



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
**ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΙΑ
ΤΗΝ ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ**



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΚΙΑΓΡΑΦΙΚΟΥ ΜΕΣΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΓΝΩΣΗ
ΕΝΔΟΔΙΑΦΥΓΗΣ ΤΥΠΟΥ II ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΕΝΔΟΑΥΛΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΑΝΕΥΡΥΣΜΑΤΟΣ ΚΟΙΛΙΑΚΗΣ ΑΟΡΤΗΣ»**

Υπό

ΜΠΑΛΕΣΝΤΡΑΒΟΥ ΧΡΗΣΤΟΥ

Ειδικευόμενου Ακτινολογίας

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, 2024

Επιβλέπων:

Αθανάσιος Γιαννούκας, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Αθανάσιος Γιαννούκας, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
2. Κωνσταντίνος Μουλακάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Πάτρας
3. Κωνσταντίνος Σπανός, Αγγειοχειρουργός ΠΓΝ Λάρισας, Ακαδημαϊκός Υπότροφος, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

Contrast enhanced ultrasound for the diagnosis of Type II Endoleak after endovascular aneurysm repair of abdominal aorta.

Περιεχόμενα

1. Περίληψη.....	5
Λέξεις- Κλειδιά:	5
2. Abstract	6
Key words.....	6
3. Εισαγωγή.....	7
3.1 Ορισμός	7
3.2 Παθοφυσιολογία.....	7
3.3 Επιδημιολογία.....	8
3.4 Προσυμπτωματικός Έλεγχος-Παράγοντες κινδύνου.....	8
3.5 Αντιμετώπιση.....	9
3.5.1 Ενδοαυλική αποκατάσταση(Endovascular Aortic Repair)	9
3.6 Μετεγχειρητικές επιπλοκές	10
3.6.1 Ενδοαυλική αντιμετώπιση (EVAR)	10
3.7 Μετεγχειρητική Παρακολούθηση	12
3.7.1 Κλασσική Αγγειογραφία (Digital Subtraction Angiography)	12
3.7.2 Κλασσική Ακτινογραφία (X-ray)	13
3.7.3 Αξονική Τομογραφία (Computed Tomography)	13
3.7.4 Υπερηχοτομογραφία (Ultrasound Imaging)	14
3.7.5 Superb Microvascular Imaging (SMI)	16
3.7.6 Μαγνητική τομογραφία (MR)	17
4. Σκοπός.....	19
5. Μεθοδολογία.....	19
6. Αποτελέσματα	20
7. Συζήτηση	24
8. Συμπερασματα.....	25
9. Βιβλιογραφία.....	26

1.Περίληψη

Εισαγωγή: Η ενδοαγγειακή αποκατάσταση ανευρύσματος (EVAR) κοιλιακής αορτής είναι μια ελάχιστη επεμβατική τεχνική, η οποία προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα αλλά χρειάζεται συχνούς επανελέγχους μετά την τοποθέτηση του stent για πιθανές επιπλοκές, όπως η ενδοδιαφυγή τύπου II, η οποία είναι και η συχνότερη, στην οποία παρατηρείται ροή αίματος εντός του ανευρυσματικού σάκου από μικρούς κλάδους της αορτής. Η εξέταση εκλογής για την παρακολούθηση μετά από EVAR είναι η αξονική αγγειογραφία, ενώ φαίνεται να έχουν θέση στη διάγνωση αυτή και νέες τεχνικές, όπως το υπερηχογράφημα με χρήση σκιαγραφικής ουσίας και η εφαρμογή του Microvascular imaging.

Σκοπός: Η εργασία αυτή, τύπου βιβλιογραφικής ανασκόπησης, πραγματοποιείται με σκοπό να αναδείξει τον ρόλο σύγχρονων τεχνικών απεικόνισης, όπως το υπερηχογράφημα με χρήση σκιαγραφικού μέσου, καθώς και νέες εφαρμογές που διαθέτουν οι σύγχρονοι υπερηχοτομογράφοι, όπως το Superb Microvascular Imaging, για την αναγνώριση και διάγνωση της ενδοδιαφυγής τύπου II, μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση ανευρύσματος κοιλιακής αορτής.

Μεθοδολογία: Έγινε αναζήτηση με συγκεκριμένες λέξεις-κλειδιά σε πλατφόρμες αναζήτησης ιατρικών βάσεων δεδομένων, όπως το Pubmed-medline και επιλέχθηκαν συγκεκριμένες μελέτες με βάση τα κριτήρια εισαγωγής, τα οποία είναι οι ασθενείς μετά το EVAR να έχουν παρακολουθηθεί με τόσο με CTA όσο και CEUS ή microvascular imaging για τον έλεγχο ενδοδιαφυγής τύπου II.

Συμπέρασμα: Η μέθοδος CEUS είναι μια αρκετά ασφαλής και εύκολα εφαρμόσιμη απεικονιστική μέθοδος, με ελάχιστες μη σημαντικές παρενέργειες, που μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές για την συχνή παρακολούθηση των ασθενών που έχουν υποβληθεί σε EVAR και μπορεί με ευαισθησία και ειδικότητα ισάξια της αξονικής τομογραφίας να διαγνώσει τις ενδοδιαφυγές και ιδιαίτερα τις τύπου II. Υπάρχουν βέβαια ορισμένοι περιορισμοί που σχετίζονται με την υποκειμενικότητα της εξέτασης και την εμπειρία του εξεταστή αλλά και τα χαρακτηριστικά του ασθενούς. Επομένως η εξέταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στην μετεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών με EVAR, όχι όμως να αντικαταστήσει πλήρως την αξονική τομογραφία.

Λέξεις-κλειδιά: Ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής, Υπερηχογράφημα με χρήση σκιαγραφικής ουσίας, Μικροαγγειακή απεικόνιση, Ενδοαγγειακή αποκατάσταση ανευρύσματος, Ενδοδιαφυγή τύπου II

2. Abstract

Introduction: Endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR) is a minimally invasive technique that offers many advantages but requires frequent follow up after stent placement for potential complications, such as type II endoleak, which is the most common, in which flow of blood is observed into the aneurysmal sac, from small branches of the aorta. The exam of choice for the follow-up after EVAR is computed tomography angiography, while new techniques such as contrast-enhanced ultrasound and the application of microvascular imaging seem to have a place in the diagnosis.

Aim: This bibliographic review, is carried out with the aim of highlighting the role of modern imaging techniques, such as contrast enhanced ultrasound, as well as new applications that modern ultrasound scanners have, such as Superb Microvascular Imaging, for identification and diagnosis of type II endoleak after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm.

Methodology: Medical database search platforms such as Pubmed-medicine were searched with specific keywords and specific studies were selected based on the inclusion criteria that post-EVAR patients were followed with both CTA and CEUS or microvascular imaging for type II endoleak .

Conclusion: The CEUS method is a fairly safe and easily applicable imaging method, with minimal non-significant side effects, which can be repeated several times for the frequent follow-up of patients who have undergone EVAR, and can diagnose endoleaks, with sensitivity and specificity equal to CT scan and especially type II. There are though, some limitations related to the subjectivity of the examination and the experience of the examiner as well as the characteristics of the patient. Therefore, the test can be safely used in the postoperative follow-up of patients with EVAR, but not completely replace computed tomography.

Keywords: Abdominal aorta aneurysm, Contrast enhanced ultrasound, Micro-vascular imaging, Endovascular aneurysm repair, Endoleak type II.

3. Εισαγωγή

1. Ορισμός-Ταξινόμηση

Το ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής ορίζεται ως η διάταση της κοιλιακής αορτής πέραν των 3 εκατοστών ή μεγαλύτερη από 50% σε σύγκριση με το γειτονικό, φυσιολογικού εύρους αγγείο, πιο συχνά με ατρακτοειδή διαμόρφωση.

Με βάση την εντόπιση το ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής ταξινομείται σε 4 τύπους, το υπερνεφρικό, που περιλαμβάνει την έκφυση τουλάχιστον ενός σπλαχνικού κλάδου, χωρίς να επεκτείνεται στη θωρακική μοίρα, το παρανεφρικό, με τις νεφρικές αρτηρίες να εκφύονται από τον ανευρυσματικό σάκο, το πέριξ των νεφρικών αρτηριών(juxtarenal) όπου η ανευρυσματική διάταση βρίσκεται ακριβώς κάτωθεν της έκφυσης των νεφρικών αρτηριών και το υπονεφρικό στο οποίο το ανεύρυσμα εντοπίζεται περιφερικότερα των νεφρικών αρτηριών. Η εντόπιση των ανευρυσμάτων της κοιλιακής αορτής είναι κυρίως υπονεφρική, λόγω της ελάττωσης της ελαστίνης στο τοίχωμα της αορτής στην περιοχή.

2. Παθοφυσιολογία

Οφείλεται σε φλεγμονώδεις διεργασίες σε κυτταρικό επίπεδο που οδηγούν σε διάσπαση της ελαστίνης του μέσου χιτώνα από μεταλλοπρωτεΐνάσες, την εναπόθεση μη ώριμου κολλαγόνου και την αύξηση των λείων μυϊκών κυττάρων. Επίσης παρατηρείται διήθηση του έξω χιτώνα από μονοκύτταρα και μακροφάγα. Όλα τα παραπάνω συντελούν στην ελάττωση της ελαστικότητας και της ανθεκτικότητας του αγγείου, με αποτέλεσμα τη διάταση του αυλού του. Η διαδικασία αυτή είναι δυναμική και συνεχίζεται το remodeling του αγγείου μετά τον σχηματισμό του ανευρύσματος με βάση και τις αιμοδυναμικές διαταραχές που προκύπτουν από τον στροβιλισμό του αίματος εντός του ανευρυσματικού αυλού και την αύξηση της διατμητικής τάσης του τοιχώματος, Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την περαιτέρω και συντομότερη διόγκωση του ανευρύσματος μετά τον σχηματισμό του.

3. Επιδημιολογία.

Είναι μια νόσος της οποίας η επίπτωση αυξάνει με την ηλικία και πιο συγκεκριμένα συχνότερα μετά τα 50 έτη, με εκτιμώμενη επίπτωση 12,5 % σε άνδρες και 5,2 % σε γυναίκες, ηλικίας 74 έως 84 ετών. Έχει σημαντική θνητότητα και υπολογίζεται να ευθύνεται για 11000 θανάτους ανά έτος στις ηνωμένες πολιτείες και ποσοστά θνητότητας μετά την ρήξη περίπου 90%.

4. Προσυμπτωματικός έλεγχος-Παράγοντες κινδύνου.

Το ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής είναι μια συχνή πάθηση που συχνά υποδιαγιγνώσκεται ή αναγνωρίζεται ως τυχαίο εύρημα σε απεικονίσεις με άλλες ενδείξεις, είναι δηλαδή συνήθως ασυμπτωματική(στο 75%), ενώ μπορεί να διαγνωστεί απευθείας και να γίνει συμπτωματική μετά την ρήξη, όπου ακόμα και μετά την επείγουσα χειρουργική αντιμετώπιση, η θνητότητα παραμένει υψηλή. Αυτός είναι και ο λόγος που συνιστάται ο προσυμπτωματικός έλεγχος με υπερηχοτομογραφία σε άτομα που έχουν παράγοντες κινδύνου για ανάπτυξη ανευρύσματος κοιλιακής αορτής, οι οποίοι είναι το ανδρικό φύλο, η ηλικία άνω των 65 ετών και το ιστορικό καπνίσματος(Grade B - USPSTF Criteria 2019). Έτσι αναφέρεται από πολυκεντρική μελέτη (MASS) ότι ο θάνατος σχετιζόμενος με τη νόσο μειώνεται έως και 53%.

Άλλοι παράγοντες κινδύνου είναι η καυκάσια φυλή, το οικογενειακό ιστορικό, η υπέρταση, η δυσλιπιδαιμία, η ΧΑΠ και η παχυσαρκία.

5. Αντιμετώπιση

Η αντιμετώπιση του ανευρύσματος κοιλιακής αορτής, μετά την διάγνωση είναι ανάλογη της διαμέτρου του ανευρύσματος και την παρουσία ή όχι συμπτωματολογίας. Έτσι σε ένα σταθερό ανεύρυσμα που ανευρέθηκε σε τυχαίο έλεγχο με διάμετρο μικρότερη των 5,5 εκατοστών, συνιστάται παρακολούθηση κάθε 3 έτη με διάμετρο 3-3,9 εκατοστά, κάθε 12 μήνες με διάμετρο 4-4,9 εκατοστά και κάθε 3-6 μήνες με διάμετρο >5 εκατοστά(ESVS guidelines 2019) καθώς και τροποποίηση των παραγόντων κινδύνου(ρύθμιση υπέρτασης και υπερχοληστερολαιμίας, διακοπή καπνίσματος, αντιαιμοπεταλιακή αγωγή). Αναφέρεται ότι όταν η διάμετρος του ανευρύσματος ξεπερνάει τα 5,5 εκατοστά στους άνδρες και τα 5 εκατοστά στις γυναίκες(ESVS guidelines 2019), τότε ο κίνδυνος ρήξης αυξάνεται και συνιστάται η εκλεκτική αντιμετώπιση χειρουργικά ή επεμβατικά, με τα οφέλη της να ξεπερνούν τον κίνδυνο λόγω ρήξης. Και στις δυο περιπτώσεις προηγείται προεγχειρητικός έλεγχος με CTA για σχεδιασμό της αντιμετώπισης.

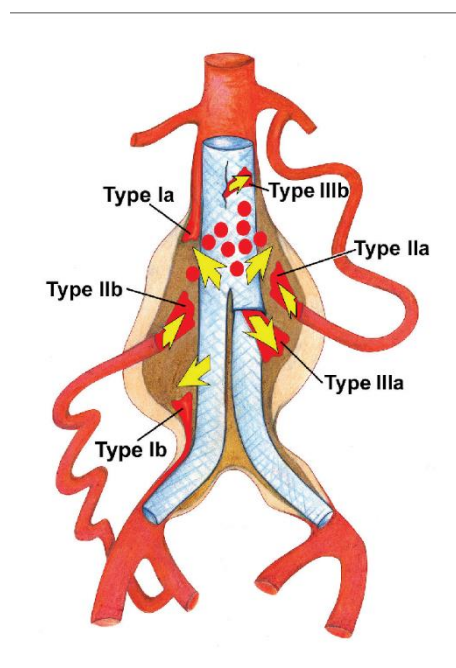
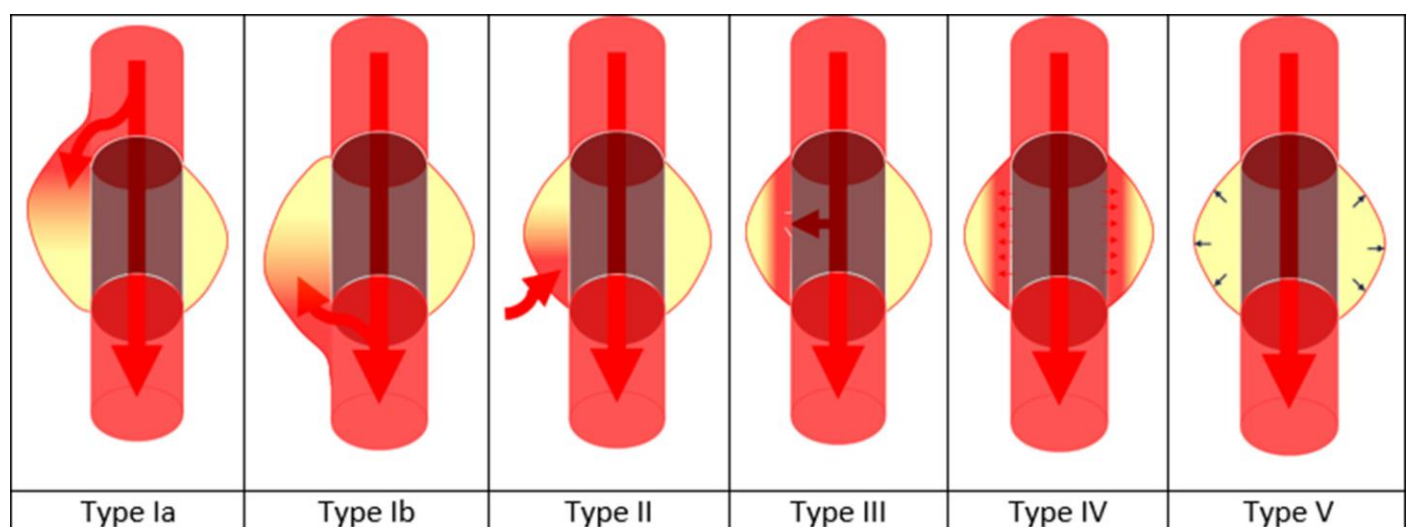
5.1 Ενδοαυλική αποκατάσταση(Endovascular Aortic Repair)

Η τεχνική αυτή φαίνεται πλέον να είναι η επέμβαση πρώτης γραμμής, λόγω της ελαττωμένης περιεγχειρητικής θνητότητας, της ελαττωμένη νοσηρότητας και της βραχύτερης νοσηλείας. Έχει πλέον ευρεία εφαρμογή στην αντιμετώπιση του ανευρύσματος της κοιλιακής αορτής και υπολογίζεται ότι περίπου το 70% των περιπτώσεων αντιμετωπίζεται ενδοαυλικά. Πραγματοποιείται σε συγκεκριμένους ασθενείς, που έχουν τις αντίστοιχες ενδείξεις και αντένδειξη για ανοιχτή αντιμετώπιση. Με αυτή την τεχνική, στην ουσία απομονώνεται το ανεύρυσμα από τη συστηματική κυκλοφορία, με τοποθέτηση ενός stent εντός του αυλού της ανευρυσματικής αορτής, χωρίς να προκληθεί βλάβη στο τοίχωμα της, με αποτέλεσμα να σταματά η περαιτέρω αύξηση της διαμέτρου και να μειώνεται ο κίνδυνος ρήξης. Η προσπέλαση γίνεται συνήθως διαμέσου της μηριαίας αρτηρίας διαδερμικά, με ή χωρίς υπερηχογραφική καθοδήγηση. Επομένως είναι απαραίτητο να γίνει σωστή στερέωση του stent και να σφραγίσει το ανεύρυσμα για να το απομονώσει από την κυκλοφορία, κάτι που επιτυγχάνεται με χρήση stent με εύρος μεγαλύτερο του αγγείου κατά 10-25% και την καλή προεγχειρητική σχεδίαση και εξατομικευμένη χρήση stent ανάλογα με την μορφολογία του ανευρύσματος.

6. Μετεγχειρητικές επιπλοκές

6.1 Ενδοαυλική αντιμετώπιση (EVAR)

Οι πιο συχνές επιπλοκές μετά από ενδοαυλική αντιμετώπιση είναι οι ενδοδιαφυγές στα 5 έτη, οι οποίες χαρακτηρίζονται από παρουσία ροής εντός του σάκου του ανευρύσματος και επιτρέπουν την επικοινωνία του σάκου με την συστηματική κυκλοφορία, υψηλές πιέσεις που μπορεί να οδηγήσουν σε περαιτέρω διάταση και ρήξη αυτού. Διακρίνονται σε πρωτοπαθή(διάγνωση αμέσως μετά την επέμβαση-early onset) και δευτεροπαθή(διάγνωση σε έλεγχο παρακολούθησης-late onset) με βάση τον χρόνο εμφάνισης. Έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα ταξινόμησης των ενδοδιαφυγών σε πέντε κατηγορίες, με βάση την πηγή της αιματικής ροής.



Τύπου I: Διαρροή αίματος που προέρχεται από τα εγγύς(IA) και περιφερικά τμήματα(IB,IC) του stent στα οποία αυτό προσφύεται στο αγγείο. Σε κάθε περίπτωση υπάρχει ένα χάσμα μεταξύ του stent και του τοιχώματος της αορτής που δημιουργεί μια άμεση επικοινωνία ανάμεσα στον ανευρυσματικό σάκο και την συστηματική αρτηριακή κυκλοφορία. Τέτοιου τύπου ενδοδιαφυγή συμβαίνει συχνότερα σε ασθενείς με σύμπλοκη αρτηριακή ανατομία, δηλαδή αορτή με γωνίωση, έλκη και με θρόμβο στον αυχένα του ανευρύσματος και αποτελούν πραγματική δοκιμασία στην περίπτωση ενδοαυλικής αποκατάστασης. Αυξάνει τον κίνδυνο ρήξης και χρήζει επανεπέμβασης και αντιμετώπισης.

Τύπου II: Αντιπροσωπεύει την παλίνδρομη ροή αίματος από παράπλευρο αρτηριακό δίκτυο εντός του ανευρυσματικού σάκου από κλάδους όπως η κάτω μεσεντέρια αρτηρία(IIA) και οσφυϊκές αρτηρίες(IIB) οι οποίοι εκφύονται από το τοίχωμα της κοιλιακής αορτής σε τμήματα που δεν έχει τοποθετηθεί stent. Με αυτό τον τρόπο εγκαθίσταται, όπως και στην τύπου I ενδοδιαφυγή, επικοινωνία της συστηματικής κυκλοφορίας με τον ανευρυσματικό σάκο. Εμφανίζεται με σημαντικό ποσοστό, δηλαδή περίπου 20-40% στα 5 έτη και αποτελεί την συχνότερη επιπλοκή μετά από EVAR. Ο κίνδυνος ανάπτυξης ενδοδιαφυγής τύπου II εξαρτάται από τον αριθμό των επικοινωνούντων κλάδων με τον σάκο και την παρουσία θρόμβου εντός αυτού. Στις περισσότερες περιπτώσεις υφίσταται αυτόματα ενώ μπορεί να προκαλέσει διάταση του σάκου και σπάνια και ρήξη. Δεν χρήζει άμεσης αντιμετώπισης παρα μόνο σε σημαντική αύξηση του ανευρυσματικού σάκου.

Τύπου III: Αντιστοιχεί στην δομική βλάβη του stent και περιλαμβάνει κατάγματα, οπές, σχισμές(IIIB) και αποσύνδεση των τμημάτων στις ενώσεις(IIIA). Προκαλούνται από επαναλαμβανόμενα stress του stent από τις σφυγμικές κινήσεις της αορτής. Επίσης όσο ο ανευρυσματικός μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση συρρικνώνεται, ασκούνται επιπλέον δυνάμεις στο stent που οδηγούν τελικά σε βλάβη του. Παρότι αυτού του τύπου η ενδοδιαφυγή δεν είναι συχνή, αυξάνει τον κίνδυνο ρήξης και χρήζει επανεπέμβασης και αντιμετώπισης.

Τύπου IV: Οι ενδοδιαφυγές αυτού του τύπου προκαλούνται συνήθως από την διαρροή αίματος εντός του σάκου λόγω διαπερατότητας του τοιχώματος του stent. Εμφανίζονται συνήθως σε αγγειογραφικό έλεγχο αμέσως μετά την τοποθέτηση του stent σαν “blush” όταν οι ασθενείς παίρνουν αντιπηκτική αγωγή. Τέτοιου τύπου ενδοδιαφυγές δεν αυξάνουν τον κίνδυνο ρήξης και χρειάζονται απλά διόρθωση του πηκτικού προφίλ του ασθενούς. Η διάγνωση της ενδοδιαφυγής τύπου IV πρέπει να γίνεται εξ’ αποκλεισμού, διότι οι λοιπές ενδοδιαφυγές μπορούν να τη μιμηθούν στην αγγειογραφία μετά την τοποθέτηση του stent.

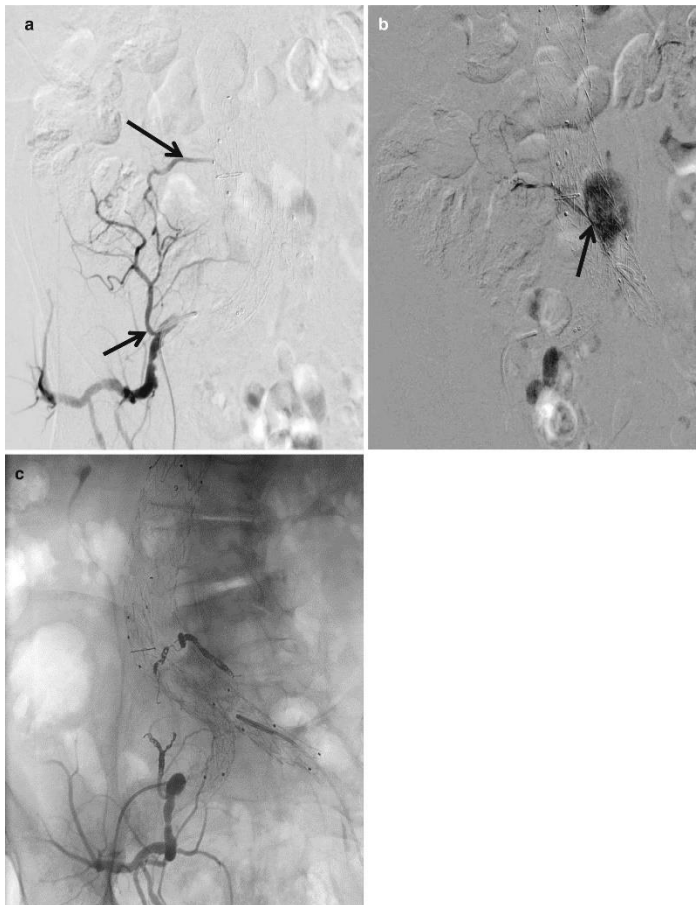
Τύπου V: Αφορά την αύξηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου, χωρίς εμφανή αιτία ενδοδιαφυγής που πολύ συχνά αναφέρεται ως “Endotension”. Παρότι η ακριβής αιτία της δεν είναι γνωστή, μπορεί να αποδίδεται σε λανθάνουσες ενδοδιαφυγές τύπου I, II και III, οι οποίες δεν είναι εμφανώς ορατές με τις απεικονιστικές τεχνικές, είτε σε υπερδιήθηση του αίματος διαμέσου του μοσχεύματος. Δεν χρήζει άμεσης αντιμετώπισης παρα μόνο σε σημαντική αύξηση του ανευρυσματικού σάκου.

Επίσης παρατηρούνται και άλλες επιπλοκές όπως η ισχαιμία σκέλους, η μετανάστευση του stent, η λοίμωξη του stent και η ρήξη της αορτής.

7 Μετεγχειρητική Παρακολούθηση μετά από EVAR

7.1 Κλασσική Αγγειογραφία (Digital Subtraction Angiography)

Ιστορικά, χρησιμοποιούνταν ευρέως η κλασσική αγγειογραφία για την διάγνωση των ενδοδιαφυγών και την εκτίμηση ορθόδρομης ή παλίνδρομης ροής εντός του σάκου. Πλέον χρησιμοποιείται μόνο για την εκτίμηση της επιτυχούς αντιμετώπισης ενδοδιαφυγής αμέσως μετά την εφαρμογή της ενώ έχουν πάρει τη θέση της κυρίως μη επεμβατικές τεχνικές για την μετεγχειρητική παρακολούθηση.

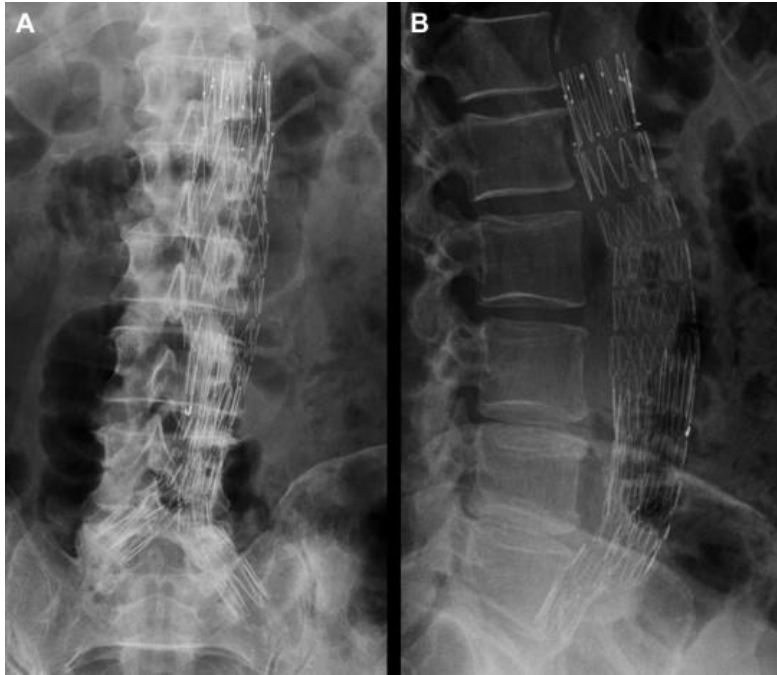


Stevo Duvnjak Endovascular Abdominal Aortic Repair- Endoleak Treatment

Σε αυτές τις εικόνες βλέπουμε μια ενδοδιαφυγή Τύπου II σε μία εξέταση DSA, όπου φαίνεται με βέλος αρχικά η οσφυϊκή αρτηρία που εκφύεται από την έσω λαγόνια αρτηρία και στην συνέχεια ο καθετηριασμός της και ο εμβολισμός της.

7.2 Κλασσική Ακτινογραφία (X-ray)

Η παρακολούθηση της δομής του stent με απλές ακτινογραφίες σε προσθιοπίσθια και λοξή λήψη είναι σημαντικό κομμάτι της μετεγχειρητικής παρακολούθησης, διότι μπορεί να απεικονιστούν μηχανικές βλάβες, όπως ελίκωση, διάταση, κάταγμα ή αποσύνδεση τμημάτων του stent. Παρόλα αυτά η ενδοδιαφυγή δεν μπορεί να απεικονιστεί με αυτή τη μέθοδο.



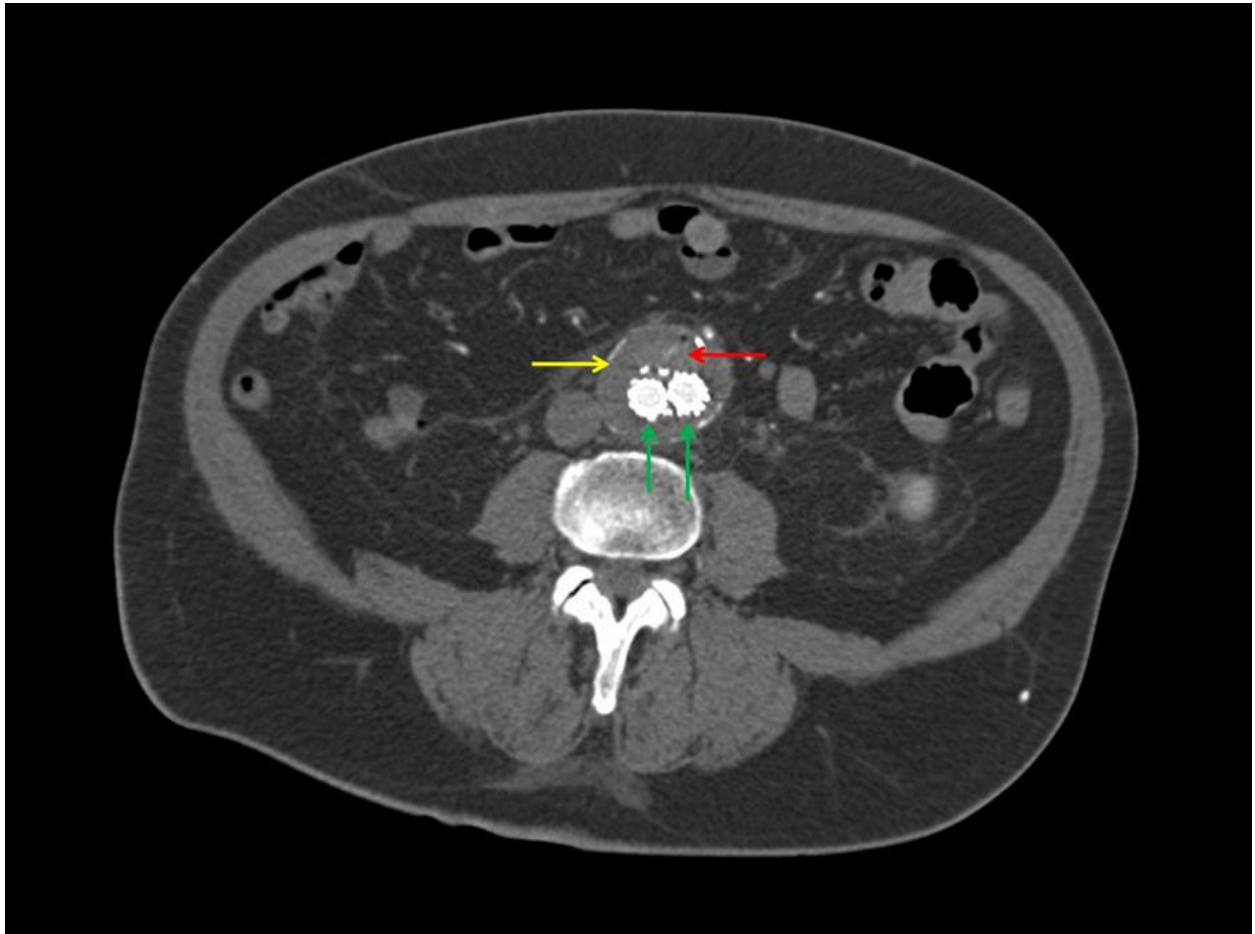
Avnesh S. Thakor, James Tanner, Shao J. Ong, Ynyr Hughes-Roberts, Shahzad Ilyas, Claire Cousins, Teik C. See, Darren Klass, Andrew P. Winterbottom, Radiological Evaluation of Abdominal Endovascular Aortic Aneurysm Repair
Σε αυτή την εικόνα βλέπουμε απλές ακτινογραφίες σε δύο επίπεδα για την εκτίμηση της ακεραιότητας του μοσχεύματος μετά από Evar.

7.3 Αξονική Τομογραφία (Computed Tomography)

Αποτελεί την μέθοδο εκλογής για την διάγνωση και παρακολούθηση των μετεγχειρητικών επιπλοκών μετά από ενδοαυλική αντιμετώπιση (EVAR) και πραγματοποιείται πριν και μετά την χρήση ενδοφλέβιου ιωδιούχου σκιαγραφικού (Αγγειογραφία) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την αξιολόγηση της ακεραιότητας του stent όσο και για την ανίχνευση ροής πέριξ του μοσχεύματος και εντός του ανευρυσματικού σάκου. Πιο συγκεκριμένα ενδοδιαφυγή τύπου I και III παρατηρούνται στην αρτηριακή φάση με ροή στο εγγύς ή άπω τμήμα του μοσχεύματος, στις ενώσεις τμημάτων ή από βλάβες στο τοίχωμα του και η ενδοδιαφυγή τύπου II παρατηρείται στην καθυστερημένη φάση.

Υπάρχουν όμως συγκεκριμένοι περιορισμοί της αξονικής τομογραφίας, όπως η αδυναμία προσδιορισμού της κατεύθυνσης ροής. Έτσι η σκιαγράφιση της οσφυϊκής αρτηρίας σε επαφή με τον αυλό του ανευρυσματικού σάκου δεν μπορεί να αποσαφηνιστεί αν πρόκειται για τύπου II με παλίνδρομη ροή ή τύπου I με ορθόδρομη ροή, γιατί δεν είναι δυναμική. Άλλος περιορισμός είναι η ανάγκη χρήσης ιωδιούχου σκιαγραφικού (80-120 ml) η οποία έχει αντένδειξη σε επηρεασμένη νεφρική λειτουργία, η οποία εμφανίζεται συχνά μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση με EVAR, λόγω της νεφροτοξικότητας του σκιαγραφικού. Σε αυτές τις περιπτώσεις είναι απαραίτητη η χρήση

ελαττωμένης ποσότητας σκιαγραφικού ή εναλλακτικής μεθόδου διάγνωσης και παρακολούθησης. Ο τελευταίος περιορισμός της μεθόδου είναι η έκθεση σε ακτινοβολία, όπου με βάση τα πρωτόκολλα προεγχειρητικής διάγνωσης και μετεγχειρητικής παρακολούθησης των ασθενών αμέσως μετά από την τοποθέτηση EVAR και τον 1^ο, 3^ο, 6^ο 12^ο μήνα και μετά ετησίως, οι ασθενείς υπόκεινται σε έκθεση σε μη αμελητέα ποσά ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα την αύξηση του κινδύνου καρκινογένεσης σχετιζόμενου με την ακτινοβολία. Ο τρόπος ελάττωσης της ακτινοβολίας είναι η παράλειψη κάποιων εκ των φάσεων της αγγειογραφίας στον τακτικό επανέλεγχο καθώς και η χρήση αλγορίθμων ανακατασκευής της αξονικής τομογραφίας που μειώνουν σημαντική τη δόση της ακτινοβολίας.



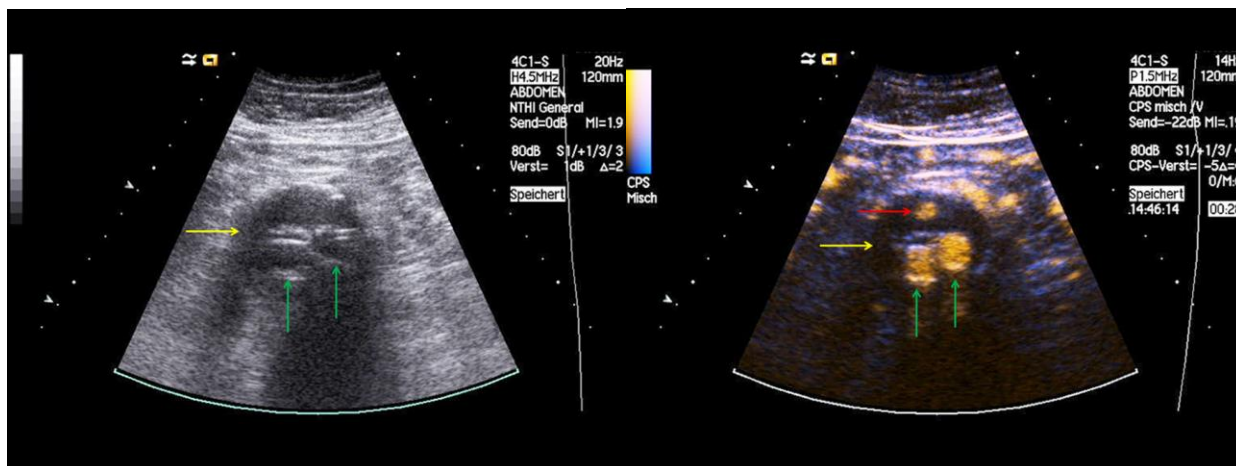
Gurtler et al, A comparison between contrast-enhanced ultrasound imaging and multislice computed tomography in detecting and classifying endoleaks, in the follow up after endovascular aneurysm repair, B-mode and CEUS imaging.

Στην παραπάνω εικόνα βλέπουμε μια αξονική αγγειογραφία (CTA) όπου φαίνεται ο ανευρυσματικός σάκος, το μόσχευμα και με κόκκινο βέλος η ενδοδιαφυγή τύπου II.

7.4 Υπερηχοτομογραφία (Ultrasound Imaging), με(CEUS) ή χωρίς σκιαγραφικό.

Η κλασσική υπερηχοτομογραφία και η Doppler υπερηχοτομογραφία χρησιμοποιούνται πλέον ευρέως ως εξέταση εκλογής για την διάγνωση και παρακολούθηση μικρών ανευρυσμάτων κοιλιακής αορτής (ESVS 2019-grade I B). Επίσης είναι χρήσιμα και στην επείγουσα και άμεση διάγνωση ενός ανευρύσματος κοιλιακής αορτής σε τμήματα επειγόντων. Έχουν όμως θέση και στην μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από EVAR καθώς αρκετές μελέτες υποστηρίζουν την χρήση πρωτοκόλλου

παρακολούθησης μόνο με υπερηχοτομογραφία και τον περαιτέρω έλεγχο με CT αγγειογραφία σε περιπτώσεις διάτασης του σάκου ή υποψίας ενδοδιαφυγής. Τα πλεονεκτήματα της υπερηχοτομογραφίας είναι ο πολύ μικρός χρόνος που χρειάζεται για την αναπαραγωγή της εικόνας (high temporal resolution) και η δυνατότητα δυναμικής παρακολούθησης αιμοδυναμικών διαταραχών, με την παρακολούθηση της ροής μέσω Doppler US. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα της επαναληψιμότητας της εξέτασης, η απουσία ιονίζουσας ακτινοβολίας και το χαμηλότερο κόστος συγκριτικά με τις λοιπές μεθόδους. Εμφανίζει όμως και συγκεκριμένους περιορισμούς, όπως το γεγονός ότι είναι μια υποκειμενική εξέταση και εξαρτάται από τον χειριστή του υπερήχου, την εμπειρία με το αντικείμενο και τις γνώσεις, για ένα καλό αποτέλεσμα καθώς και περιορισμούς άλλης φύσης όπως την ανάγκη καλής συνεργασίας του ασθενούς, την σωματοδομή του και την παρουσία αεροπλήθειας που δυσχεραίνει την εκτίμηση του ανευρύσματος κοιλιακής αορτής. Επίσης παρότι είναι δυνατή η απεικόνιση της ροής με τη χρήση Doppler δεν είναι δυνατός πάντα ο προσδιορισμός της κατεύθυνσης της ροής, ειδικά σε μικρά αγγεία με χαμηλές ροές, όπως σε περιπτώσεις ενδοδιαφυγής τύπου II, όπου μπορεί να υπάρχει ροή εντός του σάκου διαμέσου της κάτω μεσεντερίου αρτηρίας ή της οσφυϊκής αρτηρίας ή σε ενδοδιαφυγές τύπου I και III. Κάποιοι από τους περιορισμούς της κλασσικής υπερηχοτομογραφίας μπορούν να καλυφθούν από την χρήση ενδοφλέβιου σκιαγραφικού, όπως στην αξονική και μαγνητική τομογραφία, το οποίο βοηθά στην ανίχνευση διαφόρων προτύπων ροής με τον υπέρηχο, την δυναμική παρακολούθηση αγγειακής ροής και ενδοδιαφυγών και την καλύτερη διάγνωση των μετεγχειρητικών επιπλοκών μετά από EVAR. Το σκιαγραφικό που χρησιμοποιείται με αυτή τη μέθοδο (Contrast Enhanced Ultrasound - CEUS) στην ουσία αποτελείται από μικροφουσαλίδες οι οποίες προστατεύονται από ένα κέλυφος ή κάψα και οι οποίες ανακλούν τα κύματα του ήχου όταν βρίσκονται ενδοαγγειακά και γίνεται υπερηχογραφική παρακολούθηση, με αποτέλεσμα να μπορούμε να απεικονίσουμε την ροή εντός ενός αγγείου καθώς και την κατεύθυνση αυτής και επομένως και ενδοδιαφυγές. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ασθενείς με έκπτωση της νεφρικής λειτουργίας, καθώς δεν είναι νεφροτοξικό και έχει πολύ ασφαλές προφίλ όσον αφορά τις παρενέργειες. Έτσι είναι σαφές ότι η μέθοδος CEUS μπορεί να χρησιμοποιηθεί πολλαπλές φορές, όπως είναι απαραίτητο λόγω της τακτικής μετεγχειρητικής παρακολούθησης μετά από EVAR. Εξακολουθεί βέβαια να έχει τους περιορισμούς της κλασσικής υπερηχοτομογραφίας χωρίς σκιαγραφικό που αναφέρθηκαν προηγουμένως.

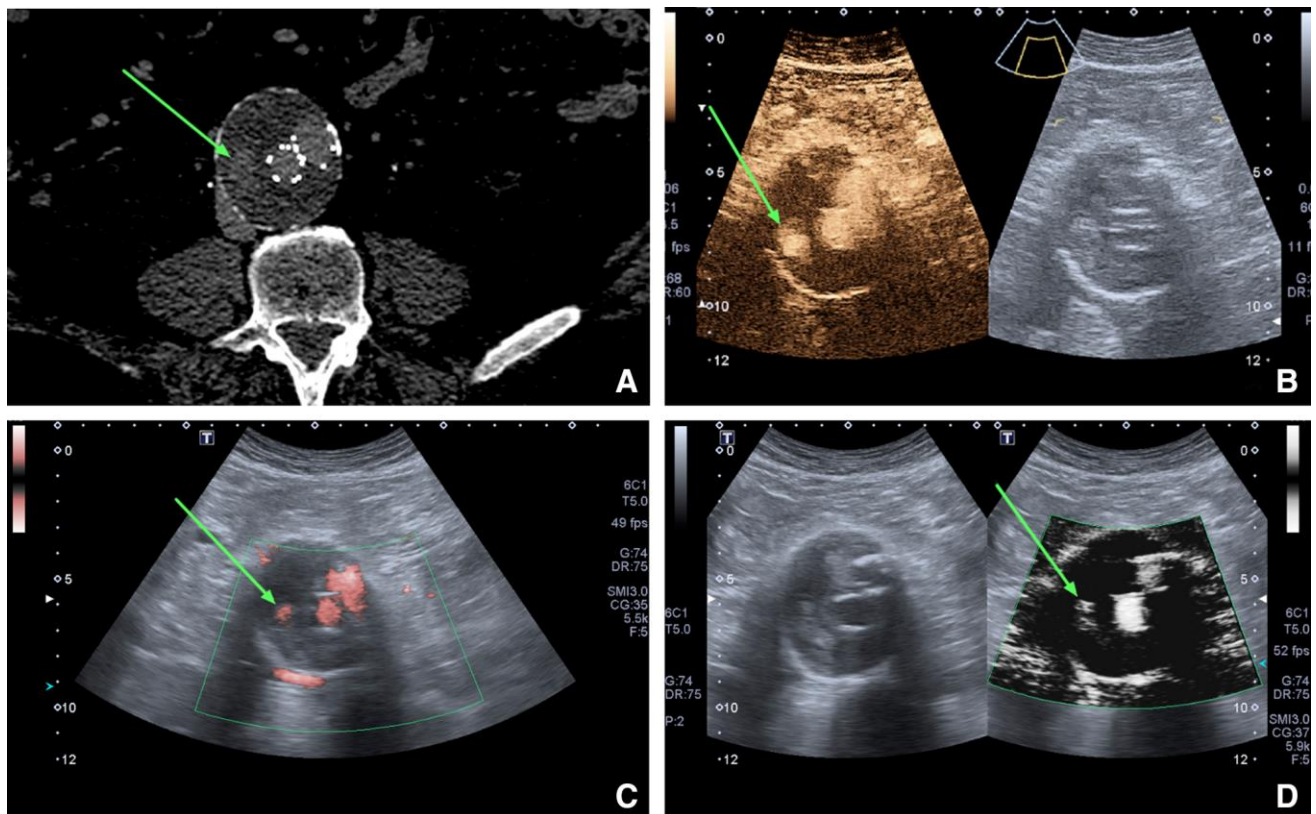


Gurtler et al, A comparison between contrast-enhanced ultrasound imaging and multislice computed tomography in detecting and classifying endoleaks, in the follow up after endovascular aneurysm repair, B-mode and CEUS imaging.

Στις παραπάνω εικόνες βλέπουμε σε εγκάρσιο επίπεδο με κλασσική υπερηχογραφία B-mode ένα ανεύρυσμα κοιλιακής αορτής με ενδοαυλική αποκατάσταση EVAR, με το κίτρινο βέλος φαίνεται ο ανευρυσματικός σάκος και με πράσινα βέλη τα σκέλη του μοσχεύματος. Στην διπλανή εικόνα βλέπουμε στο ίδιο εγκάρσιο επίπεδο την υπερηχογραφία μετά από χορήγηση σκιαγραφικού, όπου φαίνεται επιπλέον με κόκκινο βέλος η ενδοδιαφυγή τύπου II.

7.5 Superb Microvascular Imaging (SMI)

Πρόσφατα έχει αναπτυχθεί μία νέα καινοτόμος τεχνική του υπερηχογραφήματος Doppler, η οποία επιτρέπει την απεικόνιση της ροής εντός μικρών αγγείων, χωρίς την χρήση σκιαγραφικών μέσων και φαίνεται να είναι πολλά υποσχόμενη στην διάγνωση των ενδοδιαφυγών. Στην ουσία η μέθοδος χρησιμοποιεί έναν προσαρμοστικό αλγόριθμο που ελαττώνει τα artifacts κίνησης που προκύπτουν από τις γύρω ανατομικές δομές και επιτρέπει την απεικόνιση μικρών αγγειακών δομών και τις χαμηλές ροές εντός αυτών, με υψηλή ευαισθησία. Επομένως η μέθοδος αυτή αποτελώντας τμήμα της κλασσικής υπερηχοτομογραφίας, παρουσιάζει επίσης τους περιορισμούς αυτής, κάνει όμως δυνατή την ανίχνευση και διάγνωση ενδοδιαφυγών, άμεσα και γρήγορα, χωρίς της χρήση σκιαγραφικής ουσίας και χωρίς την έκθεση σε ακτινοβολίας και όπως είναι κατανοητό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τακτικούς επανελέγχους καθώς είναι και πολλαπλά επαναλήψιμη λόγω των χαρακτηριστικών της.



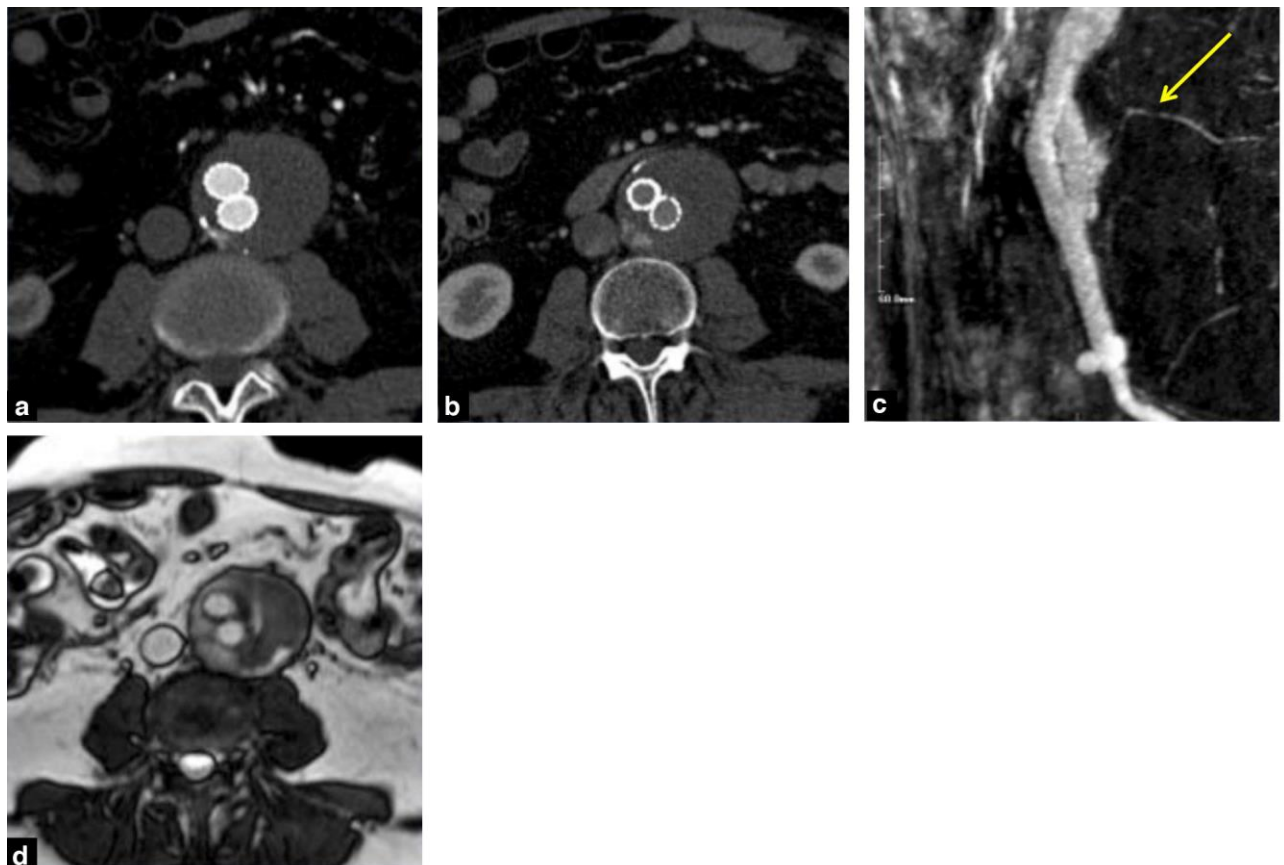
Gabriel, M., Tomczak, J., Snoch-Ziółkiewicz, M., Dzieciuchowicz, Ł., Strauss, E., Pawlaczyk, K., Wojtusik, D., & Oszkinis, G. (2018). Superb Micro-vascular Imaging (SMI): a Doppler ultrasound technique with potential to identify, classify, and follow up endoleaks in patients after Endovascular Aneurysm Repair (EVAR)

Στις παραπάνω εικόνες βλέπουμε μια ενδοδιαφυγή τύπου II με CTA(A), CEUS(B), Superb microvascular imaging(C), Monochrome Superb microvascular imaging (D)

7.6 Μαγνητική τομογραφία (MR)

Η αγγειογραφία με μαγνητική τομογραφία και τη χρήση γαδολινίου ως σκιαγραφικού μέσου έχει μελετηθεί ως μέθοδος ανίχνευσης και παρακολούθησης ενδοδιαφυγών μετά από αποκατάσταση EVAR σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και για την αποφυγή της έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Επίσης μπορεί να ανιχνεύσει την αύξηση του ανευρύσματος, την μετατόπιση τμημάτων του μοσχεύματος και την βατότητα του αυλού. Οι περιπτώσεις αυτές αφορούν μοσχεύματα τα οποία είναι συμβατά με την μαγνητική τομογραφία και έχουν κατασκευαστεί από την ουσία νιτινόλη που είναι ένα κράμα νικελίου και τιτανίου, ενώ δεν ενδείκνυται σε περιπτώσεις που τα μοσχεύματα δεν είναι συμβατά. Υπάρχουν επίσης περιορισμοί όσον αφορά τον χρόνο της εξέτασης, ο οποίος είναι σημαντικά μεγαλύτερος, την παρουσία artifacts επιδεικτικότητας από το μόσχευμα, την έκπτωση της νεφρικής λειτουργίας η οποία δεν επιτρέπει την χρήση σκιαγραφικού μέσου, την παρουσία άλλων μεταλλικών συσκευών στο σώμα που απαγορεύει την εξέταση και την πιθανή ύπαρξη κλειστοφοβίας ή άλλης αιτιολογίας αδυναμίας συνεργασίας του ασθενούς. Επιπλέον σημαντικά μειονεκτήματα είναι

το μεγάλο κόστος και η μη διαθεσιμότητα ευρέως μαγνητικού τομογράφου και εξειδίκευσης στη μέθοδο. Επομένως εφόσον μπορεί να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος με μαγνητική τομογραφία υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης υψηλής ανάλυσης με λήψη πολλαπλών εικόνων μετά την χορήγηση σκιαγραφικού, χωρίς την έκθεση σε ακτινοβολία σε σύγκριση με την αξονική τομογραφία. Μάλιστα υπάρχουν έρευνες που αποδεικνύουν ότι η χρήση MR αγγειογραφίας έχει μεγαλύτερη ευαισθησία στην ανίχνευση ενδοδιαφυγής τύπου II και συνιστάται η χρήση της σε περίπτωση που το αποτέλεσμα της CT αγγειογραφίας δεν είναι σαφές ή υπάρχει διάταση του σάκου χωρίς εμφανή ενδοδιαφυγή. Επίσης στην περίπτωση της ενδοδιαφυγής τύπου V(Endotension) όπου δεν είναι σαφής η αιτία διάτασης του σάκου με CT αγγειογραφία ή CEUS, η μαγνητική τομογραφία μπορεί να βρει τη λύση και την ύπαρξη ενδοδιαφυγής, με ευαισθησία και ειδικότητα 96% και 100% αντίστοιχα. Υπάρχει όμως αμφισβήτηση σχετικά με το εάν οι ενδοδιαφυγές που ανιχνεύει αυτή η μέθοδος είναι κλινικά σημαντικές και αν το μεγάλο κόστος της εξέτασης επιτρέπει την ευρεία χρήση της στην μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από EVAR.



Cassagnes, L., Pérignon, R., Amokrane, F., Petermann, A., Bécaud, T., Saint-Lebes, B., Chabrot, P., Rousseau, H., & Boyer, L. (2016). Aortic stent-grafts: Endoleak surveillance. In 7. Diagnostic and Interventional Imaging

Στις παραπάνω εξετάσεις βλέπουμε τη συσχέτιση της CTA με τη MRA και ανασυνθέσεις, όπου παρατηρείται τύπου II ενδοδιαφυγή από οσφυϊκή αρτηρία.

4. Σκοπός

Η ενδοδιαφυγή τύπου II είναι η πιο συχνή επιπλοκή μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση ανευρύσματος (EVAR) κοιλιακής αορτής και μπορεί να οδηγήσει σε διάταση του ανευρυσματικού σάκου και σε πιθανή ρήξη του ανευρύσματος και άλλες κλινικές εκβάσεις. Η έγκαιρη και ακριβής διάγνωση των ενδοδιαφυγών είναι απαραίτητη για την κατάλληλη και αποτελεσματική αντιμετώπιση. Μέχρι και σήμερα, η αξονική αγγειογραφία (CTA) είναι η εξέταση εκλογής για την μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από ενδοαυλική αποκατάσταση ανευρύσματος κοιλιακής αορτής και για την διάγνωση των ενδοδιαφυγών τύπου II. Υπάρχουν όμως περιορισμοί με αυτή τη μέθοδο, όπως η σωρευτική έκθεση σε ακτινοβολία και η νεφροτοξικότητα των σκιαγραφικών. Τα τελευταία χρόνια, το υπερηχογράφημα με χρήση σκιαγραφικού και η τεχνική μικροαγγειακής απεικόνισης έχουν αναδειχθεί ως πολλά υποσχόμενες απεικονιστικές τεχνικές για την διάγνωση της ενδοδιαφυγής τύπου II. Σκοπός αυτής της ανασκόπησης είναι η σύγκριση της υπερηχοτομογραφίας με χρήση σκιαγραφικού μέσου με την αξονική αγγειογραφία για την ανίχνευση ενδοδιαφυγών τύπου II και ο καθορισμός ή όχι της κατωτερότητας της μεθόδου από την μέθοδο εκλογής και ο προσδιορισμός της θέσης του CEUS στην μετεγχειρητική παρακολούθηση μετά από EVAR.

5. Μεθοδολογία

Στα πλαίσια αυτής της ανασκόπησης πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στην πλατφόρμα pubmed της βάσης δεδομένων medline, με λέξεις κλειδιά όπως Endoleak, EVAR, CEUS, Superb Microvascular Imaging, Diagnosis και ανευρέθησαν 69 σχετικές μελέτες. Από αυτές επιλέχθηκαν αρχικά 25 μελέτες με βάση τα κριτήρια εισαγωγής και εν τέλει επιλέχθηκαν 14 στο σύνολο μελέτες και ανασκοπήσεις, που συμπεριλάμβαναν την διάγνωση ενδοδιαφυγών και συγκεκριμένα την τύπου II, περιείχαν τουλάχιστον 100 ασθενείς που ελέγχθηκαν μετεγχειρητικά με τη χρήση τόσο της εξέτασης εκλογής, δηλαδή της CTA αλλά και με CEUS, με σκοπό την σύγκριση των διαγνωστικών εξετάσεων.

Αποκλείστηκαν μελέτες που προέκυψαν από την αναζήτηση σε περίπτωση που οι ασθενείς είχαν παρακολουθηθεί μόνο με μία διαγνωστική μέθοδο ή παρεμφερείς όπως η απεικόνιση 3D-CEUS, μελέτες που αφορούσαν τον περιεπεμβατικό έλεγχο, επίσης μελέτες που αφορούσαν άλλου τύπου ενδοδιαφυγές καθώς και μελέτες που δεν υπήρχε διαθέσιμη η πλήρης έκδοση τους ή είχαν συγγραφεί σε άλλες γλώσσες.

Επιλογή μελετών	Αποτελέσματα
Αρχική αναζήτηση σε Pubmed	69
Επιλογή με βάση τα κριτήρια εισαγωγής	25
Επιλογή ανάλογα με πλήθος ασθενών(>100)	14

6. Αποτελέσματα

Το θέμα των μετεγχειρητικών επιπλοκών και συγκεκριμένα της ενδοδιαφυγής τύπου II φαίνεται ότι έχει απασχολήσει και απασχολεί την διεθνή επιστημονική κοινότητα, με όλο και περισσότερες μελέτες να πραγματοποιούνται με σκοπό την ανάδειξη της καλύτερης και πιο ακριβής μεθόδου διάγνωσης της μετά από αποκατάσταση EVAR, άλλα και αυτής με ένας σχετικά ασφαλές προφίλ για την δυνατότητας επανάληψης της κατά τους συχνούς επανελέγχους που με βάση τις οδηγίες θα πρέπει να πραγματοποιούνται εφ' όρου ζωής.

Το 2021 μία αναδρομική μελέτη από τον Jong Hun Park et al (23) που αφορούσε 110 ασθενείς, που είχαν ελεγχθεί τόσο με CTA όσο και με CEUS μετά από EVAR και ανευρέθηκε η υπεροχή της μεθόδου CEUS τόσο στην διάγνωση όσο και στον χαρακτηρισμό ενδοδιαφυγών, με 24,5 % υψηλότερη ευαισθησία σε σύγκριση με την CTA και ειδικά στην ενδοδιαφυγή τύπου II. Επίσης αναφέρεται ότι και οι δύο διαγνωστικές μέθοδοι είχαν παρόμοια ακρίβεια στην μέτρηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου, καθώς είναι αυτή που καθορίζει την ανάγκη επανεπέμβασης σε ενδοδιαφυγή τύπου II.

Άλλη μια αναδρομική μελέτη δημοσιεύτηκε το 2018 από τον N.Faccioli et al (21) και αφορούσε 137 ασθενείς οι οποίοι μετά από επέμβαση EVAR παρακολούθηθηκαν για 6 έτη τόσο με CEUS όσο και με CTA η οποία ήταν η εξέταση αναφοράς. Σε αυτή τη μελέτη η ευαισθησία του CEUS στη διάγνωση ενδοδιαφυγής αναδείχθηκε 97,1 % και η ειδικότητα 100%, καθώς απέτυχε στην διάγνωση 3 περιπτώσεων ενδοδιαφυγής τύπου I που μπορεί να συσχετιστεί με τη σωματοδομή του ασθενούς και ανατομικές παραλλαγές στη θέση εντερικών ελίκων, αλλά ανίχνευσε όλες τις ενδοδιαφυγές τύπου II που εξακριβώθηκαν με CT. Επίσης δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά όσον αφορά τη μέτρηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου με τις δύο μεθόδους. Επίσης έγινε και ανάλυση των μεθόδων με οικονομικά κριτήρια και βρέθηκε σημαντική διαφορά στην τιμή ανά εξέταση ανά ασθενή με την διαφορά στο σύνολο των ασθενών για την μετεγχειρητική του παρακολούθηση για 6 χρόνια να φτάνει τα 50.000 ευρώ, επομένως υπάρχει και οικονομικό πλεονέκτημα του CEUS.

Μια ακόμη αναδρομική μελέτη που δημοσιεύτηκε το 2013 από V. M. Gurtler et al(28), η οποία αφορούσε 171 ασθενείς ανέδειξε ότι η ευαισθησία του CEUS στη διάγνωση ενδοδιαφυγών είναι 97% και η ειδικότητα είναι 93% και μάλιστα ανέδειξε 5 ενδοδιαφυγές, κυρίως τύπου II που δεν ανιχνεύτηκαν με CTA, ενώ η τελευταία στη διάγνωση 4 ασθενών με ενδοδιαφυγή δεν μπόρεσε να καθορίσει τον τύπο. Επομένως οι ερευνητές συμπεραίνουν ότι το CEUS αποτελεί ισάξια εξέταση με την πολυτομική αξονική τομογραφία για την μετεγχειρητική παρακολούθηση ασθενών μετά από EVAR.

Ο E. David et al(9) πραγματοποίησαν μια αναδρομική μελέτη, με μετεγχειρητική παρακολούθηση 181 ασθενών μετά από EVAR από το 2009 έως και το 2014, στην οποία το CEUS κατάφερε να αναδείξει 41 από τις 42 ενδοδιαφυγές(με ευαισθησία 97,6% και ειδικότητα 100%) ενώ η CT αγγειογραφία 39. Επίσης σε 2 ασθενείς οι οποίοι διαγνώστηκαν λανθασμένα ως ενδοδιαφυγή τύπου I το CEUS έδειξε ότι ήταν ενδοδιαφυγή τύπου II με παλίνδρομη ροή από υπερτροφική οσφυϊκή αρτηρία.

Οι παραπάνω μελέτες έχουν όμως περιορισμούς επειδή είναι αναδρομικές και έχουν μικρό αριθμό ασθενών.

Το 2016 δημοσιεύτηκε από τον K.K. Bredahl et al(24) μία προοπτική μελέτη που αφορούσε 278 ασθενείς οι οποίοι παρακολούθηθηκαν μετά από EVAR με Duplex Ultrasound, CEUS και CTA, και ανέδειξε το CEUS ως ισάξια διαγνωστικά μέθοδο με την CTA με ευαισθησία 93% και ειδικότητα 95%. Επίσης έδειξε ότι η ευαισθησία και η ειδικότητα του DUS είναι σημαντικά χαμηλότερη από τις άλλες 2 διαγνωστικές μεθόδους. Επίσης αξίζει να σημειωθεί ότι όλες οι σημαντικές ενδοδιαφυγές που διαγνώστηκαν με CTA και οδηγήθηκαν σε επανεπέμβαση ανιχνεύθηκαν και με CEUS και ότι οι ενδοδιαφυγές που δεν αναδείχθηκαν με το CEUS ή την CTA ήταν τύπου II και χωρίς διάταση του σάκου.

Μια προοδευτική μελέτη δημοσιεύτηκε το 2011 από τον P. Perini et al(14) και αφορούσε την παρακολούθηση 395 ασθενών μετά από EVAR σε βάθος 4ετίας ανέδειξε ότι τόσο το CEUS όσο και η CTA αποδείχθηκαν ισάξια στην διάγνωση των ενδοδιαφυγών, με μικρή υπεροχή του CEUS στην εξακρίβωση του τύπου και συγκεκριμένα των ενδοδιαφυγών τύπου II. Επίσης ισάξιες βρέθηκαν οι μέθοδοι στον προσδιορισμό της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου, με μικρή υπεροχή της CTA.

Το 2015 δημοσιεύτηκε από τον J.Chung και τους συνεργάτες(30) μια συστηματική ανασκόπηση του αφορούσε την μετεγχειρητική παρακολούθηση σε ένα σύνολο 454 ασθενών μετά από EVAR. Η ανασκόπηση αυτή ανέδειξε την υψηλή ευαισθησία του CEUS εξίσου με την CTA για την ανίχνευση σημαντικών ενδοδιαφυγών που χρήζουν επανεπέμβασης, δηλαδή τύπου I και III άλλα και ενδοδιαφυγής τύπου II με χαμηλή ροή. Παρόλα αυτά λόγω ετερογένειας των αποτελεσμάτων της μετα-ανάλυσης όσον αφορά την ειδικότητα, δεν προκύπτουν αρκετά δεδομένα για την αντικατάσταση της CTA από το CEUS στην μετεγχειρητική παρακολούθηση.

Μια συστηματική ανασκόπηση που δημοσιεύτηκε το 2019 από τον Amer Harky και τους συνεργάτες του(3) και αφορούσε ένα σύνολο 1773 ασθενών από 18 μελέτες έδειξε ότι το συνολικό αθροιστικό ποσοστό ανίχνευσης των ενδοδιαφυγών δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του CEUS και της CTA, για ενδοδιαφυγές τύπου I, II και III. Η ευαισθησία όμως της CEUS στην ανίχνευση ενδοδιαφυγών ήταν μεγαλύτερη, ενώ η ειδικότητα δεν είχε στατιστικά σημαντική διαφορά.

Άλλη μια συστηματική ανασκόπηση που δημοσιεύτηκε το 2018 από τον D. Kapetanios et al(15), αφορούσε 2217 ασθενείς και 26 μελέτες. Η ανασκόπηση αυτή ανέδειξε την υψηλή ευαισθησία (94%) και την υψηλή ειδικότητα (93%) της μεθόδου CEUS στην ανίχνευση ενδοδιαφυγών μετά από EVAR και ακόμα υψηλότερη ευαισθησία και ειδικότητα για τις ενδοδιαφυγές τύπου I και III.

Το 2009 δημοσιεύτηκε από τον T.A.Mirza και τους συνεργάτες του(20) μία συστηματική ανασκόπηση και μετα ανάλυση που περιλάμβανε 2601 ασθενείς από 21 μελέτες. Η ανασκόπηση αυτή μελέτησε την διαφορά της απλής υπερηχοτομογραφίας(DUS) και του CEUS στην διάγνωση ενδοδιαφυγών μετά από EVAR σε σύγκριση με την CTA και επιβεβαίωσε την μεγάλη διαφορά κυρίως στην ευαισθησία του DUS(77%) και του CEUS(98%) , με παρόμοια ωστόσο ποσοστά ειδικότητας. Βέβαια αναφέρεται από τους συγγραφείς ότι λόγω της ετερογένειας της μελέτης, τα αποτελέσματα πρέπει να ερμηνευτούν με προσοχή και ότι χρειάζεται περαιτέρω έρευνα.

Μια επίσης μεγάλη συστηματική ανασκόπηση από τους Qiang Guo et al(25), που δημοσιεύτηκε το 2016, αφορούσε τη σύγκριση του CEUS και της MRI αγγειογραφίας με την CTA, σε ένα σύνολο 3853 ασθενών μετά από EVAR. Πιο συγκεκριμένα το CEUS ανίχνευσε 138 περισσότερες ενδοδιαφυγές που δεν ανίχνευσε η CTA και η τελευταία ανίχνευσε 51 ενδοδιαφυγές που δεν ανίχνευσε το CEUS. Επίσης στις περισσότερες μελέτες η διάμετρος του ανευρυσματικού σάκου ανευρέθηκε μεγαλύτερη με την CTA, ενώ σε 2 μελέτες δεν βρέθηκε διαφορά. Η ανασκόπηση αυτή είχε ως περιορισμό ότι πολλές από τις μελέτες που συμπεριέλαβε ήταν αναδρομικές.

Το 2018 δημοσιεύτηκε από τον Feras Zaiem και τους συνεργάτες του(34), μια συστηματική ανασκόπηση που ανέλυε τα δεδομένα 52 μελετών και 6 μετα-αναλύσεων για την ανεύρεση της πιο κατάλληλης μεθόδου μετεγχειρητικής παρακολούθησης σε ασθενείς μετά από EVAR. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι ότι το CEUS έχει αντίστοιχη ευαισθησία με την αξονική τομογραφία για τη διάγνωση ενδοδιαφυγών, η μαγνητική τομογραφία έχει υψηλότερη ευαισθησία από την αξονική τομογραφία και η απλή υπερηχοτομογραφία έχει χαμηλή διαγνωστική ακρίβεια.

Τελευταία και πιο σημαντική ήταν η μεγαλύτερη συστηματική ανασκόπηση που έχει γίνει μέχρι στιγμής για την σύγκριση του CEUS με την CTA και δημοσιεύτηκε το 2017 από τον Abraha I. και τους συνεργάτες του(5) και αφορούσε 42 πρωτογενείς μελέτες με ένα σύνολο 4220 ασθενών. Σε αυτή την έρευνα εκτιμήθηκε η διαγνωστική ακρίβεια του CEUS σε σχέση με το απλό υπερηχογράφημα(DUS) και ανέδειξε μεγάλα υπεροχή του CEUS κυρίως ως προς της ευαισθησία που έφτανε στο 94% και η ειδικότητα έφτανε στο 95%. Αναφέρεται ότι ένας περιορισμός της μελέτης ήταν το θέμα της ικανότητας αναπαραγωγής της εργασίας λόγω της υποκειμενικής φύσης του CEUS ανάλογα με τον εξεταστή.

Αποτελέσματα μελετών συνοπτικά

Συγγραφείς	Τύπος μελέτης	Πλήθος(ν)	Ευαισθησία CEUS(%)	Ειδικότητα CEUS(%)
Jong Hun Park et al	Αναδρομική	110	75,5	96,7
N.Faccioli et al	Αναδρομική	137	97,1	100
V. M. Gurtler et al	Αναδρομική	171	97	93
E. David et al	Αναδρομική	181	97,6	100
K.K. Bredahl et al	Προοπτική	278	93	95
Amer Harky et al	Αναδρομική	1773	98	93
D. Kapetanios et al	Αναδρομική	2217	94	93
T.A.Mirza	Αναδρομική	2601	98	88
Abraha I. Et al	Αναδρομική	4220	94	95

7. Συζήτηση

Η ενδοαυλική αποκατάσταση του ανευρύσματος κοιλιακής αορτής είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη μέθοδος συγκριτικά με την ανοιχτή επέμβαση, αλλά χρειάζεται συχνούς επανελέγχους και παρακολούθηση εφ' όρου ζωής. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται όπως έχει αναφερθεί είναι πολλές και έχουν σκοπό την έγκαιρη διάγνωση επιπλοκών, με συχνότερες αυτών τις ενδοδιαφυγές, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί παρέμβαση εάν κριθεί απαραίτητο. Η εξέταση εκλογής είναι η αξονική τομογραφία, καθώς μπορεί με μεγάλη ακρίβεια να απεικονίσει το μόσχευμα, τις πιθανές βλάβες του και τις πιθανές διαρροές αίματος και την διάταση του ανευρυσματικού σάκου. Υπάρχουν όμως οι περιορισμοί της μεθόδου, δηλαδή η σωρευτική έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία στους απαραίτητους συχνούς επανελέγχους, οι ανεπιθύμητες ενέργειες των σκιαγραφικών και ειδικά η νεφροτοξικότητα. Για αυτόν τον λόγο γίνεται προσπάθεια από την επιστημονική κοινότητα να αναδείξει μια τεχνική παρακολούθησης μετά από EVAR χωρίς την έκθεση σε ακτινοβολία ή τις ανεπιθύμητες ενέργειες των ιωδιούχων σκιαγραφικών. Η μέθοδος CEUS φαίνεται να έχει υψηλά ποσοστά ευαισθησίας και ειδικότητας και στις περισσότερες μελέτες αναφέρεται η ισάξια διαγνωστική της ακρίβεια με την αξονική τομογραφία, με μερικές φορές ακόμα μεγαλύτερη ευαισθησία από αυτήν, ειδικά στη διάγνωση της ενδοδιαφυγής τύπου II. Είναι μια δυναμική μέθοδος, οι οποία επιτρέπει την συνεχή παρακολούθηση μετά την χορήγηση σκιαγραφικού και όχι μόνο σε δεδομένες χρονικές στιγμές. Επίσης πολλές φορές αναδεικνύει ενδοδιαφυγές οι οποίες δεν είναι ορατές με την αξονική τομογραφία λόγω χαμηλής ροής. Μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές και να επαναπαικονιστεί η κοιλιακή αορτή μετά την χορήγηση μικροφουσαλίδων, χωρίς έκθεση σε ακτινοβολία και χωρίς σημαντικές ανεπιθύμητες ενέργειες, και σε νεφροπαθείς. Είναι μια μέθοδος που είναι ευρέως διαθέσιμη λόγω της ύπαρξης υπερηχοτομογράφων σχεδόν σε όλα τα νοσοκομεία. Έχει βέβαια κάποιους περιορισμούς, όπως αυτούς της κλασσικής υπερηχογραφίας, δηλαδή την αδυναμία καλής απεικόνισης σε αεροπλήθεια εντέρου ή σε σωματοδομή ασθενούς με πολύ υψηλό BMI, αλλά και ότι είναι μια υποκειμενική μέθοδος, που χρειάζεται ικανοποιητική εκπαίδευση και εξαρτάται από τον εξεταστή. Οι πιο σημαντικές ενδοδιαφυγές είναι η τύπου I και III, λόγω κινδύνου ρήξης, ενώ σπάνια αναφέρεται ρήξη και στην ενδοδιαφυγή τύπου II. Τις περισσότερες φορές βέβαια υπάρχουν έμμεσες ενδείξεις της ενδοδιαφυγής, όπως η αύξηση της διαμέτρου του ανευρυσματικού σάκου, ακόμη και εάν δεν είναι δυνατή η διαπίστωση του αιτίου και μπορεί να εξακριβωθεί ακόμα και με την απλή υπερηχογραφία και να γίνει σύσταση για περαιτέρω έλεγχο με CEUS, CTA ή άλλη μέθοδο. Από τα δεδομένα που προκύπτουν από τις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην εργασία, φαίνεται ότι οι μετεγχειρητικές επιπλοκές μετά από EVAR εμφανίζονται στο μεγαλύτερο ποσοστό στο 1ο έτος αμέσως μετά την επέμβαση και ένα μεγάλο ποσοστό ενδοδιαφυγών τύπου II υφίστανται αυτόματα. Είναι σίγουρα απαραίτητη η χρήση της αξονικής τομογραφίας τόσο προεγχειρητικά για την διάγνωση ή και τον σχεδιασμό της αντιμετώπισης του ανευρύσματος της κοιλιακής αορτής, αλλά και μετεγχειρητικά για την αναγνώριση της σωστής τοποθέτησης του μοσχεύματος. Στις περιπτώσεις που δεν αναδεικνύεται

επιπλοκή στην αρχική μετεγχειρητική παρακολούθηση με αξονική τομογραφία προτείνεται από κάποιες μελέτες η παρακολούθηση με CEUS ή DUS σε συνδυασμό με απλή ακτινογραφία για τον έλεγχο ακεραιότητας του μοσχεύματος και σε περίπτωση υπόνοιας επιπλοκής, όπως σε διεύρυνση του ανευρυσματικού σάκου, βλάβη του μοσχεύματος ή εμφανή διαρροή αίματος εντός του ανευρυσματικού σάκου εφόσον δεν έχει αποσαφηνιστεί η σαφής αιτία ή χρήζει επανεπέμβασης μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί η αξονική τομογραφία. Με αυτό τον τρόπο μπορεί να ελαττωθεί σημαντική έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία και οι νεφροτοξική δράση των ιωδιούχων σκιαγραφικών και να υπάρχει ασφαλής μετεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών μετά από EVAR.

8. Συμπεράσματα

Η μέθοδος CEUS είναι μια αρκετά ασφαλής απεικονιστική μέθοδος, με ελάχιστες μη σημαντικές παρενέργειες, είναι ευρέως διαθέσιμη, μπορεί να επαναληφθεί αρκετές φορές για την συχνή παρακολούθηση των ασθενών που έχουν υποβληθεί σε EVAR και μπορεί με ευαισθησία και ειδικότητα ισάξια της αξονικής τομογραφίας να διαγνώσει τις ενδοδιαφυγές και ιδιαίτερα τις τύπου II. Έχει βέβαια ορισμένους περιορισμούς που σχετίζονται με την υποκειμενικότητα της εξέτασης και την εμπειρία του εξεταστή αλλά και τα χαρακτηριστικά του ασθενούς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στην μετεγχειρητική παρακολούθηση των ασθενών με EVAR, όχι όμως να αντικαταστήσει πλήρως την αξονική τομογραφία.

9. Βιβλιογραφία

1. Gabriel, M., Tomczak, J., Snoch-Ziólkiewicz, M., Dzieciuchowicz, Ł., Strauss, E., Pawlaczyk, K., Wojtusik, D., & Oszkinis, G. (2018). 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). *Abdominal Radiology*, 43(12), 3479–3486. <https://doi.org/10.1007/s00261-018-1633-x>
2. Wanhainen, A., Verzini, F., van Herzele, I., Allaire, E., Bown, M., Cohnert, T., Dick, F., van Herwaarden, J., Karkos, C., Koelemay, M., Kölbel, T., Loftus, I., Mani, K., Melissano, G., Powell, J., Szeberin, Z., de Borst, G. J., Chakfe, N., Debus, S., ... Verhagen, H. (2019). Editor's Choice – European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical Practice Guidelines on the Management of Abdominal Aorto-iliac Artery Aneurysms. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 57(1), 8–93. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.09.020>
3. Harky, A., Zywicka, E., Santoro, G., Jullian, L., Joshi, M., & Dimitri, S. (2019). Is contrast-enhanced ultrasound (CEUS) superior to computed tomography angiography (CTA) in detection of endoleaks in post-EVAR patients? A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Ultrasound* (Vol. 22, Issue 1, pp. 65–75). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/s40477-019-00364-7>
4. Partovi Sasa., Trischman Thomas, Rafailidis Vasileios, Ganguli S., Rengier Fabian, Goerne Harold, Rajiah Prab., Staub Da., Patel Indravadan, Oliveira G., & Ghoshhajra, Br. (2018). Multimodality imaging assessment of endoleaks post-endovascular aortic repair. In *Br J Radiol* (Vol. 91).
5. Abraha, I., Luchetta, M. L., de Florio, R., Cozzolino, F., Casazza, G., Duca, P., Parente, B., Orso, M., Germani, A., Eusebi, P., & Montedori, A. (2017). Ultrasonography for endoleak detection after endoluminal abdominal aortic aneurysm repair. In *Cochrane Database of Systematic Reviews* (Vol. 2017, Issue 6). John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD010296.pub2>
6. Cassagnes, L., Pérignon, R., Amokrane, F., Petermann, A., Bécaud, T., Saint-Lebes, B., Chabrot, P., Rousseau, H., & Boyer, L. (2016). Aortic stent-grafts: Endoleak surveillance. In *Diagnostic and Interventional Imaging* (Vol. 97, Issue 1, pp. 19–27). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2014.12.014>
8. Keisler, B., & Carter, C. (2015). *Abdominal Aortic Aneurysm* (Vol. 91). www.aafp.org/afp.

9. David, E., Cantisani, V., Grazhdani, H., di Marzo, L., Venturini, L., Fanelli, F., di Segni, M., di Leo, N., Brunese, L., Calliada, F., Ciccariello, M., Bottari, A., Ascenti, G., & D'Ambrosio, F. (2016). What is the role of contrast-enhanced ultrasound in the evaluation of the endoleak of aortic endoprostheses? A comparison between CEUS and CT on a widespread scale. *Journal of Ultrasound*, 19(4), 281–287. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0222-5>
10. Cantisani, V., Grazhdani, H., Clevert, D. A., Iezzi, R., Aiani, L., Martegani, A., Fanelli, F., di Marzo, L., Wlderk, A., Cirelli, C., Catalano, C., di Leo, N., di Segni, M., Malpassini, F., & D'Ambrosio, F. (2015). EVAR: Benefits of CEUS for monitoring stent-graft status. In *European Journal of Radiology* (Vol. 84, Issue 9, pp. 1658–1665). Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2015.07.001>
11. Lowe, C., Abbas, A., Rogers, S., Smith, L., Ghosh, J., & McCollum, C. (2017). Three-dimensional contrast-enhanced ultrasound improves endoleak detection and classification after endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 65(5), 1453–1459. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.10.082>
12. Cantisani, V., Ricci, P., Grazhdani, H., Napoli, A., Fanelli, F., Catalano, C., Galati, G., D'Andrea, V., Biancari, F., & Passariello, R. (2011). Prospective comparative analysis of colour-doppler ultrasound, contrast-enhanced ultrasound, computed tomography and magnetic resonance in detecting endoleak after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 41(2), 186–192. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.10.003>
13. Clevert, D. A., Helck, A., D'Anastasi, M., Gürtler, V., Sommer, W. H., Meimarakis, G., Weidenhagen, R., & Reiser, M. (2011). Improving the follow up after EVAR by using ultrasound image fusion of CEUS and MS-CT. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*, 49(1–4), 91–104. <https://doi.org/10.3233/CH-2011-1460>
14. Perini, P., Sediri, I., Midulla, M., Delsart, P., Mouton, S., Gautier, C., Pruvo, J. P., & Haulon, S. (2011). Single-centre prospective comparison between contrast-enhanced ultrasound and computed tomography angiography after EVAR. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 42(6), 797–802. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2011.09.003>
15. Kapetanios, D., Kontopodis, N., Mavridis, D., McWilliams, R. G., Giannoukas, A. D., & Antoniou, G. A. (2019). Meta-analysis of the accuracy of contrast-enhanced ultrasound for the detection of

endoleak after endovascular aneurysm repair. In *Journal of Vascular Surgery* (Vol. 69, Issue 1, pp. 280-294.e6). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2018.07.044>

16.Giannoni, M. F., Citone^o, M., Rossi^o, M., Speziale, F., & David^o, V. (2012). Role of Contrast-Enhanced Ultrasound in the Follow-up of Endo-Vascular Aortic Aneurysm Repair: an Effective and Safe Surveillance Method. In *Current Pharmaceutical Design* (Vol. 18).

17.Bakken, A. M., & Illig, K. A. (2010). Long-term follow-up after endovascular aneurysm repair: Is ultrasound alone enough? *Perspectives in Vascular Surgery and Endovascular Therapy*, 22(3), 145–151. <https://doi.org/10.1177/1531003510382664>

18.Chisci, E., Harris, L., Guidotti, A., Pecchioli, A., Pigozzi, C., Barbanti, E., Ercolini, L., & Michelagnoli, S. (2018). Endovascular Aortic Repair Follow up Protocol Based on Contrast Enhanced Ultrasound Is Safe and Effective. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 56(1), 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.03.006>

19.Iezzi, R., Basilico, R., Giancristofaro, D., Pascali, D., Cotroneo, A. R., & Storto, M. L. (2009). Contrast-enhanced ultrasound versus color duplex ultrasound imaging in the follow-up of patients after endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 49(3), 552–560. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2008.10.008>

20.Mirza, T. A., Karthikesalingam, A., Jackson, D., Walsh, S. R., Holt, P. J., Hayes, P. D., & Boyle, J. R. (2010). Duplex Ultrasound and Contrast-Enhanced Ultrasound Versus Computed Tomography for the Detection of Endoleak after EVAR: Systematic Review and Bivariate Meta-Analysis. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 39(4), 418–428. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.01.001>

21.Faccioli, N., Foti, G., Casagrande, G., Santi, E., & D'Onofrio, M. (2018). CEUS versus CT Angiography in the follow-up of abdominal aortic endoprostheses: diagnostic accuracy and activity-based cost analysis. *Radiologia Medica*, 123(12), 904–909. <https://doi.org/10.1007/s11547-018-0926-z>

22.Johnsen, L., Hisdal, J., Jonung, T., Braaten, A., & Pedersen, G. (2020). Contrast-enhanced ultrasound detects type II endoleaks during follow-up for endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 72(6), 1952–1959. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.02.020>

23. Park, J. H., Filho, A. R., Pires, A. P. M., Telles, G. J. P., Esteves, F. P., Caffaro, R. A., & Parrillo, E. F. (2022). Can we replace computed tomography angiography by contrast-enhanced ultrasound in the surveillance of patients submitted to aortoiliac aneurysm repair? *Vascular*, 30(4), 803–808. <https://doi.org/10.1177/17085381211027440>
24. Bredahl, K. K., Taudorf, M., Lönn, L., Vogt, K. C., Sillesen, H., & Eiberg, J. P. (2016). Contrast Enhanced Ultrasound can Replace Computed Tomography Angiography for Surveillance After Endovascular Aortic Aneurysm Repair. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 52(6), 729–734. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2016.07.007>
25. Guo, Q., Zhao, J., Huang, B., Yuan, D., Yang, Y., Zeng, G., Xiong, F., & Du, X. (2016). A Systematic Review of Ultrasound or Magnetic Resonance Imaging Compared with Computed Tomography for Endoleak Detection and Aneurysm Diameter Measurement after Endovascular Aneurysm Repair. In *Journal of Endovascular Therapy* (Vol. 23, Issue 6, pp. 936–943). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/1526602816664878>
26. Owens, D. K., Davidson, K. W., Krist, A. H., Barry, M. J., Cabana, M., Caughey, A. B., Doubeni, C. A., Epling, J. W., Kubik, M., Landefeld, C. S., Mangione, C. M., Pbert, L., Silverstein, M., Simon, M. A., Tseng, C. W., & Wong, J. B. (2019). Screening for Abdominal Aortic Aneurysm: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. In *JAMA - Journal of the American Medical Association* (Vol. 322, Issue 22, pp. 2211–2218). American Medical Association. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.18928>
27. Abbas, A., Hansrani, V., Sedgwick, N., Ghosh, J., & McCollum, C. N. (2014). 3D contrast enhanced ultrasound for detecting endoleak following endovascular aneurysm repair (EVAR). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 47(5), 487–492. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2014.02.002>
28. Gürtler, V. M., Sommer, W. H., Meimarakis, G., Kopp, R., Weidenhagen, R., Reiser, M. F., & Clevert, D. A. (2013). A comparison between contrast-enhanced ultrasound imaging and multislice computed tomography in detecting and classifying endoleaks in the follow-up after endovascular aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery*, 58(2), 340–345. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.01.039>
29. Zaiem, F., Almasri, J., Tello, M., Prokop, L. J., Chaikof, E. L., & Murad, M. H. (2018). A systematic review of surveillance after endovascular aortic repair. *Journal of Vascular Surgery*, 67(1), 320–331.e37. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.04.058>

30. Chung, J., Kordzadeh, A., Prionidis, I., Panayiotopoulos, Y., & Browne, T. (2015). Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) versus computed tomography angiography (CTA) in detection of endoleaks in post-EVAR patients. Are delayed type II endoleaks being missed? A systematic review and meta-analysis. In *Journal of Ultrasound* (Vol. 18, Issue 2, pp. 91–99). Springer Science+Business Media. <https://doi.org/10.1007/s40477-014-0154-x>
31. Εγχειρίδιο εξειδικευμένης χειρουργικής πρακτικής, Αγγειακή και Ενδαγγειακή Χειρουργική, Πέμπτη Έκδοση, Αθανάσιος Γιαννούκας, Μίλτος Λαζαρίδης, Ιωάννης Τσολάκης.
32. Avnesh S. Thakor, James Tanner, Shao J. Ong, Ynyr Hughes-Roberts, Shahzad Ilyas, Claire Cousins, Teik C. See, Darren Klass, Andrew P. Winterbottom, Radiological Evaluation of Abdominal Endovascular Aortic Aneurysm Repair, *Canadian Association of Radiologists Journal*, Volume 66, Issue 3, 2015, Pages 277-290, <https://doi.org/10.1016/j.carj.2014.12.003>.
33. Stevo Duvnjak, Endovascular Abdominal Aortic Repair- Endoleak Treatment
34. Zaiem, F., Almasri, J., Tello, M., Prokop, L. J., Chaikof, E. L., & Murad, M. H. (2018). A systematic review of surveillance after endovascular aortic repair. *Journal of Vascular Surgery*, 67(1), 320-331.e37. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.04.058>

