραφία αγγειογραφία.

Οι μετρήσεις της διαμέτρου του ανευρύσματος μεταξύ CTA και υπερήχων εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας μετάχρονη ανάλυση των αρχείων απεικόνισης DICOM. Το CEUS και η μαγνητική τομογραφία φάνηκαν πιο ακριβείς από την CTA για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών μετά από EVAR, αλλά υστερούν σε σχέση με την CTA ως προς την ανίχνευση ενδοδιαφυγών τύπου I και III. Το κύριο εύρημα ήταν ότι τόσο το CEUS όσο και η MRI ανίχνευσαν σημαντικά περισσότερες ενδοδιαφυγές σε σύγκριση με το CTA. Το CEUS και η MRI δεν ανίχνευσαν

ενδοδιαφυγές τύπου I και III σε παρόμοιο ποσοστό, έναντι της CTA που τα εντόπισε με μεγαλύτερη επιτυχία. (37)

Άλλη μία βιβλιογραφική ανασκόπηση το 2019 των Cannavale et al. συμπεριέλαβε μελέτες από το 2010 έως το 2019 με σκοπό την αξιολόγηση των απεικονιστικών μεθόδων για κάθε τύπο ενδοδιαφυγών ξεχωριστά, χωρίς να προκύψει κάποιο συγκριτικό συμπέρασμα για κάποια από αυτές. (33)

SMI & AngioPLUS

Οι δύο αυτές τεχνικές που αφορούν στην ουσία εφαρμογή λογισμικού επεξεργασίας των υπερήχων περιγράφηκαν το 2015 και 2018 από τους Gabriel et al. και το 2020 από τους Tomczak et al. και έγιναν μέρος συγκριτικών μελετών που αφορούσαν τις ενδοδιαφυγές. Το λογισμικό αυξάνει την απεικονιστική ικανότητα των υπερήχων ειδικά για την απεικόνιση αγγείων πολύ χαμηλής ροής και κατά συνέπεια και των ενδοδιαφυγών με χαμηλή ροή.

Οι Gabriel et al. πραγματοποίησαν μια κλινική μελέτη που αφορούσε τα αποτελέσματα των απεικονιστικών μεθόδων

- CEUS,
- SMI (SuperbMicro-vascular Imaging).
- CTA

με σκοπό τον εντοπισμό της ροής του αίματος στην περιφέρεια του σάκου του ανευρύσματος της αριστερής κοινής λαγόνιας αρτηρίας. Τρία χρόνια αργότερα χρησιμοποιώντας τις ίδιες απεικονιστικές μεθόδους, αξιολογήθηκαν η διάμετρος του ανευρυσματικού σάκου, η βατότητα του μοσχεύματος καθώς και η ανίχνευση και η ταξινόμηση των ενδοδιαφυγών σε ένα δείγμα 30 ασθενών μετά από EVAR. Και οι δύο μελέτες κατέληξαν σε κοινό συμπέρασμα, ότι το SMI είναι αποτελεσματικό στην αναγνώριση ενδοδιαφυγών μετά από EVAR έχοντας σημαντική αξία στην έγκαιρη διάγνωση ενδοδιαφυγών και στον σχεδιασμό θεραπείας. (38,39)

Οι Tomczak et al. αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα της απεικόνισης Angio Planewave Ultra-Sensitive (AngioPL.U.S.) σε 28 ασθενείς, για την ανίχνευση και ταξινόμηση ενδοδιαφυγών, έχοντας το CTA ως gold standard. Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής απεικονιστικοί μέθοδοι:

- έγχρωμο υπερηχογράφημα Doppler, (CDUS)

- υπερηχογράφημα power Doppler (PDU),
- CEUS,
- AngioPL.U.S και
- CTA.

Variable	Imaging modality				
	CDUS	PDU	CEUS	ANGIO PL.U.S. (mono + colour)	CTA
Patients with no endoleak detected	23	23	15	15	14
Patients with endoleak	5	5	13	13	14
Endoleak detected	6	6	16	16	17
I	2	2	3	3	3
•Ia	2	2	3	3	3
•Ib	0	0	0	0	0
II	4	4	12	12	13
•IIa (IMA)	2	2	5	5	5
•IIb (LA)	2	2	7	7	8
III	0	0	1	1	1

CDUS = color Doppler ultrasound; PDU = power Doppler ultrasound; CEUS = contrast-enhanced ultrasound; Angio PL.U.S. = Angio PLanewave UltraSensitive imaging; CTA = computed tomography angiography; IMA = inferior mesenteric artery; LA = lumbar arteries.

Πίνακας 5: Ανίχνευση διαφυγών με 5 διαφορετικές διαγνωστικές μεθόδους

Με βάση τα αποτελέσματα, δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ CTA, CEUS και AngioPL.U.S. όσον αφορά την ικανότητα τους να αναγνωρίζουν ενδοδιαφυγές. Αναλυτικότερα, όσον αφορά την ευαισθησία, την ειδικότητα και την ακρίβεια των απεικονιστικών μεθόδων AngioPL.U.S. και CEUS τα ποσοστά ήταν 93%, 100% και 97% αντίστοιχα. Επομένως, η AngioPL.U.S. μπορεί να θεωρηθεί ως πιθανό εργαλείο για την παρακολούθηση ασθενών μετά από ενδοαγγειακή αποκατάσταση ανευρύσματος, ιδιαίτερα σε ασθενείς που δεν μπορούν να εξεταστούν με CTA ή CEUS. (40)

Portable vs Highend US vs CEUS

Μία αναδρομική μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2016 από τους Zimmermann et al. εξέτασε την αξία ενός φορητού συστήματος υπερήχων (portable) και ενός συστήματος υπερήχων υψηλής τεχνολογίας (highend) για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών μετά το EVAR. Σε αυτήν την μελέτη, 25 ασθενείς υποβλήθηκαν τόσο σε τυπική εξέταση με χρήση portable όσο και σε δεύτερη εξέταση χρησιμοποιώντας σύστημα highend. Η εξέταση περιελάμβανε B-mode και έγχρωμο Doppler για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών. Επιπλέον, η μέγιστη διάμετρος του ανευρύσματος μετρήθηκε σε δύο επίπεδα. Το gold standard σε αυτή την μελέτη θεωρήθηκε το CEUS.

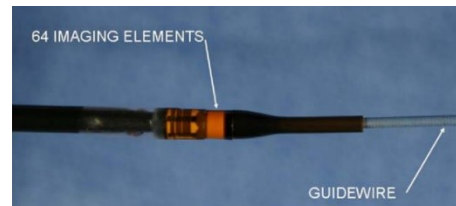
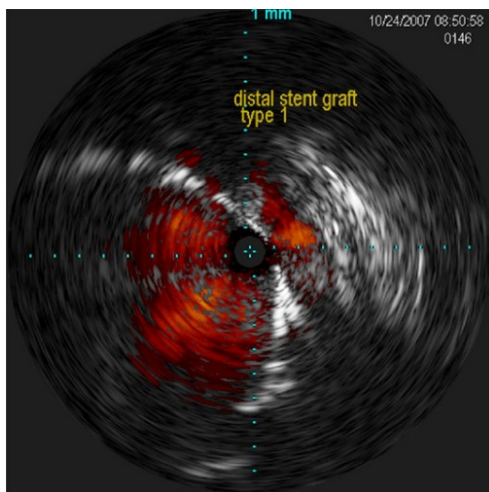
Στα αποτελέσματα της μελέτης δεν φάνηκε το σύστημα υπερήχων highend να έχει κάποιο επιπλέον πλεονέκτημα στη μέτρηση της διαμέτρου του ανευρύσματος σε σχέση με το φορητό σύστημα. Ωστόσο, λόγω της υψηλότερης του ανάλυσης, το σταθερό σύστημα υψηλής τεχνολογίας πρόσφερε τη δυνατότητα να ανιχνευθούν περισσότερες ενδοδιαφυγές σε B mode. Επιπρόσθετα, η παρουσία μικρών ενδοδιαφυγών μπορούσε να ανιχνευθεί μόνο με τη χρήση CEUS σε ένα σύστημα υπερήχων υψηλής τεχνολογίας ενώ για τις ενδοδιαφυγές υψηλής ροής θα μπορούσαν να είναι αξιόπιστα και τα δύο συστήματα.(41)

CDUS & X-ray vs CTA

Το 2011 από τους Harrison et al. εισήχθη ένα τροποποιημένο πρωτόκολλο μετεγχειρητικής παρακολούθησης μετά από EVAR που περιελάμβανε ετήσιο DUS και ακτινογραφία κοιλίας, με το CTA να θεωρείται ως gold standard και να πραγματοποιείται μόνο εάν εντοπιστούν ανωμαλίες ή το DUS ήταν μη διαγνωστικό. Στην μελέτη αυτή ο επανέλεγχος μετά από EVAR με DUS και ακτινογραφία κοιλίας αποδείχθηκε εφικτός και ασφαλής, με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της χρήσης της και την αντίστοιχη μείωση της δόσης ιοντίζουσας ακτινοβολίας την οποία λαμβάνει ο ασθενής.(42)

IVUS (Intravascular Ultrasound)

Το ενδοαγγειακό υπερηχογράφημα (IVUS) παρέχει άμεση και δυναμική απεικόνιση της παθολογίας της αορτής που μπορεί να είναι χρήσιμη και για τη θεραπεία της. Το IVUS έχει αποδειχθεί ότι μειώνει την ανάγκη για απεικόνιση με την χρήση σκιαγραφικού κατά τη διάρκεια της πρωτογενούς EVAR ή των επανεπεμβάσεων. Τα πιθανά οφέλη μπορεί να προκύψουν από την μείωση της χορήγησης ιωδιούχου σκιαγραφικού και της έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία κατά την διεγχειρητική απεικόνιση των ενδοδιαφυγών. Ωστόσο αυτό μένει να αποδειχθεί με περισσότερα δεδομένα. (43)



Εικόνα 23: Εικόνα η οποία έχει παραχθεί από την τεχνική IVUS

Intraoperative CEUS vs Angiography

Η αξιολόγηση της διεγχειρητικής εξέτασης υπερήχων με ενισχυμένη αντίθεση (iCEUS) μελετήθηκε από τους Keschenau et al. το 2019 με σκοπό την διεγχειρητική ανίχνευση ενδοδιαφυγών μετά από EVAR σε σύγκριση με την κλασική αγγειογραφία. Η μελέτη συμπεριέλαβε 21 ασθενείς και κατέληξε στο ότι μια εξέταση iCEUS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα άλλο συμπλήρωμα για τη μείωση της έκθεσης σε σκιαγραφικό και ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του EVAR. Η αντικατάσταση της αγγειογραφίας με εξέταση iCEUS μπορεί να γίνει αντιληπτή για το υπερνεφρικό τμήμα, αλλά και για τις ενδοδιαφυγές τύπου IV ή τύπου V.

Το πρόσθετο κόστος είναι αμελητέο λόγω των πλεονεκτημάτων και του χαμηλότερου συνολικού διαδικαστικού κόστους, ειδικά σε περίπτωση σύνθετης EVAR. Ωστόσο, πρέπει να ληφθούν υπόψη περιορισμοί όπως η εξάρτηση από την εμπειρία του εξεταστή και η δυνητικά μειωμένη ορατότητα σε παχύσαρκους ασθενείς. (44)

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ένα ιδανικό εργαλείο απεικόνισης για παρακολούθηση μετά από EVAR θα πρέπει να πληροί τα ακόλουθα κριτήρια:

- να εντοπίζει αξιόπιστα πιθανές επιπλοκές,
- να μην έχει αρνητικές επιπτώσεις και
- να είναι οικονομικά αποδοτικό.

Παρόλο που η CTA θεωρείται το gold standard στις περισσότερες μελέτες που συμπεριελήφθησαν στην εργασία, οι υπερηχοτομογραφικές τεχνικές αναδεικνύονται από την βιβλιογραφία ιδιαίτερα αξιόπιστες και κλινικά χρήσιμες. Επίσης, το CDUS μπορεί να γίνει το κύριο εργαλείο παρακολούθησης μετά από EVAR ενώ η CTA θα επιλέγεται εκλεκτικά μετά από ειδικές ενδείξεις όπως σε περιπτώσεις μεγέθυνσης του σάκου του ανευρύσματος, ανίχνευσης ενδοδιαφυγής, ανεπαρκούς CDUS ή σε περίπτωση ανεξήγητης κοιλιακής συμπτωματολογίας.

Τα στοιχεία υποδηλώνουν ότι οι υπερηχογραφικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανίχνευση ενδοδιαφυγής μετά από EVAR ή/και της αύξησης της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκκου. Λόγω της χαμηλής ευαισθησίας τους στην απεικόνιση των μεταναστεύσεων και της δομικής ακεραιότητας των προθέσεων δεν μπορεί να υποκαταστήσουν πλήρως, με την υπάρχουσα τεχνολογία, την CTA. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι το CEUS και η MRI είναι ακριβέστερες τεχνικές σε σύγκριση με την CTA στην ανίχνευση των μικρών ενδοδιαφυγών. Ωστόσο κατά την αξιολόγηση της αλλαγής στη διάμετρο του ανευρύσματος μετεγχειρητικά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι μπορεί να υπάρχει διαφορά στις πληροφορίες που λαμβάνονται με το CTA και το υπερηχογράφημα και σε αυτή την περίπτωση είναι ακριβέστερα τα δεδομένα της CTA.

Τέλος η τεχνητή νοημοσύνη (AI- Artificial Intelligence) που χρησιμοποιείται ήδη ευρέως σε διάφορους ιατρικούς τομείς ενδέχεται να επιφέρει αλλαγές και στην μετεγχειρητική παρακολούθηση ασθενών μετά από EVAR. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2020 από τους Ding et al. διερεύνησε τον ρόλο της πρώιμης μετεγχειρητικής ανάλυσης στην εξέλιξη του ανευρύσματος μέσω τριών διαφορετικών υπολογιστικών μεθόδων. Η AI έχει έναν πιθανό ρόλο στο να βοηθήσει τους ιατρούς να κάνουν εξατομικευμένα σχέδια παρακολούθησης των ασθενών τους.(45) Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα αυτό σε συνδυασμό με τις ισχυρές υπολογιστικές δυνατότητες στοχεύουν στη δημιουργία εφαρμογών, οι οποίες μόλις επικυρωθούν κλινικά,

αναμένεται να αλλάξουν ριζικά τον τρόπο που ασκείται σήμερα η ειδικότητα της διαγνωστικής ακτινολογίας.

First Author	Type of paper	Imaging Techniques								
		X-ray	CT CTA	MRI MRA	U/ S	CEUS iCEUS	Angio	CDUS iCDUS	IVUS	SMI
Collins (2007)	Retrospective Review		*			*		*		
Clevert (2008)	Study		*			*		*		
Clevert (2009)	Review		*			*		*		
Pearce (2009)	Opinion								*	
Mirza (2010)	Review		*			*		*		
Clevert (2011)	Retrospective study		*			*		*		
Harrison (2011)	Study	*	*		*					
Perini (2012)	Retrospective study		*			*		*		
Giannoni (2012)	Review		*			*		*		
Bredahl (2013)	Study		*		*					
Bredahl (2013)	Study		*		*					
Gabriel (2015)	Case study		*			*				*
Cantisani (2015)	Review		*							
Guo (2016)	Systematic R		*	*	*					
Zimmermann (2016)	Retrospective study				*	*				
Pfister (2016)	Study				*					
Rübenthaler (2017)	Review		*			*		*		
Lowe (2017)	Study		*			*		*		
Abraha (2017)	Review							*		
Bastos (2017)	Review		*			*		*		
Hallett (2018)	Study		*	*	*	*	*	*		
Chisci (2018)	Retrospective study		*			*		*		
Gabriel (2018)	Retrospective study		*			*		*		*
Rouet (2019)	Study		*			*		*		
Cannavale (2019)	Study			*		*				
Keschenau (2019)	Pilot study					*	*			
Harky (2019)	Review		*			*		*		
Tomczak (2020)	Study		*		*	*				
Smith (2020)	Review		*	*						
Iscan (2020)	Review		*			*		*		
Ding (2020)	Study		*							
Li (2021)	Study					*				
Ghulam (2021)	Study		*			*		*		

Πίνακας 6: Συγκεντρωτικός πίνακας της χρησιμοποιούμενης βιβλιογραφίας

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abu-Zidan FM, Hefny AF, Corr P. Clinical ultrasound physics. *J Emergencies, Trauma Shock* [Internet]. 2011 Oct [cited 2021 Nov 20];4(4):501. Available from: [/pmc/articles/PMC3214508/](#)
2. Hangiandreou NJ. B-mode US: Basic Concepts and New Technology. *Radiographics* [Internet]. 2003 Jul 1 [cited 2021 Nov 20];23(4):1019–33. Available from: <https://pubs.rsna.org/doi/abs/10.1148/rg.234035034>
3. Carovac A, Smajlovic F, Junuzovic D. Application of Ultrasound in Medicine. *Acta Inform Medica* [Internet]. 2011 [cited 2021 Nov 21];19(3):168. Available from: [/pmc/articles/PMC3564184/](#)
4. Pitoulas GA, Donas KP, Schulte S, Aslanidou EA, Papadimitriou DK. Two-dimensional versus three-dimensional CT angiography in analysis of anatomical suitability for stentgraft repair of abdominal aortic aneurysms. 2010;
5. Wanhainen A, Verzini F, Van Herzelee I, Allaire E, Bown M, Cohnert T, et al. European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical Practice Guidelines on the Management of Abdominal Aorto-iliac Artery Aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2018 [cited 2021 Nov 20]; Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.09.020>
6. Evans DH, Jensen JA, Nielsen MB. Ultrasonic colour Doppler imaging. *Interface Focus* [Internet]. 2011 [cited 2021 Nov 20];1(4):490. Available from: [/pmc/articles/PMC3262272/](#)
7. Oglat AA, Matjafri MZ, Suardi N, Oqlat MA, Abdelrahman MA, Oqlat AA. A review of medical doppler ultrasonography of blood flow in general and especially in common carotid artery. *J Med Ultrasound* [Internet]. 2018 Jan 1 [cited 2021 Nov 20];26(1):3. Available from: <http://www.jmuonline.org/article.asp?issn=0929-6441;year=2018;volume=26;issue=1;spage=3;epage=13;aulast=Oglat>
8. Dietrich CF, Averkiou M, Nielsen MB, Barr RG, Burns PN, Calliada F, et al. How to

- perform Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS). *Ultrasound Int Open* [Internet]. 2018 [cited 2021 Nov 20];4(1):E2. Available from: </pmc/articles/PMC5802984/>
9. Tran CT, Wu CY, Bordes S, Lui F. *Anatomy, Abdomen and Pelvis, Abdominal Aorta*. 2021 Jul 31 [cited 2021 Nov 20]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK525964/>
 10. *Abdominal aortic aneurysm - NHS* [Internet]. [cited 2021 Nov 20]. Available from: <https://www.nhs.uk/conditions/abdominal-aortic-aneurysm/>
 11. Biancari F, Catania A, D'Andrea V. *Elective Endovascular vs. Open Repair for Abdominal Aortic Aneurysm in Patients Aged 80 Years and Older: Systematic Review and Meta-Analysis*. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2011 Nov 1 [cited 2021 Nov 20];42(5):571–6. Available from: <http://www.ejves.com/article/S1078588411004424/fulltext>
 12. Moll FL, Powell JT, Fraedrich G, Verzini F, Haulon S, Waltham M, et al. *Management of Abdominal Aortic Aneurysms Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery*. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2021 Nov 20];41(SUPPL. 1):S1–58. Available from: <http://www.ejves.com/article/S1078588410005605/fulltext>
 13. Donas KP, Torsello G, Pitoulias GA, Austermann M, Papadimitriou DK. *Surgical versus endovascular repair by iliac branch device of aneurysms involving the iliac bifurcation*. *J Vasc Surg*. 2011 May 1;53(5):1223–9.
 14. Sharma P, Kyriakides C. *Surveillance of patients post-endovascular aneurysm repair*. *Postgrad Med J*. 2007;83(986):750–3.
 15. Drelich-Zbroja A, Sojka M, Kuczynska M, Swiatlowski L, Kuklik E, Sobstyl J, et al. *Diagnostic imaging in patients after endovascular aortic aneurysm repair with special focus on ultrasound contrast agents*. *Polish Arch Intern Med*. 2019;129(2):80–7.
 16. Kassem TW. *Follow up CT angiography post EVAR: Endoleaks detection, classification and management planning*. 2017 [cited 2022 Jan 15]; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrn.2017.03.025>

17. Min Kim S, Do Ra H, Min S-I, Jun Jae H, Ha J, Min S-K. Annals of Surgical Treatment and Research 95 Clinical significance of type I endoleak on completion angiography. *Ann Surg Treat Res* [Internet]. [cited 2022 Jan 15]; Available from: <http://dx.doi.org/10.4174/astr.2014.86.2.95>
18. Moulakakis KG, Dalainas I, Mylonas S, Giannakopoulos TG, Avgerinos ED, Liapis CD. Conversion to Open Repair After Endografting for Abdominal Aortic Aneurysm: A Review of Causes, Incidence, Results, and Surgical Techniques of Reconstruction. *J Endovasc Ther* [Internet]. 2010 [cited 2022 Jan 15];17:694–702. Available from: www.jevt.org
19. Endoleak - types of endoleaks after endovascular aneurysm repair (EVAR) | Classifications, online calculators, and tables in radiology [Internet]. [cited 2021 Nov 20]. Available from: <http://radclass.mudr.org/content/endoleak-types-endoleaks-after-endovascular-aneurysm-repair-evar>
20. Rand T, Uberoi • R, Cil • B, Munneke • G, Tsetis • D. CIRSE STANDARDS OF PRACTICE GUIDELINES Quality Improvement Guidelines for Imaging Detection and Treatment of Endoleaks following Endovascular Aneurysm Repair (EVAR).
21. Darling RC, Ozsvath K, Chang BB. The incidence, natural history, and outcome of secondary intervention for persistent collateral flow in the excluded abdominal aortic aneurysm. *Journal of Vascular Surgery*, 30(6), 968–976 | 10.1016/s0741-5214(99)70034-0.
22. Eusebi P, Montedori A, Abraha I, MI L, R DF, Cozzolino F, et al. Abraha I, Luchetta ML, De Florio R, Cozzolino F, Casazza G, Duca P, Parente B, Orso M, Germani A, Eusebi P, Montedori A. 2017;
23. Cantisani V, Ricci P, Grazhdani H, Napoli A, Fanelli F, Catalano C, et al. Prospective comparative analysis of colour-doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound, computed tomography and magnetic resonance in detecting endoleak after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2011;41(2):186–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.10.003>
24. Collins JT, Boros MJ, Combs K. Ultrasound Surveillance of Endovascular Aneurysm

- Repair: A Safe Modality versus Computed Tomography. *Ann Vasc Surg* [Internet]. 2007 Nov 1 [cited 2021 Dec 11];21(6):671–5. Available from: <http://www.annalsofvascularsurgery.com/article/S0890509607002804/fulltext>
25. Clevert DA, Helck A, D’Anastasi M, Gürtler V, Sommer WH, Meimarakis G, et al. Improving the follow up after EVAR by using ultrasound image fusion of CEUS and MS-CT. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2011;49(1–4):91–104.
 26. Giannoni M, Citone M, Rossini M, Speziale F, David V. Role of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Follow-up of Endo-Vascular Aortic Aneurysm Repair: an Effective and Safe Surveillance Method. *Curr Pharm Des*. 2012;18(15):2214–22.
 27. Perini P, Sediri I, Midulla M, Delsart P, Gautier C, Haulon S. Contrast-Enhanced ultrasound vs. CT angiography in fenestrated EVAR surveillance: A single-Center comparison. *J Endovasc Ther*. 2012;19(5):648–55.
 28. Lowe C, Abbas A, Rogers S, Smith L, Ghosh J, McCollum C. Three-dimensional contrast-enhanced ultrasound improves endoleak detection and classification after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* [Internet]. 2017;65(5):1453–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2016.10.082>
 29. Frederico BY, Gon B. Post-EVAR Surveillance. :1–3.
 30. Chisci E, Harris L, Guidotti A, Pecchioli A, Pigozzi C, Barbanti E, et al. Endovascular Aortic Repair Follow up Protocol Based on Contrast Enhanced Ultrasound Is Safe and Effective. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2018;56(1):40–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.03.006>
 31. Rouet L, Dufour C, Collet Billon A, Bredahl K. CT and 3D-ultrasound registration for spatial comparison of post-EVAR abdominal aortic aneurysm measurements: A cross-sectional study. *Comput Med Imaging Graph* [Internet]. 2019;73:49–59. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.compmedimag.2019.02.004>
 32. Iscan HZ, Unal EU, Akkaya B, Dağlı M, Karahan M, Civelek I, et al. Color Doppler ultrasound for surveillance following EVAR as the primary tool. *J Card Surg*. 2021;36(1):111–7.

33. Ghulam Q, Bredahl K, Eiberg J, Bal L, van Sambeek MR, Kirksey L, et al. Three-dimensional ultrasound is a reliable alternative in endovascular aortic repair surveillance. *J Vasc Surg* [Internet]. 2021;74(3):979–87. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2021.02.031>
34. Pfister K, Schierling W, Jung EM, Apfelbeck H, Hennesperger C, Kasprzak PM. Standardized 2D ultrasound versus 3D/4D ultrasound and image fusion for measurement of aortic aneurysm diameter in follow-up after EVAR. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2016;62(3):249–60.
35. Bredahl K, Taudorf M, Long A, Lönn L, Rouet L, Ardon R, et al. Three-dimensional ultrasound improves the accuracy of diameter measurement of the residual sac in EVAR patients. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2013;46(5):525–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2013.09.012>
36. Bredahl K, Long A, Taudorf M, Lönn L, Rouet L, Ardon R, et al. Volume estimation of the aortic sac after EVAR using 3-D ultrasound-A novel, accurate and promising technique. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2013;45(5):450–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2012.12.018>
37. Guo Q, Zhao J, Huang B, Yuan D, Yang Y, Zeng G, et al. A Systematic Review of Ultrasound or Magnetic Resonance Imaging Compared with Computed Tomography for Endoleak Detection and Aneurysm Diameter Measurement after Endovascular Aneurysm Repair. *J Endovasc Ther*. 2016;23(6):936–43.
38. Gabriel M, Tomczak J, Snoch-Ziółkiewicz M, Dzieciuchowicz Ł, Strauss E, Oszkinis G. Comparison of superb micro-vascular ultrasound imaging (SMI) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for detection of endoleaks after endovascular aneurysm repair (EVAR). *Am J Case Rep*. 2016;17:43–6.
39. Gabriel M, Tomczak J, Snoch-Ziółkiewicz M, Dzieciuchowicz Ł, Strauss E, Pawlaczyk K, et al. Superb Micro-vascular Imaging (SMI): a Doppler ultrasound technique with potential to identify, classify, and follow up endoleaks in patients after Endovascular Aneurysm Repair (EVAR). *Abdom Radiol*. 2018;43(12):3479–86.
40. Tomczak J, Gabriel M, Snoch-Ziółkiewicz M, Dzieciuchowicz Ł, Strauss E, Pawlaczyk

- K. Angio PLanewave UltraSensitive Imaging (Angio PL.U.S.) as an Innovative Doppler Ultrasound Technique with a Potential to follow up Endoleaks after Endovascular Aneurysm Repair (EVAR). *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(7):1707–14.
41. Zimmermann H, Rübenthaler J, Rjosk-Dendorfer D, Helck A, Reimann R, Reiser M, et al. Comparison of portable ultrasound system and high end ultrasound system in detection of endoleaks. *Clin Hemorheol Microcirc*. 2016;63(2):99–111.
 42. Harrison GJ, Oshin OA, Vallabhaneni SR, Brennan JA, Fisher RK, McWilliams RG. Surveillance after EVAR based on duplex ultrasound and abdominal radiography. *Eur J Vasc Endovasc Surg* [Internet]. 2011;42(2):187–92. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2011.03.027>
 43. Pearce BJ, Jordan WD. Using IVUS during EVAR and TEVAR: Improving Patient Outcomes. *Semin Vasc Surg* [Internet]. 2009;22(3):172–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2009.07.009>
 44. Keschenau PR, Alkassam H, Kotelis D, Jacobs MJ, Kalder J. Intraoperative contrast-enhanced ultrasound examination for endoleak detection after complex and infrarenal endovascular aortic repair. *J Vasc Surg* [Internet]. 2020;71(4):1200–6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2019.07.060>
 45. Ding N, Hao Y, Wang Z, Xuan X, Kong L, Xue H, et al. CT texture analysis predicts abdominal aortic aneurysm post-endovascular aortic aneurysm repair progression. *Sci Rep* [Internet]. 2020;10(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69226-1>