



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



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**"ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΟΞΕΙΑΣ
ΙΣΧΑΙΜΙΑΣ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ (ΕΜΜΕΣΑ ΚΑΙ ΑΜΕΣΑ
ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ
ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΕΜΒΟΛΗΣ ΚΑΙ ΟΞΕΙΑΣ ΘΡΟΜΒΩΣΗΣ)"**

υπό

ΝΙΚΟΛΑΟΥ Ι. ΥΦΑΝΤΗ

Ιατρού Ακτινοδιαγνώστη

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης

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

Λάρισα, 2020

Επιβλέπων:

Σπυρίδων Βασδέκης, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. *Σπυρίδων Βασδέκης, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*
2. *Ανδρέας Λάζαρης, Αναπληρωτής Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*
3. *Αθανάσιος Γιαννούκας, Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής, Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας*

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

“ Ultrasound evaluation of lower limb acute ischemia (direct and indirect ultrasound signs in relation to differential diagnosis between embolism and acute thrombosis) ”

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Βασδέκη Σπορίδων για τη διαθεσιμότητά του και τον πολύτιμο χρόνο του τον οποίο αφιέρωσε στη μελέτη και αξιολόγηση της εν λόγω Διπλωματικής εργασίας.. Η καθοδήγησή του και οι εύστοχες υποδείξεις του ήταν πολύτιμες για την εκπόνηση της εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το σύνολο του Εκπαιδευτικού προσωπικού για την εκπλήρωση ενός άρτια οργανωμένου Μεταπτυχιακού Προγράμματος, αποτέλεσμα του οποίου αποτελεί η συγγραφή της συγκεκριμένης Διπλωματικής.

Τέλος, θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου προς του ανθρώπους της Γραμματειακής υποστήριξης του Μεταπτυχιακού Προγράμματος, οι οποίοι ήταν πάντα πρόθυμοι να επιλύσουν τυχόν απορίες και να προσφέρουν καθοδήγηση σχετικά με τον προγραμματισμό και την παρουσίαση της Διπλωματικής.

Νικόλαος Ι. Υφαντής

Πίνακας Περιεχομένων

1. Περίληψη στα Ελληνικά	σελ.6
2. Περίληψη στα Αγγλικά	σελ.7
3. Εισαγωγή	σελ.8
A. Ανατομία	σελ.8
A.1 Δομή και λειτουργία του αρτηριακού τοιχώματος	σελ.8
A.2 Ανατομία του αρτηριακού συστήματος των κάτω άκρων	σελ.9
A.2.1 Αρτηρίες της πύελου	σελ.9
A.2.2 Αρτηρίες των κάτω άκρων	σελ.10
A.3 Ανατομικές παραλλαγές	σελ.12
A.4 Παράπλευρη κυκλοφορία	σελ.13
A.5 Υπερηχογραφική ανατομία των αρτηριών των κάτω άκρων	σελ.15
B. Αρχές υπερηχογραφικής εξέτασης	σελ.17
B.1 Στοιχεία ακουστικής	σελ.17
B.2 Πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι	σελ.17
B.3 Είδη ηχοβολεών	σελ.18
B.4 Το φαινόμενο Doppler	σελ.19
B.5 Doppler παλμικού κύματος και γωνία Doppler	σελ.20
B.6 Έγχρωμη Doppler απεικόνιση	σελ.21
B.7 Στρωτή και διαταραγμένη ροή	σελ.21
B.8 Φυσιολογικά υπερηχογραφικά ευρήματα περιφερικής αρτηρίας	σελ.22
B.9 Παθολογικά υπερηχογραφικά ευρήματα περιφερικής αρτηρίας	σελ.24
Γ. Οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων	σελ.26
Γ.1 Επιδημιολογία	σελ.26

Γ.2 Αιτιολογία	σελ.26
Γ.2.1 Εμβολή	σελ.28
Γ.2.2 Θρόμβωση	σελ.29
Γ.3 Παθοφυσιολογία	σελ.30
Γ.4 Διαφορική διάγνωση	σελ.30
Γ.5 Κλινική εικόνα	σελ.31
Γ.6 Διαγνωστική προσέγγιση οξείας ισχαιμίας	σελ.34
Γ.6.1 Διαγνωστικές εξετάσεις	σελ.34
Γ.6.2 Συνοπτικός διαγνωστικός αλγόριθμος της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων	σελ.35
4. Μεθοδολογία	σελ.39
5. Αποτελέσματα	σελ.39
A. Υπερηχογραφική διερεύνηση οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων	σελ.41
A.1 Ρυθμίσεις μηχανήματος	σελ.41
A.2 Διενέργεια υπερηχογραφικής εξέτασης	σελ.42
A.3 Παρουσίαση μελετών	σελ.47
A.3.1 Πρώτη μελέτη	σελ.47
A.3.2 Δεύτερη μελέτη	σελ.51
A.3.3 Τρίτη μελέτη	σελ.55
6. Συζήτηση- Συμπέρασμα	σελ.57
7. Βιβλιογραφία	σελ.61

1. Περίληψη

Εισαγωγή: Η οξεία ισχαιμία ενός μέλους αποτελεί ιατρικό επείγον. Η έγκαιρη αναγνώριση της αρτηριακής απόφραξης ως το αίτιο ενός κρύου και επώδυνου κάτω άκρου είναι κρίσιμη για την επιτυχή έκβαση της θεραπείας. Η άμεση αξιολόγηση της βιωσιμότητας του ισχαιμικού μέλους και η ικανότητα αποκατάστασης της αρτηριακής ροής γίνεται με κλινικά κριτήρια (Κατηγορία I, Πα, Πb, ΠΙ κατά Rutherford). Παρά το γεγονός πως η κλινική σταδιοποίηση καθορίζει κατά κύριο λόγο την απόφαση για επέμβαση επαναγγείωσης ή ακρωτηριασμό, η απεικόνιση με έγχρωμο και παλμικό Doppler ως εξέταση πρώτης γραμμής, επηρεάζει και διευκολύνει τον τύπο της επέμβασης επαναγγείωσης που είναι βέλτιστος σε κάθε περίπτωση ανάλογα με το αν η απόφραξη οφείλεται σε εμβολή ή οξεία θρόμβωση. Στην παρούσα μελέτη επιχειρείται η υπερηχογραφική προσέγγιση της οξείας ισχαιμίας του κάτω άκρου. Επιπλέον, γίνεται ανασκόπηση και κριτική αξιολόγηση των άμεσων και έμμεσων υπερηχογραφικών κριτηρίων για τη διαφοροδιάγνωση της οξείας θρόμβωσης από την εμβολή.

Μεθοδολογία: Μελετήθηκε η ηλεκτρονική βιβλιοθήκη Pubmed, Scopus, Medline, Cochrane library καθώς και συγγράμματα Ακτινολογίας και Αγγειοχειρουργικής. Η μελέτη δεν εξετάζει άλλα αίτια οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων πέραν της εμβολής και της θρόμβωσης και δεν θα γίνει αναφορά σε παρακαμπτήρια μοσχεύματα ή ενδοπροθέσεις αγγείων (stent). Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ‘οξεία ισχαιμία κάτω άκρων’, ‘οξεία αρτηριακή θρόμβωση’, ‘εμβολή κάτω άκρου’, ‘διαφοροδιάγνωση εμβολής/ θρόμβωσης’, ‘Doppler ή Duplex υπέρηχος στην οξεία ισχαιμία’ και ο συνδυασμός τους.

Αποτελέσματα: Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αποκάλυψε πολυάριθμα άρθρα και συγγράμματα τα οποία εξετάζουν τη νοσολογική οντότητα της οξείας ισχαιμίας, τις αρχές υπερηχογραφικής προσέγγισης της εξέτασης του αρτηριακού δικτύου των κάτω άκρων και ειδικότερα στο πλαίσιο οξείας ισχαιμίας, με αναφορές στα έμμεσα υπερηχογραφικά κριτήρια διαφοροδιάγνωσης μεταξύ οξείας εμβολής και οξείας θρόμβωσης. Ωστόσο, αποκάλυψε επίσης τον περιορισμένο αριθμό μελετών οι οποίες έχουν διεξαχθεί σε σχέση με την αναζήτηση άμεσων υπερηχογραφικών κριτηρίων για τη διαφορική διάγνωση εμβολής και θρόμβωσης στην οξεία ισχαιμία.

Συζήτηση: Ο υπέρηχος αποτελεί σημαντικό εργαλείο στη διαχείριση ασθενών με οξεία ισχαιμία. Σε συνδυασμό με τα κλινικά ευρήματα παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τη διαφορική διάγνωση μεταξύ εμβολής και θρόμβωσης στην οξεία ισχαιμία. Τρεις ιδιαιτέρως σημαντικές μελέτες εξετάζουν τη μεταβολή στις διαμέτρους των αποφραγμένων αρτηριακών στελεχών σε σχέση με το αντίστοιχο ετερόπλευρο αρτηριακό στέλεχος και προτείνουν την εφαρμογή της ως άμεσο υπερηχογραφικό κριτήριο για τη διαφορική διάγνωση μεταξύ εμβολής και θρόμβωσης. Ο περιορισμένος αριθμός μελετών καταδεικνύει το μεγάλο πεδίο έρευνας και μελέτης σε σχέση με τα άμεσα υπερηχογραφικά κριτήρια διαφορικής διάγνωσης της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων.

Λέξεις- Κλειδιά: οξεία ισχαιμία κάτω άκρων, οξεία αρτηριακή θρόμβωση, εμβολή κάτω άκρου, διαφοροδιάγνωση εμβολής/ θρόμβωσης, Doppler ή Duplex υπέρηχος στην οξεία ισχαιμία

2. Abstract

Introduction: Acute lower limb ischemia (ALI) consist a medical emergency. The prompt recognition of arterial occlusion as the etiologic factor of a cold and painful limb, it is crucial for a successful management. The evaluation of the ischemic limb viability and the potential blood flow restoration, is determined with clinical criteria (Category I, IIa, IIb, III according to the Rutherford Classification). Despite the fact that the clinical classification is indispensable as it concerns the decision for revascularization or amputation of the ischemic limb, the usage of Duplex ultrasonography as a first line exam, affects the optimal revascularization method, accordingly to the embolic or thrombotic etiology of the obstruction. In the present study, a sonographic approach of acute limb ischemia is attempted. Furthermore, a review and a critical evaluation of the literature is presented in relation with the direct and indirect US signs, in order to facilitate differential diagnosis between embolic and thrombotic etiology of ALI.

Methothology: The Pubmed, Scopus , Medline and Cohrane electronic Library in conjunction with Radiology and Vascular Surgery books were studied. The present study does not examine different causes of ALI except for embolization and thrombosis and in addition it does not refer to patients with by pass grafts or stents. The key words used were acute lower limb ischemia, acute arterial thrombosis, lower limb embolism, differential diagnosis embolism vs thrombosis, doppler or duplex US in acute ischemia and their combinations.

Results: A qualitative review of the current literature revealed plenty of scientific reports and relative books which evaluate the nosologic entity of ALI, the principles of sonographic exam of peripheral arteries and in particular at the presence of ALI, with presentation of indirect US signs in relation to the differential diagnosis between acute embolization and acute thrombosis. However, the research, also, revealed a limited number of clinical series evaluating potential direct US signs for the differential diagnosis of the under examination causes.

Discussion: Ultrasound consists an important tool in the management of patients with ALI. In conjunction with clinical findings provides significant information in the context of differential diagnosis between embolic and thrombotic etiology of ALI. Three considerable clinical studies examine the alteration in artery diameter between the site of occlusion and the corresponding level of the healthy artery at the opposite limb and they propose the adoption of this parameter as a direct US sign for the discrimination between embolization and thrombosis. The limited number of clinical studies demonstrates the huge field for future research in relation to the direct signs in order to identify the underlying cause of ALI (embolic versus thrombotic).

Key words: acute lower limb ischemia, acute arterial thrombosis, lower limb embolism, differential diagnosis embolism/ thrombosis, doppler or duplex US in acute ischemia

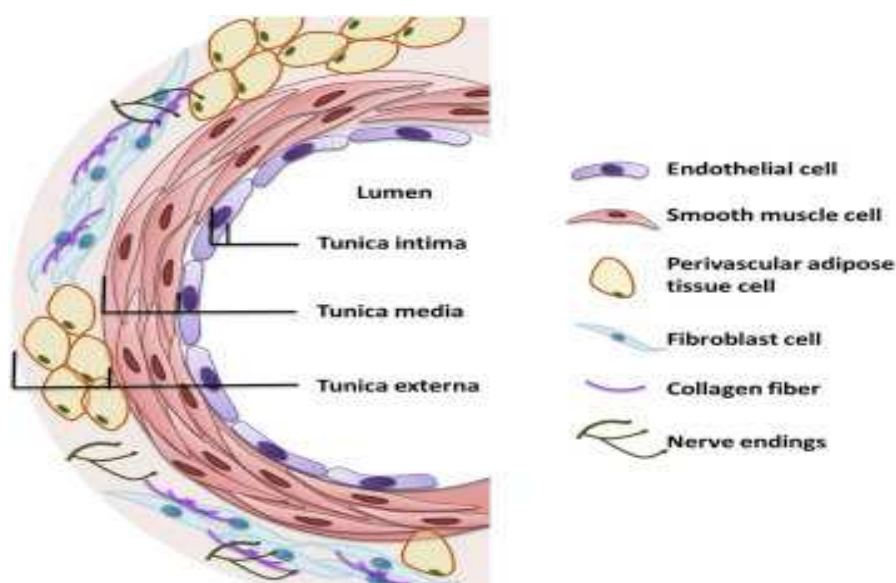
3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατάλληλη και έγκαιρη αξιολόγηση της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων είναι ζωτικής σημασίας. Εξίσου σημαντική, ωστόσο, για την εφαρμογή της κατάλληλης θεραπείας είναι η αποσαφήνιση της αιτιολογίας του ισχαιμικού συμβάντος (εμβολή ή θρόμβωση). Η έγκαιρη θεραπευτική παρέμβαση μπορεί να επιφέρει τη διάσωση του σκέλους ενώ, αντιθέτως, η καθυστερημένη αντιμετώπιση δύναται να οδηγήσει σε αυξημένη θνητότητα, συμπεριλαμβανομένου την απώλεια του μέλους ή ακόμα και τον θάνατο. Η ενδεδειγμένη διαχείριση του ισχαιμικού μέλους καθορίζεται από τον υποκείμενο αιτιολογικό παράγοντα.

Τυπικά κλινικά ευρήματα της οξείας ισχαιμίας περιλαμβάνουν το άλγος, την ωχρότητα, την απουσία σφυγμικού κύματος, την ποικιλοθερμία (ψυχρό κάτω άκρο), τις παραισθησίες και την παράλυση. Τα ανωτέρω κλινικά χαρακτηριστικά, σε συνδυασμό με την εφαρμογή συσκευής Doppler επιτρέπουν την κλινική αξιολόγηση της νόσου κατά Rutherford (κατηγορία I, IIa, IIb, III). Ως εκ τούτου η διάγνωση της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων και ως επακόλουθο η θεραπευτική διαχείριση, βασίζεται κατά κύριο λόγο σε κλινικές παραμέτρους. Ωστόσο, η χρήση απεικονιστικών μεθόδων και ειδικότερα του αγγειακού υπερηχογραφήματος ως εξέταση πρώτης γραμμής, επιτρέπει την επιβεβαίωση της διάγνωσης και την αναγνώριση του αιτίου, με αποτέλεσμα την εφαρμογή της βέλτιστης θεραπευτικής παρέμβασης (χειρουργική παράκαμψη, ενδαγγειακή θεραπεία, υβριδική αντιμετώπιση ή θρομβόλυση).

A. ANATOMIA

A.1 Δομή και λειτουργία του αρτηριακού τοιχώματος



Εικόνα 1. Σχηματική απεικόνιση της δομής του αρτηριακού τοιχώματος

Το τοίχωμα των μεγάλων αρτηριών αποτελείται από τρία στρώματα:

α. Ο έσω χιτώνας αποτελείται από μονό στρώμα ενδοθηλιακών κυττάρων, με υποστήριξη από μία συνεχή βασική μεμβράνη και από έσω ελαστικές ίνες

Τα ενδοθηλιακά κύτταρα:

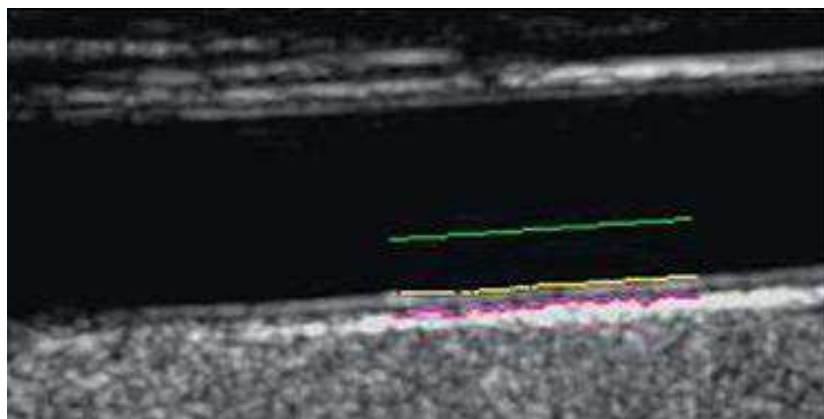
- Ρυθμίζουν τη διαδικασία της αιμόστασης και της θρόμβωσης
- Αλληλεπιδρούν με τα λευκά αιμοσφαίρια
- Παράγουν αυξητικούς παράγοντες
- Είναι διαπερατά σε θρεπτικές ουσίες
- Ελέγχουν τον αγγειακό τόνο

β. Ο μέσος χιτώνας περιέχει λεία μυϊκά κύτταρα τα οποία είναι υπεύθυνα για:

- Τη μυϊκή σύσπαση με σκοπό τη διατήρηση του αγγειακού τόνου
- Για τη σύνθεση ενός στρώματος κολλαγόνου, ελαστίνης και γλυκοπρωτεϊνών

γ. Ο ορογόνος χιτώνας αποτελείται από ινοβλάστες εντός ενός στρώματος από κολλαγόνο και γλυκοπρωτεΐνες

Ο υπέρηχος μπορεί να διακρίνει τα τρία στρώματα του αρτηριακού τοιχώματος και να υπολογίσει το πάχος του έσω-μέσου χιτώνα. Η εν λόγω μέτρηση έχει καλή συσχέτιση με τον μελλοντικό κίνδυνο για κλινικά σημαντική αρτηριακή νόσο.
[1]



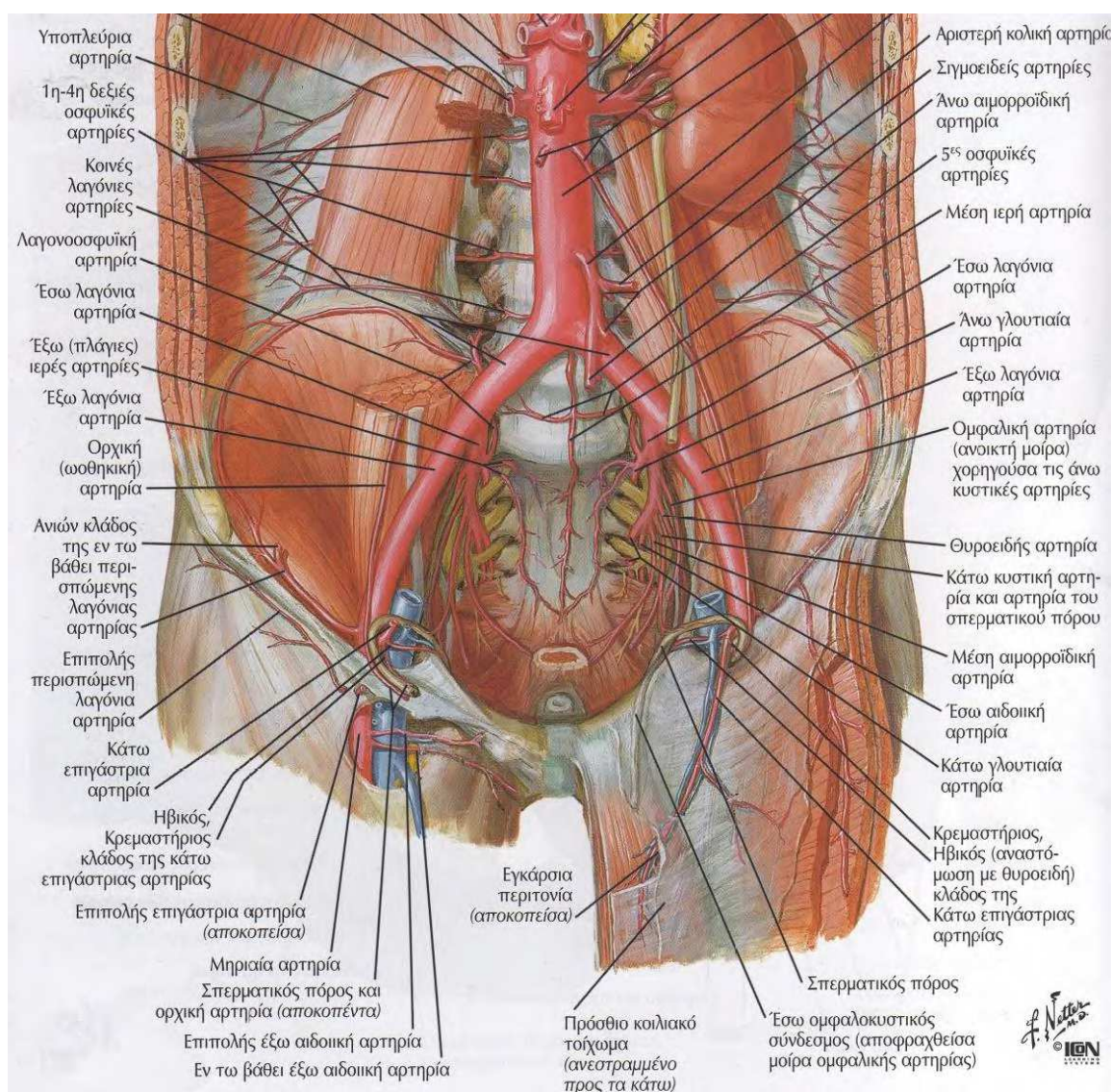
Εικόνα 2. Το πάχος του έσω-μέσου χιτώνα υπολογίζεται ως η απόσταση ανάμεσα στην κίτρινη και τη ροζ γραμμή

A.2. Ανατομία του αρτηριακού συστήματος των κάτω άκρων

A.2.1 Αρτηρίες της πυέλου

Στο ύψος μεταξύ τέταρτου και πέμπτου οσφυϊκού σπονδύλου η κοιλιακή αορτή διαιρείται στις δύο κοινές λαγόνιες αρτηρίες. Αυτές κατέρχονται εντός της

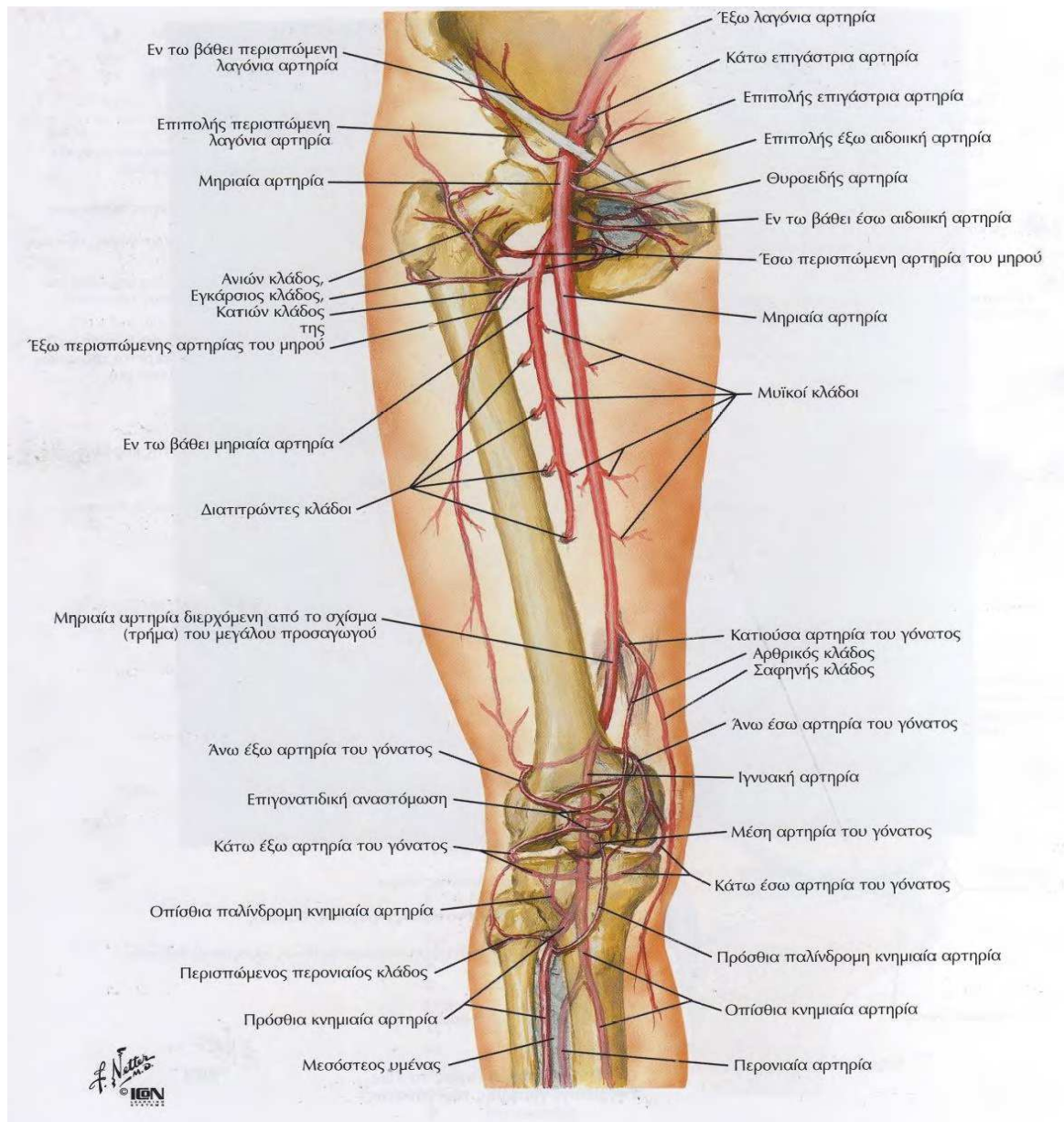
πύελου ακολουθώντας τοξοειδή πορεία μέχρι το διχασμό τους στο απώτερο οπίσθιο σημείο της διαδρομής τους. Οι κοινές και οι έξω λαγόνιες φλέβες βρίσκονται οπισθίως των αντίστοιχων αρτηριακών στελεχών. Οι έξω λαγόνιες αρτηρίες εκφύονται στο ύψος των ιερολαγόνιων διαρθρώσεων και έχουν οπίσθια πορεία για την αιμάτωση των οργάνων της πύελου καθώς και των πυελικών τοιχωμάτων. Οι έξω λαγόνιες αρτηρίες αποτελούν τη συνέχεια των κοινών λαγόνιων αρτηριών ενώ στο επίπεδο των βουβωνικών συνδέσμων πριν τη μετάπτωσή τους στις κοινές μηριαίες αρτηρίες, εκφύονται από αυτές οι εν τω βάθει περισπώμενες λαγόνιες αρτηρίες και οι κάτω επιγαστρικές αρτηρίες. Οι δύο τελευταίες αρτηρίες μπορούν λειτουργήσουν ως παράπλευρο δίκτυο σε περίπτωση αρτηριακής απόφραξης στο ύψος της πύελου.



Εικόνα 3. Αρτηρίες της πύελου [2]

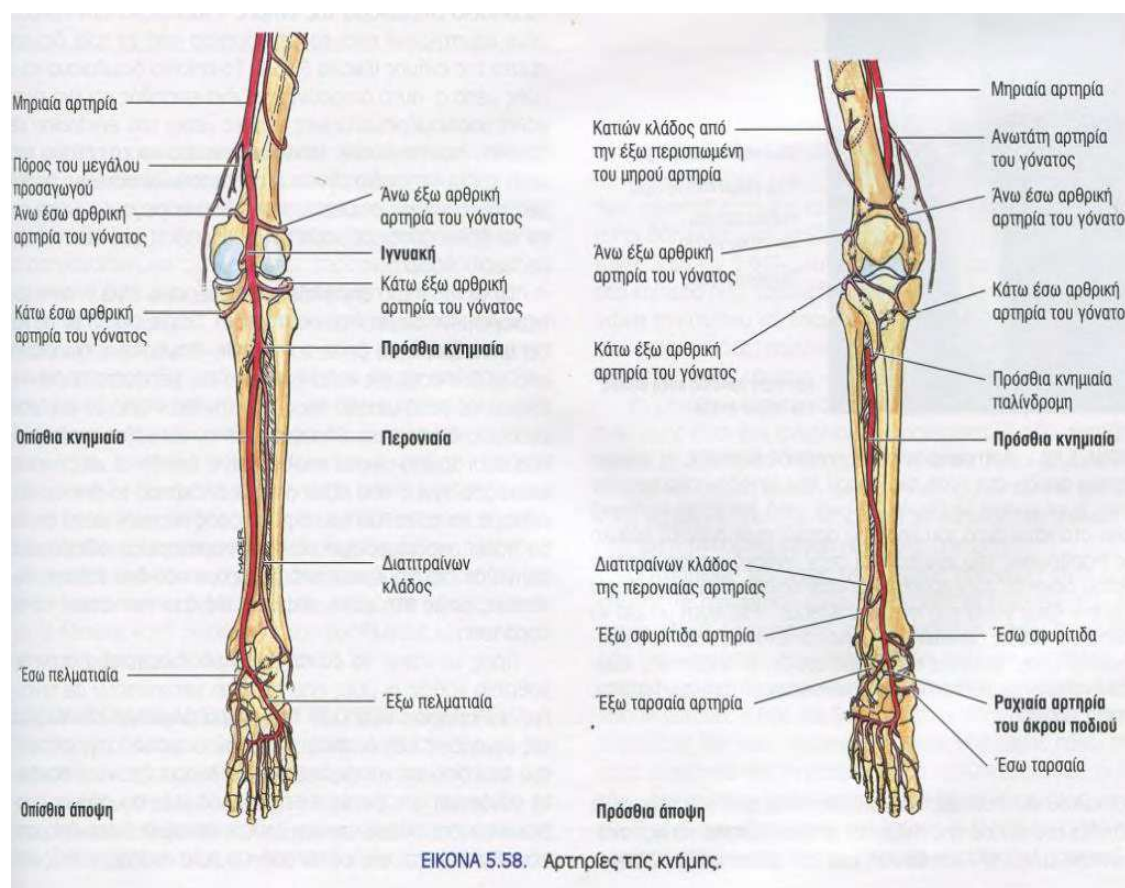
A.2.2 Αρτηρίες των κάτω άκρων

Η κοινή μηριαία αρτηρία έχει μήκος 2-4cm και κάτωθεν του βουβωνικού συνδέσμου διχάζεται στην εν τω βάθει μηριαία αρτηρία η οποία συνεχίζει στην οπισθοπλάγια επιφάνεια του μηρού και στην επιπολής μηριαία αρτηρία. Από το εγγύς τμήμα της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας εκφύονται οι έσω και έξω περισπώμενες αρτηρίες οι οποίες αποτελούν την κύρια οδό παράπλευρης κυκλοφορίας σε περίπτωση σοβαρής αρτηριακής στένωσης ή απόφραξης στο επίπεδο της πυέλου. Επιπρόσθετα, η εν τω βάθει μηριαία αρτηρία συνιστά το σημαντικότερο παράπλευρο δίκτυο σε περίπτωση αποφρακτικής βλάβης του μηροϊγνυακού στελέχους. Η επιπολής μηριαία αρτηρία δίνει λιγιστούς κλάδους πριν την είσοδό της στον πόρο των προσαγωγών και τη μετάπτωσή της στην ιγνυακή αρτηρία με σημαντικότερη την κατιούσα αρτηρία του γόνατος.



Εικόνα 4. Αρτηρίες του μηρού [2]

Οι επεμβατικοί ακτινολόγοι και οι αγγειοχειρουργοί υποδιαιρούν την ιγνυακή αρτηρία σε τρία τμήματα στην αγγειογραφία με το πρώτο να εκτείνεται μέχρι το ανώτερο όριο της επιγονατίδας, το δεύτερο μέχρι το μεσάρθριο διάστημα της κατά γόνυ αρθρώσεως και το τρίτο μέχρι την έκφυση της πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας η οποία εκτείνεται μέχρι την ανώτερη επιφάνεια της άρθρωσης του αστραγάλου μεταπίπτοντας στην ραχιαία αρτηρία του άκρου ποδός. Η ιγνυακή αρτηρία μετά την έκφυση της πρόσθιας κνημιαίας, ως πιο συχνή ανατομική ποικιλία, συνεχίζει ως κνημοπερονιαίο στέλεχος σε μήκος 1-5cm και διχάζεται σε οπίσθια κνημιαία και περονιαία αρτηρία. Η οπίσθια κνημιαία αρτηρία αποτελεί τη σημαντικότερη αρτηρία του κατώτερου άκρου πόδα και συνεχίζει οπισθίως του έσω σφυρού προς τη περιοχή του πέλματος όπου διχάζεται στην έξω και έσω πελματιαία αρτηρία. Η έξω πελματιαία αρτηρία εκτείνεται μέχρι το εν τω βάθει πελματιαίο τόξο όπου συμπληρώνει το τόξο του άκρου πόδα μέσω παράπλευρων κλάδων της ραχιαίας αρτηρίας του άκρου ποδός, εγκαθιστώντας με αυτόν τον τρόπο επικοινωνία με κλάδους της πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας. Η περονιαία αρτηρία έχει πορεία οπισθοκεντρικά της περόνης μέχρι και το άπω τμήμα του σκέλους όπου δίνει μυϊκούς κλάδους και λειτουργεί ως παράπλευρο δίκτυο σε περίπτωση αποφράξεων έτερων αρτηριακών στελεχών. [3]



Εικόνα 5. Αρτηρίες της κνήμης και του άκρου πόδα[3]

A.3 Ανατομικές παραλλαγές

Πίνακας 1. Οι ανατομικές παραλλαγές των αρτηριών του κάτω άκρου [4]

Παραλλαγή	Ποσοστό % στον γενικό πληθυσμό
Διπλασιασμός της επιπολής μηριαίας αρτηρίας	Σπάνια
Υψηλή θέση διχασμού της ιγνυακής αρτηρίας	4
Υψηλή θέση διχασμού της ιγνυακής αρτηρίας, με την περνιαία αρτηρία να εκφύεται από την πρόσθια κνημιαία αρτηρία	2
Φυσιολογική θέση διχασμού της ιγνυακής αρτηρίας, με την περνιαία αρτηρία να εκφύεται από την πρόσθια κνημιαία αρτηρία	Σπάνια
Υποπλασία ή απλασία της πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας με συνακόλουθη απουσία σφυγμού της ραχιαίας του ποδός αρτηρίας	4-12
Έκτοπη θέση της ραχιαίας του ποδός αρτηρίας	8
Απουσία της οπίσθιας κνημιαίας αρτηρίας, ενώ μπορεί να υπάρχει περιφερικός επανασχηματισμός της στο ύψος των σφυρών από την περνιαία αρτηρία	1-5

A.4 Παράπλευρη κυκλοφορία

α. Σε απόφραξη του περιφερικού τμήματος της αορτής ή αμφοτερόπλευρης απόφραξης των κοινών λαγόνιων αρτηριών:

- Από αρτηρίες του θωρακικού και του κοιλιακού τοιχώματος προς αρτηρίες της πυέλου περιφερικά του σημείου της απόφραξης
- Από αρτηρίες του εντερικού σωλήνα προς αρτηρίες της πυέλου περιφερικότερα του σημείου της απόφραξης

- Από οσφυϊκές αρτηρίες προς αρτηρίες της πυέλου περιφερικότερα του σημείου της απόφραξης

β. Σε ετερόπλευρη απόφραξη της κοινής λαγονίου αρτηρίας:

- Από την αντίπλευρη λαγόνια και/ ή μηριαία αρτηρία προς αρτηρίες της πυέλου ή του μηρού περιφερικότερα του σημείου της απόφραξης
- Οδοί παράπλευρης κυκλοφορίας όπως αυτές που αναφέρθηκαν, με άρδευση προς τις σύστοιχες αρτηρίες της πυέλου
- Συγκεκριμένα, σε απόφραξη της κοινής λαγονίου αρτηρίας με βατή την έξω λαγόνια αρτηρία, από οσφυϊκές αρτηρίες προς τις λαγονοοσφυϊκές αρτηρίες της έσω λαγονίου και μέσω αναστροφής ροής της προς την έξω λαγόνια αρτηρία. Επίσης μπορεί επικοινωνία από την αντίπλευρη έσω λαγόνια προς τη σύστοιχη έσω λαγόνια αρτηρία

γ. Σε απόφραξη της έξω λαγονίας αρτηρίας και της κοινής μηριαίας αρτηρίας:

- Αγγεία παράπλευρης κυκλοφορίας που εκφύονται πρωταρχικά από σύστοιχες αρτηρίες της πυέλου ή από αντίπλευρες αρτηρίες της πυέλου και/ ή του μηρού, αρδύοντας αρτηρίες του κεντρικού τμήματος του μηρού περιφερικότερα του σημείου της απόφραξης
- Οδοί παράπλευρης κυκλοφορίας που αναφέρθηκαν προηγούμενα, μπορεί επίσης να συμμετέχουν σε κάποιο βαθμό
- Συγκεκριμένα, σε απόφραξη της κοινής μηριαίας αρτηρίας με βατό τον μηριαίο διχασμό, από σύστοιχες πυελικές αρτηρίες μέσω των περισπόμενων μηριαίων αρτηριών προς την εν τω βάθει μηριαία αρτηρία η οποία μέσω αναστροφής ροής τροφοδοτεί την επιπολής μηριαία αρτηρία. Σε απόφραξη της έξω λαγονίου αρτηρίας με βατή την κοινή μηριαία αρτηρία, από πυελικούς κλάδους της έσω λαγονίου προς την εν τω βάθει περισπόμενη λαγόνια αρτηρία ή την κάτω επιγαστρία αρτηρία

δ. Σε απόφραξη της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας :

- Από κεντρικότερες σύστοιχες αρτηρίες της πυέλου, αντίπλευρες αρτηρίες της πυέλου και/ ή αντίπλευρες αρτηρίες του μηρού, προς την εν τω βάθει μηριαία αρτηρία περιφερικότερα του σημείου της απόφραξης
- Από το περιφερικό τμήμα της επιπολής μηριαίας αρτηρίας ή την ιγνυακή αρτηρία, προς το περιφερικό τμήμα της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας

ε. Σε απόφραξη της επιπολής μηριαίας αρτηρίας ή της ιγνυακής αρτηρίας:

- Από την εν τω βάθει μηριαία αρτηρία προς το περιφερικό τμήμα της επιπολής μηριαίας αρτηρίας ή προς την ιγνυακή αρτηρία
- Από το περιφερικό τμήμα της επιπολής μηριαίας αρτηρίας, προς την ιγνυακή αρτηρία ή προς το κεντρικό τμήμα των αρτηριών του τριχασμού στη γαστροκνημία

- Από το κεντρικό προς το περιφερικό τμήμα της ιγνυακής αρτηρίας και/ή από την ιγνυακή αρτηρία προς τις αρτηρίες του τριχασμού
- Συγκεκριμένα, σε απόφραξη της ιγνυακής αρτηρίας με βατό, ωστόσο, το περιφερικό της τμήμα, από τις άνω προς τις κάτω γονατιαίες αρτηρίες. Σε απόφραξη της επιπολής μηριαίας αρτηρίας με βατό το τμήμα της ιγνυακής αρτηρίας πάνω ή κάτω από το γόνατο, από κλάδους της εν τω βάθει μηριαίας αρτηρίας προς τις άνω ή κάτω γονατιαίες αρτηρίες αντίστοιχα ή και προς την κατιούσα αρτηρία του γόνατος στην πρώτη περίπτωση

στ. Σε απόφραξη των αρτηριών του τριχασμού:

- Από βατές αρτηρίες του κεντρικού τμήματος της γαστροκνημίας προς περιφερικές αρτηρίες του κατώτερου τμήματος της κνήμης ή της χώρας του αστραγάλου
- Από περιφερικούς περνιαίους κλάδους προς περιφερικά τμήματα της πρόσθιας ή της οπίσθιας κνημιαίας αρτηρίας [4, 5]

A.5 Υπερηχογραφική ανατομία των αρτηριών των κάτω άκρων

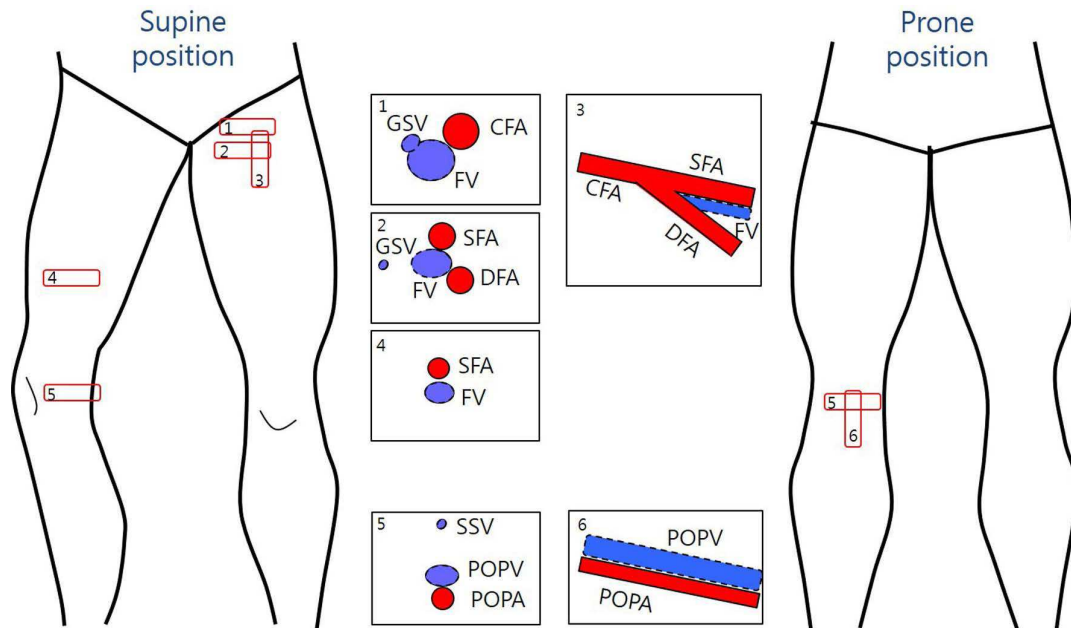
Οι αρτηρίες μπορούν να διαφοροποιηθούν υπερηχογραφικά από τις φλέβες μέσω ποικίλων χαρακτηριστικών. Κατά πρώτον, οι αρτηρίες έχουν στρογγυλό σχήμα σε εγκάρσιες τομές ενώ οι φλέβες είναι περισσότερο ωοειδείς. Δεύτερον, οι αρτηρίες είναι μικρότερου μεγέθους από τις φλέβες. Τρίτον, οι αρτηρίες έχουν ορατά τοιχώματα και σε ορισμένες περιπτώσεις φέρουν αποτιτανώσεις. Τέταρτον, όταν οι φλέβες δέχονται πίεση με τον ηχοβολέα συμπιέζονται πλήρως ενώ οι αρτηρίες μερικώς.

Η υπερηχογραφική εξέταση των αρτηριών των κάτω άκρων ξεκινά στο ύψος της βουβωνικής πτυχής τοποθετώντας τον ηχοβολέα εγκαρσίως στην κοινή μηριαία αρτηρία με τον εξεταζόμενο σε ύπτια θέση. Η κοινή μηριαία αρτηρία ελέγχεται επί τα εκτός της μηριαίας φλέβας στην οποία εκβάλλει προσθίως και επί τα εντός η μείζων σαφηνής φλέβα. Αμέσως κάτωθεν, η επιπολής και η εν τω βάθει μηριαία αρτηρία απεικονίζονται παραπλεύρως της μηριαίας φλέβας με το χαρακτηριστικό σχηματισμό της κεφαλής του Mickey Mouse σε εγκάρσιο επίπεδο. Από το εγγύς προς το άπω τμήμα του μηρού, η σάρωση διενεργείται κατά μήκος της επιπολής μηριαίας αρτηρίας η οποία καθόλη την πορεία της βρίσκεται σε γειτνίαση με τη μηριαία φλέβα.

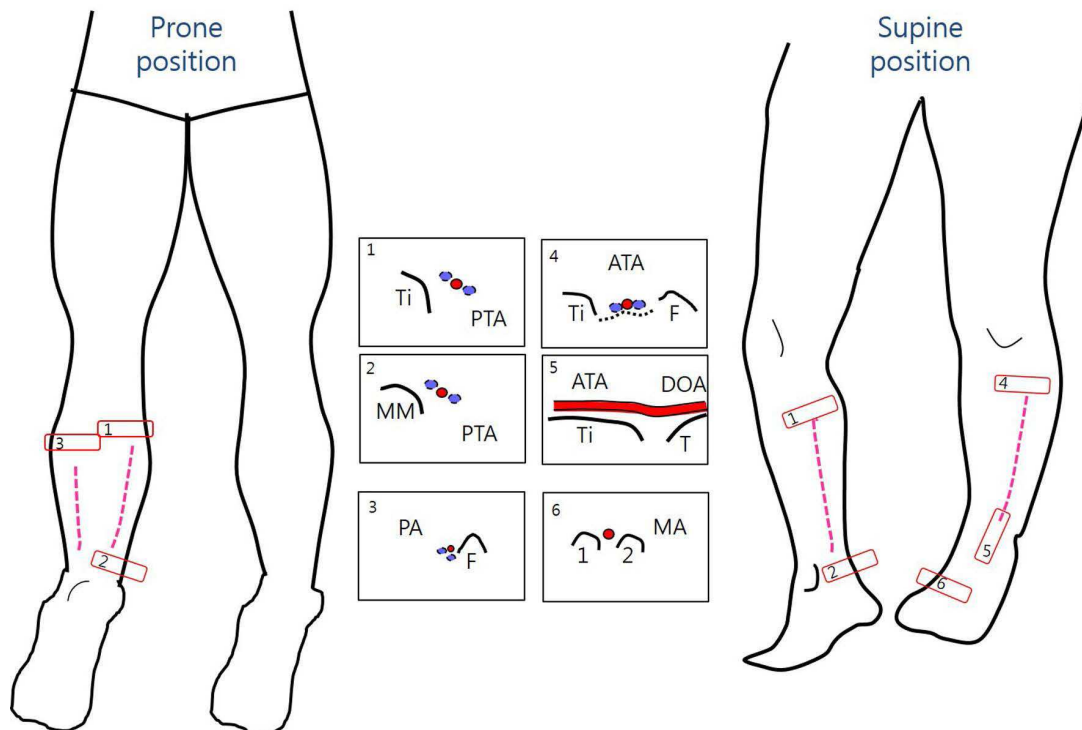
Η ιγνυακή αρτηρία απεικονίζεται κεντρικά εντός του ιγνυακού βόθρου ανάμεσα στην έσω και την έξω κεφαλή των γαστροκνήμιων μυών. Η αξιολόγηση της οπίσθιας κνημιαίας αρτηρίας μπορεί να ξεκινήσει είτε από την έκφυσή της στο κνημοπερνιαίο στέλεχος είτε στην περιφέρεια οπισθίως του έσω σφυρού ανάλογα με τον τρόπο διενέργειας της σάρωσης. Η περνιαία αρτηρία εξετάζεται στην εξωτερική επιφάνεια της γαστροκνημίας και απεικονίζεται παραπλεύρως της περόνης.

Η εξέταση της πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας μπορεί να διενεργηθεί είτε ξεκινώντας από την πρόσθια επιφάνεια της άρθρωσης του αστραγάλου είτε από την εγγύς προσθιοπλάγια επιφάνεια της κνήμης μεταξύ του κνημιαίου και του περνιαίου οστού και σαρώνοντας με την αντίστοιχη φορά. Ο ηχοβολέας

οδηγείται προς την ραχιαία επιφάνεια του άκρου ποδός για την αξιολόγηση της ραχιαίας αρτηρίας ενώ συνεχίζοντας, ανάμεσα στο πρώτο και το δεύτερο μετατόρσιο οστό, αξιολογείται η πρώτη ραχιαία μετατόρσια αρτηρία. [6]



Εικόνα 6. Τα βήματα της έγχρωμης υπερηχογραφικής εξέτασης των αρτηριών του κάτω άκρου ύπερθεν της άρθρωσης του γόνατος με την ενδεδειγμένη θέση του εξεταζόμενου και τις χαρακτηριστικές υπερηχογραφικές τομές σε κάθε θέση. [6]



Εικόνα 7. Τα βήματα της έγχρωμης υπερηχογραφικής εξέτασης των αρτηριών του κάτω άκρου κάτωθεν της άρθρωσης του γόνατος με την ενδεδειγμένη θέση του εξεταζόμενου και τις χαρακτηριστικές υπερηχογραφικές τομές σε κάθε θέση[6]

B. ΑΡΧΕΣ ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ

B.1 Στοιχεία ακουστικής

Η υπερηχοτομογραφία χρησιμοποιεί υπερηχητικούς παλμούς οι οποίοι μεταδίδονται εντός του σώματος. Οι ηχητικοί παλμοί που μεταδίδονται στο ανθρώπινο σώμα είναι δυνατό να ανακλαστούν, να σκεδαστούν, να διαθλαστούν, ή να απορροφηθούν. Η ανάκλαση ή οπίσθια σκέδαση συμβαίνουν όταν ο ήχος συναντά τη διεπιφάνεια ιστών με διαφορετική ακουστική αντίσταση. Η ένταση της ανάκλασης και ως εκ τούτου η ένταση του παραγόμενου σήματος εξαρτώνται από τη διαφορά της ακουστικής αντίστασης μεταξύ των ιστών, το μέγεθος της διεπιφάνειας, από τα χαρακτηριστικά της κάθε επιφάνειας και από τον προσανατολισμό αυτής σε σχέση με τον μεταδιδόμενο ηχητικό παλμό. Η σκέδαση αναφέρεται στην αλλαγή κατεύθυνσης του ήχου προς πολλαπλές κατευθύνσεις. Προκαλεί ασθενές σήμα και συμβαίνει όταν ο παλμός απαντά μικρή ακουστική διεπιφάνεια ή μεγάλη ανώμαλη επιφάνεια. Η διάθλαση αναφέρεται στην αλλαγή κατεύθυνσης του ήχου και συμβαίνει όταν ο ήχος συναντά μια διεπιφάνεια μεταξύ δύο ιστών οι οποίοι μεταδίδουν τον ήχο με διαφορετικές ταχύτητες. Η διάθλαση είναι σημαντική καθώς αποτελεί μία από τις αιτίες λαθεμένης εντόπισης μιας δομής σε μια εικόνα υπερήχων. Η απορρόφηση αναφέρεται στην απώλεια της ηχητικής ενέργειας δευτερογενώς, κατά τη μετατροπή της σε θερμική ενέργεια. Η απορρόφηση του ήχου αποτελεί την κύρια αιτία της ακουστικής σκιάς. Τα συνδυασμένα αποτελέσματα της ανάκλασης, της σκέδασης και της απορρόφησης προκαλούν την εξασθένιση της έντασης του ηχητικού παλμού καθώς αυτός μεταδίδεται δια μέσου των υλικών. [7]

B.2 Πιεζοηλεκτρικοί κρύσταλλοι

Οι κεραμικοί κρύσταλλοι οι οποίοι παραμορφώνονται και δονούνται όταν διαγείρονται ηλεκτρονικά, γεννούν τους ηχητικούς παλμούς οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη διαγνωστική υπερηχοτομογραφία. Η ηχώ που γυρνά στον ηχοβολέα παραμορφώνει τα στοιχεία του κρυστάλλου και γεννά έναν ηλεκτρικό παλμό ο οποίος μετατρέπεται σε εικόνα. Οι υψηλού πλάτους αντηχήσεις προκαλούν μεγαλύτερη παραμόρφωση του κρυστάλλου και παράγουν μεγαλύτερη ηλεκτρονική τάση. Προβάλλονται τότε στην εικόνα ως φωτεινότερα εικονοστοιχεία από ότι οι χαμηλού πλάτους αντηχήσεις.

Το μέγεθος και η σύνθεση του εκπεμπόμενου ηχητικού παλμού καθορίζει τη διακριτική ικανότητα της εικόνας. Η αξονική διακριτική ικανότητα αναφέρεται στη δυνατότητα να διακρίνουμε αντικείμενα εντός του επιπέδου απεικόνισης τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικό βάθος κατά μήκος της πορείας του ηχητικού παλμού. Αυτό εξαρτάται από το μήκος κύματος του παραγόμενου παλμού και καθώς αυτό είναι αντιστρόφως ανάλογο της συχνότητας, υψηλότερης συχνότητας ηχοβολείς παράγουν παλμούς μικρότερου μήκους κύματος και καλύτερης αξονικής διακριτικής ικανότητας. Δυστυχώς οι υψίσυχνοι ήχοι δεν διεισδύουν αρκετά βαθιά στους ιστούς, με αποτέλεσμα οι υψίσυχνοι ηχοβολείς να περιορίζονται στη

διερεύνηση επιφανειακών δομών. Η πλάγια διακριτική ικανότητα αφορά στη δυνατότητα να διακρίνουμε αντικείμενα τα οποία βρίσκονται δίπλα-δίπλα και στο ίδιο βάθος από τον ηχοβολέα. Εξαρτάται από την εντός επιπέδου διάμετρο του παλμού και μπορεί να μεταβάλλεται εντός ορίων, ρυθμίζοντας τη ζώνη εστίασης. Η αξιμούθεια διακριτική ικανότητα αναφέρεται στην ικανότητα να διακρίνουμε αντικείμενα τα οποία βρίσκονται στην ίδια απόσταση από τον ηχοβολέα αλλά εντοπίζονται κατακόρυφα ως προς το επίπεδο απεικόνισης. Εξαρτάται από την εκτός επιπέδου διάμετρο του παλμού η οποία ισοδυναμεί με το πάχος της τομογραφικής τομής. [7]

B.3 Είδη ηχοβολέων

B.3.1 Φασικής διάταξης ηχοβολείς

Στον φασικής διάταξης ηχοβολέα, κάθε στοιχείο της συστοιχίας συμμετέχει στον σχηματισμό κάθε εκπεμπόμενου παλμού. Ο φασικής διάταξης ηχοβολέας είναι μικρός σε μέγεθος και ως εκ τούτου ικανός να σαρώνει σε περιοχές όπου η ακουστική πρόσβαση είναι περιορισμένη. Ωστόσο, οι εν λόγω ηχοβολείς διαθέτουν μικρό επιφανειακό πεδίο θέασης και μικρές ικανότητες εστίασης στο εγγύς πεδίο και στην περιφέρεια της εικόνας. Επιπρόσθετα, έχουν καλές δυνατότητες εν τω βάθει απεικόνισης με τη μέθοδο Doppler αλλά υπολείπονται στην επιφανειακή απεικόνιση με τη μέθοδο Doppler.

B.3.2 Γραμμικής διάταξης ηχοβολείς

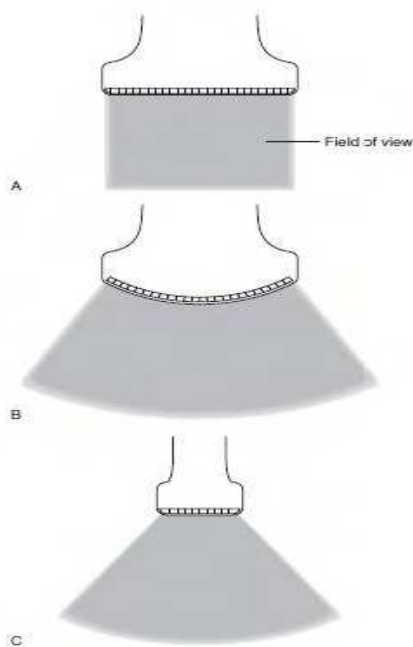
Οι γραμμικής διάταξης ηχοβολείς ενεργοποιούν μία περιορισμένη ομάδα από τα παρακείμενα κρυσταλλικά στοιχεία για να παράξουν τον κάθε παλμό. Κάθε ηχητικός παλμός μεταδίδεται παράλληλα και είναι προσανατολισμένος κάθετα στην επιφάνεια του ηχοβολέα, δημιουργώντας μία ορθογώνια εικόνα. Οι εν λόγω ηχοβολείς χαρακτηρίζονται από υψηλή διακριτική ικανότητα στο εγγύς πεδίο και μεγάλο επιφανειακό ορατό πεδίο. Κύρια μειονέκτηματά τους αποτελούν το μεγάλο μέγεθός τους το οποίο περιορίζει τη χρήση τους σε περιοχές μειωμένης ακουστικής πρόσβασης καθώς και το περιορισμένου βάθους ορατό πεδίο.

B.3.3 Καμπυλόγραμμη διάταξης ηχοβολείς

Τα υλικά είναι τοποθετημένα σε καμπυλόγραμμη διάταξη και παράγουν μία δέσμη που αποκλίνει όσο πάει σε βάθος. Δημιουργείται ευρύτερο άπω ορατό πεδίο αλλά ελαττώνεται η διακριτική ικανότητα του ανιχνευτή. Οι καμπυλόγραμμη διάταξης ηχοβολείς παρέχονται σε διαφορετικά μεγέθη και σχήματα και μπορούν να εξυπηρετήσουν διαφορετικές χρήσεις. [4, 5]

Πίνακας 2. Πλεονεκτήματα των διαφορετικών ηχοβολέων [4]

Φασικής διάταξης	Εύκολοι στη χρήση εκεί όπου η πρόσβαση είναι περιορισμένη Μεγάλο εν τω βάθει ορατό πεδίο
Γραμμικής διάταξης	Εξαιρετική διακριτική ικανότητα Μεγάλο επιφανειακό ορατό πεδίο
Καμπυλογραμμής διάταξης	Καλή διακριτική ικανότητα Μεγάλο εν τω βάθει και επιφανειακό ορατό πεδίο



Εικόνα 8. Α. Γραμμικής διάταξης ηχοβολέας Β. Καμπυλόγραμμης διάταξης ηχοβολέας Γ. Φασικής διάταξης ηχοβολέας [5]

B.4 Το Φαινόμενο Doppler

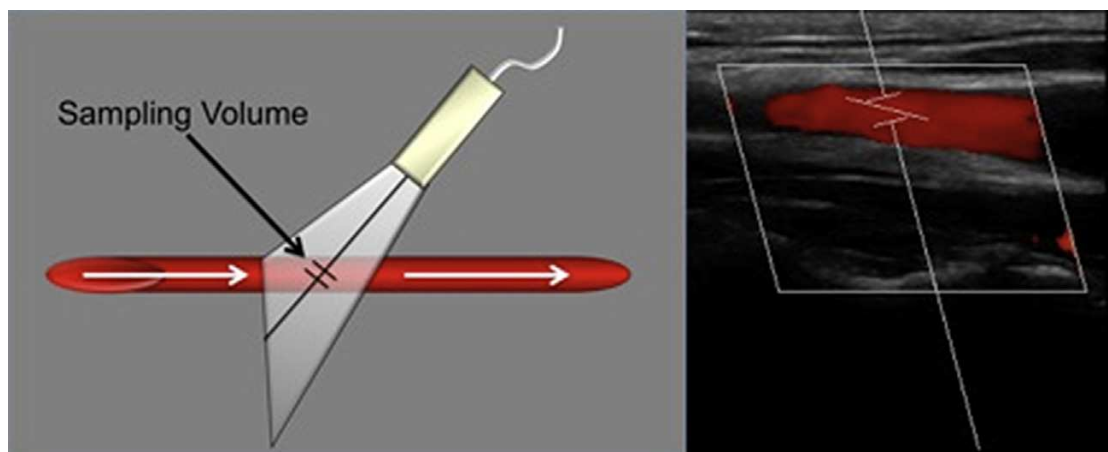
Φαινόμενο Doppler είναι η μεταβολή που παρατηρείται στο μήκος κύματος των ηχητικών κυμάτων εξαιτίας της σχετικής κίνησης μεταξύ της πηγής παραγωγής αυτών και του λήπτη. Τα αντικείμενα τα οποία κινούνται προς τον ηχοβολέα ανακλούν τον ήχο με υψηλότερη συχνότητα από εκείνη του προσπίπτοντος παλμού και αντικείμενα που απομακρύνονται ανακλούν τον ήχο με χαμηλότερη συχνότητα. Η διαφορά μεταξύ της εκπεμπόμενης και της λαμβανόμενης συχνότητας ονομάζεται μεταβολή της συχνότητας Doppler. Το μέγεθος της μεταβολής της συχνότητας καθορίζεται από την εξίσωση:

$$F_d = F_t - F_r = 2 \times F_t \times (V/C) \times \cos\theta$$

Όπου F_d = η μεταβολή της συχνότητας Doppler, F_t = η εκπεμπόμενη συχνότητα, F_r = η λαμβανόμενη συχνότητα, V = η ταχύτητα του κινούμενου στόχου (ταχύτητα ροής αίματος), C = η ταχύτητα του ήχου στα μαλακά μόρια και θ = η γωνία μεταξύ της κατεύθυνσης της ροής του αίματος και της κατεύθυνσης του εκπεμπόμενου ηχητικού παλμού [8, 7]

B.5 Doppler Παλμικού κύματος και γωνία Doppler

Οι συσκευές Doppler παλμικού κύματος εκπέμπουν μικρούς ηχητικούς παλμούς και στη συνέχεια αναμένουν την ηχώ που επιστρέφει. Χρησιμοποιώντας μια καθορισμένη εικόνα της μεθόδου διαβάθμισης του γκρι για να αναδείξουμε τα αγγεία που μας ενδιαφέρουν, η θέση του δειγματοληπτικού παραθύρου του Doppler μπορεί να ρυθμιστεί ώστε τα σήματα να αποκτώνται από συγκεκριμένα αγγεία. Αυτός ο συνδυασμός της υπερηχοτομογραφίας με τη μέθοδο διαβάθμισης του γκρι και της υπερηχοτομογραφίας με τη μέθοδο του Doppler παλμικού κύματος ονομάζεται υπερηχοτομογραφία διπλής υπερηχοτομογραφικής απεικόνισης. Όταν μέσω της τελευταίας τα δεδομένα της αιματικής ροής οπτικοποιούνται, η κυματομορφή η οποία προκύπτει εμπεριέχει τη Doppler πληροφορία ως τη μεταβολή της συχνότητας Doppler στον κατακόρυφο άξονα και τον χρόνο στον οριζόντιο άξονα.



Εικόνα 9. Τοποθέτηση δειγματοληπτικού παραθύρου για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών της αιματικής ροής [9]

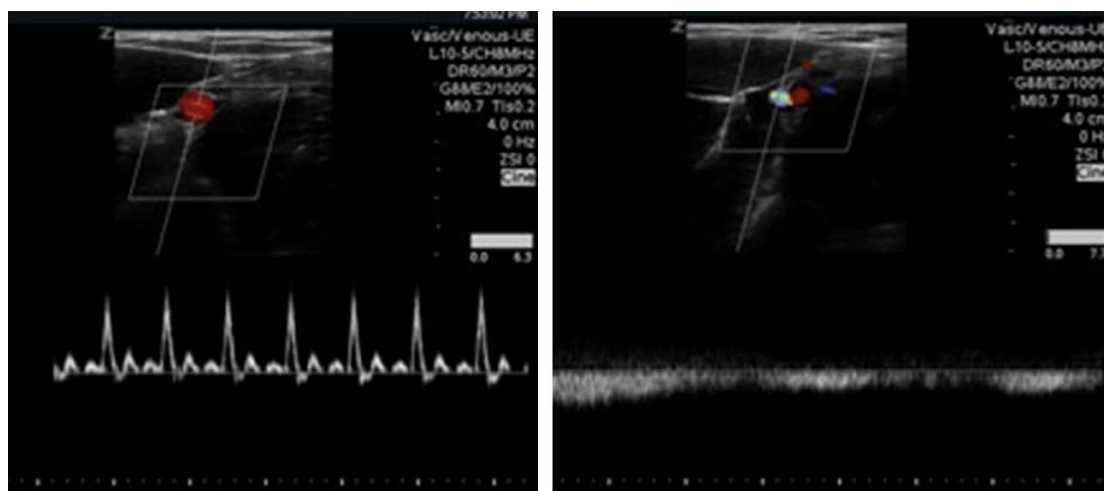
Όπως αποδεικνύεται στην εξίσωση Doppler, η μεταβολή της συχνότητας είναι ανάλογη της ταχύτητας. Ως εκ τούτου το μέγεθος της κυματομορφής μεταβάλλεται με τη ταχύτητα ροής του αίματος. Η μεταβολή της συχνότητας είναι επίσης ανάλογη του $\cos\theta$. Σε μία γωνία Doppler 90 μοιρών, το $\cos\theta = 0$ και καμία μεταβολή στη συχνότητα Doppler δε θα ανιχνευθεί. Με γωνία Doppler 0 μοιρών το $\cos\theta = 1$ και επειδή αυτή είναι η μέγιστη δυνατή τιμή για το $\cos\theta$, η μεταβολή της συχνότητας Doppler μεγιστοποιείται σε γωνία 0 μοιρών.

Λύνοντας την εξίσωση Doppler ως προς την ταχύτητα :

$$V = F_d \times 1 / F_t \times C \times 1 / \cos\theta \times 1 / 2$$

Η μόνη μη γνωστή παράμετρος η οποία απαιτείται για να καθοριστεί η ταχύτητα είναι η γωνία Doppler. Αυτή καθορίζεται ευθυγραμμίζοντας ένα γραμμικό δείκτη γωνίας παράλληλα στο αγγείο και μετρώντας τη γωνία μεταξύ αυτής της γραμμής και της δέσμης Doppler. Δυστυχώς υπάρχει βαθμός

αναπόφευκτου λάθους στην τιμή της γωνίας θ και επομένως βαθμός λάθους στον υπολογισμό της ταχύτητας. Σε γωνίες Doppler μικρότερες από 60 μοίρες υπάρχει μικρή μεταβολή στο $1/\cos\theta$ για μικρές διαφορές στη θ . Επομένως, για να αποφύγουμε σημαντικά σφάλματα στον υπολογισμό των ταχυτήτων, είναι σημαντικό να διατηρούμε γωνία Doppler 60 μοιρών ή μικρότερη [7, 9]

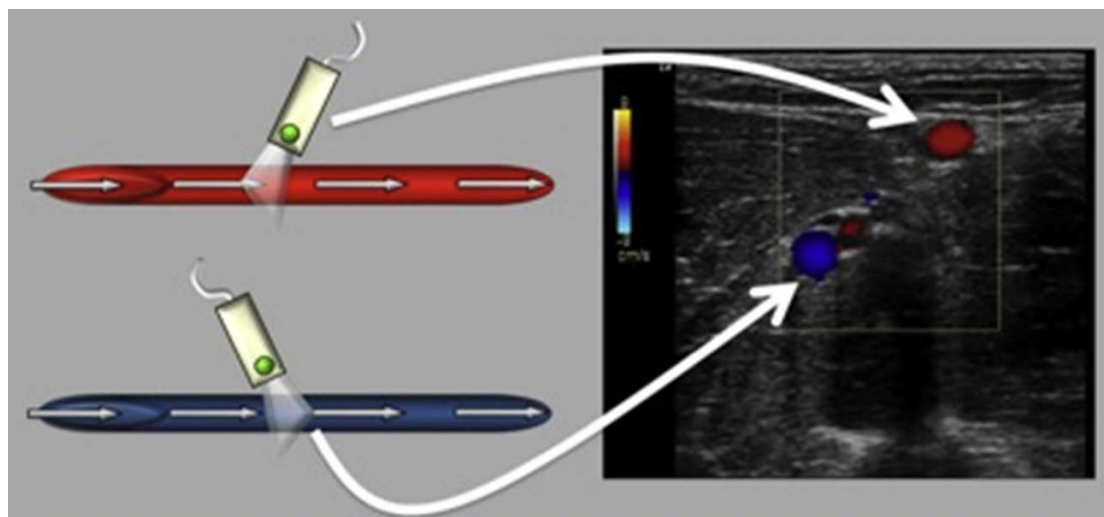


A

B

Εικόνα 10. Οπτικοποίηση των χαρακτηριστικών της αιματικής ροής μέσω γραφήματος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Α. Η κυματομορφή υποδεικνύει ροή του αίματος προς τον ηχοβολέα. Β. Ροή του αίματος απομακρυνόμενη από τον ηχοβολέα [9]

B.6 Έγχρωμη Doppler απεικόνιση



Εικόνα 11. Η αιματική ροή προς τον ηχοβολέα έχει κόκκινο χρώμα. Η αιματική ροή μακριά από τον ηχοβολέα ελέγχεται με μπλε χρώμα [9]

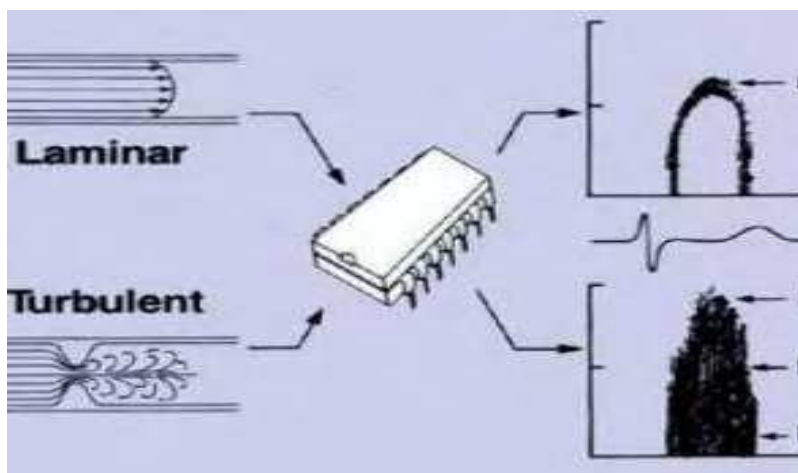
Η έγχρωμη Doppler υπερηχοτομογραφία αναλύει τη φασική πληροφορία, τη συχνότητα και το πλάτος των αντηχήσεων που επιστρέφουν. Τα σήματα από τα κινούμενα ερυθρά αιμοσφαίρια καθορίζονται με χρώμα (κόκκινο έναντι μπλε)

ανάλογα με την κατεύθυνση της αιματικής ροής προς ή μακριά από τον ηχοβολέα. Οι μεταβολές υψηλής συχνότητας αποτυπώνονται με πιο ανοιχτό χρώμα ενώ οι μεταβολές χαμηλής συχνότητας με πιο σκούρο. Τα ακίνητα αντικείμενα δεν δημιουργούν φασικές μεταβολές και καθορίζονται με απόχρωση της κλίμακας του γκρι. Η έγχρωμη Doppler υπερηχοτομογραφία μπορεί να αναδειξεί περιοχές ανώμαλης ροής γρήγορα σε σχέση την εξέταση σημείου προς σημείο που απαιτείται στη διπλή υπερηχοτομογραφική Doppler εξέταση. [7, 9]

B.7 Στρωτή και διαταραγμένη ροή

Το αίμα στις αρτηρίες ρέει συνήθως με ομαλό τρόπο, το αίμα στο κέντρο του αγγειακού αυλού κινείται ταχύτερα σε σχέση με το αίμα στην περιφέρειά του. Το πρότυπο αυτό ροής ονομάζεται στρωτή ροή, επειδή τα ερυθρά αιμοσφαίρια κινούνται σε παράλληλες γραμμές (ομόκεντρων κύκλων). Όταν η ροή είναι στρωτή, η μεγάλη πλειοψηφία των ερυθρών αιμοσφαιρίων κινούνται με την ίδια ταχύτητα με αποτέλεσμα η εικόνα του φάσματος να παρουσιάζεται με τη μορφή μιας λεπτής γραμμής που περιγράφει ένα «καθαρό» χώρο που ονομάζεται φασματικό παράθυρο (χώρος μεταξύ της κυματομορφής και της βασικής γραμμής του φάσματος).

Στη διαταραγμένη ροή, η κίνηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων είναι πιο ακανόνιστη. Η διαταραγμένη ροή απεικονίζεται ως διεύρυνση του φάσματος της κυματομορφής. Ο βαθμός της φασματικής διεύρυνσης είναι ανάλογος με τη βαρύτητα της διαταραχής της ροής. Μολονότι η διαταραχή της αιματικής ροής υποδηλώνει συχνά παρουσία αγγειοπάθειας, διαταραχές ροής παρουσιάζονται και σε φυσιολογικά αγγεία (γωνιώσεις, ελικώσεις και αρτηριακές διακλαδώσεις). [4]

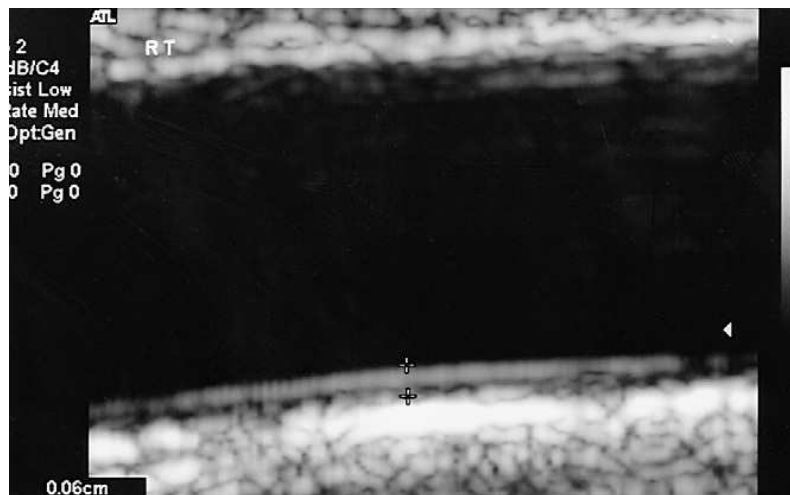


Εικόνα 12. Στρωτή και τυρβώδης ροή

B.8 Φυσιολογικά υπερηχογραφικά ευρήματα περιφερικής αρτηρίας

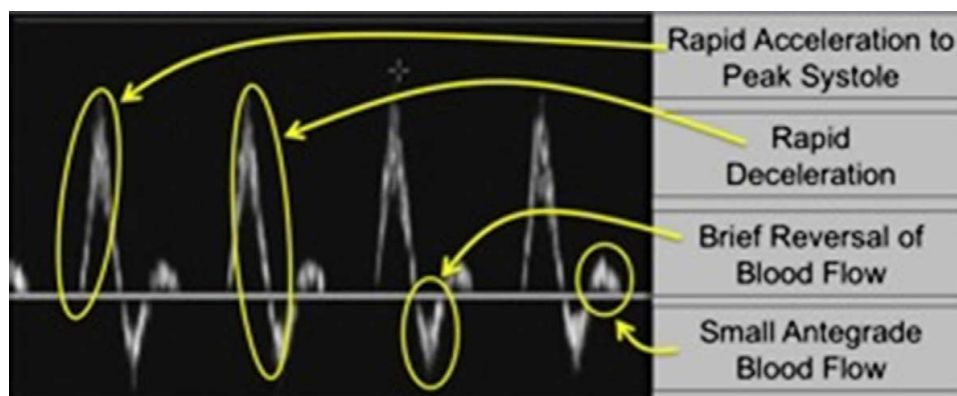
Στην απεικόνιση δύο διαστάσεων (B-mode) η φυσιολογική περιφερική αρτηρία απεικονίζεται με αυλό υποηχογενή, περιβαλλόμενη από παράλληλα τοιχώματα. Με χρήση γραμμικών ηχοβολέων, υψηλών συχνοτήτων, απεικονίζονται τρία παράλληλα στοιχεία του αρτηριακού τοιχώματος. Η

πρώτη ηχογενής γραμμή η οποία βρίσκεται σε επαφή με τον αυλό του αγγείου είναι το ενδοθήλιο. Ο μέσος χιτώνας αποτελεί την υποηχογενή γραμμή ανάμεσα στο ενδοθήλιο και τον έξω χιτώνα ενώ ο έξω χιτώνας είναι η παχύτερη ηχογενής γραμμή σε επαφή με τον μέσο χιτώνα.



Εικόνα 13. Απεικόνιση των φυσιολογικών στοιβάδων του αρτηριακού τοιχώματος και μέτρηση πάχους του έσω-μέσου χιτώνα [10]

Οι κυματομορφές Doppler μιας φυσιολογικής αρτηρίας είναι τριφασικές και αντιπροσωπεύουν ροή υψηλών περιφερικών αντιστάσεων. Το πρώτο τμήμα της κυματομορφής αντιπροσωπεύει την αρχική εξώθηση του αίματος κατά την καρδιακή συστολή, φτάνοντας σε μέγιστη συστολική ταχύτητα μέχρι 125cm/sec. Στη δεύτερη φάση της κυματομορφής παρατηρείται σύντομη αναστροφή της ροής λόγω της πτώσης πίεσης στην αριστερή κοιλία λίγο πριν κλείσει η αορτική βαλβίδα. Η τρίτη φάση της κυματομορφής (διαστολική φάση) χαρακτηρίζεται από χαμηλή θετική ροή λόγω ελαστικής επαναφοράς του αρτηριακού τοιχώματος.



Εικόνα 14. Φυσιολογική τριφασική κυματομορφή περιφερικής αρτηρίας. [9]

Κατά την εφαρμογή του έγχρωμου Doppler, ο χρωματικός χάρτης ρυθμίζεται έτσι ώστε η ροή προς την περιφέρεια να χρωματίζεται κόκκινη και η ροή προς την καρδιά μπλε. Το χρώμα γεμίζει ομοιόμορφα τον αυλό της αρτηρίας χωρίς χρωματικές διαταραχές της ροής. Κατά την φάση της συστολής, η ροή προς την περιφέρεια παρουσιάζεται κόκκινη, ενώ σύντομη

διαταραχή της ροής με μπλε απόχρωση παρατηρείται στην αρχή της διαστολικής φάσης. Ενδιάμεσα κατά την φάση μηδενισμού της ταχύτητας η αρτηρία στερείται χρωματισμού. Σε ένα πλήρη καρδιακό κύκλο, λοιπόν, ελέγχονται τρεις εναλλαγές στη χρωματική απόχρωση της παλμικής ροής (κόκκινο-μαύρο-μπλε) [8]

B.9 Παθολογικά υπερηχογραφικά ευρήματα περιφερικής αρτηρίας

Στην απεικόνιση δύο διαστάσεων (B-mode) η παρουσία αθηρωματικών πλακών στο τοίχωμα αρτηριών αναγνωρίζεται εύκολα. Θα πρέπει να αναφέρεται το μέγεθος της πλάκας και η ενδεχόμενη παρουσία αποτιτανώσεων εντός αυτής. Το μέγεθος της πλάκας μπορεί να προσδιοριστεί με βάση το ύψος και το μήκος της, μετρήσεις οι οποίες ενοούνται σε εγκάρσιες και επιμήκειες τομές αντίστοιχα [6].

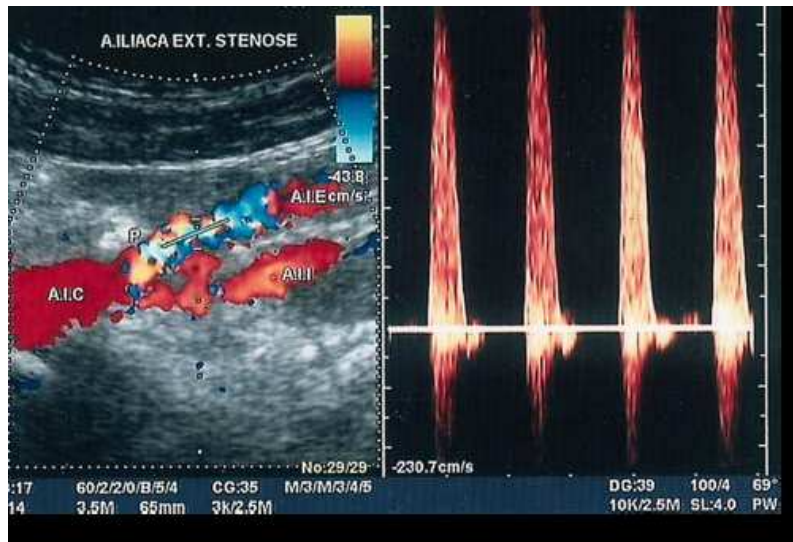
Η παρουσία στένωσης σε μία αρτηρία, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας ροής του αίματος, την πτώση της ταχύτητας περιφερικότερα, τη διάχυση του φασματικού παραθύρου της κυματομορφής και την διαταραχή της ροής υπό μορφή μωσαϊκού χρωμάτων στην περιοχή της στένωσης κατά τον έλεγχο με έγχρωμο Doppler.

Η παρουσία μωσαϊκού χρωμάτων κατά την εφαρμογή έγχρωμου Doppler οφείλεται στην παρουσία τυρβώδους ροής και στην αύξηση της ταχύτητας ροής του αίματος. Σε παρουσία σημαντικής στένωσης, μπορεί να ελέγχεται το σημείο του ψευδούς κορεσμού (aliasing), ενώ παρατηρείται σταθερά θετική ροή και δεν εναλλάσσεται το χρώμα, το οποίο παραμένει στην περιοχή του κόκκινου καθόλη τη διάρκεια του καρδιακού κύκλου (θετική διαστολική ροή). Η χρήση του έγχρωμου Doppler παρέχει ποιοτικές πληροφορίες για την αιματική ροή αλλά στερείται αξιόπιστων πληροφοριών όσον αφορά τον βαθμό της στένωσης.

Η μέτρηση της ταχύτητας με τη χρήση κυματομορφών Doppler και η ανάλυση της μορφολογίας τους, μας δίνει σημαντικά στοιχεία σχετικά με τον υπολογισμό του βαθμού στένωσης. Η χρήση του έγχρωμου Doppler βοηθά στον γρήγορο προσδιορισμό της στενωτικής περιοχής και υποδεικνύει τη σωστή διόρθωση της γωνίας Doppler. Κατόπιν λαμβάνονται οι κυματομορφές και μετριέται η μέγιστη συστολική ταχύτητα στην περιοχή της στένωσης και 2 cm κεντρικότερα. Εν συνεχεία υπολογίζεται ο λόγος των ταχυτήτων:

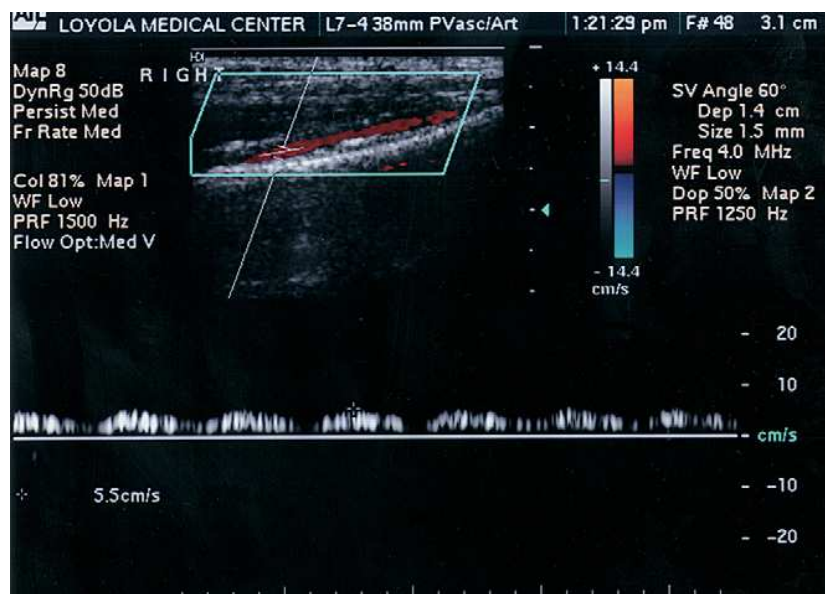
- Στένωση 1%-19%: Τριφασική κυματομορφή, παρουσία φασματικής διάχυσης, λόγος < 2/1
- Στένωση 20%-49%: Διφασική κυματομορφή, παρουσία φασματικής διάχυσης, λόγος < 2/1
- Στένωση 50%-99%: Μονοφασική κυματομορφή, παρουσία φασματικής διάχυσης, λόγος > 2/1

Παράγοντες οι οποίοι δυσχεραίνουν τον προσδιορισμό του βαθμού της στένωσης αποτελούν η αδυναμία σωστής διόρθωσης της γωνίας Doppler, η παρουσία πλούσιου παράπλευρου δικτύου, οι πολλαπλές εν σειρά στενώσεις, η ελίκωση και η ανευρυσματική διάταση [8]



Εικόνα 15. Στένωση στην έξω λαγόνια αρτηρία. Παρουσία aliasing και παθολογικής κυματομορφής με αυξημένη μεγιστοσυστολική ταχύτητα. [3]

Περιφερικά αιμοδυναμικά σημαντικών στενώσεων η κυματομορφή μετατρέπεται σε μονοφασική. Ο χρόνος επίτευξης της μεγιστοσυστολικής επιτάχυνσης της κυματομορφής αυξάνεται (επιβραδυνόμενη πρόιμη επιτάχυνση). Όσο αυξάνεται ο βαθμός της στένωσης, η μεγιστοσυστολική ταχύτητα μειώνεται με αποτέλεσμα την αποστρογγυλοποίηση της μεγιστοσυστολικής κορυφής της κυματομορφής η οποία τελικά λαμβάνει την χαρακτηριστική μορφολογία “tardus parvus”. Επιπρόσθετα, λόγω της ιστικής ισχαιμίας τα περιφερικά τριχοειδή αγγεία βρίσκονται σε μέγιστη αγγειοδιαστολή με αποτέλεσμα την αύξηση της διαστολικής ροής και την μείωση των περιφερικών αγγειακών αντιστάσεων [11].



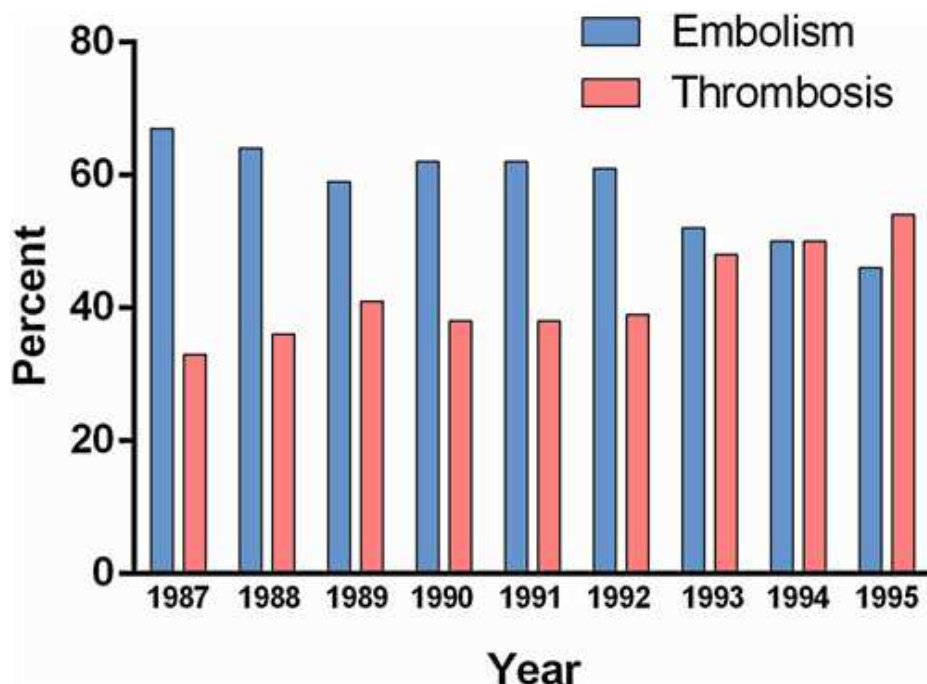
Εικόνα 16. Χαρακτηριστική “tardus parvus” κυματομορφή στη ραχιαία του ποδός αρτηρία σε ασθενή με εγγύς αρτηριακή απόφραξη [10]

Γ. ΟΞΕΙΑ ΙΣΧΑΙΜΙΑ ΚΑΤΩ ΑΚΡΩΝ

Γ.1 Επιδημιολογία

Η οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων θεωρείται ιατρικό επείγον. Συνιστά το 10%-16% των αγγειοχειρουργικών επεμβάσεων. Παρά την πρόοδο στη διαχείριση της περιφερικής αρτηριοπάθειας, η θνητότητα και η θνησιμότητα οι οποίες σχετίζονται με την οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων παραμένουν υψηλές συγκρινόμενες με άλλα κλινικά σύνδρομα της περιφερικής αρτηριοπάθειας. Η οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων αποτελεί κλινικό σύνδρομο με έναρξη παρουσίασης μικρότερη των 14 ημερών, η οποία χαρακτηρίζεται από ξαφνική μείωση της αρτηριακής παροχής, με αποτέλεσμα να καθίσταται επειγουμένη η βιωσιμότητα του σκέλους. Παρουσιάζονται περίπου 13 με 17 περιπτώσεις ασθενών ανά 100000 χιλιάδες πληθυσμού το χρόνο με την εν λόγω κλινική οντότητα. Η επίπτωση είναι υψηλότερη σε περιοχές με πληθυσμό μεγαλύτερης ηλικίας και πολλαπλές συννοσηρότητες, ειδικότερα σε περιπτώσεις με συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια ή με κολπική μαρμαρυγή. Είναι επίσης υψηλή στον υποπληθυσμό ασθενών με περιφερική αρτηριοπάθεια οι οποίοι υποβάλλονται σε ενδαγγειακές ή αγγειοχειρουργικές επεμβάσεις. Σύμφωνα με την TASC II (Transatlantic Inter-Society Consensus for the management of peripheral arterial disease) 140 εκατομμύρια ασθενών θα μπορούσαν να νοσήσουν από οξεία ισχαιμία κάποιου σκέλους κάθε χρόνο, σύμφωνα με την καταγραφή των εθνικών συστημάτων υγείας [12, 13].

Γ.2 Αιτιολογία



Το αιτιολογικό πρότυπο της νόσου όσον αφορά την εμβολή και την θρόμβωση παρουσιάζει σημαντική μεταβολή στο πέρασμα του χρόνου [34]

Πίνακας 3. Αίτια οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων [12, 14, 15, 41]

Εμβολικής αιτιολογίας (40%)	Θρομβωτικής αιτιολογίας (50%)	Άλλης αιτιολογίας (10%)
<p>I.Καρδιακής αιτιολογίας (80%)</p> <p>a. Θρόμβος αριστερής κοιλίας</p> <p>b. Κολπική μαρμαρυγή</p> <p>c. Μύζωμα αριστερού κόλπου ή άλλοι καρδιακοί όγκοι</p> <p>d. Βαλβιδική νόσος</p> <p>i. Λοιμώδης ενδοκαρδίτιδα</p> <p>ii. Θρόμβωση προσθετικής βαλβίδας</p> <p>iii. Ρευματικής αιτιολογίας βαλβιδοπάθεια</p> <p>e. Παράδοξη εμβολή μέσω ανοιχτού ωοειδούς τρήματος</p> <p>II. Έμβολο αγγειακής προέλευσης</p> <p>a.Ανεύρυσμα (αορτής, λαγόνιας, ιγνυακής αρτηρίας)</p> <p>b. Αθηρωματική πλάκα</p> <p>III. Ιατρογενής</p> <p>a.Παράκαμψη στεφανιαίας αρτηρίας</p> <p>b. Ενδαγγειακές επεμβάσεις</p> <p>IV. Άλλης αιτιολογίας</p> <p>a.Αέρας</p> <p>b. Αμνιακό υγρό</p> <p>c. Νεόπλασμα</p> <p>d. Λίπος</p> <p>e. Ενδαρτηριακή έγχυση φαρμάκου</p>	<p>I. Υποκείμενη περιφερική αρτηριοπάθεια</p> <p>a. Ρήξη αθηρωματικής πλάκας (30%)</p> <p>b. Θρόμβωση stent</p> <p>i. Ενδοθηλιακή υπερπλασία</p> <p>ii. Ατελής έκπτυξη stent</p> <p>iii. Επαναστένωση</p> <p>c. Θρόμβωση ανευρύσματος</p> <p>d. Σοβαρή υπόταση λόγω καρδιογενούς shock</p> <p>II. Απουσία υποκείμενης περιφερικής αρτηριοπάθειας</p> <p>a.Αρτηρίτιδα με θρόμβωση</p> <p>i. Γιγαντοκυτταρική αρτηρίτιδα</p> <p>ii.Αποφρακτική θρομβογγειίτιδα</p> <p>b. Αρτηριακός καθετηριασμός</p> <p>c. Υπερπηκτικότητα</p> <p>i. Αντιφωσφολιπιδικό σύνδρομο</p> <p>ii. Κακοήθεια</p> <p>iii. Σύνδρομο υπεργλοιότητας</p> <p>iv. Covid-19 πνευμονία</p> <p>d. Κυστική νόσος έξω χιτώνα</p> <p>e. Σύνδρομο παγίδευσης</p> <p>f. Αγγειόσπασμος</p> <p>g. Εργοτισμός</p> <p>h. Κοκκαΐνη</p>	<p>a. Αρτηριακό τραύμα</p> <p>b. Διαχωρισμός</p> <p>c. Αρτηριοπάθεια HIV</p> <p>d. Σύνδρομο διαμερίσματος</p> <p>e. Κυανή επώδυνος φλεγμονή</p> <p>f. Εξωτερική συμπίεση</p>

Γ.2.1 Εμβολή

Εμβολισμός συμβαίνει όταν υλικό (συνήθως θρόμβος αίματος) ταξιδεύει κατά μήκος του αρτηριακού δικτύου και τελικά αποφράσσει περιφερικό κλάδο του προκαλώντας ισχαιμία. Άλλες ουσίες εμβολικού υλικού αποτελούν ο αέρας, το αμνιακό υγρό, βακτηριακά συγκρίματα, καρκινικά κύτταρα, χημικές ουσίες ή φάρμακα[16]. Εμβολικές εστίες περιλαμβάνουν την καρδιά (80%), ανευρύσματα του αορτολαγόνιου άξονα, των μηριαίων και ιγνυακών αρτηριών καθώς και αθηρωματικές αλλοιώσεις οι οποίες εντοπίζονται κυρίως σε διχασμούς εγγύτερων τμημάτων του αρτηριακού δικτύου. Η καρδιά αποτελεί τη συχνότερη πηγή εμβόλων με τους θρόμβους να σχηματίζονται κυρίως μετά από πρόσθιο διατοίχωματικό έμφρακτο του μυοκαρδίου αλλά και στο πλαίσιο κοιλιακών ανευρυσμάτων, βαλβιδικών αλλοιώσεων και αρρυθμιών. Στο 75% των ασθενών με εμβολική απόφραξη σκέλους, υπάρχει ιστορικό οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου ή κολπικής μαρμαρυγής κατά τις προηγούμενες εβδομάδες[17]. Σπάνια πηγή εμβόλων αποτελεί ο αυτόματος διαχωρισμός αγγείου με επακόλουθο περιφερικό εμβολισμό [18].

Χρήζει ιδιαίτερης μνείας το γεγονός ότι τα μεγάλα μεγέθους ανευρύσματα της αορτής και των λαγόνιων αρτηριών δεν αποτελούν συχνές εστίες εμβόλων. Αντιθέτως συχνή εστία αποτελούν τα ανευρύσματα της κοιλιακής αορτής με μέγεθος μικρότερο των 5cm. Τα ανευρύσματα της ιγνυακής αρτηρίας αποτελούν το 70% των περιφερικών ανευρυσμάτων. Περίπου οι μισοί ασθενείς με ανευρύσματα της ιγνυακής αρτηρίας θα χρειαστεί να υποβληθούν σε ακρωτηριασμό στο πλαίσιο επείγουσας αντιμετώπισης λόγω των περιφερικών αποφράξεων οι οποίες δεν ενδείκνυνται για χειρουργική θρομβεκτομή. Ως εκ τούτου συνιστάται χειρουργική αντιμετώπιση τόσο σε συμπτωματικούς όσο και σε ασυμπτωματικούς ασθενείς, με εξαίρεση αυτούς οι οποίοι ανήκουν στην κατηγορία υψηλού κινδύνου.



Εικόνα 17. Παρουσία εμβόλου στην ιγνυακή αρτηρία [10]

Η παράδοση εμβολή στο πλαίσιο φλεβικής θρόμβωσης και επικοινωνίας ανάμεσα στη δεξιά και αριστερή καρδιά αποτελεί σημαντικό αίτιο οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων. Συμβαίνει συνήθως στο πλαίσιο ανοιχτού ωοειδούς τρήματος, οντότητα η οποία εμφανίζει επίπτωση της τάξεως του 35% στον γενικό πληθυσμό. Υψηλός βαθμός υποψίας για παράδοση εμβολή πρέπει να τίθεται στις περιπτώσεις ανεξήγητης αρτηριακής απόφραξης. [10, 19]

Η τραυματική κάκωση ενός αγγείου μπορεί να οδηγήσει σε τοπική αρτηριακή θρόμβωση με πιθανή εμβολική μετανάστευση του θρόμβου. Η ιατρογενούς αιτιολογίας εμβολική νόσος εμφανίζει αυξημένη επίπτωση στην πρόκληση οξείας ισχαιμικής νόσου. Οι ενδαγγειακές τεχνικές προκαλούν κατά κύριο λόγο αγγειακή θρόμβωση ως επιπλοκή η οποία μπορεί να λειτουργήσει δευτερογενώς ως εστία εμβολικού υλικού[16].

Γ.2.2 Θρόμβωση

Η θρομβωτική απόφραξη γενικώς συμβαίνει στο πλαίσιο προηγούμενης αγγειακής νόσου και ειδικότερα στο πλαίσιο αθηροσκληρυντικής νόσου. Η διαδικασία από την αρχόμενη δημιουργία της αθηρωματικής πλάκας μέχρι την εγκατάσταση προχωρημένης νόσου είναι αργή και επιτρέπει την ανάπτυξη παράπλευρης κυκλοφορίας. Ωστόσο, σποραδικά η θρομβωτική διεργασία μπορεί να επισυμβεί ταχέως, προκαλώντας οξεία ισχαιμία. Αυτή η επιταχυνόμενη διεργασία μπορεί να προκληθεί από ρήξη αθηρωματικής πλάκας με αποτέλεσμα την οξεία αρτηριακή απόφραξη πριν τη δημιουργία παράπλευρου δικτύου. Καταστάσεις χαμηλής παροχής όπως περιπτώσεις συμφορητικής καρδιακής ανεπάρκειας, υποογκαιμίας ή υπότασης μπορεί να οδηγήσουν σε θρόμβωση σε θέσεις προηγούμενης αρτηριακής βλάβης. Αγγειοσυσπαστικά φάρμακα για την αντιμετώπιση των παραπάνω καταστάσεων μπορούν να επιδεινώσουν το πρόβλημα μειώνοντας περαιτέρω την παροχή.

Ασθενείς με σύνδρομο υπερπηκτικότητας ή με αγγειακές ενδοπροθέσεις βρίσκονται επίσης σε αυξημένο κίνδυνο για ανάπτυξη θρόμβωσης. Η τραυματική κάκωση ενός αρτηριακού κλάδου μπορεί να προκαλέσει τοπική θρόμβωση με διάφορους μηχανισμούς όπως η πλήρης τοιχωματική ρήξη, η ανάπτυξη τοιχωματικού αιματώματος, η πρόκληση διαχωρισμού ή ο εκτεταμένος αγγειόσπασμος. Η εξωτερική συμπίεση μίας αρτηρίας όπως στο πλαίσιο συνδρόμου διαμερίσματος μπορεί επίσης να προκαλέσει οξεία θρόμβωση [16].

Οξεία θρόμβωση ενός ανευρύσματος ιγνυακής αρτηρίας θέτει σε πολύ υψηλό κίνδυνο το κάτω άκρο. Τα ιγνυακά ανευρύσματα συνήθως αρχίζουν από την άνω του γόνατος ιγνυακή αρτηρία και εκτείνονται περιφερικά ως τον τριχασμό της. Όπως αυξάνονται σε μέγεθος μπορεί να αποφραχθούν με τοιχωματικό θρόμβο ο οποίος μπορεί να προκαλέσει είτε οξεία θρόμβωση είτε περιφερική εμβολή. [15]



Εικόνα 18. Σύνδρομο διαμερίσματος. Ροή αυξημένων αντιστάσεων με απουσία ορθόδρομης ροής στην τελοδιαστολική φάση [10]

Γ.3 Παθοφυσιολογία

Η οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων πυροδοτεί έναν καταρράκτη γεγονότων τα οποία οδηγούν σε μη αναστρέψιμη βλάβη εντός έξι ωρών (σε ασθενείς χωρίς καλό παράπλευρο δίκτυο). Οι πιο ευαίσθητοι ιστοί στην ισχαιμία είναι τα περιφερικά νεύρα, το δέρμα, ο υποδόριος ιστός ενώ ακολουθούν οι σκελετικοί μύες. Κατά τη διάρκεια της οξείας ισχαιμίας υπάρχει μία σημαντική απώλεια των αποθεμάτων ATP (τριφωσφορικής αδενοσίνης) καθώς και της ικανότητας παραγωγής ATP, με τελικό αποτέλεσμα τη συγκέντρωση γαλακτικού. Η δυσλειτουργία της ATP αντλίας νατρίου-καλίου προκαλεί τη διαρροή ενδοκυττάριου ασβεστίου. Τα σταθερά αυξημένα επίπεδα ασβεστίου πυροδοτούν ένα πλήθος ενεργοποιούμενων από το ασβέστιο ενζύμων, τα οποία προκαλούν νέκρωση. Η απώλεια τόσο της κυτταρικής μεμβράνης όσο και της ακεραιότητας των μιτοχονδρίων, επικυρώνουν τη μη αναστρέψιμη διαδικασία του κυτταρικού θανάτου.

Σημείο κλειδί στην οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων αποτελεί το φαινόμενο της βλάβης επαναιμάτωσης. Αναφέρεται στη βλάβη η οποία προκαλείται στους ισχαιμικούς ιστούς κατά την αποκατάσταση της αιματικής ροής σε αυτούς, μετά από περίοδο ισχαιμίας. Προκαλείται διαμέσου του οξειδωτικού stress το οποίο επιφέρει επιδείνωση στον τομέα των φλεγμονωδών διεργασιών. Με την επαναιμάτωση γίνεται παροχή οξυγόνου στους ισχαιμικούς ιστούς, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της δεϋδρογεννάσης της ξανθίνης. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί στη μετατροπή μεγάλων ποσοτήτων υποξανθίνης σε ξανθίνη, με αποτέλεσμα τη δημιουργία τοξικών ελεύθερων ριζών. Αυτές με τη σειρά τους πυροδοτούν μία αλληλουχία φλεγμονωδών διεργασιών διαμέσου της ενεργοποίησης κυτοκινών, ουδετερόφιλων και άλλων φλεγμονωδών κυττάρων. Η κλινική εικόνα της βλάβης επαναιμάτωσης κυμαίνεται από την εκδήλωση τοπικού συνδρόμου διαμερίσματος διαμέσου της αύξησης της διαπερατότητας των τριχοειδών μέχρι συστηματική φλεγμονώδη τοξιναιμία. Συγκεκριμένα, βιοπροϊόντα του κυτταρικού θανάτου ελευθερώνονται στη συστηματική κυκλοφορία όπως το κάλιο, το φωσφορικό άλας, η μυοσφαιρίνη, η κρεατινική κινάση και η θρομβοπλαστική οδηγώντας τελικά σε ραβδομύολυση με συνοδή οξεία νεφρική ανεπάρκεια, καρδιακή αρρυθμία, διάχυτη ενδαγγειακή πήξη, πολυοργανική ανεπάρκεια και θάνατο. Ο βαθμός της φλεγμονώδους αντίδρασης μετά την επαναιμάτωση ποικίλει. Προκαλείται μικρή φλεγμονώδης αντίδραση όταν η μυϊκή νέκρωση είναι ομοιόμορφη. Το μέγεθος της φλεγμονώδους αντίδρασης καθορίζεται από την έκταση της ισχαιμικής αλλά όχι εξ ολοκλήρου νεκρωτικής ζώνης. Ως εκ τούτου, η επαναιμάτωση μεγάλων μυϊκών ομάδων με προχωρημένη ισχαιμική βλάβη και ιστική νέκρωση, θα επιφέρει απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων τοξικών ουσιών στην κυκλοφορία. Αυτή η επιβλαβής επίδραση της επαναιμάτωσης σε ασθενείς με μη αναστρέψιμη ισχαιμική βλάβη ευνοεί τον ακρωτηριασμό ως θεραπευτική αντιμετώπιση[12, 20, 14, 13]

Γ.4 Διαφορική διάγνωση [21, 20]

Πίνακας 4. Διαφορική διάγνωση οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων

I.Καταστάσεις οι οποίες μιμούνται την οξεία ισχαιμία

- a. Συστηματικό shock (ειδικά αν συνδέεται με χρόνια αποφρακτική νόσο)
- b. Κυανή επώδυνος φλεγμονή

c. Οξεία συμπιεστική νευροπάθεια

d. Οξεία ουρική αρθρίτιδα

e. Κυτταρίτιδα

II. Διαφορική διάγνωση οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων (εκτός της οξείας περιφερικής αρτηριοπάθειας)

a. Άμεσο αρτηριακό τραύμα

b. Αορτικός/ αρτηριακός διαχωρισμός

c. Αρτηρίτιδα με θρόμβωση (γιγαντοκυτταρική αρτηρίτιδα, αποφρακτική θρομβοαγγειίτιδα)

d. HIV αρτηριοπάθεια

e. Αυτόματη θρόμβωση σχετιζόμενη με υπερπηκτικές καταστάσεις

f. Κυστική νόσος έξω χιτώνα ιγνυακής αρτηρίας με θρόμβωση

h. Σύνδρομο παγίδευσης ιγνυακής αρτηρίας με θρόμβωση

i. Αγγειόσπασμος με θρόμβωση (εργοτισμός)

k. Σύνδρομο διαμερίσματος

III. Οξεία περιφερική αρτηριοπάθεια

a. Θρόμβωση αρτηρίας με αθηρωματική βλάβη

b. Θρόμβωση αρτηριακού μοσχεύματος

c. Εμβολισμός καρδιακής, ανευρυσματικής ή αθηρωματικής αιτιολογίας

d. Θρομβωμένο ανεύρυσμα με ή χωρίς δευτερογενή εμβολισμό

Γ.5 Κλινική εικόνα

Η κλασική εικόνα της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων συνίσταται στην ασφυγμία, την ωχρότητα, τον πόνο, το ψυχρό άκρο, τις παραισθησίες και την παράλυση (6 Ps : pulselessness, palor, pain, poikilothermia, paresthesia, paralysis). Η συχνότερη εκδήλωση της ισχαιμίας είναι ο πόνος ο οποίος εμφανίζεται σε ευθεία αναλογία με τη σοβαρότητα της ισχαιμίας. Η αλληλουχία των συμπτωμάτων περιλαμβάνει τον πόνο, ακολουθούμενο από την ωχρότητα (ένα πρώιμο εύρημα προκαλούμενο από την αγγειοσύσπαση των αρτηριών) , την στικτή εμφάνιση του δέρματος με κυανές κηλίδες (καθώς το αίμα λιμνάζει στη μικροκυκλοφορία) η οποία αποχρωματίζεται αρχικά με την άσκηση εξωτερικής πίεσης, τις αιμωδίες, το μούδιασμα (το οποίο αντικαθιστά το άλγος),τις σταθερές κηλίδες του δέρματος οι οποίες δεν αποχρωματίζονται με την άσκηση πίεσης και τελικά την παράλυση. Τα τελευταία δύο χαρακτηριστικά αντικατοπτρίζουν μη αναστρέψιμη ισχαιμική βλάβη. Έτερα σημεία ενδεικτικά μη αναστρέψιμης βλάβης αποτελούν η ακαμψία του σκέλους, η απουσία συμπιεστικότητας μυϊκών ομάδων κατά τη ψηλάφηση και η απώλεια της αισθητικότητας. [12]



Εικόνα 19. Δερματικές εκδηλώσεις της ισχαιμίας ενδεικτικές της σοβαρότητας και του σταδίου της ισχαιμικής ακολουθίας [16]

Το ιστορικό και η φυσική εξέταση είναι πολύ σημαντικά στη διαχείριση της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολη η διάκριση μεταξύ της εμβολικής ή θρομβωτικής αιτιολογίας της νόσου, ωστόσο, είναι δέουσας σημασίας λόγω των διαφορετικών θεραπευτικών επιλογών.

Πίνακας 5. Κλινική διαφοροδιάγνωση οξείας εμβολής και θρόμβωσης [16]

<i>ΕΜΒΟΛΗ</i>	<i>ΘΡΟΜΒΩΣΗ</i>
Αρρυθμία	Απουσία αρρυθμίας
Απότομη έναρξη	Απότομη ή αργή έναρξη
Βαριά κλινική εικόνα	Ηπιότερη κλινική εικόνα
Απουσία διαλείπουσας χωλότητας	Ιστορικό διαλείπουσας χωλότητας
Απουσία παραγόντων κινδύνου περιφερικής αρτηριοπάθειας	Παρουσία παραγόντων κινδύνου περιφερικής αρτηριοπάθειας
Φυσιολογικός σφυγμός ετερόπλευρου σκέλους	Παθολογικός σφυγμός ετερόπλευρου σκέλους
Απουσία φυσικών σημείων χρόνιας ισχαιμίας	Παρουσία φυσικών σημείων χρόνιας ισχαιμίας (π.χ. απώλεια τριχοφυΐας, λεπτό δέρμα, παχιά νύχια)

Σε περιπτώσεις οξείας θρόμβωσης οι ασθενείς μπορεί να έχουν ιστορικό διαλείπουσας χωλότητας ή προηγούμενης επέμβασης επαναγγείωσης. Επίσης, είναι πιθανό να παρουσιάζουν σοβαρές συννοσηρότητες όπως στεφανιαία νόσο, διαβήτη, χρόνια νεφρική ανεπάρκεια ή ιστορικό εγκεφαλικού επεισοδίου.

Επιπρόσθετα, η παρουσία αθηροσκληρωτικών παραγόντων κινδύνου (κάπνισμα, διαβήτης, υπέρταση, υψηλή χοληστερόλη, οικογενειακό ιστορικό) ευνοεί τη διάγνωση της θρομβώσεως. Ψηλαφητή μάζα στον ιγνυακό βόθρο υποδεικνύει θρόμβωση ιγνυακού ανευρύσματος[22].

Η οξεία θρόμβωση στο πλαίσιο ρήξεως αθηρωματικής πλάκας θα καταστήσει λιγότερο σαφή τη διάγνωση. Η σταδιακή αύξηση των αθηρωματικών αλλοιώσεων συνήθως συνοδεύεται από ανάπτυξη παράπλευρου δικτύου προς την περιφέρεια της βλάβης. Η οξεία απόφραξη σε μία τέτοια περίπτωση μπορεί να μην προκαλέσει φανερή ισχαιμία. Εντούτοις, η επέκταση της θρόμβωσης μπορεί να προκαλέσει εκτεταμένη ισχαιμία.

Η υποψία της εμβολής πρέπει να τίθεται σε ασθενείς με τα παρακάτω χαρακτηριστικά: ξαφνική και σοβαρή έναρξη των συμπτωμάτων (λόγω απουσίας παράπλευρου δικτύου), προηγούμενο ιστορικό εμβολισμού, κολπική μαρμαρυγή, γνωστή εστία εμβόλων (καρδιά, ανευρύσματα) καθώς και η απουσία ιστορικού διαλείπουσας χωλότητας.

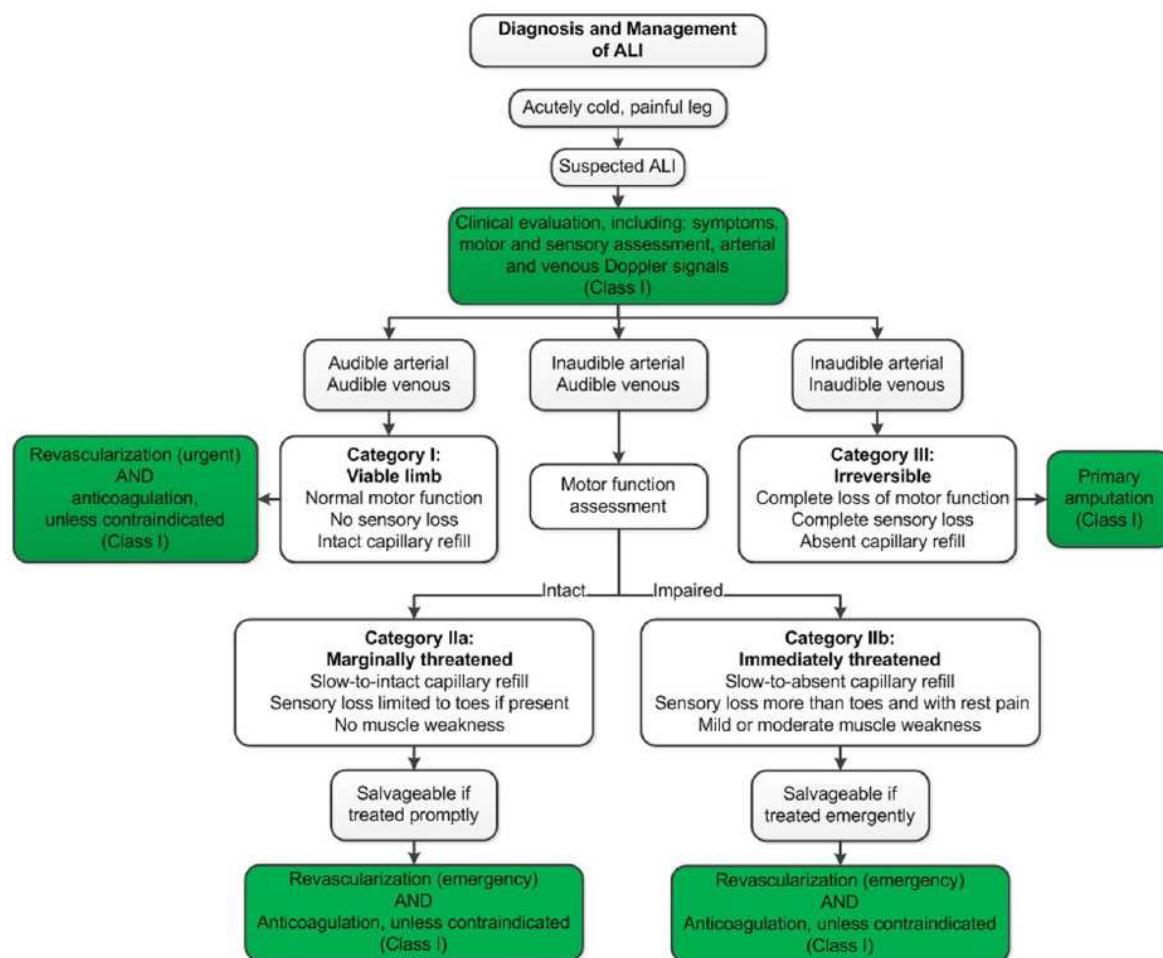
Προσεκτική και συστηματική εξέταση των αγγείων μπορεί να αναδειξει εγκαίρως το αίτιο της ισχαιμίας. Η αμφοτερόπλευρη ψηλάφηση του σφυγμού στις περιοχές των μηρών, των γονάτων και των αστραγάλων μπορεί να αποκαλύψει το ύψος της απόφραξης καθώς και τυχόν διαταραχή του καρδιακού ρυθμού. Μονομερής έλλειψη σφυγμού στο ένα σκέλος και φυσιολογικός σφυγμός ετερόπλευρα συνάδει υπέρ εμβολικής απόφραξης. Αντιθέτως, αμφοτερόπλευρη απουσία σφυγμικού κύματος είναι ενδεικτική οξείας θρόμβωσης. Σε περίπτωση αμφιβολίας κατά την αξιολόγηση του σφυγμού, είναι ενδεδειγμένη η εφαρμογή φορητού Doppler. Σημαντική είναι επίσης η αξιολόγηση της αισθητικότητας και της κινητικότητας του μέλους.

Πίνακας 6. Σταδιοποίηση οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων κατά Rutherford [23]

Στάδιο	Πρόγνωση	Μυϊκή αδυναμία	Απώλεια αίσθησης	Σήμα Doppler Αρτηρίες	Σήμα Doppler Φλέβες	Τριχοειδική επαναφορά
I. Βιώσιμο	όχι άμεσα απειλούμενο	Καμία	Καμία	ακουστό	ακουστό	Ανέπαφη
IIa. Οριακά επειλούμενο	Μπορεί να διασωθεί με κατάλληλη αντιμετώπιση	Καμία	Μερική	Μη ακουστό	ακουστό	Ανέπαφη/αργή
IIb. Άμεσα επειλούμενο	Μπορεί να διασωθεί με άμεση επαναγγείωση	μερική	Μερική/πλήρης	Μη ακουστό	ακουστό	Αργή/απούσα
III. Μη αναστρέψιμο	Πρωτοπαθής ακρωτηριασμός	Σκληρία μυϊκών διαμερισμάτων	Πλήρης	Μη ακουστό	Μη ακουστό	Απουσία πλήρωσης/ Μόνιμες ισχαιμικές κηλίδες

Η σοβαρότητα της οξείας ισχαιμίας σταδιοποιείται με βάση το σύστημα ταξινόμησης του Rutherford, βάσει του οποίου καθορίζεται η θεραπευτική αντιμετώπιση. Το εν λόγω σύστημα ταξινόμησης δίνει έμφαση στην πρόγνωση του πάσχοντος μέλους βασιζόμενο στην κλινική εξέταση: χρώμα δέρματος, φλεβική πλήρωση, κινητική και αισθητική λειτουργικότητα. Επιπλέον, περιλαμβάνει την ανάδειξη Doppler σημάτων από τις ιγνυακές και τις ραχιαίες του ποδός αρτηρίες.[24]

Γ.6 Διαγνωστική προσέγγιση οξείας ισχαιμίας



4.6.1 Διαγνωστικές εξετάσεις

Οι ασθενείς οι οποίοι προσέρχονται με σημεία και συμπτώματα οξείας ισχαιμίας πρέπει να υποβάλλονται σε αξιολόγηση του σφυγμού τους. Αν ο σφυγμός δεν είναι αξιόπιστα ψηλαφητός η χρήση φορητού Doppler είναι ενδεδειγμένη. Στις περιπτώσεις ανιχνεύσιμης ροής μέσω του Doppler είναι θεμιτός ο υπολογισμός του σφυροβραχιόνιου δείκτη.

Για το κάτω άκρο ο φυσιολογικός σφυροβραχιόνιος δείκτης κυμαίνεται μεταξύ του 0,91 και 1.3. Οι τιμές του εν λόγω δείκτη υποδεικνύουν τη λειτουργική κατάσταση του αρτηριακού συστήματος του άκρου και επηρεάζουν εν δυνάμει τη θεραπευτική αντιμετώπιση. Αν δεν εντοπίζεται σφυγμός ψηλαφητικά ή

ακουστό σήμα στο Doppler, δε δύναται να υπολογιστεί ο σφυροβραχιόνιος δείκτης και η άμεση θεραπευτική αντιμετώπιση του ασθενή είναι ενδεδειγμένη.



Εικόνα 20. Εφαρμογή της συσκευής Doppler στη ραχιαία του ποδός αρτηρία

Άλλες διαγνωστικές εξετάσεις περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των δεικτών πηκτικότητας καθώς και των τιμών των ηλεκτρολυτών και της κρεατινίνης. Η ομάδα αίματος είναι σημαντική εν όψει πιθανού χειρουργείου ή θρομβόλυσης και επί ενδεχόμενων αιμορραγικών επιπλοκών. Σε υποψία εμφράγματος του μυοκαρδίου με ενδεχόμενο περιφερικό εμβολισμό πρέπει να διενεργείται ηλεκτροκαρδιογράφημα και υπολογισμός της τιμής της τροπονίνης. Η παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού μπορεί να αναδείξει την περίπτωση κοιλιακής μαρμαρυγής ως αιτία της οξείας ισχαιμίας, λόγω εμβολισμού. Το καρδιακό υπερηχογράφημα μπορεί να αποκαλύψει την παρουσία καρδιακού θρόμβου, βαλβιδοπάθειας ή δομικών διαταραχών των καρδιακών κοιλοτήτων όπως ενδεχόμενο ανεύρυσμα της αριστερής κοιλίας ή ανώμαλη ενδοκαρδιακή επικοινωνία. Ωστόσο, σε καμία περίπτωση οι ανωτέρω εξετάσεις δεν πρέπει να λειτουργούν επιβραδυντικά στη θεραπευτική αντιμετώπιση της οξείας ισχαιμίας. [20]

4.6.2 Συνοπτικός διαγνωστικός αλγόριθμος της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων

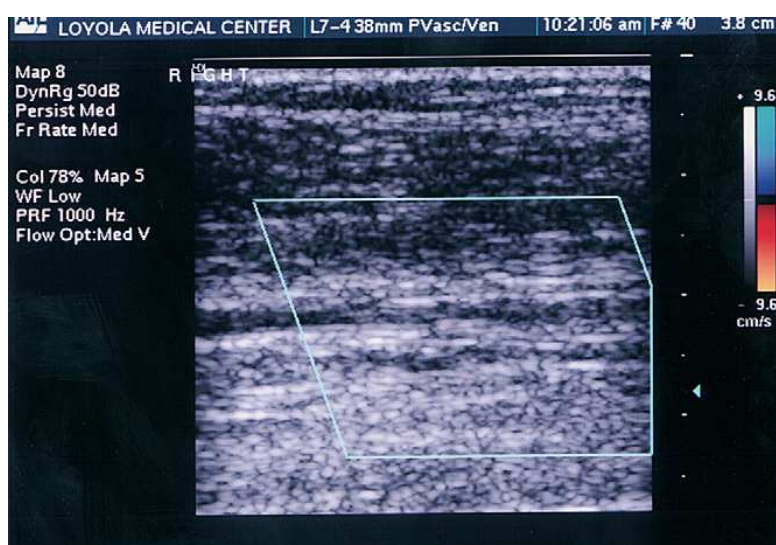
Η ταχεία αναγνώριση των σημείων και των συμπτωμάτων της οξείας ισχαιμίας αποτελεί το σημείο κλειδί για την αντιμετώπισή της. Η θνητότητα και η θνησιμότητα του εν λόγω οξέως συμβάντος σχετίζονται σε βάθος με τη συνολική κλινική κατάσταση των ασθενών, με τη σοβαρότητα της ισχαιμίας κατά την παρουσίαση καθώς και με την αμεσότητα της διάγνωσης και της αντιμετώπισης.

Η φυσική εξέταση θα πρέπει να εστιάζεται στην παρουσία ενός ή περισσότερων από τα έξι κλασσικά κλινικά σημεία (πόνος, ωχρότητα, παράλυση, παραισθησίες, απουσία σφυγμού, ψυχρό άκρο). Ταυτόχρονα, το ιστορικό της λειτουργικής κατάστασης του μέλους πριν το οξύ επεισόδιο είναι δέουσας σημασίας καθώς μπορεί να αποκαλύψει σημαντικές κλινικές πληροφορίες σε σχέση με το αίτιο της ισχαιμίας. Ασθενής με γνωστή εστία ενδεχόμενου εμβολισμού, χωρίς ιστορικό διαλείπουσας χωλότητας ή προηγούμενης αγγειακής παρέμβασης και με φυσιολογικό ετερόπλευρο κάτω άκρο, πιθανότατα αντιμετωπίζει ισχαιμία εμβολικής αιτιολογίας. Ασθενής με ιστορικό περιφερικής

αρτηριοπάθειας και ευρήματα αντίθετα με αυτά τα οποία περιγράφονται ανωτέρω, πιθανότατα πάσχει από οξεία θρόμβωση.

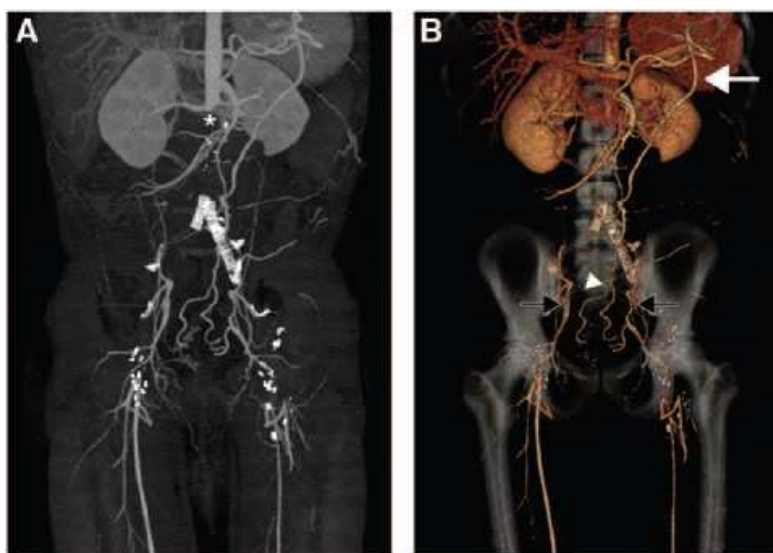
Κατά την παρουσίαση, οι ασθενείς με οξεία ισχαιμία κάτω άκρου θα πρέπει να αξιολογούνται ως προς τη γενική τους κατάσταση καθώς μπορεί να συνυπάρχουν συμβάματα οξέως εμφράγματος του μυοκαρδίου, καρδιακής ανεπάρκειας ή καρδιακών αρρυθμιών. Σε αυτές τις περιπτώσεις η αιμοδυναμική σταθεροποίηση του ασθενή είναι επιτακτική πριν την περαιτέρω διερεύνηση. Η χορήγηση ηπαρίνης αποτελεί καθιερωμένη σύσταση για τη αποφυγή περαιτέρω επέκτασης της θρόμβωσης.

Μετά την αιμοδυναμική σταθεροποίηση του ασθενή και την ολοκλήρωση της φυσικής εξέτασης είναι απαραίτητη η ταχεία διενέργεια αγγειακού υπερηχογραφικού ελέγχου του πάσχοντος μέλους ώστε να καθοριστεί επακριβώς το ύψος της απόφραξης και η βατότητα των περιφερικών αγγείων απορροής. Έτερα σημαντικά ευρήματα του υπερηχογραφήματος αφορούν την ηχογένεια του θρόμβου (η οποία μπορεί να αποκαλύψει στοιχεία σχετικά με την έναρξη της νόσου) και την ποιότητα των αγγειακών τοιχωμάτων (η οποία μπορεί να θέσει ή όχι την υποψία τοπικής ρήξεως αθηρωματικής πλάκας). Το αγγειακό υπερηχογράφημα συνιστά ταχεία εξέταση σε έμπειρα χέρια και συνιστάται ως εργαλείο πρώτης γραμμής στη διαγνωστική προσέγγιση της οξείας ισχαιμίας. Αποτελεί εξέταση ευρέως διαθέσιμη, χαμηλού κόστους, μη επεμβατική και χωρίς έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία. Μπορεί να προσφέρει, επίσης, σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά τα αιμοδυναμικά χαρακτηριστικά της στένωσης. Αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει την παραπλήσια ευαισθησία και ειδικότητα του αγγειακού υπερηχογραφικού ελέγχου συγκριτικά με την ψηφιακή αγγειογραφία ως προεγχειρητικής διαγνωστικής μεθόδου, τόσο στη χρόνια [25, 26, 27] όσο και στην οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων [28]. Επιπρόσθετα, στο πλαίσιο της ταχύτερης αξιολόγησης των ασθενών με οξεία ισχαιμία κάτω άκρων, όσον αφορά τον αιτιολογικό παράγοντα της ισχαιμίας, έχει παρουσιαστεί μελέτη με χρήση συντομότερου και εντοπισμένου πρωτοκόλλου αγγειακού υπερηχογραφήματος (F-VLAD), χωρίς τελικά εκπτώσεις στην ακρίβεια της διάγνωσης [29].



Εικόνα 21. Οξεία εμβολή πρόσθιας κνημιαίας αρτηρίας σε ασθενή με κολπική μαρμαρυγή. Απουσία ροής στο έγχρωμο Doppler. Το τοίχωμα ελέγχεται ομαλό χωρίς αθηρωματικές αλλοιώσεις

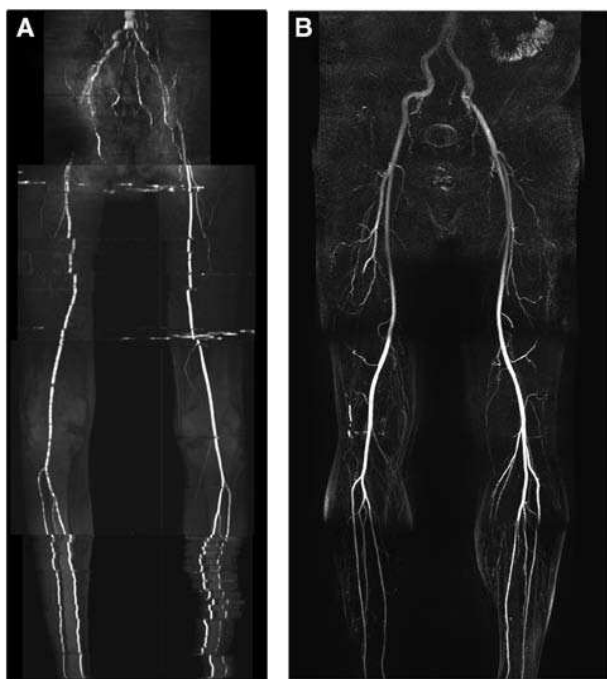
Ενώ κάθε περαιτέρω καθυστέρηση πρέπει να αποφεύγεται σε περιπτώσεις άμεσα απειλούμενων κάτω άκρων (Ib), σε ασθενείς με οριακά απειλούμενα (Πα) ή βιώσιμα (I) κάτω άκρα, μπορεί να έχουν ρόλο εξετάσεις δεύτερου επιπέδου όπως η αξονική ή μαγνητική αγγειογραφία και ειδικότερα σε περιπτώσεις όπου τα ευρήματα του υπερηχογραφήματος δεν είναι απόλυτα σαφή. Η αξονική αγγειογραφία προσφέρει υψηλότερη χωρική ανάλυση των αγγειακών βλαβών ειδικότερα με τη διενέργεια δύο ή τριών επιπέδων ανασυνθέσεων (MIP, VRT, MPR algorithms) ενώ δίνει μία πιο συνολική εικόνα του αρτηριακού δικτύου. Η πολυτομική αξονική αγγειογραφία παρουσιάζει ευαισθησία και ειδικότητα της τάξεως του 96% και του 98% αντίστοιχα, στην ανάδειξη σημαντικού βαθμού στενώσεων (>50%) του αορτολαγονίου άξονα. Παρόμοιου βαθμού ευαισθησία και ειδικότητα έχει αναφερθεί για στενώσεις της μηροϊγνυακής περιοχής και της περιοχής κάτωθεν του γόνατος. Μεγαλύτερο πλεονέκτημά της αποτελεί η απεικόνιση των αποτιτανώσεων, των stents και των χειρουργικών παρακάμψεων. Ωστόσο παρουσιάζει μειονεκτήματα με σημαντικότερα αυτά τα οποία σχετίζονται με τη χρήση του σκιαγραφικού μέσου (νεφροτοξικότητα, αλλεργίες).



Εικόνα 22. Αξονική αρτηριογραφία αποφρακτικής νόσου αορτολαγονίου άξονα. A. MIP B. VRT [30]

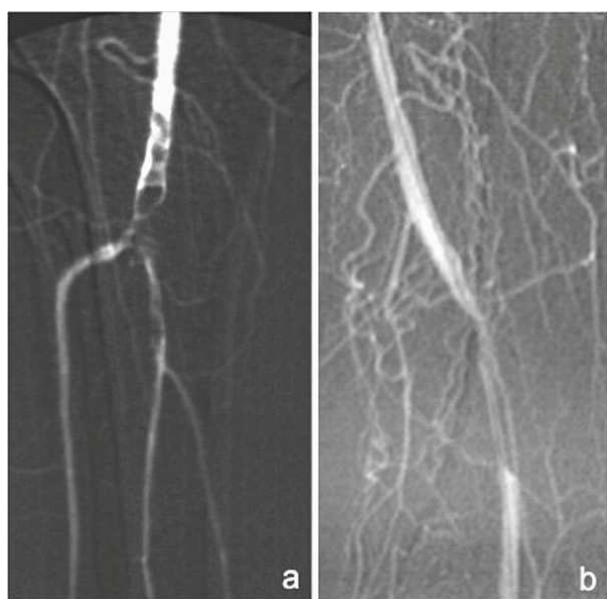
Η μαγνητική αγγειογραφία παρουσιάζει παρόμοια προτερήματα με την αξονική αγγειογραφία. Όταν συνοδεύεται με τη χορήγηση ενδοφλέβιας παραμαγνητικής ουσίας, παρουσιάζει ευαισθησία και ειδικότητα της τάξεως του 93%-100% συγκριτικά με την ψηφιακή αγγειογραφία. Είναι χρήσιμη σε ασθενείς με αλλεργίες και σε αυτούς με μετρίου βαθμού νεφρική ανεπάρκεια. Ωστόσο, δεν είναι ευρέως διαθέσιμη ενώ παρουσιάζει ποικιλία αντενδείξεων οι οποίες σχετίζονται με ενδεχόμενη βαριάς μορφής νεφρική ανεπάρκεια (συστηματική ίνωση) και με την παρουσία συγκεκριμένων εμφυτευμάτων και ιατρικών συσκευών. Επιπρόσθετα, δεν ενδείκνυται για κλειστοφοβικούς ασθενείς. Σημαντικό μειονέκτημά της αποτελεί και η αδυναμία της για ανίχνευση τοιχωματικών αποτιτανώσεων, γεγονός το οποίο δυσχεραίνει την επιλογή της

κατάλληλης αναστομοωτικής θέσης σε περιπτώσεις αγγειακών παρακάμψεων [24,32]



Εικόνα 23. Time of flight (TOF) Μαγνητική αγγειογραφία χωρίς τη χρήση σκιαγραφικού μέσου [30]

Τέλος, η ψηφιακή αγγειογραφία, η οποία για δεκαετίες εθεωρείτο εξέταση εκλογής για τη διάγνωση της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων, σήμερα λόγω της επεμβατικής της φύσης και του κινδύνου επιπλοκών έχει περιορισμένο ρόλο ως διαγνωστική εξέταση πρώτης γραμμής και περιορίζεται κυρίως σε περιπτώσεις ασαφών ευρημάτων έτερων διαγνωστικών εξετάσεων.



Εικόνα 24. a. Τυπική αγγειογραφική εικόνα οξείας ισχαιμίας εμβολικής αιτιολογίας b. Αγγειογραφική εικόνα οξείας θρόμβωσης επί ρήξεως αθηρωματικής πλάκας [32]

Παρέχει πληροφορίες ανατομικές, δύο διαστάσεων και υποεκτιμά το βαθμό στένωσης σε ελικοειδή αγγεία ή σε θρομβωμένα ανευρύσματα [31]. Η ψηφιακή τομογραφία μπορεί να αναδείξει το σημείο της απόφραξης και το περιφερικό αρτηριακό δίκτυο. Μπορεί επίσης να φανεί χρήσιμη στη διάκριση μεταξύ εμβολής και θρόμβωσης όσον αφορά το αίτιο της ισχαιμίας. Παρά τον περιορισμένο ρόλο της ως προεπεμβατική διαγνωστική εξέταση, αποκτά διαρκώς αυξανόμενη σημασία στον τομέα της θεραπευτικής παρέμβασης. [32, 24]

4. Μεθοδολογία

Έγινε ποιοτική ανασκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [42]. Μελετήθηκε η ηλεκτρονική βιβλιοθήκη Pubmed, Scopus, Medline, Cochrane library καθώς και συγγράμματα Ακτινολογίας και Αγγειοχειρουργικής. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: acute lower limb ischemia, acute arterial thrombosis, lower limb embolism, differential diagnosis embolism vs thrombosis, doppler or duplex US in acute limb ischemia και συνδυασμοί τους. Αρχικά μελετήθηκαν οι περιλήψεις των εργασιών και απομονώθηκαν αυτές που πληρούσαν τις απαραίτητες προϋποθέσεις. Όλα τα άρθρα που συμπεριελήφθησαν ήταν στην Αγγλική Γλώσσα και προϋπόθεση ένταξής τους ήταν η δυνατότητα πρόσβασης στο πλήρες άρθρο. Στην Αγγλική Γλώσσα ήταν και η πλειοψηφία των συγγραμμάτων τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως πηγές, με εξαίρεση την συμπερίληψη ολιγάριθμων ελληνικής γραφής συγγραμμάτων Ακτινολογίας και Αγγειοχειρουργικής ελληνικών Εκδοτικών Οίκων. Από τη μελέτη αποκλείστηκαν άρθρα με αναφορά και ανάλυση αιτιολογικών παραγόντων οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων διαφορετικών από την εμβολή και την οξεία θρόμβωση. Επίσης απορρίφθηκαν άρθρα και κλινικές σειρές οι οποίες αναφέρονταν σε ασθενείς με παρακαμπτήρια μοσχεύματα ή ενδοπροθέσεις αγγείων (stent).

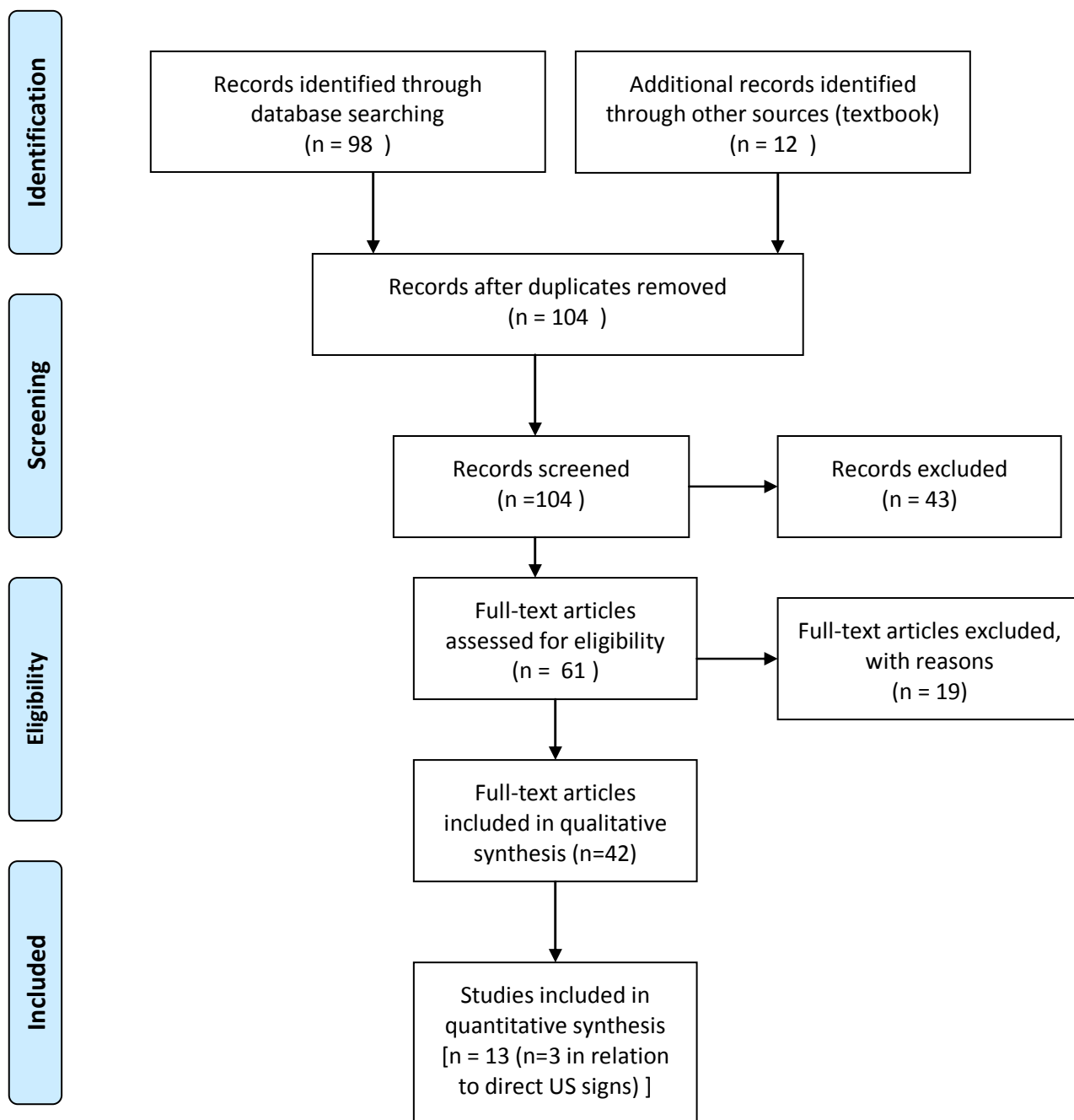
Τα δεδομένα της μελέτης εξήχθησαν μετά από μελέτη της βιβλιογραφίας και απομόνωση σχετικών επιστημονικών αναφορών. Τα δεδομένα που μελετήθηκαν αφορούν πληροφορίες σχετικά με τη νοσολογική οντότητα της οξείας ισχαιμίας των κάτω άκρων, τον υπερηχογραφικό έλεγχο των περιφερικών αρτηριών, τη διαγνωστική προσέγγιση της οξείας ισχαιμίας και κυρίως την αναζήτηση άμεσων και έμμεσων υπερηχογραφικών κριτηρίων για τη διαφορική διάγνωση μεταξύ της εμβολικής και της θρομβωτικής αιτιολογίας της οξείας ισχαιμίας.

5. Αποτελέσματα

Από την αρχική αναζήτηση εμφανίστηκαν 110 τίτλοι εργασιών και συγγραμμάτων αναφορικά με την οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων ενώ 44 από αυτούς αφορούσαν στον υπερηχογραφικό έλεγχο της εν λόγω νοσολογικής οντότητας. Μετά από μελέτη των περιλήψεων των εργασιών και των περιεχομένων των συγγραμμάτων απομονώθηκαν τελικά 41 από τις ανωτέρω πηγές για τη συγγραφή της εν λόγω Διπλωματικής εργασίας. Τα επιστημονικά άρθρα που απορρίφθηκαν ως πηγές της εργασίας είτε δεν πληρούσαν τα κριτήρια και το σκοπό της τρέχουσας μελέτης είτε παρουσίαζαν επικάλυψη επιστημονικών πληροφοριών με έτερα άρθρα τα οποία τελικά συμπεριλήφθησαν στη μελέτη.



PRISMA 2009 Flow Diagram



Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι όσον αφορά το πεδίο της έρευνας σχετικά με την αξιολόγηση ενδεχόμενων άμεσων υπερηχογραφικών σημείων για τη διαφορική διάγνωση μεταξύ της εμβολικής και της θρομβωτικής αιτιολογίας της οξείας ισχαιμικής νόσου των κάτω άκρων και παρά τον ενδελεχή έλεγχο, απομονώθηκαν μόλις τρεις κλινικές μελέτες. Δύο εξ αυτών αφορούν σε μελέτες ομάδας ιατρών από το Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Καΐρου σε διαφορετικές

χρονικές περιόδους και με διάνθιση των εξεταζόμενων παραμέτρων στη δεύτερη από αυτές. Η τρίτη μελέτη η οποία είναι και η πιο πρόσφατη, διενεργήθηκε από ομάδα ιατρών των Νοσοκομείων της Νοβάρρα και της Νάπολι. Κινήθηκε σε κοινό πλαίσιο με τις προηγούμενες μελέτες όσον αφορά το εξεταζόμενο άμεσο υπερηχογραφικό κριτήριο, συσχετίζοντάς το περαιτέρω με τις διαθέσιμες κλινικές πληροφορίες όσον αφορά την ακρίβειά του. Παρουσιάστηκε υπό μορφή ηλεκτρονικά αναρτημένης ανακοίνωσης (EPOS). Στις ανωτέρω μελέτες εξετάστηκαν συνολικά 752 ασθενείς με εικόνα οξείας ισχαιμίας και εξετάστηκαν με αγγειακό υπερηχογράφημα ενώ τα ευρήματα του υπερήχου συγκρίθηκαν με τα αγγειογραφικά και τα χειρουργικά δεδομένα. Η μεγαλύτερη σειρά προέρχεται από την τρίτη μελέτη η οποία διενεργήθηκε στην Ιταλία με 598 ασθενείς. Η περίοδος διεξαγωγής των κλινικών μελετών αφορά συνολικά το χρονικό διάστημα 2009-2018.

Παρά τους υπαρκτούς περιορισμούς των ανωτέρω μελετών, το εξεταζόμενο υπερηχογραφικό κριτήριο (μεταβολή διαμέτρου) για τη διαφορική διάγνωση μεταξύ εμβολής και θρόμβωσης, παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά στο σημείο της απόφραξης σε σχέση με το αντίστοιχο επίπεδο του ετερόπλευρου υγιούς αρτηριακού στελέχους και παρά τη στατιστική ομοιογένεια των λοιπών χαρακτηριστικών των ομάδων ασθενών που υπεβλήθησαν σε συγκριτική αξιολόγηση (ασθενείς με εμβολή και ασθενείς με θρόμβωση).

A. Υπερηχογραφική διερεύνηση οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων

A.1 Ρυθμίσεις μηχανήματος

Ηχοβολέας

- Επιλογή κατάλληλης συχνότητας
- Επιλογή κατάλληλων προρρυθμίσεων (μεγέθυνση, ενίσχυση, εστίαση, Pulse Repetition Frequency (PRF), τοιχωματικό φίλτρο κτλ)

Προσαρμογή παραμέτρων B-mode

- Ταυτοποίηση του αγγείου
- Βελτιστοποίηση του μεγέθους της εικόνας
- Ρύθμιση της ενίσχυσης και της αντιστάθμισης ώστε ο αυλός του αγγείου να ελέγχεται μαύρος ενώ τα τοιχώματα να διακρίνονται σαφώς

Έγχρωμο Doppler

- Γωνίωση του ηχοβολέα ώστε να προσεγγίζει τον επιμήκη άξονα του αγγείου
- Τοποθέτηση του κουτιού χρώματος (color box), πιθανώς με κλίση, ώστε να διασφαλίζεται η μικρότερη δυνατή γωνία σε σχέση με τον άξονα του αγγείου
- Το μέγεθος του κουτιού χρώματος πρέπει να επιλέγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται υψηλός ρυθμός καρτέ

- Βελτιστοποίηση της ενίσχυσης ώστε να αποφεύγεται η υπερχειλίση χρώματος εκτός του αγγείου
- Ρύθμιση PRF: υψηλότερο PRF σε περιπτώσεις ψευδούς κορεσμού (aliasing)/ χαμηλότερο PRF σε υποψία αργής ροής η οποία δεν ανιχνεύεται
- Αν η χρωματική πλήρωση του αγγείου δεν είναι ικανοποιητική, θα πρέπει να επιλέγεται ηχοβολέας χαμηλότερης συχνότητας ώστε να αυξάνεται το βάθος διεύθυνσης. Η φτωχότερη χωρική ανάλυση είναι αμελητέα στην εφαρμογή έγχρωμου Doppler καθώς αντισταθμίζεται από το ισχυρότερο χρωματικό σήμα

Παλμικό Doppler

- Τοποθέτηση του κέρσορα στο κέντρο του αγγείου σε γωνία μικρότερη των 70 μοιρών σε σχέση με τον επιμήκη άξονα του αγγείου
- Διόρθωση της γωνίας
- Βελτιστοποίηση της διαμέτρου του κέρσορα ώστε το δειγματοληπτικό παράθυρο να περιλαμβάνει ολόκληρο τον αυλό
- Αν το λαμβανόμενο σήμα Doppler είναι ασθενές θα πρέπει να επιλέγεται το πάγωμα της χρωματικής ροής κατά τη διενέργεια του λεγόμενου triplex ώστε να βελτιώνεται η ανάλυση του Doppler

Βελτιστοποίηση της κυματομορφής:

- Ενίσχυση : απύσα ή ασθενής κυματομορφή απαιτεί αύξηση της ενίσχυσης/ υπερδιαμόρφωση της καμπύλης (πλήρης κάλυψη του συστολικού παραθύρου, φαινόμενο καθρέφτη) απαιτεί μείωση της ενίσχυσης
- PRF: αποκοπή της συστολικής κορυφής απαιτεί αύξηση του PRF/ μικρού μεγέθους κυματομορφή απαιτεί μείωση του PRF [3]

A.2 Διενέργεια υπερηχογραφικής εξέτασης

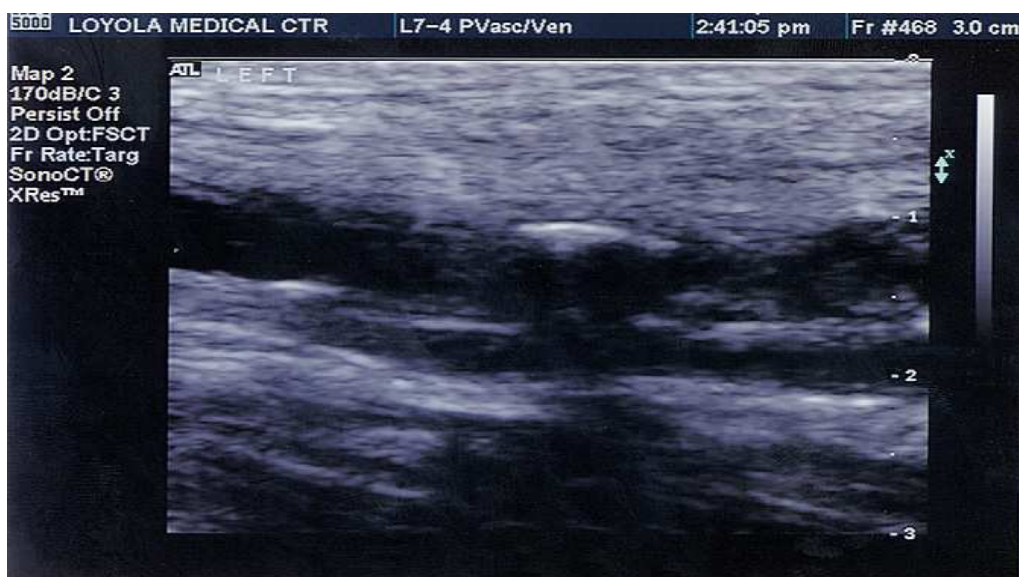
Για τη σωστή διενέργεια της εξέτασης είναι σημαντικό η θερμοκρασία του περιβάλλοντος χώρου να είναι κατάλληλη (>20 βαθμούς Κελσίου) ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενη αγγειοσύσπαση. Η συνδυασμένη χρήση της εικόνας διαβάθμισης του γκρι (B-mode), του έγχρωμου Doppler και του παλμικού Doppler είναι σημαντική για την επίτευξη ολοκληρωμένης αξιολόγησης. Μια περιφερική αρτηρία θεωρείται πλήρως αποφραγμένη όταν ενώ απεικονίζεται ο αυλός της στη λειτουργία B-mode, δεν αναδεικνύεται ροή εντός αυτής τόσο με τη μέθοδο της έγχρωμης Doppler απεικόνισης, όσο και με τη φασματική ανάλυση Doppler [8].

Η εικόνα διαβάθμισης του γκρι (B-mode) παρέχει τη δυνατότητα απεικόνισης σημαντικών μορφολογικών λεπτομερειών. Μπορεί να

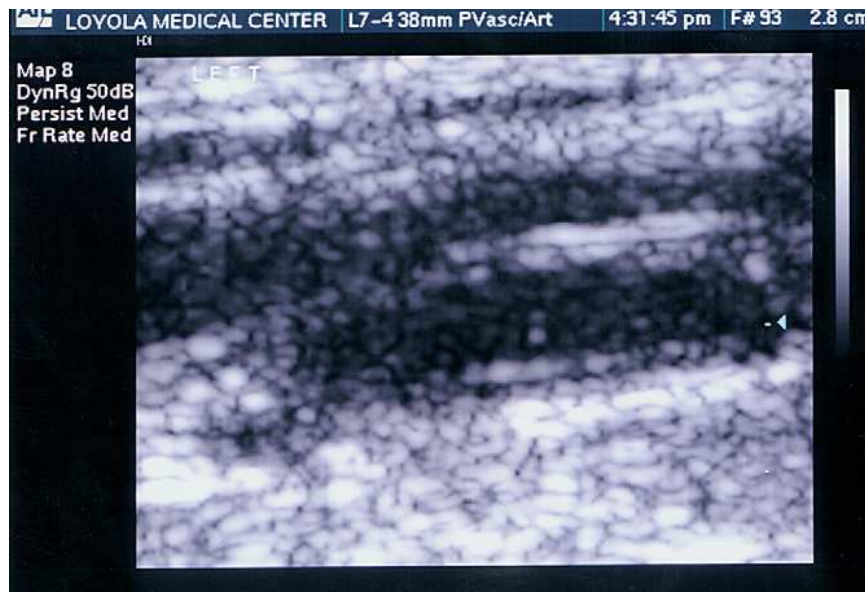
αναδείξει την θρομβοεμβολική νόσο η οποία χαρακτηρίζεται από ηχογένεια παρόμοια με αυτή της αιματικής ροής, σχεδόν άνηχη κατά την

οξεία φάση και σταδιακά αυξανόμενη κατά την οργάνωση του θρόμβου. Η ηχογένεια του θρόμβου αποτελεί, λοιπόν, σημείο κλειδί όσον αφορά την έναρξη της νόσου και ως τούτου στην επιλογή της κατάλληλης θεραπείας.[32]

Επιπρόσθετα σημαντικό στοιχείο αποτελεί η δυνατότητα αξιολόγησης της ποιότητας του αγγειακού τοιχώματος. Τα έμβολα εντοπίζονται συνήθως σε διχασμούς αρτηριών ενώ το τοίχωμα των αγγείων ελέγχεται υγιές χωρίς στοιχεία αθηρωματικής νόσου. Ωστόσο, η συγκεκριμένη διάκριση με βάση την εντόπιση της βλάβης μπορεί να είναι λιγότερο σαφής σε περιπτώσεις επέκτασης του θρόμβου, γεγονός το οποίο μπορεί να συμβεί τόσο σε οξεία εμβολή όσο και σε οξεία θρόμβωση. Επιπλέον, το τοίχωμα της αρτηρίας και του εμβόλου χαρακτηρίζονται από ομαλή διεπιφάνεια μεταξύ τους ενώ η εξωτερική επιφάνεια του τοιχώματος του εμβόλου απεικονίζεται υπερηχογενής λόγω της παρουσία ινώδους [10]. Γενικώς τα έμβολα χαρακτηρίζονται από αυξημένη ετερογένεια ενώ σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίζουν μορφολογικό χαρακτηριστικό δίκην “ ουράς”. Αντιθέτως οι αλλοιώσεις της οξείας θρόμβωσης ελέγχονται συνήθως μεγαλύτερου μήκους και με παρουσία υπο-ανηχοϊκών στοιχείων συγκριτικά με τους περιβάλλοντες ιστούς ενώ τείνουν να προσκολλώνται καλύτερα στο αρτηριακό τοίχωμα [28]. Στις περιπτώσεις θρόμβωσης η B-mode εξέταση μπορεί να αποκαλύψει σημεία χρόνιας αρτηριοπάθειας στο τοίχωμα των αγγείων με τις αποτιτανωμένες αθηρωματικές αλλοιώσεις να απεικονίζονται ως υπερηχογενείς παχύνσεις των αγγειακών τοιχωμάτων και συνοδό στενό αυλό. Σε μεμονωμένες περιπτώσεις οι αποτιτανωμένες πλάκες μπορεί να παράγουν έντονη ακουστική σκιά η οποία αποκρύπτει την υποκείμενη θρόμβωση. [32, 16, 9]



Εικόνα 25. Οξεία θρόμβωση επί ρήξεως αθηρωματικής πλάκας. Απεικονίζεται η αποτιτανώση με τη συνοδό ακουστική σκιά στο σημείο της θρόμβωσης. [10]

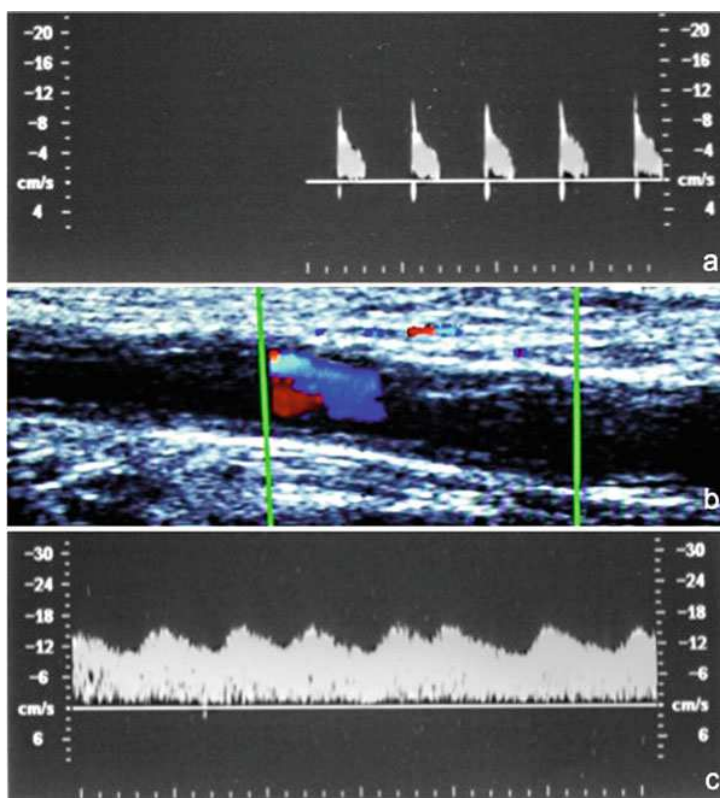


Εικόνα 26. Οξεία εμβολή στην ιγνυακή αρτηρία. Ηχογενές υλικό ελέγχεται στον αρτηριακό αυλό. Το αρτηριακό τοίχωμα δεν φέρει αθηρωματικές αλλοιώσεις και έχει ομαλή επιφάνεια. Το εξωτερικό τοίχωμα του εμβόλου απεικονίζεται υπερηχογενές στο πλαίσιο της ινώδους συστάσεως [10]

Το έγχρωμο Doppler επιτρέπει την αξιολόγηση τόσο άμεσων όσο και έμμεσων σημείων θρομβοεμβολικής νόσου. Το άμεσο σημείο αφορά στην απουσία ροής εντός του αγγείου. Ένα χαρακτηριστικό έμμεσο σημείο αφορά στην ανίχνευση ροής χαμηλής ταχύτητας μετά την απόφραξη η οποία απαιτεί τη μείωση του PRF. Η εν λόγω ροή είναι χαρακτηριστική παράπλευρης κυκλοφορίας και αιμοδυναμικής αντιστάθμισης, εύρημα συμβατό με οξεία θρόμβωση καθώς η υποκείμενη αθηρωματική νόσος έχει καταστήσει δυνατή την ανάπτυξη παράπλευρου δικτύου στη διάρκεια του χρόνου.

Το παλμικό Doppler παρέχει πληροφορίες για τον τύπο της ροής εντός του αγγείου. Άμεσο σημείο θρομβοεμβολικής νόσου αποτελεί η αδυναμία ανίχνευσης σήματος εντός του αυλού του αγγείου. Ύπερθεν της απόφραξης η κυματομορφή είναι συχνά φυσιολογική, διατηρώντας την τριφασική μορφολογία της. Όσο προσεγγίζουμε προς το ύψος της απόφραξης η κυματομορφή προσλαμβάνει τυπικά χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με παρουσία εμποδίου κατά μήκος της ροής. Συγκεκριμένα, η κυματομορφή μετατρέπεται σε μονοφασική ή διφασική, χαρακτηρίζεται από ταχεία άνοδο και κάθοδο με την παρουσία οξύαιχμης κορυφής και με απουσία ορθόδρομης ροής κατά τη διαστολική φάση. Όταν υπάρχει διαστολική φάση, εμφανίζεται ως μία μικρή αναστροφή της ροής, αποτέλεσμα της αυξημένης περιφερικής αντίστασης και του ανάστροφου κύματος το οποίο ανακλάται στο σημείο του αποφρακτικού εμποδίου. Το συγκεκριμένο σημείο, ωστόσο, μπορεί να απουσιάζει στις περιπτώσεις οξείας απόφραξης λόγω θρόμβωσης, λόγω της ανάπτυξης παράπλευρου δικτύου. Ένα καλά αναπτυγμένο παράπλευρο δίκτυο μπορεί να επιτρέψει σημαντική εκτόνωση της ροής και η κυματομορφή μπορεί να προσλάβει σχεδόν φυσιολογική μορφολογία.

Η ροή κάτωθεν της απόφραξης εξαρτάται από το αίτιο της οξείας ισχαιμίας. Στις περιπτώσεις απόφραξης εμβολικής αιτιολογίας, η αιμοδυναμική κατάσταση περιφερικά της απόφραξης χαρακτηρίζεται από απουσία αιματικής ροής. Αντιθέτως στις περιπτώσεις οξείας θρόμβωσης, περιφερικά της απόφραξης ελέγχεται συνήθως χαρακτηριστική ροή λόγω παράπλευρου δικτύου (μονοφασική κυματομορφή, με μειωμένη μέγιστοσυστολική ταχύτητα και σημαντική επιμήκυνση της συστολικής φάσης) με πρότυπο χαμηλών αντιστάσεων τυπικό μικρού εύρους (parvus) και επιβραδυνόμενης επίτευξης μέγιστοσυστολικής κορύφωσης (tardus).



Εικόνα 27. Υπερηχογραφικός αγγειακός έλεγχος σε διαφορετικά επίπεδα
a. Χαρακτηριστική κυματομορφή από περιοχή του αγγείου αμέσως εγγύτερα της απόφραξης (stump signal) b. Αποτιτανώσεις ελέγχονται ως υπερηχογενείς παχύνσεις του αγγειακού τοιχώματος. Υποηχογενές υλικό απεικονίζεται ενδοαυλικά στην περιοχή της θρόμβωσης c. Χαρακτηριστική μονοφασική κυματομορφή περιφερικά της απόφραξης με επιβράδυνση επίτευξης μέγιστοσυστολικής κορύφωσης, μειωμένη μέγιστοσυστολική ταχύτητα καθώς και μειωμένες περιφερικές αντιστάσεις [32]

Η υπερηχογραφική ανάδειξη μερικώς ή πλήρως θρομβωμένων ανευρυσμάτων μπορεί επίσης να λειτουργήσει βοηθητικά στην ανεύρεση της αιτιολογίας της οξείας ισχαιμίας και στη διαφοροδιάγνωση μεταξύ οξείας εμβολής και οξείας θρόμβωσης. Μπορεί να επισυμβεί είτε εντοπισμένη ολοκληρωτική θρόμβωση με συνοδό απόφραξη του ανευρύσματος είτε το ανεύρυσμα να λειτουργήσει ως εστία περιφερικών

εμβόλων ή μικροεμβόλων σε μικρής διαμέτρου περιφερικά αγγεία (blue toe syndrome). [10, 33]



Εικόνα 28. Πλήρως θρομβωμένο ανεύρυσμα της ιγνυακής αρτηρίας σε ασθενή ο οποίος προσήλθε με εικόνα οξείας ισχαιμίας [10]



Εικόνα 29. Δερματικές αλλοιώσεις του άκρου ποδός στο πλαίσιο πολλαπλών περιφερικών μικροεμβολισμών [blue toe syndrome]

Η υπερηχογραφική ανάδειξη πολλαπλών αποφρακτικών εστιών είναι χαρακτηριστική της εμβολικής διαδικασίας. Υγιές ετερόπλευρο αλλά και λοιπό αρτηριακό δίκτυο, χωρίς παρουσία αθηρωματικών αλλοιώσεων είναι επίσης ενδεικτικό εμβολής [16]. Παθognομονικό σημείο οξείας εμβολής αποτελεί η μηννοειδούς σχήματος (meniscus sign/ blue cup) διακοπή της χρωματικής ροής κατά την εφαρμογή του έγχρωμου Doppler στο εγγύς όριο του εμβόλου. Ενδεχόμενη ανάπτυξη σπασμού περιφερικά της εμβολής είναι συχνή. [16, 34, 32]



Εικόνα 30. Χαρακτηριστική, μηνοειδούς σχήματος (blue cup), διακοπή της αιματικής ροής σε οξεία εμβολή κοινής μηριαίας φλέβας [10]

Το σύνολο των ανωτέρω περιγραφέντων υπερηχογραφικών σημείων αποτελούν έμμεσα κριτήρια για τη διαφοροδιάγνωση μεταξύ της οξείας εμβολικής και της οξείας θρόμβωτικής απόφραξης των κάτω άκρων.

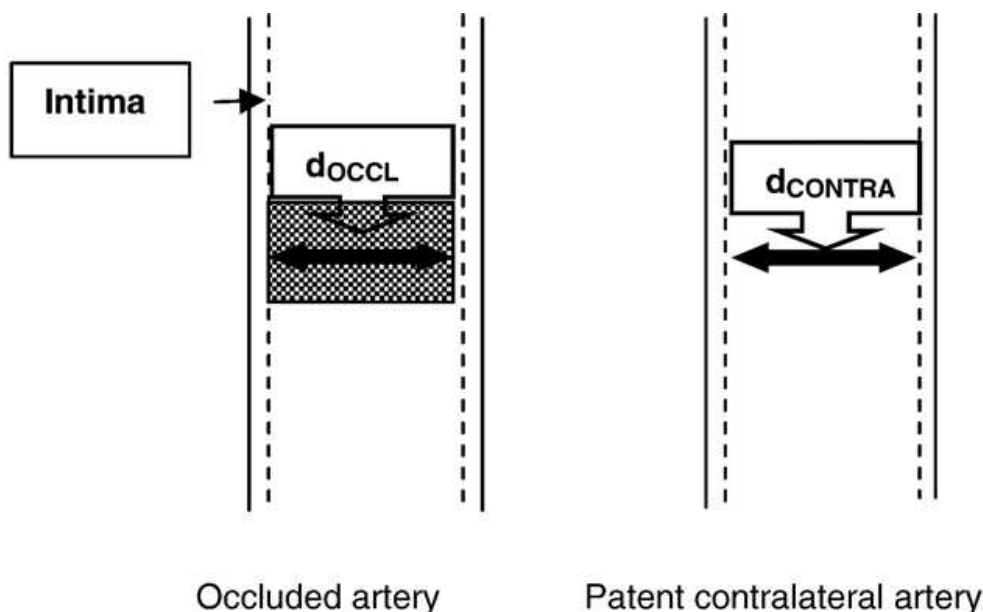
Στην προσπάθεια αναζήτησης άμεσων υπερηχογραφικών κριτηρίων για τη διαφοροδιάγνωση των δύο εν λόγω μηχανισμών οξείας ισχαιμίας, δύο μελέτες που διεξήχθησαν από το Καρδιαγγειακό τμήμα του Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Καΐρου, δημοσιεύτηκαν το 2010 και το 2013 στο *Cardiovascular Revascularization Medicine*. Παρόμοια προσπάθεια διενεργήθηκε από Ιατρούς του Ακτινολογικού τμήματος των Νοσοκομείων της Νοβάρα και της Νάπολι στην Ιταλία το 2019 και τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με μορφή ηλεκτρονικής αναρτημένης ανακοίνωσης (EPOS) στο *European Congress of Radiology (ECR)*. [35, 36, 34, 37]

A.3 ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΛΕΤΩΝ

A.3.1 Πρώτη μελέτη [35]

Το 2010 οι Elmahdy et al. πραγματοποίησαν μία μελέτη στην οποία συμμετείχαν 97 ασθενείς οι οποίοι είχαν υποβληθεί σε αγγειοχειρουργική επέμβαση στο πλαίσιο αντιμετώπισης οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων. Εξαιρέθηκαν όσοι ασθενείς είχαν ιστορικό αγγειακής παράκαμψης, τραυματικής αιτιολογίας ισχαιμίας κάτω άκρου, διαχωρισμό και θρόμβωση λόγω σπασμού, αρτηρίτιδας, ιγνυακής κύστης ή συνδρόμου παγίδευσης. Προσπαθώντας να είναι ακριβείς όσον αφορά τη διαφοροδιάγνωση μεταξύ εμβολικής και θρομβωτικής αιτιολογίας της υφιστάμενης οξείας ισχαιμίας, έλαβαν υπ'όψιν τους ποικιλία παραμέτρων όπως τους εκάστοτε παράγοντες κινδύνου, την παρουσία συστηματικής αθηροσκληρυντικής νόσου, τον χρόνο έναρξης των συμπτωμάτων και τη λειτουργική σταδιοποίηση κατά SVS/ISCVS.

Η παρουσία αθηροσκληρωτικής νόσου προσδιορίστηκε με βάση την παρουσία πάχους του έσω-μέσου χιτώνα μεγαλύτερου του 0.1mm. Επιπλέον, διενήργησαν μετρήσεις της διαμέτρου του αυλού της αρτηρίας (έσω χιτώνα προς έσω χιτώνα) στο σημείο της απόφραξης (d_o) και της διαμέτρου της αρτηρίας στο ίδιο επίπεδο του αντίπλευρου άκρου (d_c). Υπολογίστηκε η διαφορά της διαμέτρου (Δ) ανάμεσα στις δύο αρτηρίες (d_o-d_c).



Εικόνα 31. Η διαφορά διαμέτρου στην αποφραγμένη αρτηρία και στο υγιές άκρο υπολογίστηκε ως εξής $\Delta=d_{OCCL}-d_{CONTRA}$.

Οι ασθενείς χωρίστηκαν σύμφωνα με τα χειρουργικά ευρήματα σε δύο ομάδες: εμβολικής αιτιολογίας (ομάδα E) και θρομβωτικής αιτιολογίας (ομάδα T). Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές όσον αφορά τα λοιπά κλινικά χαρακτηριστικά, τον χρόνο εμφάνισης, την κλινική σταδιοποίηση της νόσου, τις θέσεις εντόπισης της αρτηριακής απόφραξης και τα επιμέρους χαρακτηριστικά τα οποία εξετάστηκαν (αποτιτανώσεις, παράπλευρη κυκλοφορία, κολπική μαρμαρυγή), με εξαίρεση τη διάμετρο Δ .

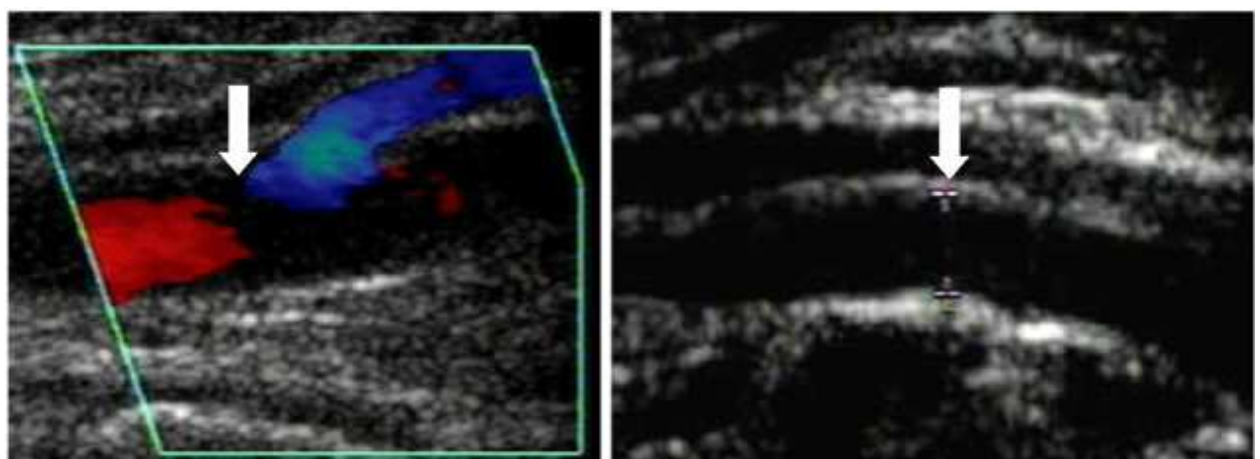
Sites of occlusion	E Group (n=55)	T Group (n=52)	P value
Iliac	5 (9%)	6 (11.5%)	NS
Femoral	18 (32.7%)	20 (38.4%)	NS
Popliteal	23 (41.8%)	15 (28.8%)	NS
Infrapopliteal	1 (1.8%)	2 (3.8%)	NS
Subclavian	1 (1.8%)	2 (3.8%)	NS
Axillary	–	1 (1.9%)	NS
Brachial	5 (9%)	4 (7.6%)	NS
Forearm	2 (3.6%)	2 (3.8%)	NS

Πίνακας 8. Σημεία αρτηριακής απόφραξης στις ομάδες E και T (Θ)

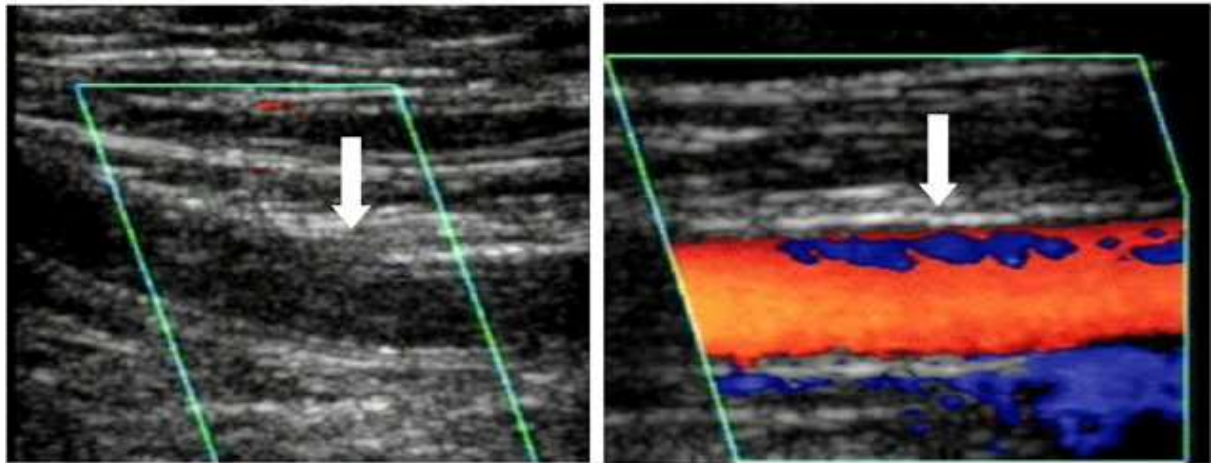
Variables	E Group (n=55)	T Group (n=52)	P value
<i>Clinical parameters</i>			
Age	49.9±20.2	56.8±16.9	NS
Male gender	30 (54.5%)	32 (61.5%)	NS
Diabetes	25 (45.4%)	30 (57.6%)	NS
Hypertension	27 (49%)	30 (57.6%)	NS
Smoking	25 (45.4%)	29 (55.7%)	NS
CVD	22 (40%)	29 (55.7%)	NS
AF	17 (30%)	15 (28.8%)	NS
<i>Time of presentation</i>			
Hyperacute	16 (29%)	13 (25%)	NS
Acute A	24 (43.6%)	25 (48%)	NS
Acute B	14 (25.4%)	7 (13.4%)	NS
Subacute	1 (1.8%)	7 (13.4%)	NS
<i>Functional classification</i>			
Class I	17 (30%)	10 (19.2%)	NS
Class IIa	22 (40%)	25 (48%)	NS
Class IIb	11 (20%)	14 (26.9%)	NS
Class III	5 (9%)	3 (5.7%)	NS

Πίνακας 7 : κλινικές παράμετροι, χρόνος εμφάνισης, λειτουργική σταδιοποίηση E και T ομάδα.

Στην ομάδα E η τιμή της διαμέτρου Δ ήταν $0.95 \pm 0.92 \text{mm}$ ενώ η αντίστοιχη διάμετρος στην ομάδα Θ ήταν $-0.13 \pm 1.02 \text{mm}$ ($p < 0.001$).

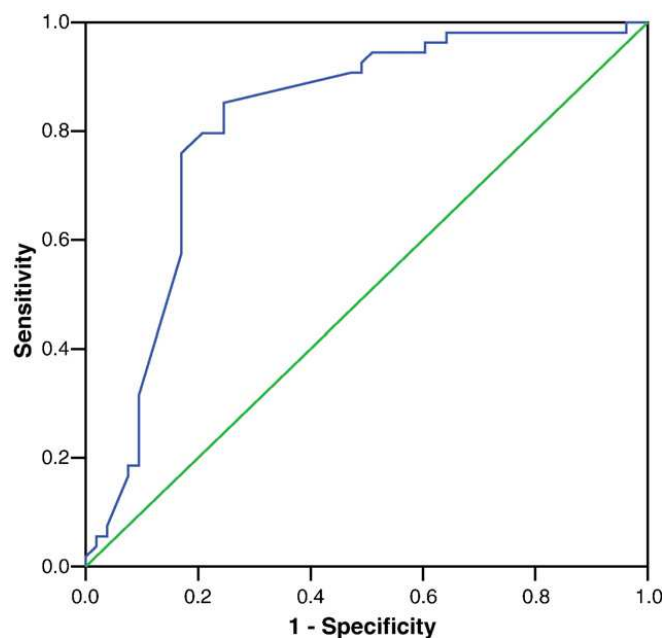


Εικόνα 32. Εμβολική απόφραξη στην ιγνυακή αρτηρία (αριστερή) με διάμετρο = 5.5 χιλ. Αντίπλευρη βατή ιγνυακή αρτηρία (δεξιά) με διάμετρο = 4.5 χιλ. Η Δ υπολογίζεται ως $5.5 - 4.5 = 1$ χιλ.



Εικόνα 33. Θρομβωτική απόφραξη της ΕπΜΑ (αριστερά) με διάμετρο =5 χιλ. Αντίπλευρα βατή ΕπΜΑ (δεξιά) με διάμετρο =5.5 χιλ. Η Δ υπολογίζεται ως $5 - 5.5 = - 0.5$ χιλ.

Τα αποτελέσματα υπέδειξαν μία αύξηση στην διάμετρο των αγγείων με οξεία ισχαιμία εμβολικής αιτιολογίας και μία, έστω και μικρή, μείωση της διαμέτρου των αρτηριών με θρομβωτικής αιτιολογίας οξεία ισχαιμία. Αναλύοντας τις καμπύλες ROC, οι μελετητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μία μεταβολή της διαμέτρου της τάξεως των $\pm 0.5\text{mm}$ ανάμεσα στα αποφραγμένα αγγεία και τα αντίστοιχα αγγεία στο ίδιο επίπεδο του ετερόπλευρου κάτω άκρου, αποτελεί την εγκυρότερη τιμή για τη διαφοροποίηση ανάμεσα στην εμβολικής και θρομβωτικής αιτιολογίας οξεία ισχαιμία των κάτω άκρων με ευαισθησία και ειδικότητα της τάξεως του 85% και του 76% αντίστοιχα (CI 0.72-0.90, $p < 0.007$).



Εικόνα 34. Καμπύλη ROC

Δ	Embolic	Thrombotic
Sensitivity	85%	85%
Specificity	76%	76%

Πίνακας 9. Ευαισθησία και ειδικότητα υπερηχογραφικής Duplex μελέτης ανάλογα με την Δ στην εμβολική και θρομβωτική απόφραξη

Οι περιορισμοί της μελέτης αφορούν στον μικρό αριθμό ασθενών που συμμετείχαν, με αποτέλεσμα την αδυναμία δημιουργίας και μελέτης υποομάδων. Επιπρόσθετα, είναι σημαντική η επικύρωση των τιμών της ευαισθησίας και της ειδικότητας της διαμέτρου Δ για διαφορετικές εντοπίσεις του αρτηριακού δικτύου και σε διαφορετικούς χρόνους εμφάνισης.

A.3.2 ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΛΕΤΗ [36]

Στη δεύτερη μελέτη της ίδιας επιστημονικής ομάδας, μελετήθηκαν προοπτικά 57 ασθενείς οι οποίοι προσήλθαν στα επείγοντα της χειρουργικής με συμπτώματα οξείας ισχαιμίας κάτω άκρων και αντιμετωπίστηκαν στο καρδιαγγειακό τμήμα. Εξαιρέθηκαν ασθενείς με ιστορικό αγγειακής προσπέλασης και τραυματικής αιτιολογίας οξεία ισχαιμία καθώς και οι ασθενείς με περιφερική αρτηριακή νόσο μη αρτηριοσκληρωτικής αιτιολογίας (όπως αρτηρίτιδα ή διαχωρισμό). Με βάση τα χειρουργικά ευρήματα οι ασθενείς χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: εμβολικής αιτιολογίας (ομάδα E) και θρομβωτικής αιτιολογίας (ομάδα T)

Variables	E Group 37 (59.7%)	T Group 25 (40.3%)	p value
Site of occlusion			
Common iliac artery	10 (27.0%)	2 (8%)	NS
External iliac artery	-	1 (4%)	NS
Common femoral artery	4 (10.8%)	-	NS
Profunda femoral artery	-	2 (8%)	NS
Superficial femoral artery	2 (5.4%)	12 (48%)	<0.001
Popliteal artery	19 (51.4%)	4 (16%)	0.004
Infrapopliteal artery	1 (2.7%)	3 (12%)	NS
Subclavian artery	-	1 (4%)	NS
Brachial artery	1 (2.7%)	-	NS
State of arterial wall at site of occlusion			
Healthy	27 (73.0%)	13 (52%)	NS
Atherosclerotic	10 (27.0%)	12 (48%)	NS
Calcification	7 (18.9%)	7 (28%)	NS
Distal runoff	20 (54.1%)	9 (36%)	NS
Collateral	5 (13.5%)	3 (12%)	NS
(Δ) (mm)	1.21 \pm 1.22	-0.68 \pm 1.02	<0.001
(Δ %)	21.96 \pm 17.53	-11.03 \pm 16.16	<0.001

Data are expressed as mean \pm SD or No. (%) of patients.

Πίνακας 10: Duplex δεδομένα

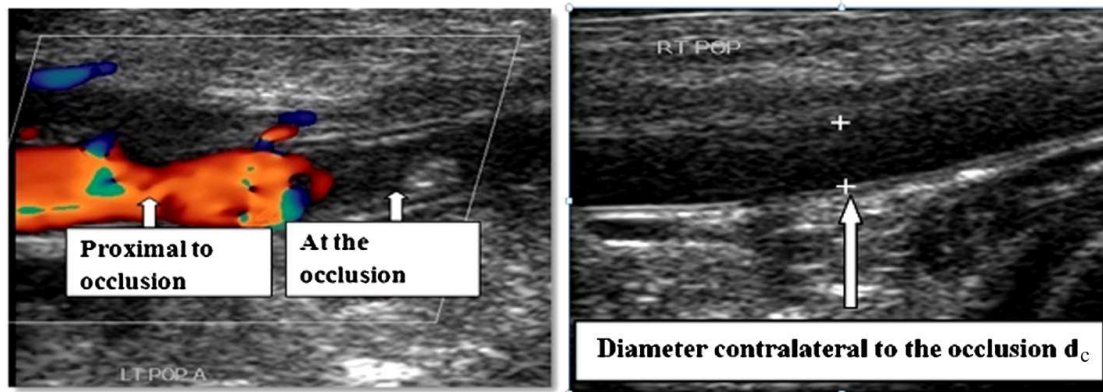
Variables	E-Group 37 (59.7%)	T-Group 25 (40.3%)	p value
Age (mean ± SD)	50.9 ± 15.6	57.5 ± 15.6	NS
Male gender	16 (43.2%)	13 (52%)	NS
Diabetes	8 (21.6%)	8 (32%)	NS
Hypertension	15 (40.5%)	8 (32%)	NS
Smoking	10 (27.0%)	9 (36%)	NS
Ischemic heart disease	8 (21.6%)	6 (24%)	NS
Heart failure	6 (16.2%)	4 (16%)	NS
Atrial fibrillation	11 (29.7%)	5 (20%)	NS
Cerebrovascular diseases	4 (10.8%)	4 (16%)	NS
Time of presentation			
Hyperacute	9 (24.3%)	3 (12%)	NS
Acute A	16 (43.2%)	12 (48%)	NS
Acute B	12 (32.4%)	10 (40%)	NS
Mode of presentation			
Pain	37 (100%)	25 (100%)	NS
Paresthesia	20 (54.1%)	10 (40%)	NS
Paralysis	4 (10.8%)	4 (16%)	NS
Coldness	26 (70.3%)	19 (76%)	NS
Color changes	21 (56.8%)	16 (64%)	NS
SVS/ISCVS Classification			
Class I	11 (29.7%)	5 (20%)	NS
Class IIa	16 (43.2%)	11 (44%)	NS
Class IIb	9 (24.3%)	6 (24%)	NS
Class III	1 (2.7%)	3 (12%)	NS

Data are expressed as mean ± SD or no. (%) of patients.

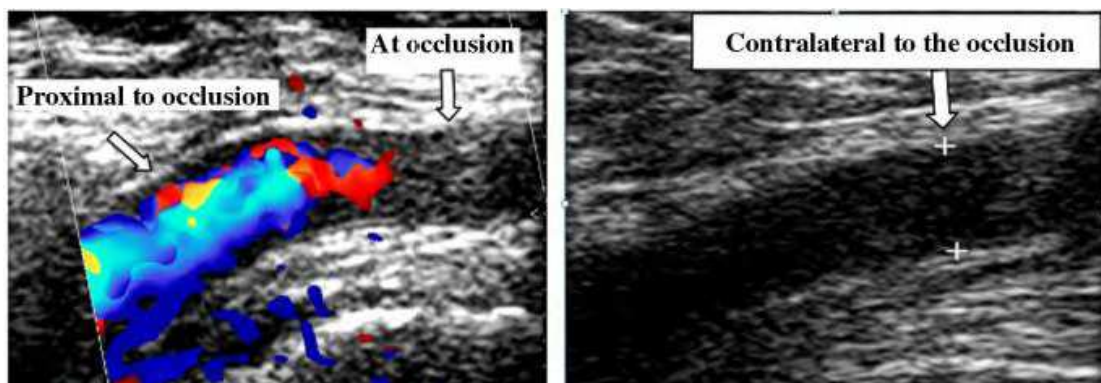
Πίνακας 11: κλινικά χαρακτηριστικά των E και T ομάδων

Όπως και στην προηγούμενη μελέτη αξιολογήθηκαν ποικιλία κλινικών και υπερηχογραφικών χαρακτηριστικών όπως αναφέρονται στους παραπάνω πίνακες χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες, με εξαίρεση την εντόπιση της απόφραξης και των τιμών των διαμέτρων Δ και Δ%. Η παρουσία αθηροσκληρυντικής νόσου προσδιορίστηκε και πάλι με βάση την παρουσία πάχους του έσω-μέσου χιτώνα μεγαλύτερου του 0.1mm ενώ διενήργησαν μετρήσεις της διαμέτρου του αυλού της αρτηρίας (έσω χιτώνα προς έσω χιτώνα) στο σημείο της απόφραξης (do) και της διαμέτρου της αρτηρίας στο ίδιο επίπεδο του αντίπλευρου άκρου (dc). Υπολογίστηκε η διαφορά της διαμέτρου (Δ) ανάμεσα στις δύο αρτηρίες (do-dc). Διαφορά σε σχέση με την προηγούμενη μελέτη όπως φαίνεται και στον πίνακα 11 ήταν ο υπολογισμός και της ποσοστιαίας τιμής της διαμέτρου Δ όπου $\Delta\% = \Delta / dc \times 100$.

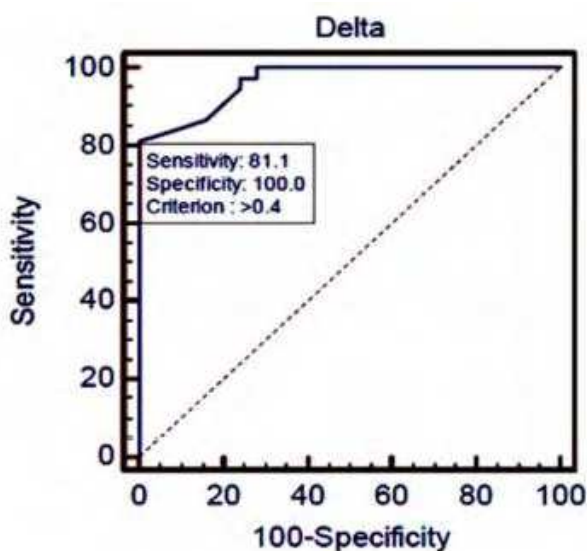
Η άριστη τιμή των Δ και (Δ)% για διαφοροδιάγνωση εμβολής-θρόμβωσης, όπως καθορίζεται από την ανάλυση των καμπύλων ROC , είναι 0.4 χιλ και 1.41% αντίστοιχα, με ευαισθησία 81,1% και ειδικότητα 100% όταν χρησιμοποιείται η διάμετρος Δ και ευαισθησία 100% και ειδικότητα 76% όταν χρησιμοποιείται η ποσοστιαία διάμετρος Δ%.



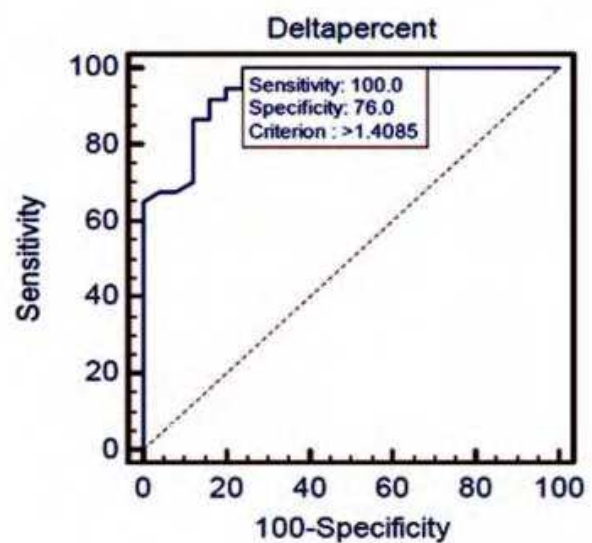
Εικ. 35 . Εμβολική απόφραξη ιγνακικής αρτηρίας με διάμετρο στο σημείο απόφραξης = 4.11 mm (αρ). Διάμετρος του αντίστοιχου αντίπλευρου σημείου = 3.64 mm (δεξ) με Δ και $\Delta\%$ υπολογισμένο σε 0.47 mm και 12.91%, αντίστοιχα.



Εικ. 36. Θρόμβωση της έξω λαγόνιας αρτηρίας με διάμετρο στο σημείο της απόφραξης=4.14 χιλ (αριστερά). Διάμετρος στο αντίστοιχο αντίπλευρο τμήμα =5.39 χιλ (δεξιά) με Δ και $\Delta\%$ να υπολογίζεται ως -1.25 mm και -23.2%, αντίστοιχα.



Εικόνα 37. Καμπύλη ROC για Δ

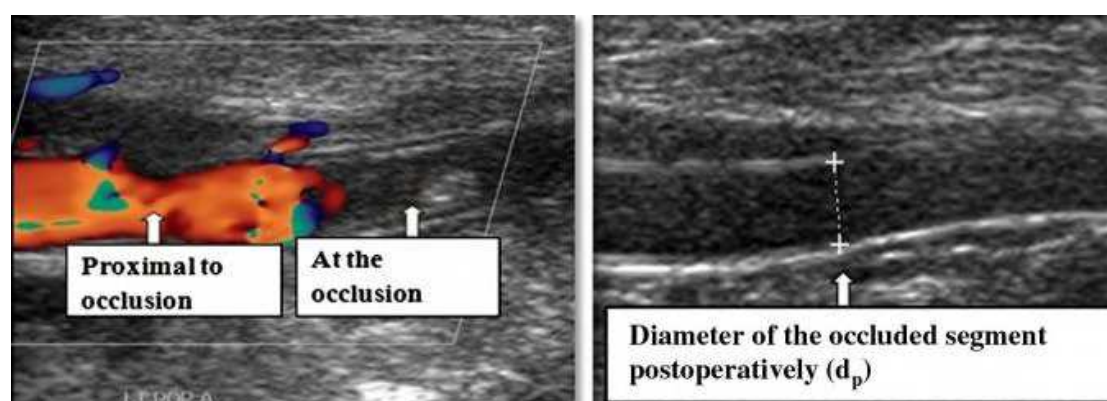


Εικόνα 38. Καμπύλη ROC $\Delta\%$

Από τους 37 ασθενείς με οξεία εμβολική απόφραξη, οι 34 υποβλήθηκαν σε εμβολεκτομή. Η σύγκριση ανάμεσα στην προεγχειρητική και στην μετεγχειρητική διάμετρο στο σημείο της απόφραξης ανέδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο μετρήσεις (η μετεγχειρητική διάμετρος ήταν μικρότερη σε σχέση με την προεγχειρητική).

Συγκεκριμένα υπολογίστηκε η απόλυτη και ποσοστιαία τιμή της διαφοράς της διαμέτρου του αγγείου που αποφράχθηκε, πριν (d_o) και μετά το χειρουργείο (d_p), ως εξής: (d_p-d_o) και $\Delta p/d_o \times 100$, αντίστοιχα.

Η μετεγχειρητική Δp και $\Delta p\%$ ήταν $-0.8 \pm 0.77\text{mm}$ και $-11.8\% \pm 8.2\%$ αντίστοιχα με στατιστικά σημαντική αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στο Δ και στο Δp ($\rho=0,912$, $P<0.001$).



Εικ. 37. Εμβολή της ιγνυακής αρτηρίας, με διάμετρο στο σημείο της απόφραξης = 4.11 mm (αριστερά). Η διάμετρος στο προηγούμενως αποφραχθέν τμήμα μετά την εμβολεκτομή = 3.78 mm (δεξιά). (Δp) και ($\Delta p\%$) υπολογίζεται ως -0.33 mm και -8.03% , αντίστοιχα

Table 3

Comparison of the diameter at site of occlusion preoperatively and postoperatively.

Variables	Preoperatively 34	Postoperatively 34	p value
Diameter at site of occlusion (mm)	7 ± 2.7	6.1 ± 2.4	$p < 0.001$

Η παρούσα μελέτη συγκριτικά με την προηγούμενη χρησιμοποιεί το ποσοστό μεταβολής και όχι απλώς την απόλυτη τιμή μεταβολής της διαμέτρου της αποφραγμένης αρτηρίας σε σχέση με το αντίστοιχο σημείο της ετερόπλευρης αρτηρίας. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται κάθε πιθανή επίδραση του αρχικού μεγέθους της αρτηρίας στο μέγεθος της μεταβολής της διαμέτρου του αποφραχθέντος τμήματος σε περίπτωση οξείας εμβολής ή οξείας θρόμβωσης και καθίσταται εφικτή η πιο ακριβής διεξαγωγή μετρήσεων για διαφορετικής διαμέτρου αγγεία. Επιπρόσθετα δε θεωρείται ιδανικό να χρησιμοποιείται ως όριο μεταβολής διαμέτρου, τιμή η οποία εκφράζεται σε χιλιοστά όταν αναφέρεται σε αγγεία με μεγάλες διαφορές μεταξύ τους στο μέγεθος. Όταν χρησιμοποιείται η διάμετρος για τη διαφοροδιάγνωση μεταξύ και εμβολικής και

θρομβωτικής αιτιολογίας αποφρακτικής βλάβης το ενδεδειγμένο είναι να αναφέρονται η διάμετρος της ετερόπλευρης αρτηρίας, η απόλυτη τιμή μεταβολής της διαμέτρου Δ και η ποσοστιαία μεταβολή $\Delta\%$.

Ο μετεγχειρητικός αγγειακός υπέρηχος στους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε εμβολεκτομή αποκάλυψε την αναστροφή των μεταβολών στις διαμέτρους των αποφραχθέντων αγγείων (Δ και $\Delta\%$) και ως εκ τούτου επιβεβαιώνεται η ειδικότητα των εν λόγω μεταβολών στην οξεία εμβολική απόφραξη.

Επιπλέον, σημαντικό εύρημα αποτελεί η στατιστικά σημαντική ομοιογένεια μεταξύ των διαμέτρων διαφορετικών αρτηριακών τμημάτων τα οποία μετρήθηκαν στο ίδιο επίπεδο αμφοτεροπλεύρως καθώς επιτρέπει το αντίστοιχο σημείο του ετερόπλευρου άκρου να χρησιμοποιείται ως μέτρηση αναφοράς.

Η μελέτη παρατήρησε ότι το εύρος του αγγείου, στο σημείο της απόφραξης διευρύνεται, ενώ στη θρόμβωση μικραίνει κατά 0.4 χιλ σε απόλυτη τιμή ή 1.41% σε ποσοστό. Μια πρώτη πιθανή εξήγηση ήταν ότι στην εμβολή, η κινητική ενέργεια που προέρχεται από την αδράνεια του κινούμενου εμβόλου, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια κατά την πρόσκρουση και προσκόλληση στο τοίχωμα του αγγείου στο σημείο της απόφραξης. Αντίθετα η θρόμβωση, που είναι μία *in situ* διαδικασία, προκαλεί συμπλησίαση των τοιχωμάτων του αγγείου, λόγω του μηχανισμού θρόμβωσης (retraction).

Περιορισμοί της μελέτης αφορούν τον μικρό αριθμό των ασθενών καθώς και την συμμετοχή ασθενών με οξεία ισχαιμία άνω άκρων. Η περιορισμένη χρήση φαρμακευτικής θρομβόλυσης δεν επέτρεψε την παρακολούθηση των μορφολογικών αλλαγών των αγγείων με θρομβωτική απόφραξη ύστερα από θρομβολυτική αντιμετώπιση. Τέλος η αξιοπιστία των μελετητών δεν ελέγχθηκε για αρτηρίες κάτωθεν του επιπέδου της ιγνυακής.

A.3.3 ΜΕΛΕΤΗ 3 [37]

Όσον αφορά την τρίτη μελέτη τα αποτελέσματα της οποίας παρουσιάστηκαν με μορφή ηλεκτρονικής αναρτημένης ανακοίνωσης [EPOS] στο European Congress of Radiology (ECR) το 2019, έχουμε λιγότερες πληροφορίες σχετικά με το σχεδιασμό και τη στατιστική ανάλυση της μελέτης αλλά τα αποτελέσματά της παραμένουν εξίσου σημαντικά και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των δύο προηγούμενων μελετών.

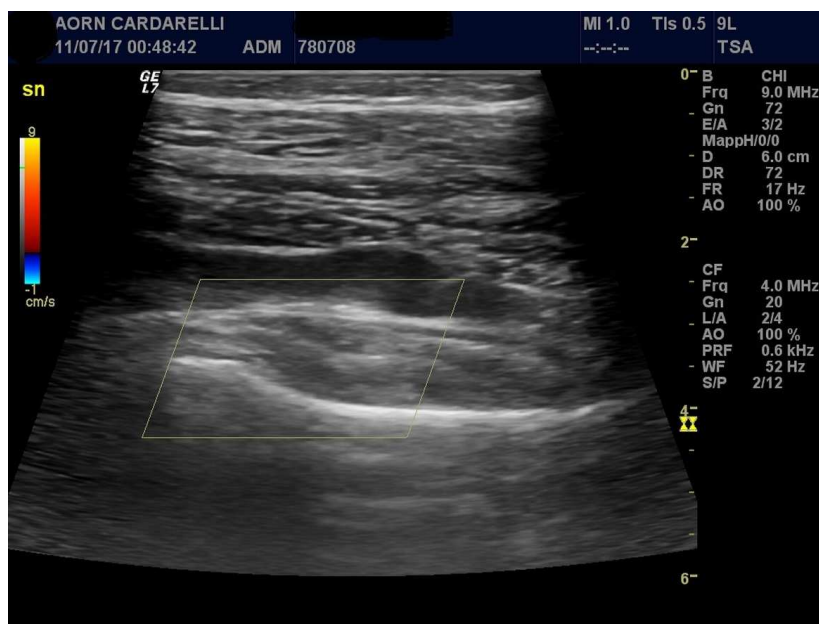
Συγκεκριμένα, 598 ασθενείς με οξεία ισχαιμία μη τραυματικής αιτιολογίας υποβλήθηκαν σε αγγειακό υπερηχογραφικό έλεγχο από τον Μάιο του 2013 μέχρι και τον Απρίλιο του 2018. Η μελέτη για τη διαφοροδιάγνωση μεταξύ της εμβολικής και της θρομβωτικής αιτιολογίας οξείας ισχαιμίας, βασίστηκε στην αξιολόγηση πέντε κριτηρίων:

1. την άμεση απεικόνιση/ μη απεικόνιση του εμβόλου
2. την αρτηριακή διάμετρο στο σημείο της απόφραξης ($dOCCL$) και την αντίστοιχη διάμετρο στο ίδιο επίπεδο του ετερόπλευρου υγιούς σκέλους ($dCONTRA$)

3. την κλινική εικόνα
4. το ιστορικό κολπικής μαρμαρυγής
5. την παρουσία/ απουσία αθηροσκληρυντικών αλλοιώσεων

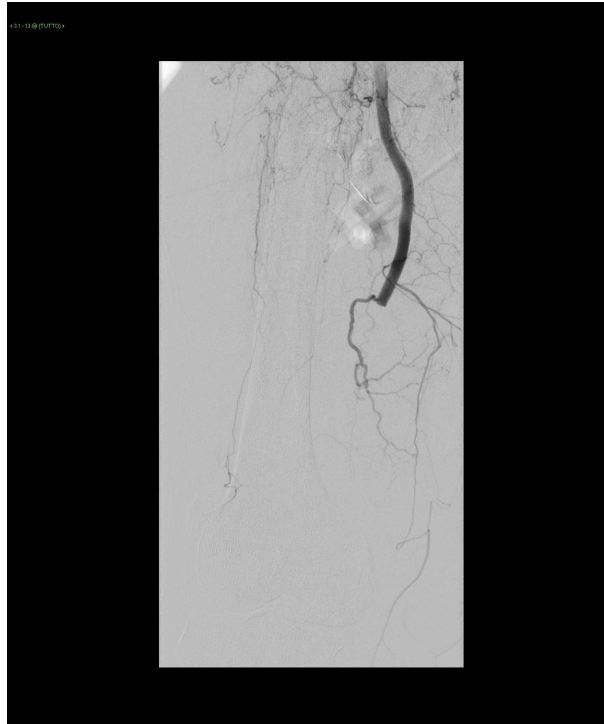
Η διαφορά ανάμεσα στις δύο διαμέτρους υπολογίστηκε ως εξής:

$$\Delta = d_{OCCL} - d_{CONTRA}$$



Εικόνα 38. Αποφρακτικός θρόμβος στην ιγνυακή αρτηρία [38]

Τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι η εγκυρότερη τιμή ήταν της τάξεως των 0.5mm για τη διαφοροδιάγνωση μεταξύ των ασθενών με οξεία εμβολή (> 0.5mm) και αυτών με οξεία θρόμβωση (< 0.5mm). Η ομάδα των ασθενών με οξεία εμβολή υποβλήθηκε σε χειρουργική επαναγγείωση ενώ η ομάδα των ασθενών με οξεία θρόμβωση αντιμετωπίστηκε με αγγειογραφικό έλεγχο και ενδαγγειακή προσέγγιση όσον αφορά τη θεραπεία. Τα υπερηχογραφικά ευρήματα συγκρίθηκαν με τα αγγειογραφικά και τα χειρουργικά δεδομένα. Σε περιπτώσεις αδυναμίας άμεσης απεικόνισης του εμβόλου, η παρουσία τουλάχιστον τριών από τις υπόλοιπες παραπάνω αναφερθέντες τέσσερις παραμέτρους, θεωρήθηκε ενδεικτική εμβολικής νόσου.



Εικόνα 39. Ψηφιακή αγγειογραφία σε θρομβωτική απόφραξη επιπολής μηριαίας αρτηρίας [38]

Η επεξεργασία των δεδομένων υπέδειξε ότι η τιμή Δ των 0.5mm ανάμεσα στις δύο διαμέτρους (doccl–dcontra) είχε ευαισθησία και ειδικότητα της τάξεως του 88% και 73% αντίστοιχα για τη διάγνωση της εμβολικής αιτιολογίας οξείας ισχαιμίας. Αν ληφθεί υπόψη το σύνολο των πέντε παραμέτρων προέκυψαν μόνο εννέα ψευδώς αρνητικές περιπτώσεις και καμία ψευδώς θετική με ευαισθησία 96% και ειδικότητα 100%.

Το τελικό συμπέρασμα της μελέτης συνοψίζεται στην ανάδειξη της τιμής Δ ίση με 0.5mm ως εγκυρότερη για την υπερηχογραφική διαφοροδιάγνωση μεταξύ οξείας εμβολής (> 0.5mm) και οξείας θρόμβωσης (< 0.5mm) και, συν τοις άλλοις, στην σημαντική βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας του αγγειακού υπερηχογραφικού ελέγχου κατόπιν συναξιολόγησης συγκεκριμένων κλινικών παραμέτρων.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Ο αγγειακός υπέρηχος ως εξέταση πρώτης γραμμής, παρέχει σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά την επαλήθευση της διάγνωσης της οξείας ισχαιμίας αλλά και την ακριβή εντόπιση της αποφρακτικής βλάβης. Επιπρόσθετα, σε συνδυασμό με τα κλινικά ευρήματα, προσπαθεί να δώσει απάντηση στο πεδίο της διαφορικής διάγνωσης μεταξύ της εμβολικής και της θρομβωτικής αιτιολογίας της νόσου με τελικό σκοπό την εφαρμογή της βέλτιστης θεραπευτικής παρέμβασης.

Η υπερηχογραφική εξέταση των αγγείων διενεργείται με τη συνδυασμένη χρήση της εικόνας διαβάθμισης του γκρι (B-mode), του έγχρωμου Doppler και του παλμικού Doppler ώστε ο έλεγχος να είναι ολοκληρωμένος. Μία άρτια

ολοκληρωμένη εξέταση προϋποθέτει εμπειρία του ιατρού ο οποίος διενεργεί τον έλεγχο αλλά και ιδανική ρύθμιση των παραμέτρων του μηχανήματος των υπερήχων, ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες και τα υποκείμενα ευρήματα. Δεν πρέπει να υποτιμάται η σημασία και των εξωτερικών παραγόντων όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας του χώρου εξέτασης. Τα κριτήρια της διαφορικής διάγνωσης της εμβολής από τη θρόμβωση, είναι κατά κύριο λόγο έμμεσα και αναφέρονται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 12. Υπερηχογραφικά κριτήρια διαφορικής διάγνωσης οξείας εμβολής και οξείας θρόμβωσης

Έμμεσα σημεία	Εμβολή	Θρόμβωση
Εντόπιση	Διχασμούς αρτηριών (+/-)	Κατά μήκος αγγείων
Τοίχωμα αγγείου	Ομαλή διεπιφάνεια	Υπερηχογενείς παχύνσεις
Αθρομάτωση	-	+
Εύρος αυλού	Απουσία στενώσεων	+/- Στενώσεις
Ετερόπλευρο σκέλος	Υγιές	Αθηροσκλήρυνση
Ανεύρυσμα	Μερικώς θρομβωμένο	Πλήρως θρομβωμένο
Παράπλευρο δίκτυο	-	+
Αριθμός βλαβών	+/- πολλαπλές	Μονήρης
Ηχογένεια θρόμβου	Αυξημένη ετερογένεια	Υποηχογενή στοιχεία με καλή προσκόλληση στο τοίχωμα
Έγχρωμο Doppler	Απουσία ροής μετά την απόφραξη	Μπορεί ανιχνεύσιμη ροή επί παράπλευρης κυκλοφορίας

Έγχρωμο Doppler	Σημείο μηνίσκου (blue cup) πριν την απόφραξη	Απουσία σημείου μηνίσκου
Παλμικό Doppler	Απουσία σήματος μετά την απόφραξη	Σήμα παράπλευρης ροής/ tardus parvus
Παλμικό Doppler	Stump signal πριν την απόφραξη	Απουσία stump signal επί καλής παράπλευρης ροής
Άμεσα σημεία Διάμετρος αυλού (αποφραχθέντος)	Αυξάνει	Μειώνεται

Σχετικά με τη διερεύνηση των άμεσων υπερηχογραφικών κριτηρίων για την αιτιολογική διαφορική διάγνωση της οξείας ισχαιμίας έχουν διεξαχθεί τρεις κλινικές μελέτες . Το σύνολο των εν λόγω μελετών εξετάζει τη μεταβολή της αρτηριακής διαμέτρου στο σημείο της απόφραξης σε σχέση με το αντίστοιχο υγιές αρτηριακό στέλεχος του αντίπλευρου σκέλους, η οποία εμφανίζεται αυξημένη σε περίπτωση εμβολής και μειωμένη σε περίπτωση θρόμβωσης. Η κινητική ενέργεια από την αδράνεια του κινούμενου εμβόλου, μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια κατά την πρόσκρουση και προσκόλληση στο τοίχωμα του αγγείου στο σημείο της απόφραξης σε αντίθεση με την in situ διαδικασία της θρόμβωσης η οποία προκαλεί συμπλησίαση των τοιχωμάτων του αγγείου (retraction). Στη δεύτερη μελέτη, στην προσπάθεια ακριβέστερης αποτύπωσης και ανεξαρτησίας του κριτηρίου από τη διάμετρο του εξεταζόμενου αγγειακού στελέχους, μελετήθηκε εκτός από την απόλυτη τιμή και η ποσοστιαία μεταβολή της διαμέτρου. Επιπλέον, όσον αφορά τις εμβολικές αποφράξεις τα ευρήματα επιβεβαιώθηκαν μέσω μετρήσεων της διαμέτρου των αρτηριών στο σημείο της απόφραξης μετά τη διενέργεια εμβολεκτομής, με τις μετρήσεις να αποκαλύπτουν στατιστικά σημαντική μεταβολή της διαμέτρου και επαναφορά του φυσιολογικού εύρους του αγγείου. Η τρίτη μελέτη οδηγήθηκε στα ίδια συμπεράσματα σχετικά με τη μεταβολή της διαμέτρου των αγγείων ανάλογα με τον αιτιολογικό παράγοντα και επιπλέον με τη συσχέτιση του συγκεκριμένου κριτηρίου με τα συνοδά κλινικά ευρήματα, κατάφερε να αυξήσει την ευαισθησία και την ειδικότητά του.

Όπως φάνηκε από την ανάλυση των ανωτέρω μελετών αλλά και από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, υπάρχει ακόμη μεγάλο πεδίο μελέτης στο πλαίσιο της ανεύρεσης και της επιβεβαίωσης άμεσων υπερηχογραφικών σημείων για τη διαφορική διάγνωση της οξείας εμβολής και της οξείας θρόμβωσης. Όσον αφορά την εξέταση του κριτηρίου της διαμέτρου, πιθανώς απαιτούνται επιπλέον μελέτες σε μεγαλύτερο αριθμό ασθενών και σε περαιτέρω υποομάδες αυτών. Επιπρόσθετα, δεν έχει επιχειρηθεί ακόμα, η περαιτέρω επιβεβαίωση της μεταβολής της διαμέτρου της αρτηρίας για τις περιπτώσεις ασθενών με

θρόμβωση, με μετρήσεις στο σημείο της απόφραξης μετά την εφαρμογή θρομβολυτικής θεραπείας. Συν τοις άλλοις, σχετικά με τον μηχανισμό πρόκλησης εμβολικής απόφραξης και τη μετατροπή της κινητικής ενέργειας του εμβόλου σε μηχανική κατά την πρόσκρουση στο αγγειακό τοίχωμα στο σημείο της απόφραξης, απαιτούνται επιπρόσθετες μελέτες για την αποσαφήνιση του εν λόγω φαινομένου. Συγκεκριμένα, είναι απαραίτητη η διερεύνηση πιθανών εξατομικευμένων αιμοδυναμικών καταστάσεων ανάμεσα σε διαφορετικούς ασθενείς οι οποίες θα μπορούσαν να επηρεάζουν το αποτέλεσμα της πρόσκρουσης λόγω της διαφορετικής κινητικής των εμβόλων.

Εκτός από τη διάμετρο είναι απαραίτητο να αναζητηθούν και να μελετηθούν και άλλοι παράγοντες οι οποίοι θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως υπερηχογραφικά κριτήρια διαφορικής διάγνωσης μεταξύ των δύο αιτιολογικών παραγόντων. Ένας θρόμβος καθώς ωριμάζει σκληραίνει με την πάροδο του χρόνου καθώς υφίσταται εναπόθεση κολλαγόνου και ινώδους με αποτέλεσμα τη μείωση της ελαστικότητας του θρόμβου [39]. Η πλειοψηφία των εμβόλων εμφανίζουν ετερογένεια με αυξημένη εναπόθεση ινώδους σε σχέση με *in situ* θρόμβους και η οποία μάλιστα προκαλεί την υπερηχογένεια της εξωτερικής επιφάνειάς του εμβόλου [10]. Ως εκ τούτου, κλινικές μελέτες με τη χρήση ελαστογραφίας θα μπορούσαν δυνητικά να αποκαλύψουν νέα υπερηχογραφικά κριτήρια για τη διαφοροποίηση των δύο υπό εξέταση καταστάσεων.

Τελειώνοντας, είναι σημαντικό να αναφέρουμε τις υπό διερεύνηση θεραπευτικές εφαρμογές των σκιαγραφικών μέσω των υπερήχων σε περιπτώσεις οξείας θρομβωτικής απόφραξης οι οποίες ανάλογα με την επιτυχία ή μη της μεθόδου μπορεί να λειτουργήσουν και διαφοροδιαγνωστικά σε σχέση με το αίτιο. Μικροσφαιρίδια δύνανται να σημανθούν για την προσκόλληση στον αποφρακτικό θρόμβο με τη χρήση ολιγοπεπτιδίων ενάντια στο ενεργό σύμπλεγμα GPIIb/ IIIa. Μετά τη χορήγηση των μικροσφαιριδίων από περιφερική φλέβα, προσκολλώνται στην επιφάνεια του θρόμβου και τον καθιστούν ευκολότερα ανιχνεύσιμο καθώς γίνεται υπερηχογενής. Τα μικροσφαιρίδια μπορούν να λειτουργήσουν ως μεταφορείς ιωδολυτικού παράγοντα ο οποίος απελευθερώνεται στην περιοχή λόγω ρήξης των τοιχωμάτων των μικροσφαιριδίων μέσω εφαρμογής υψηλών ακουστικών πιέσεων με τον ηχοβολέα [40]. Επομένως, η διεξαγωγή κλινικών μελετών στο συγκεκριμένο πεδίο μπορεί να προσφέρει υπερηχογραφικά κριτήρια για τη διαφορική διάγνωση του αιτίου ανάλογα με την έκβαση της θεραπείας.

Βιβλιογραφία

- [1] **MAKING SENSE OF VASCULAR ULTRASOUND. A HANDS-ON GUIDE.** Kenneth Myers, Et Amy Clough
- [2] **Netter's Atlas of Human Anatomy**
- [3] **Schaberle W. *Ultrasonography in Vascular Diagnosis*, A therapy-Oriented Textbook and Atlas, Second Edition, Springer.**
- [4] **Zwiebel, Pellerito. *Introduction to Vascular Ultrasonography*, Fifthe edition**
- [5] **Trush A, Hartshorne T. *Peripheral Vascular ULTRASOUND, HOW, WHY AND WHEN*, 2nd edition, ELSEVIER**
- [6] **Hwang JY. Doppler ultrasonography of the lower extremity arteries: anatomy and scanning guidelines. *Ultrasonography*. 2017Apr;36(2):111-119.**
- [7] **William D. Middleton, Alfred B. Kurtz, Barbara S. Hertzberg, *The Requisites Υπερηχοτομογραφία*, Ιατρικές Εκδόσεις Κωνσταντάρας**
- [8] **Αθανάσιος Γιαννούκας, Νίκος Λαμπρόπουλος. *ΥΠΕΡΗΧΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΓΓΕΙΑΚΩΝ ΠΑΘΗΣΕΩΝ*. Επ. εκδόσεις Παρισιάνου**
- [9] **Thomas Cook, MD, Laura Nolting, MD*, Caleb Barr, MD, Patrick Hunt, MD. Diagnostic Ultrasonography for Peripheral Vascular Emergencies *Crit Care Clin* 30 (2014) 185–206**
- [10] **Mansour M., Labropoulos N. *Vascular Diagnosis*, 2005, Elsevier**
- [11] **Zachary Nuffer, Andrey Rupasov, Neel Bekal, Jacqueline Murtha, Shweta Bhatt , Spectral Doppler ultrasound of peripheral arteries: a pictorialreview, (2017), doi: 10.1016/j.clinimag.2017.07.007**
- [12] **Bhaskar Purushottam, MD, Karthik Gujja, MD, MPH, Adrian Zalewski, BSc,Prakash Krishnan, MD. Acute limb ischemia, *Intervent Cardiol Clin* 3 (2014) 557–572, <http://dx.doi.org/10.1016/j.iccl.2014.07.004>**
- [13] **Raghotham R Patlola, Graig Walker. Acute Ischemic Syndromes of the Peripheral Arteries. *Pan Vascular Medicine*, DOI 10.1007/978-3-642-37393-0_188-1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014**
- [14] **Piotr S. Sobieszczyk, *Acute arterial occlusion chapter 46* , *Vascular Medicine: A Companion to Braunwald's Heart Disease*, Second Edition, 2013**
- [15] **Γιαννούκας Α., Λαζαρίδης Μ., Τσολάκης Ι. *Αγγειακή και Ενδαγγειακή Χειρουργική. Εγχειρίδιο Εξειδικευμένης Χειρουργικής Πρακτικής* (5η έκδοση)**
- [16] **Jessica Beth O'Connell, MD, and William J. Quiñones-Baldrich, MD, Proper Evaluation and Management of Acute Embolic versus Thrombotic Limb Ischemia, *Semin Vasc Surg* 22:10-16 © 2009 Elsevier**
- [17] **Greenberg RK, Ouriel K: Arterial thromboembolism. In Rutherford RB (ed): *Vascular Surgery*. Philadelphia: WB Saunders, 2000.**
- [18] **Rahmani O, Gallagher JJ: Spontaneous superficial femoral artery dissection with distal embolization. *Ann Vasc Surg* 16:358–362, 2002.**

- [19] Ward R, Jones D, Haponik EF: Paradoxical embolism: An underrecognized problem. *Chest* 108:549–558, 1995.
- [20] Jamie R. Santistevan, MD, Acute Limb Ischemia An Emergency Medicine Approach, *Emerg Med Clin N Am* 35 (2017) 889–909, <http://dx.doi.org/10.1016/j.emc.2017.07.006>
- [21] Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harriw KA, Fowks FG; TASC II Working Group. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) *J Vasc Surg.* 2007;45 Suppl S:S5-67.
- [22] Steinmetz E, Bouchot O, Faroy F, et al: Preoperative intraarterial thrombolysis before surgical revascularization for popliteal artery aneurysm with acute ischemia. *Ann Vasc Surg* 14:360–364, 2000.
- [23] Steven Baker, MD, MPH; Deborah B. Diercks, MD, MSc, Acute Limb Arterial Ischemia, DOI: 10.12788/emed.2018.0083
- [24] Dan-Mircea Olinic, Agata Stanek, Dan-Alexandru Tataru , Calin Homorodean and Maria Olinic, Acute Limb Ischemia: An Update on Diagnosis and Management, *J. Clin. Med.* 2019, 8, 1215; doi:10.3390/jcm8081215
- [25] Ascher E, Mazzariol F, Hingorani A, Salles-Cunha S, Gade P. The use of duplex ultrasound arterial mapping as an alternative to conventional arteriography for primary and secondary infrapopliteal bypasses, *Am J Surg* 1999;178:162-165
- [26] Mazzariol F, Ascher E, Salles-Cunha S, Gade P, Hingorani A. Values and limitations of duplex ultrasonography as the sole imaging method of preoperative evaluation for popliteal and infrapopliteal bypasses. *Ann Vasc Surg* 1998;13:1-10
- [27] Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Costa T, Kallakuri S, Khanimoy Y. Lower extremity revascularization without preoperative contrast arteriography: experience with duplex ultrasound arterial mapping in 485 cases. *Ann Vasc Surg* 2002;16:108-114.
- [28] Ascher E, Hingorani A, Markevich N, Schutzer R, Kallakuri S. Acute Lower Limb Ischemia: The Value of Duplex Ultrasound Arterial Mapping (DUAM) as the Sole Preoperative Imaging Technique. *Ann Vasc Surg* 2003; 17: 284-289
- [29] Pasha Normahani, Mohammed Aslam, Nigel J Standfield and Usman Jaffer, The impact of a focused vascular lower limb arterial duplex (F-VLAD) scan in management decisions for acute limb ischaemia, DOI: 10.1177/0267659116661049
- [30] Amy W. Pollak, MD; Patrick T. Norton, MD; Christopher M. Kramer, MD, Multimodality Imaging of Lower Extremity Peripheral Arterial Disease Current Role and Future Directions, (*Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5:797-807.)
- [31] Ota H, Takase K, Rikimaru H, Tsuboi M, Yamada T, Sato A, Higano S, Ishibashi T, Takahashi S. Quantitative vascular measurements in arterial occlusive disease, *Radiographics.* 2005;25:1141-1158

- [32] Robert S. Dieter, Raymond A. Dieter, Jr, Raymond A. Dieter, III, Aravinda Nanjundappa, *Critical Limb Ischemia*, Springer
- [33] Katarzyna Pawlaczyk, Marcin Gabriel, Daria A. Strzelecka-Węklar, Zbigniew Krasiński, Michal Stanisic, Zofia Gabriel, Łukasz Dzieciuchowicz, Zygmunt Adamski, The usefulness of Duplex Doppler ultrasound in the angiological and dermatological diagnosis of patients with blue toe syndrome, *Adv Dermatol Allergol* 2017; XXXIV (5): 478–484
- [34] Francesco Speziale, Pasqualino Sirignano, Simone Cuzzo, Wassim Mansour, Chiara Pranteda, Martina Formiconi, Alessandro d'Adamo, and Laura Capoccia, Acute Peripheral Arterial Disease, https://doi.org/10.1007/978-3-319-60861-7_17
- [35] Elmahdy F, Mahdy S, Baligh E, Said K, Kassem H., Ammar W. Value of duplex scanning in differentiating embolic from thrombotic arterial occlusion in acute limb ischemia, *Cardiovascular Revascularization Medicine* 11 (2010) 223–226
- [36] Ahmed Talaat El-Gengehe, Waleed Abdelsalam Ammar, Essam Baligh Ewiss, Soliman Ghareeb Mahdy, Dina Osama, Acute limb ischemia: Role of preoperative and postoperative duplex in differentiating acute embolic from thrombotic ischemia, *Cardiovascular Revascularization Medicine* 14 (2013) 197–202
- [37] A. Borzelli, A. Paladini, G. Cangiano, E. Cavaglià, F. Amodio, R. Niola; Naples/IT, Novara/IT, Value of US duplex scanning in acute limb ischaemia: acute embolic or thrombotic ischaemia? DOI: 10.26044/ecr2019/C-1621
- [38] *Radiologia vascolare e interventistica*, Cardarelli
- [39] N.N.M. Yusof, A. McCann, P.J. Little, et al., Non-invasive imaging techniques for the differentiation of acute and chronic thrombosis, *Thrombosis Research*, <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2019.03.009>
- [40] Jean- Michel Correas, Olivier Boespflug, Khaled Hamida, Fadel El Rody, Philippe Melki, Olivier Helenon, Jean- Francois Moreau, Doppler Ultrasonography of Periferal Vascular Disease: The Potential for Ultrasound Contrast Agents, *Journal of Computer Assisted Tomography*, 23 (Supple. 1) : S119- S127
- [41] Raffaello Bellosta, MD, Luca Luzzani, MD, Giuseppe Natalini, MD, Matteo Alberto Pegorer, MD, Luca Attisani, MD, Luisa Giuseppina Cossu, MD, Camillo Ferrandina, MD, Alessandro Fossati, MD, Elena Conti, MD, Ruth L. Bush, MD, JD, MPH, and Gabriele Piffaretti, MD, PhD, Acute limb ischemia in patients with COVID-19 pneumonia, <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2020.04.483>
- [42] Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and Meta-Analyses: the PRISMA statement. *J Clin Epidemiol* 2009; 62(10):1006-1012