



Ο ρόλος του έγχρωμου Doppler υπερηχογραφήματος στη μελέτη της περιφερικής αρτηριακής νόσου

Μαριλένα Δομάζου², Αργύριος Φωτεινός³, Βασίλειος Σταυριανός¹, Ιωάννης Ζαμπέλης¹, Ευαγγελία Χριστάκη², Μάρθα Χατζηδημητρίου¹, Ιωάννης Βισβάρδης², Αγγελική Παπαδοπούλου¹

¹Νοσοκομείο Αφροδισίων και Δερματικών Νόσων «Ανδρέας Συγγρός», Αθήνα, Ελλάδα

²Εθνικό Κέντρο Αποκατάστασης, Αθήνα, Ελλάδα

³ΤΥΠΕΤ – Ταμείο Υγείας Προσωπικού Εθνικής Τράπεζας, Αθήνα, Ελλάδα

The Role of Color Doppler Ultrasound in the Evaluation of Peripheral Arterial Disease

Marilena Domazou², Argyrios Fotinos³, Vasileios Stavrianos¹, Ioannis Zampelis¹, Evangelia Christaki², Martha Chatzidimitriou¹, Ioannis Visvardis², Angeliki Papadopoulou¹

¹Andreas Syggros Hospital of Venereal and Dermatological Diseases, Athens, Greece

²National Rehabilitation Center, Athens, Greece

³ΤΥΠΕΤ – National Bank of Greece Staff Health Fund, Athens, Greece

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η χρόνια ισχαιμία απειλητική για το κάτω άκρο (Chronic Limb-Threatening Ischemia CLTI) αποτελεί το τελικό στάδιο της Περιφερικής Αρτηριακής Νόσου (Peripheral Arterial Disease, PAD) με ένα συνεχώς αυξανόμενο επιπολασμό παγκοσμίως, επιβαρύνοντας σημαντικά τα συστήματα υγείας με υψηλό οικονομικό κόστος. Η CLTI συνδέεται με αυξημένη νοσηρότητα και θνητότητα, ενώ συχνά οδηγεί σε ακρωτηριασμούς των κάτω άκρων, καθώς και σε σημαντική επιδείνωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Η ελλιπής ενημέρωση και ευαισθητοποίηση οδηγεί συχνά σε καθυστέρηση της διάγνωσης και κατά συνέπεια της έναρξης της κατάλληλης θεραπευτικής αντιμετώπισης. Η ακτινολογική μελέτη του αρτηριακού δικτύου των κάτω άκρων αποτελεί βασικό εργαλείο στην αξιολόγηση των ασθενών με υπόνοια παρουσίας CLTI για την ανάδειξη της νόσου, την εκτίμηση της έκτασης και της σοβαρότητάς της, κατευθύνοντας τις πιο ορθές θεραπευτικές παρεμβάσεις με σκοπό την επαναϊμάτωση του άκρου.

ΛΕΞΕΙΣ-ΚΛΕΙΔΙΑ: Περιφερική αρτηριακή νόσος, χρόνια ισχαιμία απειλητική για το άκρο, έγχρωμο Doppler υπερηχογράφημα, αθηρωμάτωση, διαλείπουσα χωλότητα

ABSTRACT

Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI) represents the advanced stage of Peripheral Arterial Disease (PAD) and is experiencing a steadily increasing prevalence worldwide, imposing a substantial economic burden on healthcare systems. CLTI is associated with high morbidity and mortality rates, frequent limb amputations, and significantly reduced quality of life. Effective management of CLTI requires the involvement of a multidisciplinary team of healthcare professionals. However, limited awareness of the condition often results in delayed diagnosis and, consequently, postponed therapeutic intervention. Radiological evaluation of the lower limb arterial network is essential in patients with suspected CLTI, as it enables accurate disease detection, assessment of its extent and severity, and guidance of optimal treatment strategies aimed at limb revascularization.

KEYWORDS: Peripheral Arterial Disease, Chronic Limb-Threatening Ischemia, Color Doppler Ultrasound, Atherosclerosis, Intermittent Claudication

Σύγκρουση συμφερόντων: Δεν υπάρχει σύγκρουση συμφερόντων.

Χρηματοδότηση: Δεν υπήρξε χρηματοδότηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΕΠΙΔΗΜΙΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιφερική αρτηριακή νόσος (PAD) αποτελεί σημαντικό πρόβλημα δημόσιας υγείας παγκοσμίως, με συνεχώς αυξανόμενο επιπολασμό λόγω της γήρανσης του πληθυσμού και της αύξησης της επίπτωσης των παραγόντων καρδιαγγειακού κινδύνου.

Η PAD χαρακτηρίζεται από μια γενικευμένη προσβολή του αρτηριακού δικτύου του ανθρώπινου σώματος σε πολλαπλά επίπεδα, οφειλόμενη κυρίως στην αθηρωμάτωση, με αποτέλεσμα την σταδιακή ατελή ή πλήρη απόφραξη του αρτηριακού αυλού του αγγείου.^{1,2} Ο προαναφερόμενος ορισμός χρησιμοποιείται κυρίως για το αγγειακό δίκτυο των κάτω άκρων και περιλαμβάνει την ασυμπτωματική PAD, τη διαλείπουσα χωλότητα και την CLTI.² Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πολλές ταξινομήσεις με βάση τα κλινικά συμπτώματα ή με βάση τα ανατομικά κριτήρια. Με βάση την ταξινόμηση Rutherford, συγκεκριμένα, η διαλείπουσα χωλότητα περιλαμβάνει τρία στάδια, ήπια, μέτριας βαρύτητας και σημαντική, ενώ η Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI) περιλαμβάνει το άλγος ηρεμίας, την ήπια και τη σημαντικού βαθμού απώλεια ιστού.² Η PAD είναι μία συχνή νόσος που προσβάλλει περισσότερο από 200 εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως. Για παράδειγμα, στη Γαλλία εκτιμάται ότι προσβάλλει το 11% του πληθυσμού άνω των 40 ετών ενώ επιδημιολογικές μελέτες προβλέπουν την αλματώδη αύξηση της PAD σε ποσοστά περίπου 30-50% το έτος 2045.^{2,3} Αναγνωρισμένοι βιβλιογραφικά παράγοντες κινδύνου για την ανάπτυξη της PAD είναι το κάπνισμα, ο σακχαρώδης διαβήτης (ΣΔ), η ηλικία, η δυσλιπιδαιμία, η αρτηριακή υπέρταση και η χρόνια νεφρική ανεπάρκεια καθώς και η ατμοσφαιρική ρύπανση.^{4,5} Ο ΣΔ αποτελεί το πιο συχνό αίτιο ακρωτηριασμού των κάτω άκρων παγκοσμίως, ενώ η διεθνής επιστημονική κοινότητα αναγνωρίζει τον ΣΔ ως την πλέον ανερχόμενη έκτακτη επιβάρυνση στη δημόσια υγεία για τον 21ο αιώνα επισημαίνοντας τις πολλαπλές επιπλοκές που σχετίζονται με αυτόν.⁶ Κάθε έτος περισσότερο από ένα εκατομμύριο άνθρωποι ακρωτηριάζονται λόγω του ΣΔ και περίπου κάθε 20 δευτερόλεπτα υπολογίζεται ότι πραγματοποιείται ένας ακρωτηριασμός.⁶

Η CLTI αποτελεί το τελικό στάδιο της PAD και περιλαμβάνει τους ασθενείς με PAD, οι οποίοι παρουσιάζουν οποιοδήποτε από τα παρακάτω κλινικά συμπτώματα ή σημεία:³

- Άλγος ηρεμίας ισχαιμικού τύπου με επιβεβαιωμένες αιμοδυναμικές μελέτες (το άλγος εντοπίζεται ως επί το πλείστον στον άκρο πόδα, επιδεινώνε-

ται τη νύχτα κατά την κατάκλιση των ασθενών και απαιτείται η χρήση οπιοειδών για την αντιμετώπισή του).

- Έλκη διαβητικής αιτιολογίας ή οποιοδήποτε έλκος των κάτω άκρων διάρκειας εμφάνισης άνω των 2 εβδομάδων (εξαιρούνται οι ασθενείς με έλκη φλεβικής αιτιολογίας, με απώλεια ιστού τραυματικής αιτιολογίας, οξεία ισχαιμία των άκρων, εμβολική νόσο, και όλες οι μη αθηρωματικής αιτιολογίας αγγειακές παθήσεις όπως οι αγγειίτιδες, νόσος του Buerger κ.α.)
- Γάγγραινα κάτω άκρου, κυρίως στον άκρο πόδα.

Η έγκαιρη αναγνώριση της περιφερικής αρτηριακής νόσου είναι ιδιαίτερα σημαντική σε ασθενείς με χρόνια έλκη κάτω άκρων και διαβητικό πόδι, καταστάσεις που αποτελούν συχνά αντικείμενο της καθημερινής κλινικής πρακτικής των δερματολόγων.

ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

Η κλινική εξέταση των ασθενών με υποψία PAD-CLTI περιλαμβάνει την ψηλάφηση των περιφερικών αρτηριών των κάτω άκρων για την ύπαρξη ή μη σφυγμών, την ένταση αυτών, καθώς και την ύπαρξη κλινικών σημείων συχνά μη ειδικών όπως τα ψυχρά άκρα, η ξηροδερμία των άκρων, η μυϊκή ατροφία, η απώλεια τριχών, και οι δυστροφικές αλλοιώσεις των ονύχων.⁷ Τα ανωτέρω δύναται να υποδηλώσουν την PAD-CLTI και την έκταση αυτής.⁷ Μία κοινά αποδεκτή επιστημονικά μέθοδος εκτίμησης της PAD και της CLTI στην καθημερινή κλινική πράξη είναι ο υπολογισμός του σφυρο-βραχιονίου δείκτη (ankle-brachial index -ABI), ο οποίος υπολογίζεται διαιρώντας την συστολική πίεση στο ύψος του σφυρού με αυτή στον βραχίονα, με τις τιμές να κατηγοριοποιούνται σε φυσιολογικές: 1.0-1.4, οριακές: 0.9-0.99 και παθολογικές <0.9.^{1,7}

Στην απλή ακτινογραφία των κάτω άκρων ασθενών με PAD-CLTI συχνά εντοπίζεται μία ειδική μορφή αθηρωμάτωσης η σκλήρυνση κατά Mönckeberg (Εικόνα 1), η οποία χαρακτηρίζεται από αποτιτάνωση του μέσου χιτώνα του τοιχώματος των αρτηριών κυρίως των μεγάλων και μεσαίου μεγέθους αγγείων, οδηγώντας σε εντυπωσιακές εικόνες, η ερμηνεία των οποίων θέτει τη υπόνοια παρουσίας ΣΔ.⁷ Η απεικόνιση του αγγειακού δικτύου των ασθενών με PAD-CLTI είναι απολύτως απαραίτητη για την εκτίμηση παρουσίας της νόσου αρχικά, της έκτασης αυτής και της σοβαρότητάς της, ώστε να ληφθούν οι κατάλληλες θεραπευτικές αποφάσεις-παρεμβάσεις για την αντιμετώπισή της. Αν και τα τελευταία χρόνια παρατηρείται



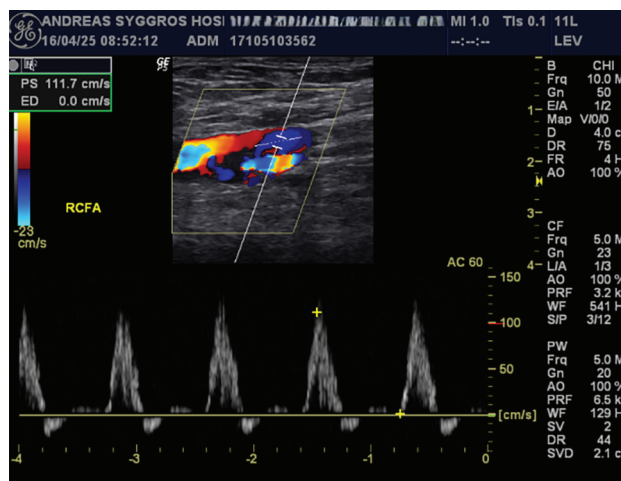
ΕΙΚΟΝΑ 1 | Απλή ακτινογραφία που απεικονίζει αβεστοποίηση του μέσου χιτώνα των αρτηριών, συμβατή με τη σκλήρυνση Mönckeberg.

μία αλματώδης εξέλιξη στις ακτινολογικές μεθόδους διερεύνησης των ασθενών αυτών, η διαθεσιμότητά τους ποικίλλει.⁵

Μεταξύ των διαθέσιμων απεικονιστικών μεθόδων, το έγχρωμο Doppler υπερηχογράφημα (CDU) αποτελεί την αρχική και συχνότερα χρησιμοποιούμενη διαγνωστική τεχνική για την αξιολόγηση της περιφερικής αρτηριακής νόσου· σε ορισμένα υγειονομικά κέντρα αποτελεί τη μοναδική ακτινολογική μέθοδο διερεύνησης των ασθενών με PAD-CLTI.⁵

Το CDU παρέχει πληροφορίες σχετικά με την αιματική ροή, τη χαρτογράφηση της νόσου και την ποσοτικοποίηση των στενώσεων.^{3,8} Τα αγγεία που ελέγχονται στην εξέταση των κάτω άκρων είναι η κοινή μηριαία αρτηρία, η επιπολής και η εν τω βάθει μηριαία αρτηρία, η ιγνυακή, η πρόσθια-οπίσθια κνημιαία αρτηρία.³ Η φυσιολογική κυματομορφή Doppler η οποία λαμβάνεται κατά την υπερηχοτομογραφική μελέτη των αρτηριών των κάτω άκρων, είναι υψηλής αντίστασης, τριφασική, με μία ορθόδρομη συστολική κορυφή, που αντιστοιχεί στην συστολή της αριστερής κοιλίας, μία πρώιμη διαστολική κορυφή αρνητική, η οποία ακολουθείται από μία ορθόδρομη όψιμη διαστολική ροή.^{8,10} (Εικόνα 2). Οι φυσιολογικές ταχύτητες στο ύψος της κοινής μηριαίας αρτηρίας είναι 100cm/sec, 80-90 cm/sec στο ύψος της επιπολής μηριαίας αρτηρίας, 70 cm/sec στην ιγνυακή αρτηρία, και 50-40 cm/sec στις αρτηρίες της κνήμης.¹⁰

Η αρτηριακή στένωση ανιχνεύεται από ένα χαρακτηριστικό πρότυπο και ποικιλία κυματομορφών



ΕΙΚΟΝΑ 2 | Φασματικό υπερηχογράφημα Doppler που απεικονίζει φυσιολογική τριφασική κυματομορφή υψηλής αντίστασης σε αρτηρία κάτω άκρου.

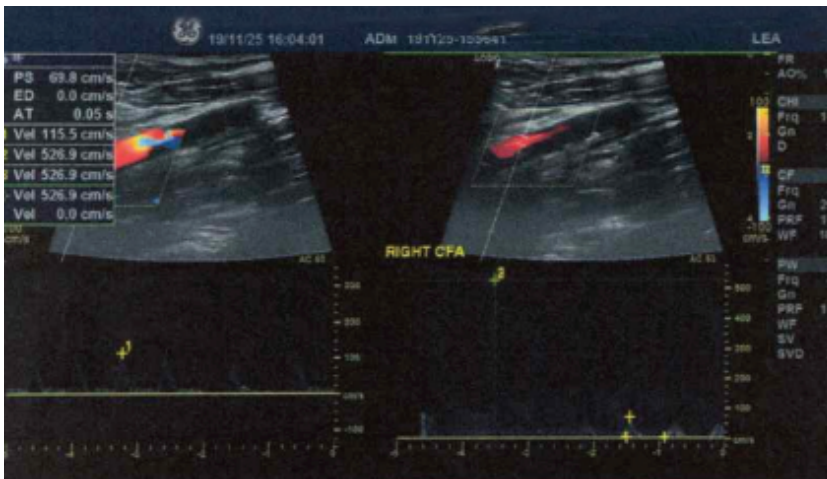
Doppler, οι οποίες λαμβάνονται κεντρικότερα της αιμοδυναμικά σημαντικής αρτηριακής στένωσης, στο ακριβές σημείο αυτής, καθώς και περιφερικότερα στο εξεταζόμενο αγγειακό δίκτυο του κάτω άκρου.⁸ Πιο συγκεκριμένα, στο ανατομικό σημείο της στένωσης αναγνωρίζονται υψηλές μεγιστοσυστολικές (peak systolic velocity-PSV) και τελοδιαστολικές (end-diastolic velocity –EDV) ταχύτητες, με τις πρώτες να αποτελούν το κυριότερο διαγνωστικό κριτήριο.⁸ Προσμετρώνται πάντα και οι αντίστοιχες ταχύτητες ροής 1-4 εκατοστά εγγύτερα της στένωσης, ώστε να διαμορφωθεί ένα πηλίκο (PSV ratio), το οποίο συνυπολογίζεται για την εκτίμηση της στένωσης.⁸

Οι μικρού βαθμού στενώσεις (<50%) χαρακτηρίζονται από την παρουσία αθηρωματικών αλλοιώσεων στην gray scale εικόνα, με ήπια στένωση με τη χρήση του έγχρωμου Doppler υπερηχογραφήματος και με αύξηση των PSV ταχυτήτων με πηλίκο <2.⁸

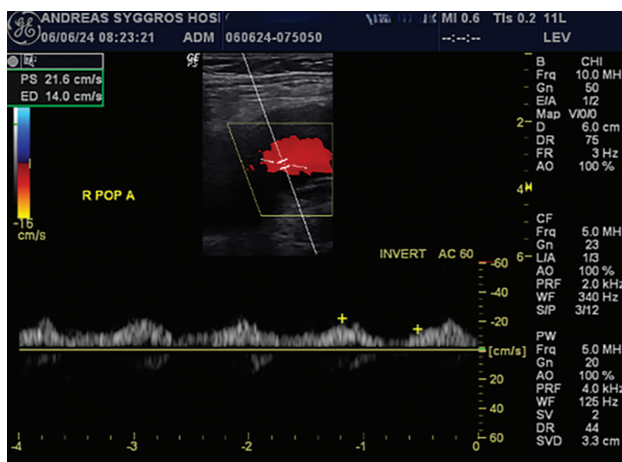
Οι σημαντικού βαθμού στενώσεις (>50%) χαρακτηρίζονται από παρουσία αθηρωματικών αλλοιώσεων, οι οποίες προκαλούν εμφανώς ελάττωση του εύρους των αγγείων με το έγχρωμο Doppler υπερηχογράφημα και το πηλίκο των ταχυτήτων να είναι μεγαλύτερο του 2 (Εικόνα 3). Σε ορισμένα ακτινολογικά εργαστήρια διαμορφώνεται και μία επιπλέον κατηγορία των σημαντικών στενώσεων >75% όταν το πηλίκο των PSV είναι μεγαλύτερο από 4.⁸

Σε περίπτωση πλήρους απόφραξης δεν δύναται να ανιχνευτεί αιματική ροή εντός του εξεταζόμενου αγγείου.⁴

Οι λαμβανόμενες κυματομορφές Doppler περιφερικότερα μίας σημαντικής στένωσης είναι χαρακτηριστικές, αφού χάνεται η κανονική τριφασική κυματομορφή Doppler και εμφανίζεται η παθολογική μονοφασική κυματομορφή τύπου parvus-tardus, η



ΕΙΚΟΝΑ 3 | Έγχρωμο υπερηχογράφημα Doppler που απεικονίζει αιμοδυναμικά σημαντική αρτηριακή στένωση με αυξημένη μέγιστη συστολική ταχύτητα ροής.



ΕΙΚΟΝΑ 4 | Μονοφασική κυματομορφή Doppler τύπου parvus-tardus σε σημείο περιφερικά μιας σημαντικής αρτηριακής στένωσης.

οποία αντικατοπτρίζει την καθυστέρηση στη συστολική άνοδο και τις χαμηλές PSV ταχύτητες¹⁰ (Εικόνα 4).

Η εξέλιξη της ιατροτεχνολογίας τα τελευταία χρόνια εντάσσει στη φαρέτρα των ακτινολόγων πιο σύγχρονες τεχνικές απεικόνισης όπως την αξονική αγγειογραφία (CTA) και τη μαγνητική αγγειογραφία (MRA), οι οποίες προσφέρουν υψηλής ευκρίνειας εικόνες του αγγειακού δικτύου σε τρία επίπεδα με ποικίλες προβολές.^{5,11} Δεν υπάρχουν, ωστόσο, έως

σήμερα κοινά αποδεκτά πρωτόκολλα χρήσης αυτών των τεχνικών στη PAD-CLTI, αφού μεταξύ άλλων είναι υπαρκτός ο κίνδυνος της νεφροπάθειας από το σκιαγραφικό μέσο. Ενώ τόσο η CTA όσο και η MRA είναι ανώδυνες, μη επεμβατικές και εξαιρετικά ακριβείς απεικονιστικές μέθοδοι, εμφανίζουν μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα η μεν CTA απαιτεί έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, ενώ με την MRA υπάρχει αδυναμία απεικόνισης των τοιχωματικών αβεστώσεων με υποεκτίμηση της στένωσης.¹¹

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Το έγχρωμο Doppler υπερηχογράφημα αποτελεί την αρχική απεικονιστική εξέταση μελέτης του αρτηριακού δικτύου των κάτω άκρων σε ασθενείς με PAD-CLTI, προσφέροντας σημαντικές πληροφορίες για την ύπαρξη της νόσου, την έκταση και τη βαρύτητά της. Στις εικόνες που λαμβάνονται αρχικά με τη διαβάθμιση του γκρι εκτιμάται ο αυλός του αγγείου, τα τοιχώματά αυτού και η παρουσία αθηρωματικών αλλοιώσεων. Με το έγχρωμο Doppler υπερηχογράφημα απεικονίζονται οι ανατομικές περιοχές των στενώσεων, αφού ελαττώνεται το εύρος των αγγείων και καταδεικνύονται οι «στροβιλισμοί» της αιματικής ροής στις στενωτικές περιοχές. Τέλος, με τη φασματική ανάλυση των σημάτων Doppler μελετώνται οι παθολογικές κυματομορφές με χαρακτηριστικά πρότυπα στο σημείο της αρτηριακής στένωσης, κεντρικότερα και περιφερικότερα αυτής. Οι ιατροί ακτινολόγοι έχουν καθοριστικό ρόλο στη διάγνωση και στην παρακολούθηση των ασθενών με αγγειακές παθήσεις, ενώ δύνανται να έχουν ουσιαστικό ρόλο και στη γενικότερη διαχείριση στων ασθενών αυτών, με απόλυτη συνεργασία με τις λοιπές ιατρικές ειδικότητες, όπως για παράδειγμα τους δερματολόγους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Παππάς Γ, Δελήμαρης Α. Νεότερα δεδομένα στην περιφερική αρτηριακή νόσο: επιδημιολογία, παθοφυσιολογία, διάγνωση και δυνητικοί βιολογικοί δείκτες. *Επιστημονικά Χρονικά* 2017, ΤΟΜΟΣ 22ος ΤΕΥΧΟΣ 1, 160-171.
2. Nordanstig J, Behrendt CA, Bradbury AW et al. Peripheral arterial disease (PAD) – A challenging manifestation of atherosclerosis. *Prev Med.* 2023 Jun;171:107489. doi:10.1016/j.ypmed.2023.107489. Epub 2023 Apr 7.
3. Mahé G, Boulon C, Desormais I et al. Statement for Doppler waveforms analysis. *Vasa* (2017), 46 (5), 337–345.
4. Golledge J. *Nat Rev Cardiol* 2022 Jul;19(7):456-474 doi: 10.1038/s41569-021-00663-9. Epub 2022 Jan 7 Update on the pathophysiology and medical treatment of peripheral artery disease.
5. Conte M.S, Bradbury A.W, Kolh P. Global vascular guidelines on the management of chronic limb threatening ischemia. *J Vasc Surg.* 2019 June; 69(6 Suppl): 3S–125S.e40. doi:10.1016/j.jvs. 2019.02.016.
6. Spiliopoulos S, Festas G, Paraskevopoulos I et al. Overcoming ischemia in the diabetic foot. Minimally invasive treatment options. *World J Diabetes* 2021, December 15; 12(12):2011-2026.
7. Raptis A.E. Markakis K.P, Mazioti M.C et al. What the radiologist needs to know about the diabetic patient. *Insights Imaging* (2011) 2:193–203 DOI 10.1007/s13244-011-0068-5.
8. Needleman L. Peripheral Arterial Ultrasound. *Radiol Clin N. Am* 63(2025).153-164.
9. Wood M.M, Romine L.E, Lee Y.K et al. Spectral Doppler Signature Waveforms in Ultrasonography. *Ultrasound Quarterly.* Volume 26 Number 2, June 2010, 83-99.
10. Sánchez L, Dellamea M, Sanjuan I et al. Monophasic distal flow: It does not always mean atherosclerosis *Revista Argentina de Diagnóstico por Imágenes* Vol. 5 / Nº 13 - Abril 2016.
11. Adriaensen ME, Kock MC, Stijnen T, et al. Peripheral arterial disease: therapeutic confidence of CT versus digital subtraction angiography and effects on additional imaging recommendations. *Radiology* 2004; 233:385–91.

Συγγραφέας Αλληλογραφίας

Αγγελική Παπαδοπούλου

Νοσοκομείο Αφροδισίων και Δερματικών Νόσων

«Ανδρέας Συγγρός», Αθήνα, Ελλάδα

Email: papadopa@otenet.gr

Τηλ: 6944552982