



ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΗ & ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
ΤΟΥ ΔΙΑΒΗΤΙΚΟΥ ΠΟΔΙΟΥ



Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

"Ο ρόλος του σφυρο-βραχιόνιου δείκτη στη διάγνωση και παρακολούθηση της χρόνιας αποφρακτικής αρτηριοπάθειας σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη"

υπό

Αναστασίας-Μαρίνας Κεμερίδου

Ειδικού Ιατρού Γενικής Οικογενειακής Ιατρικής

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Μεταπτυχιακού Διπλώματος

"Διαγνωστική και Θεραπευτική Προσέγγιση

του Διαβητικού Ποδιού"

Λάρισα, 2025

Επιβλέπων:

**Γεώργιος Ν. Κούβελος , Επίκουρος Καθηγητής Αγγειοχειρουργικής,
Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. Γεώργιος Ν. Κούβελος (Επιβλέπων)

2. Κωνσταντίνος Σπανός

3. Χρήστος Καραθάνος

Τίτλος εργασίας στα αγγλικά:

***“The role of the ankle-brachial pressure index (ABPI) in diagnosis and
follow up of the peripheral arterial disease (PAD) in patients with
diabetes mellitus”***

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά την διεύθυνση, το διδακτικό προσωπικό, τον επιβλέποντα καθηγητή και την γραμματεία του μεταπτυχιακού προγράμματος για την υποστήριξη.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ABSTRACT.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Επιδημιολογικά και Κλινικά Δεδομένα	10
1.2. Διαγνωστική Πρόκληση Στους Διαβητικούς Πληθυσμούς	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ABPI ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΣΔ ΚΑΙ PAD	13
2.1. Μεθοδολογία Και Ερμηνεία ABPI	13
2.1.1. Τεχνικές Μέτρησης Και Τυποποίηση	13
2.1.2. Φυσιολογικές Και Μη Τιμές ABPI	14
2.2. Διαγνωστική Ακρίβεια Του ABPI Σε Διαβητικούς Ασθενείς.....	15
2.2.1. Εκτίμηση Ευαισθησίας Και Ειδικότητας	15
2.2.2. Επίδραση Της Αρτηριακής Ασβεστοποίησης	15
2.3. Εναλλακτικές Και Συμπληρωματικές Διαγνωστικές Προσεγγίσεις	16
2.3.1. Δακτυλοβραχιόνιος Δείκτης (TBI).....	16
2.3.2. Ολοκληρωμένος Διαγνωστικός Αλγόριθμος.....	17
2.4. ABPI Στη Διαστρωμάτωση Κινδύνου Και Στην Πρόγνωση	18
2.4.1. Πρόβλεψη Καρδιαγγειακών Επιπλοκών	18
2.4.2. Επιπλοκές Σχετιζόμενες Με Τα Άκρα - Κίνδυνος Ακρωτηριασμού.....	20
2.5. ABPI Στη Λήψη Αποφάσεων Θεραπείας	20
2.5.1. Στρατηγικές Επαναγγείωσης	20
2.5.2. Παρακολούθηση Αποτελεσματικότητας Θεραπείας Και Εξέλιξης Της Νόσου	21
2.6. ABPI Και Επιπλοκές Διαβητικού Ποδιού.....	22

2.6.1. Σχέση Με Ανάπτυξη Και Επούλωση Του Έλκους.....	22
2.6.2. Ενσωμάτωση Στη Διεπιστημονική Φροντίδα Του Διαβητικού Ποδιού.....	23
2.7. Ειδικές Εκτιμήσεις Σε Διαβητικούς Ασθενείς	23
2.7.1. Αλληλεπίδραση Νευροπάθειας Και ΠΑΝ.....	23
2.7.2. Εκτιμήσεις Σχετιζόμενες Με Την Ηλικία.....	24
2.8. Κατευθυντήριες Οδηγίες - Κλινικές Συστάσεις.....	25
2.8.1. Πρωτόκολλα Και Συχνότητα Ελέγχου	25
2.8.2. Στρατηγικές Διαχείρισης Βασισμένες Σε Στοιχεία	25
2.9. Μελλοντικές Κατευθύνσεις Στην Τεχνολογία ΑΒΡΙ.....	26
2.9.1. Αναδυόμενες Τεχνολογίες Και Μεθοδολογίες.....	26
2.9.2. Ερευνητικές Προτεραιότητες Και Κενά Γνώσης	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΒΡΙ ΜΕ ΑΛΛΑ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	28
3.1. Προκλήσεις Στη Διάγνωση Περιφερικής Αρτηριακής Νόσου Σε Διαβητικούς Ασθενείς	28
3.2. Μεθοδολογία Και Τυποποιημένη Εφαρμογή ΑΒΡΙ.....	29
3.2.1. Ειδικοί Περιορισμοί Σε Διαβητικούς Πληθυσμούς.....	29
3.3. Δακτυλοβραχιόνιος Δείκτης (ΤΒΡΙ)	30
3.4. Διαδερμική Μέτρηση Πίεσης Οξυγόνου (ΤcPO ₂)	31
3.5. Αξιολόγηση Κυματομορφής Doppler	32
3.6. Προηγμένες Τεχνικές Απεικόνισης.....	32
3.7. Συγκριτική Αποτελεσματικότητα - Κλινικές Επιπτώσεις.....	33
3.7.1. Σύγκριση Διαγνωστικών Επιδόσεων	33
3.7.2. Συνέπειες Στην Κλινική Πράξη.....	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΦΥΡΟΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΕ ΔΙΑΒΗΤΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ.....	35
4.1. Αρτηριακή Ασβεστοποίηση	35
4.2. Προκλήσεις Υπολογισμού Και Ερμηνείας ΑΒΙ.....	35
4.3. Μειωμένη Ευαισθησία Και Εξειδίκευση	36

4.4. Επιρροή Της Διαβητικής Νευροπάθειας Και Της Μικροαγγειακής Νόσου	36
4.5. Τεχνικοί και πρακτικοί περιορισμοί.....	36
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	39

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η περιφερική αρτηριακή νόσος, που εμφανίζεται στο 30-50% των διαβητικών ασθενών επιδεινώνει την ισχαιμία και τονίζει την ανάγκη για αντικειμενικές αιμοδυναμικές αξιολογήσεις.

Σκοπός: Στόχος της εν λόγω έρευνας είναι η συγκριτική αξιολόγηση του σφυροβραχιόνιου και δακτυλοβραχιόνιου δείκτη στην εκτίμηση της περιφερικής αρτηριακής νόσου σε χρονίως πάσχοντες από ΣΔ.

Υλικό και Μέθοδοι: Βιβλιογραφική ανασκόπηση δημοσιευμένων άρθρων στις μηχανές αναζήτησης “Pubmed”, “Science Direct”, “Scopus”, κατά τη χρονική περίοδο «2006-2025», χρησιμοποιώντας τους όρους: “ABPI”, “TBI”, “diabetes mellitus”, “peripheral arterial disease”.

Αποτελέσματα: Τόσο ο σφυροβραχιόνιος όσο και ο δακτυλοβραχιόνιος δείκτης είναι απαραίτητα αλλά ατελή εργαλεία για την αξιολόγηση της ΠΑΝ στον σακχαρώδη διαβήτη. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να συναξιολογούνται σε συνδυασμό και με άλλες διαγνωστικές μεθόδους, για τη βέλτιστη εκτίμηση της πορείας της νόσου.

Συζήτηση: Οι μελλοντικές έρευνες συνιστάται να δώσουν προτεραιότητα στον αυτοματοποιημένο υπολογισμό των εν λόγω δεικτών, στα προγνωστικά μοντέλα με τεχνητή νοημοσύνη και στις οικονομικά αποδοτικότερες στρατηγικές προληπτικού ελέγχου, προκειμένου να περιοριστούν οι επιπλοκές του διαβητικού ποδιού σε χρονίως πάσχοντες από σακχαρώδη διαβήτη με συνοδό περιφερική αρτηριακή νόσο.

Λέξεις-Κλειδιά: σφυροβραχιόνιος, δακτυλοβραχιόνιος, διαβήτης, περιφερική αρτηριακή νόσος

ABSTRACT

Introduction: Peripheral arterial disease, which occurs in 30-50% of diabetic patients, exacerbates ischemia and highlights the need for objective hemodynamic assessments.

Aims and Objectives: The aim of this study is to compare the ABPI and TBI index in the assessment of peripheral arterial disease in patients with long-standing diabetes mellitus.

Materials and Methods: A literature review of articles published in the search engines "Pubmed," "Science Direct," and "Scopus" during the period "2006-2025," using the terms: "ABPI," "TBI," "diabetes mellitus," and "peripheral arterial disease."

Results: Both the ankle-brachial pressure index and toe-brachial index are necessary but incomplete tools for assessing PAD in diabetes mellitus. In any case, they should be evaluated in combination with other diagnostic methods for the best assessment of disease progression.

Discussion: Future research should prioritize automated calculation of these indices, predictive models using artificial intelligence, and more cost-effective preventive control strategies to reduce diabetic foot complications in patients with long-standing diabetes mellitus and concomitant peripheral arterial disease.

Keywords: ankle-brachial, toe-brachial, diabetes, peripheral arterial disease

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιφερική αρτηριακή νόσος (PAD) αντανακλά τη συστηματική αθηροσκλήρωση μέσω της στένωσης ή απόφραξης των αρτηριών στα κάτω άκρα συνιστά σοβαρό ιατρικό πρόβλημα για τους ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη (ΣΔ). Οι εν λόγω ασθενείς αντιμετωπίζουν μεγαλύτερες πιθανότητες καρδιαγγειακών επιπλοκών και ισχαιμίας των άκρων, που μπορεί να οδηγήσουν σε ακρωτηριασμούς.

Ο σφυροβραχιόνιος δείκτης (ABPI) χρησιμεύει ως πρωταρχικό μη επεμβατικό μέτρο, τόσο για την αρχική αξιολόγηση της PAD όσο και για τη συνεχή παρακολούθηση. Η πολύπλοκη παθοφυσιολογική σχέση μεταξύ ΣΔ και PAD δημιουργεί ειδικές προκλήσεις κατά την ερμηνεία του ABPI, η οποία απαιτεί λεπτομερή κατανόηση της χρήσης της μεθόδου και των περιορισμών της σε ασθενείς υψηλού κινδύνου (Barnes et al, 2020).

Η πορεία της αθηροσκλήρωσης επιταχύνεται στους ασθενείς με ΣΔ, καθώς η χρόνια υπεργλυκαιμία σε συνδυασμό με τη φλεγμονή και την ενδοθηλιακή δυσλειτουργία οδηγεί σε ταχύτερη αβεστοποίηση και απόφραξη των απομακρυσμένων αρτηριών. Η PAD των διαβητικών ασθενών συχνά περνά απαρατήρητη, λόγω της συνοδού νευροπάθειας, που καθυστερεί τη διάγνωση έως ότου φτάσει σε κρίσιμα στάδια ισχαιμίας ή έλκους στα άκρα.

Στόχος της εν λόγω βιβλιογραφικής έρευνας είναι η αποσαφήνιση των εξής ερευνητικών ερωτημάτων: 1. κατά πόσον ο σφυροβραχιόνιος δείκτης συντελεί στην εκτίμηση της περιφερικής αρτηριακής νόσου σε ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη, 2. ο δακτυλοβραχιόνιος δείκτης έχει μεγαλύτερη ή μικρότερη διαγνωστική και προγνωστική αξία συγκριτικά με τον σφυροβραχιόνιο δείκτη, 3. ποιοι άλλοι διαγνωστικοί δείκτες αξιολογούνται κατά την κλινική εκτίμηση της ΠΑΝ σε χρονίως πάσχοντες από ΣΔ.

Στις γραμμές που ακολουθούν αναλύεται η μέθοδος υπολογισμού του σφυροβραχιόνιου και δακτυλοβραχιόνιου δείκτη και αξιολογείται η αποτελεσματικότητά τους ατομικά και συγκριτικά με άλλες μεθόδους σε χρονίως πάσχοντες από ΣΔ και ΠΑΝ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΦΕΡΙΚΗΣ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗΣ ΝΟΣΟΥ ΣΤΟΝ ΣΑΚΧΑΡΩΔΗ ΔΙΑΒΗΤΗ

1.1. Επιδημιολογικά και Κλινικά Δεδομένα

Οι ασθενείς με σακχαρώδη διαβήτη αντιμετωπίζουν την περιφερική αρτηριακή νόσο (ΠΑΝ) ως σημαντική αγγειακή επιπλοκή, που παρουσιάζει ποικίλα ποσοστά επικράτησης, μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών (Achim et al, 2022). Οι διαβητικοί ασθενείς εμφανίζουν μεταβαλλόμενο επιπολασμό του ABI -μεταξύ 18,8% στην Ισπανία και 52,5% στη Νιγηρία-, γεγονός που καταδεικνύει σημαντικές γεωγραφικές και δημογραφικές διαφοροποιήσεις, ως προς την επιβάρυνση της νόσου.

Οι ασθενείς με συννοσηρότητα ΣΔ και ΠΑΝ αντιμετωπίζουν σημαντικά αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών συμβαμάτων και επαπειλούμενης ισχαιμίας των άκρων, γεγονός που αυξάνει το ποσοστό θνησιμότητας και καταδεικνύει γιατί η πρόωγη ανίχνευση και διαχείριση είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση των ασθενών. Οι παθοφυσιολογικές συνθήκες που δημιουργεί ο ΣΔ οδηγούν στην επιτάχυνση της αθηροσκλήρωσης μέσω διαφόρων μηχανισμών.

Τα υψηλά επίπεδα σακχάρου και ινσουλίνης δημιουργούν φλεγμονή, η οποία ελαττώνει τη διαστολή των αιμοφόρων αγγείων, αυξάνοντας το σχηματισμό θρόμβων και την ανάπτυξη νέων αιμοφόρων αγγείων. Το ενδοθήλιο εκφράζει φλεγμονώδεις δείκτες μέσω αυτών των διεργασιών, οι οποίοι προκαλούν τη μετακίνηση λευκοκυττάρων και τη μετατροπή τους σε αφρώδη κύτταρα, προκαλώντας τελικά αθηρωμάτωση και αρτηριοπάθεια. (εικόνα 1)

Τα μοναδικά χαρακτηριστικά των διαδικασιών μακροαγγειακής νόσου που σχετίζονται με τον διαβήτη επηρεάζουν την κλινική εικόνα των ασθενών και την ακρίβεια των παραδοσιακών διαγνωστικών μεθόδων. Η περιφερική νευροπάθεια στους διαβητικούς ασθενείς οδηγεί σε διαφορετικά κλινικά συμπτώματα ΠΑΝ σε σύγκριση με τα μη διαβητικά άτομα.

Οι ασθενείς με νευροπαθητική διαταραχή της αίσθησης του πόνου συχνά δεν παρουσιάζουν συμπτώματα διαλείπουσας χωλότητας, γεγονός που μπορεί να καθυστερήσει τη διάγνωση της PAD έως ότου η νόσος φθάσει σε προχωρημένο στάδιο (Barnes et al, 2020). Η ανίχνευσή της σε διαβητικούς ασθενείς πριν την ανάπτυξη

ιστικής βλάβης απαιτεί την εφαρμογή αντικειμενικών διαγνωστικών εργαλείων, όπως είναι ο σφυροβραχιόνιος δείκτης (ABPI).



EIKONA 1 :

The pathophysiological hallmarks of PAD in DM. Abbreviations: NO, nitric oxide; LDL, low-density lipoprotein; PAD, peripheral artery disease. (Achim et al, 2022).

1.2. Διαγνωστική Πρόκληση Στους Διαβητικούς Πληθυσμούς

Οι διαβητικοί ασθενείς παρουσιάζουν ιδιαίτερα διαγνωστικά εμπόδια για την PAD, τα οποία απαιτούν ενδελεχή αξιολόγηση κατά τη διάρκεια της ιατρικής θεραπείας. Η Αμερικανική Διαβητολογική Εταιρεία απαιτεί έλεγχο για ΠΑΝ κάθε πέντε χρόνια για διαβητικούς ασθενείς άνω των 50 ετών, των οποίων ο σφυροβραχιόνιος δείκτης φαίνεται φυσιολογικός.

Οι ειδικοί αναγνωρίζουν ότι οι παραδοσιακές διαγνωστικές μέθοδοι μπορεί να παράγουν ανακριβή αποτελέσματα. Συγχρόνως, η διάγνωση της PAD σε διαβητικούς ασθενείς καθίσταται δυσχερής λόγω της συχνότητας ασβεστοποίησης των μεσαίων αρτηριών, γεγονός που οδηγεί σε υψηλότερες από τις πραγματικές μετρήσεις του ABPI (Cerqueira et al, 2024).

Η αρτηριοσκλήρυνση Mönckeberg καθιστά τα αγγεία ανίκανα να συμπιεστούν υπό την πίεση της περιχειρίδας, γεγονός που οδηγεί σε εσφαλμένες μετρήσεις της πίεσης στο σφυρό και κατά συνέπεια εσφαλμένες μετρήσεις του ABPI (Dachun Xu et al, 2010). Η μειωμένη ικανότητα του εν λόγω δείκτη να ανιχνεύσει την αρτηριακή στένωση σε διαβητικούς ασθενείς απαιτεί τη χρήση συμπληρωματικών διαγνωστικών μεθόδων για την ακριβή αξιολόγηση της νόσου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΒΡΙ ΣΕ ΑΣΘΕΝΕΙΣ ΜΕ ΣΔ ΚΑΙ ΡΑΔ

Ο σφυροβραχιόνιος δείκτης (ΑΒΡΙ) λειτουργεί ως διαγνωστικό εργαλείο εντοπισμού και διαχείρισης της περιφερικής αρτηριακής νόσου (ΡΑΔ) σε διαβητικούς ασθενείς. Οι χρονικές μεταβολές στις μετρήσεις του ΑΒΡΙ προσφέρουν κρίσιμα προγνωστικά δεδομένα, που συντελούν στο σχεδιασμό της θεραπείας και στην πρόβλεψη σημαντικών επιπλοκών μεταξύ ασθενών υψηλού κινδύνου (Cerqueira et al, 2024).

2.1. Μεθοδολογία Και Ερμηνεία ΑΒΡΙ

2.1.1. Τεχνικές Μέτρησης Και Τυποποίηση

Ο σφυροβραχιόνιος δείκτης υπολογίζει τη σχέση μεταξύ της συστολικής αρτηριακής πίεσης στο σφυρό και στη βραχιόνια αρτηρία, για την αντικειμενική αξιολόγηση της αρτηριακής ροής στα κάτω άκρα. Για την ελαχιστοποίηση των φυσιολογικών διακυμάνσεων της αρτηριακής πίεσης, η συνήθης μεθοδολογία απαιτεί ξεκούραση σε ύπτια θέση από μέρους των ασθενών.

Οι συστολικές πιέσεις μετρώνται με πιεσόμετρο και αγγειακό καθετήρα Doppler στις βραχιόνιες αρτηρίες, καθώς και στις ραχιαίες του ποδός και οπίσθιες κνημιαίες αρτηρίες (στο ύψος του έσω σφυρού). Για τον υπολογισμό της τιμής οι κλινικοί ιατροί χρησιμοποιούν τη μεγαλύτερη μέτρηση συστολικής πίεσης από κάθε έσω σφυρό έναντι της μεγαλύτερης μέτρησης βραχιόνιας πίεσης.

Άλλες μέθοδοι υπολογίζουν την τιμή του ΑΒΡΙ χρησιμοποιώντας τις μέσες πιέσεις τόσο από τη ραχιαία του ποδός όσο και από την οπίσθια κνημιαία αρτηρία (Cerqueira et al, 2024). Λόγω της απλής εφαρμογής και του μη επεμβατικού σχεδιασμού της, σε συνδυασμό με το προσιτό κόστος, η εν λόγω μέθοδος έχει καταστεί δημοφιλής σε κλινικές πρωτοβάθμιας όσο και σε πιο εξειδικευμένα περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης.

Οι τυποποιημένες διαδικασίες μέτρησης παραμένουν κρίσιμες για τη διατήρηση της αξιοπιστίας και της αναπαραγωγιμότητας των αποτελεσμάτων, κατά την παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου σε βάθος χρόνου.

2.1.2. Φυσιολογικές Και Μη Τιμές ABPI

Η ερμηνεία των τιμών ABPI εξαρτάται από τα καθιερωμένα όρια που συνδέουν τις μετρήσεις με τη σοβαρότητα της νόσου και την κλινική έκβαση των ασθενών. Μια μέτρηση εντός του εύρους 0,9 έως 1,4 αντικατοπτρίζει τη φυσιολογική αρτηριακή ροή αίματος στα κάτω άκρα (Cerqueira et al, 2024).

Τιμές κάτω από αυτό το εύρος υποδηλώνουν διαφόρους βαθμούς αρτηριακής απόφραξης, η οποία ταξινομείται σε ήπια PAD εάν η ABPI είναι μεταξύ 0,7 και 0,9, μέτρια PAD με τιμές από 0,4 έως 0,69 και σοβαρή PAD όταν η τιμή πέφτει κάτω από 0,4 (Barnes et al, 2020). Τιμές ABPI άνω του 1,4 αποκαλύπτουν γενικά μη συμπιεζόμενα αγγεία που προκαλούνται από αρτηριακή ασβεστοποίηση, η οποία εμφανίζεται ενίοτε σε άτομα με ΣΔ και σε πάσχοντες από νεφρική νόσο τελικού σταδίου. (Πίνακας 1)

ABPI	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
>1,4	ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΒΕΣΤΟΠΟΙΗΣΗ (ΔΙΑΒΗΤΗΣ & ΧΡΟΝΙΑ ΝΕΦΡΙΚΗ ΝΟΣΟΣ)
0,9 – 1,3	ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ
0,7 – 0,9	ΗΠΙΑ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΝΟΣΟΣ
0,4 – 0,9	ΜΕΤΡΙΑ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΝΟΣΟΣ
< 0,4	ΣΟΒΑΡΗ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΝΟΣΟΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : Η ερμηνεία των τιμών του σφυροβραχιόνιου δείκτη (ABPI)

Η διαγνωστική ακρίβεια του ABPI έχει αποδειχθεί στο γενικό πληθυσμό και παρουσιάζει εύρος ευαισθησίας 69-95% και εύρος ειδικότητας 83-93%, για την ανίχνευση αρτηριακών αποφράξεων μεγαλύτερων του 50%. Το ABPI επιδεικνύει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά απόδοσης, που το καθιστούν απαραίτητο εργαλείο διαλογής για κλινική χρήση, όταν γίνει μέρος πλήρων πρωτοκόλλων αγγειακής αξιολόγησης (Cerqueira et al, 2024).

Η αξιοπιστία των οριακών τιμών του ABPI καθίσταται αμφισβητήσιμη στους διαβητικούς ασθενείς, καθώς η αρτηριακή ασβεστοποίηση είναι συχνότερη στα άτομα

αυτά, γεγονός που απαιτεί προσεκτική αξιολόγηση και ενδεχομένως πρόσθετα διαγνωστικά εργαλεία.

2.2. Διαγνωστική Ακρίβεια Του ABPI Σε Διαβητικούς Ασθενείς

2.2.1. Εκτίμηση Ευαισθησίας Και Ειδικότητας

Η διαγνωστική ακρίβεια του ABPI ποικίλλει μεταξύ διαβητικών ασθενών και γενικού πληθυσμού, λόγω των αγγειακών τροποποιήσεων που συνδέονται με τον ΣΔ (Ko et al, 2013). Μελέτες που αξιολόγησαν μη επεμβατικές διαγνωστικές μεθόδους μεταξύ τους κατέδειξαν σημαντικούς περιορισμούς του σφυροβραχιόνιου δείκτη, όταν εφαρμόζεται σε διαβητικούς ασθενείς.

Μια λεπτομερής μελέτη που συνέκρινε τις μετρήσεις ABPI με την αξονική αγγειογραφία κατέδειξε ότι η ABPI είχε μόνο 38% ευαισθησία και 80% αρνητική προγνωστική αξία για την ανίχνευση περιφερικής αρτηριακής νόσου σε διαβητικούς ασθενείς (Cerqueira et al, 2024). Η αξιοσημείωτα χαμηλή ευαισθησία του ABPI καταδεικνύει την αδυναμία του να εντοπίσει μεγάλο αριθμό περιστατικών αρτηριακής νόσου σε αυτή την ομάδα ασθενών.

Το υψηλό ποσοστό ειδικότητας του σφυροβραχιόνιου δείκτη (90%) σε διαβητικούς ασθενείς, υποδηλώνει ότι τα θετικά αποτελέσματα της εξέτασης πιθανότατα αντικατοπτρίζουν τη γνήσια παρουσία της νόσου. Η χαμηλή ευαισθησία του δείκτη δημιουργεί ένα σημαντικό κλινικό πρόβλημα, καθώς όταν χρησιμοποιείται ως το μοναδικό διαγνωστικό εργαλείο, δεν εντοπίζει πληθώρα ασθενών, οι οποίοι στην πραγματικότητα υποφέρουν από ΠΑΝ (Achim et al, 2022).

Το εν λόγω διαγνωστικό κενό συνιστά σοβαρή πρόκληση στην κλινική πράξη, καθώς η καθυστερημένη ανίχνευση και η μη διάγνωση προκαλούν εξέλιξη της νόσου και υψηλότερα ποσοστά επιπλοκών, τα οποία οδηγούν σε μη αποτρέψιμη ανεπιθύμητη έκβαση, όπως απώλεια ιστών και ακρωτηριασμό των άκρων.

2.2.2. Επίδραση Της Αρτηριακής Ασβεστοποίησης

Η ασβεστοποίηση των αρτηριών αποτελεί την κύρια διαδικασία που προκαλεί μειωμένη διαγνωστική ακρίβεια των μετρήσεων του ABPI σε διαβητικούς ασθενείς (Chuter et al, 2020). Κατά τη διάρκεια της διόγκωσης της περιχειρίδας, επηρεάζεται η

tunica media (μεσαίο τοίχωμα) των αρτηριακών τοιχωμάτων, με αποτέλεσμα τα αγγεία να γίνονται λιγότερο συμπίεσιμα ή εντελώς ασυμπίεστα.

Οι αυξημένες πιέσεις στο έσω σφυρό -που προκαλούνται από τεχνητά μέσα-, δημιουργούν μετρήσεις ABPI υψηλότερες από ό,τι θα έπρεπε και ενδεχομένως υποκρύπτουν στενωτικές καταστάσεις (Cerqueira et al, 2024). Οι προχωρημένης ηλικίας ασθενείς με μακροχρόνιο ΣΔ και διαβητική νεφροπάθεια εμφανίζουν αυτό το φαινόμενο σε μεγαλύτερο ποσοστό.

Η αρτηριακή ασβεστοποίηση λειτουργεί ως ανεξάρτητος δείκτης καρδιαγγειακού κινδύνου και θνησιμότητας, πέραν των διαγνωστικών περιορισμών της. Η σημαντική ασβεστοποίηση που ανιχνεύεται κατά τις αξιολογήσεις ABPI οδηγεί σε περαιτέρω διαγνωστικές αξιολογήσεις με τεχνικές που ελαχιστοποιούν τις επιδράσεις της αρτηριακής δυσκαμψίας.

Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων του ABPI σε διαβητικούς ασθενείς απαιτεί από τους κλινικούς γιατρούς να αναγνωρίζουν αυτόν τον περιορισμό, ιδίως όταν εμφανίζονται φυσιολογικές ή αυξημένες μετρήσεις, παρά την κλινική υποψία PAD (Dachun Xu et al, 2010).

2.3. Εναλλακτικές Και Συμπληρωματικές Διαγνωστικές Προσεγγίσεις

2.3.1. Δακτυλοβραχιόνιος Δείκτης (TBI)

Οι διαβητικοί ασθενείς επωφελούνται από τον δακτυλοβραχιόνιο δείκτη (TBI) ως υποκατάστατο του ABPI, καθώς οι δακτυλικές αρτηρίες τείνουν να αντιστέκονται καλύτερα στην ασβεστοποίηση από ό,τι τα πιο εγγύς αγγεία (Hyun et al, 2014). Ο TBI παρουσιάζει σημαντικά υψηλότερο ποσοστό ευαισθησίας σε σύγκριση με τον ABPI για την ανίχνευση PAD σε διαβητικούς ασθενείς, όπως προκύπτει από συγκριτικές μελέτες (Chuter et al, 2020). Η μέτρηση του TBI υπολογίζεται από την συστολική αρτηριακή πίεση στην δακτυλική αρτηρία συνήθως του μεγάλου δαχτύλου του άκρου ποδός προς την συστολική πίεση στην αντίστοιχη βραχιόνια αρτηρία. (Πίνακας 2)



ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ TBI > 0,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : Φυσιολογικές τιμές TBI

Ο TBI επιδεικνύει ποσοστό ευαισθησίας περίπου 90% στην ανίχνευση PAD, ενώ ο ABPI φτάνει μόνο το 38% της ευαισθησίας, χρησιμοποιώντας την αξονική αγγειογραφία ως πρότυπο αναφοράς. Η αυξημένη ικανότητα ανίχνευσης του TBI τον καθιστά ιδιαίτερα επωφελή για τις ομάδες διαβητικών όπου ο ABPI παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς (Álvaro-Afonso et al, 2018).

Όταν αξιολογείται στο όριο του 0,6, ο TBI επιτυγχάνει 88% ευαισθησία και 86% ειδικότητα, γεγονός που υποδεικνύει μια πολύ βελτιωμένη ισορροπία διαγνωστικών χαρακτηριστικών σε σύγκριση με τον ABPI (Hyun et al, 2014). Η αυξημένη ευαισθησία του TBI οδηγεί σε μείωση των περιπτώσεων μη διάγνωσης, γεγονός που διευκολύνει την έγκαιρη θεραπεία και την καλύτερη μακροπρόθεσμη πρόγνωση για άτομα με υψηλό ιατρικό κίνδυνο (Álvaro-Afonso et al, 2018).

Λόγω των πλεονεκτημάτων του, ο TBI συνιστάται πλέον από πολλούς ειδικούς ως το αρχικό μη επεμβατικό εργαλείο αξιολόγησης για διαβητικούς ασθενείς με μακροχρόνια νόσο ή υψηλό κίνδυνο αρτηριακής ασβεστοποίησης.

2.3.2. Ολοκληρωμένος Διαγνωστικός Αλγόριθμος

Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση διάγνωσης της PAD στους διαβητικούς ασθενείς απαιτεί την ενσωμάτωση πολλαπλών τεχνικών αξιολόγησης, αναγνωρίζοντας παράλληλα ότι καμία μέθοδος δεν είναι ασφαλής. Το πρώτο βήμα σε έναν ολοκληρωμένο διαγνωστικό αλγόριθμο θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το ABPI ως αρχικό εργαλείο διαλογής, καθώς είναι ευρέως προσβάσιμο και εύκολο στη διεξαγωγή του (Cerqueira et al, 2024).

Οι μετρήσεις του ABPI απαιτούν προσεκτική ερμηνεία, ειδικά όταν υπερβαίνουν την τιμή 1,3, καθώς αυτό μπορεί να υποδηλώνει ότι τα αγγεία δε συμπιέζονται επαρκώς. Ο

δείκτης TBI εφαρμόζεται ως το επόμενο διαγνωστικό βήμα σε φυσιολογικές τιμές ABPI με υφιστάμενη κλινική υποψία (Álvaro-Afonso et al, 2018).

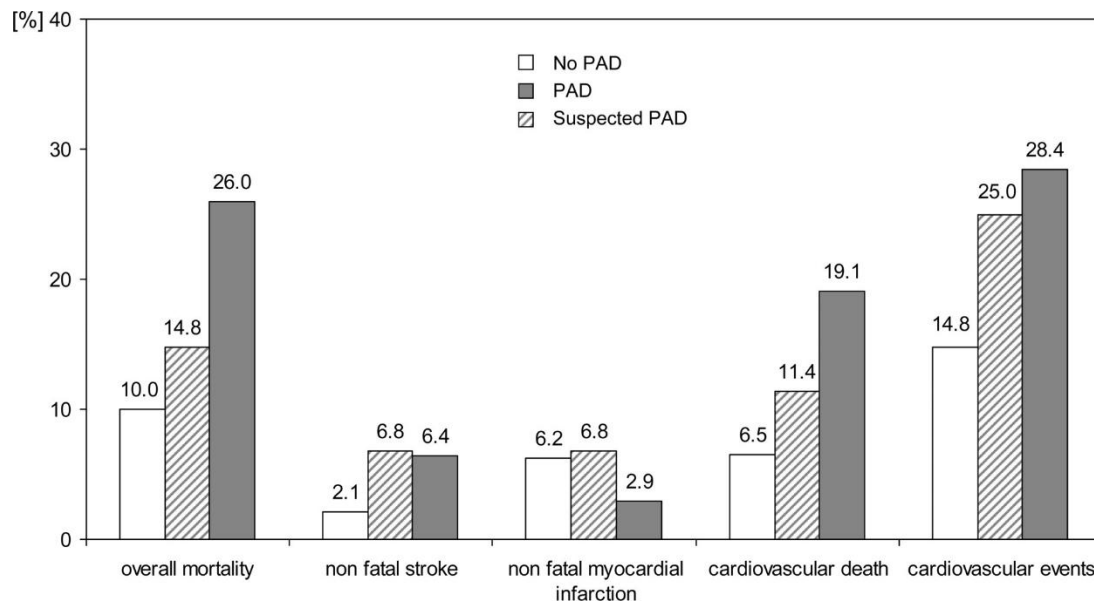
Οι ασθενείς που λαμβάνουν διφορούμενα αποτελέσματα από μη επεμβατικές μετρήσεις πίεσης θα πρέπει να υποβάλλονται σε περαιτέρω απεικονιστικό έλεγχο. Το υπερηχογράφημα Duplex εξετάζει την αρτηριακή ανατομία και τα μοτίβα ροής και προσδιορίζει τη θέση και τη σοβαρότητα των στενώσεων δίχως τη χρήση ακτινοβολίας ή σκιαγραφικών ουσιών (Huthart et al, 2022).

Οι ιατροί μπορούν να χρησιμοποιήσουν αξονική αγγειογραφία ή μαγνητική αγγειογραφία για λεπτομερή ανατομική αξιολόγηση, κατά τον σχεδιασμό της επαναγγείωσης, αλλά πρέπει να συναξιολογούν τον κίνδυνο νεφροπάθειας που προκαλείται από το σκιαγραφικό σε διαβητικούς ασθενείς με υπάρχοντα νεφρικά προβλήματα. Η κλιμακωτή προσέγγιση επιτυγχάνει διαγνωστική ακρίβεια, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται τη χρήση πόρων για τον ορθό εντοπισμό των ασθενών που χρειάζονται ιατρική παρέμβαση.

2.4. ABPI Στη Διαστρωμάτωση Κινδύνου Και Στην Πρόγνωση

2.4.1. Πρόβλεψη Καρδιαγγειακών Επιπλοκών

Ο δείκτης ABPI - πέρα από τις διαγνωστικές του δυνατότητες- λειτουργεί ως ένα ισχυρό εργαλείο αξιολόγησης του καρδιαγγειακού κινδύνου σε διαβητικούς ασθενείς. Η παρουσία παθολογικού ABPI παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με αυξημένο κίνδυνο εμφράγματος του μυοκαρδίου, εγκεφαλικού επεισοδίου, καθώς και καρδιαγγειακού θανάτου, ο οποίος επιμένει ακόμη και όταν ελέγχονται οι παραδοσιακοί παράγοντες κινδύνου (Chuter et al, 2020). (Εικόνα 2)



ΕΙΚΟΝΑ 2: Καρδιαγγειακά συμβλήματα σε ασθενείς χωρίς αρτηριακή νόσο, με αρτηριακή νόσο και με υποψία αρτηριακής νόσου. (Espinola-Klein et al, 2008)

Η σύνδεση μεταξύ του ABPI και της αθηροσκλήρωσης καταδεικνύει ότι η αθηροσκλήρωση είναι συστηματική και επικυρώνει τον ABPI ως δείκτη ευρείας επίπτωσης της αγγειακής νόσου. Όταν ένας διαβητικός ασθενής εντοπίζεται με παθολογικά αποτελέσματα ABPI καθίσταται αναγκαία η διενέργεια πλήρους εκτίμησης του καρδιαγγειακού κινδύνου, με ταυτόχρονη ιεράρχηση της επιθετικής θεραπείας των μεταβλητών παραγόντων κινδύνου (Dachun Xu et al, 2010).

Η προγνωστική αξία του εφαρμόζεται σε διαφορετικά ιατρικά πλαίσια, όπως οι διαδικασίες στεφανιαίας παρέμβασης. Μελέτες δείχνουν ότι η PAD που ανιχνεύεται μέσω της μη φυσιολογικής μέτρησης του ABPI χρησιμεύει ως βασικός δείκτης για τη διαστρωμάτωση του κινδύνου στεφανιαίας νόσου μεταξύ των πασχόντων (Barnes et al, 2020).

Οι ασθενείς με στεφανιαία και περιφερική αρτηριακή νόσο παρουσιάζουν συνήθως πιο εκτεταμένη αθηροσκλήρωση και αντιμετωπίζουν φτωχότερη πρόγνωση, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη ολοκληρωμένων καρδιαγγειακών αξιολογήσεων σε ομάδες υψηλού κινδύνου.

2.4.2. Επιπλοκές Σχετιζόμενες Με Τα Άκρα - Κίνδυνος Ακρωτηριασμού

Οι μετρήσεις του ABPI παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τη μελλοντική κατάσταση των άκρων των διαβητικών ασθενών και την πιθανή ανάγκη ακρωτηριασμού τους. Οι χαμηλότερες τιμές ABPI συνδέονται με ισχυρά αρνητικές εκβάσεις στα άκρα (Espinola-Klein et al, 2008).

Όταν η πίεση στο έσω σφυρό πέφτει κάτω από 50 mmHg ή ο ABI πέφτει κάτω από 0.50, οι ασθενείς αντιμετωπίζουν σημαντικά αυξημένο κίνδυνο ακρωτηριασμού, ιδίως όταν έχουν ήδη υπάρχοντα έλκη στα κάτω άκρα (Hinchliffe et al, 2020). Η συσχέτιση μεταξύ ABPI και απειλητικής για τα άκρα ισχαιμίας επιμένει μετά τη συνεκτίμηση άλλων παραγόντων κινδύνου, γεγονός που επιβεβαιώνει τον ABPI ως ανεξάρτητο προγνωστικό παράγοντα αυτής της κατάστασης (Dachun Xu et al, 2010).

Οι διαβητικοί ασθενείς παρουσιάζουν ισχυρότερη σχέση μεταξύ των τιμών του ABPI και του κινδύνου ακρωτηριασμού των άκρων. Μελέτες δείχνουν ότι τα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη που έχουν ABI 0,90 ή χαμηλότερο παρουσιάζουν οκταπλάσια πιθανότητα ακρωτηριασμού εντός επταετίας (Espinola-Klein et al, 2008).

Οι διαβητικοί ασθενείς με πρόσθετους παράγοντες κινδύνου ή αρχικές επιπλοκές στα κάτω άκρα χρειάζονται τακτικό έλεγχο του ABPI, καθώς η ισχυρή αυτή συσχέτιση αναδεικνύει τον ουσιαστικό ρόλο του. Η μέτρηση του ABPI επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση της PAD, η οποία διευκολύνει την άμεση παρέμβαση για να σταματήσει η εξέλιξη σε κρίσιμη ισχαιμία και απώλεια του άκρου (Pyšná et al, 2018).

2.5. ABPI Στη Λήψη Αποφάσεων Θεραπείας

2.5.1. Στρατηγικές Επαναγγείωσης

Οι μετρήσεις του ABPI χρησιμεύουν ως βασικά εργαλεία εκτίμησης της αναγκαιότητας επαναγγείωσης σε συμπτωματικούς ασθενείς με PAD (Demarchi et al, 2020). Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες της Ευρωπαϊκής Καρδιολογικής Εταιρείας (ESC) του 2017, οι οποίες εκπονήθηκαν από κοινού με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Αγγειοχειρουργικής, οι συστάσεις για τη διαχείριση της ΠΑΝ ενσωματώνουν μεθόδους αιμοδυναμικής αξιολόγησης, συμπεριλαμβανομένου του ABPI (Achim et al, 2022).

Οι κατευθυντήριες οδηγίες προτείνουν ποικίλες στρατηγικές θεραπείας ανάλογα με τη θέση και τα χαρακτηριστικά της βλάβης, με τη χειρουργική παράκαμψη να αποτελεί την πρωταρχική επιλογή για τις ενδοαυλικές βλάβες (σύσταση κατηγορίας Ι) και την ενδοαγγειακή θεραπεία να είναι διαθέσιμη ως αποδεκτή εναλλακτική λύση (κατηγορία ΙΙα).

Κατά τον καθορισμό των μεθόδων επαναγγείωσης, τόσο η ανατομική κατανομή της νόσου όσο και η αιμοδυναμική σημασία της βλάβης χρειάζονται αξιολόγηση. Οι ασθενείς με αποφράξεις αορτο-ιγνυακής ή αορτο-διγλώχινας μοίρας θα μπορούσαν να έχουν οφέλη από τη χειρουργική επέμβαση (σύσταση κατηγορίας ΙΙα), ή από την επαναγγείωση -όταν αυτή διεξάγεται σε εξειδικευμένα κέντρα- (σύσταση κατηγορίας ΙΙβ).

Ο βέλτιστος σχεδιασμός της θεραπείας για διαβητικούς ασθενείς με πολυεπίπεδη νόσο απαιτεί τη συναξιολόγηση των αποτελεσμάτων του ABPI με την κλινική εικόνα και τα ανατομικά δεδομένα.

2.5.2. Παρακολούθηση Αποτελεσματικότητας Θεραπείας Και Εξέλιξης Της Νόσου

Η μέτρηση του ABPI εξυπηρετεί ένα διττό σκοπό, που περιλαμβάνει τόσο την αρχική διάγνωση όσο και τη συνεχή αξιολόγηση του αντικτύπου της θεραπείας παράλληλα με την εξέλιξη της νόσου (Katsuki et al, 2019). Οι διακυμάνσεις του λειτουργούν ως αντικειμενικές μετρήσεις για την παρακολούθηση των αιμοδυναμικών αλλαγών που προκύπτουν από τις θεραπευτικές παρεμβάσεις.

Μελέτες καταδεικνύουν ότι οι ασθενείς που εμφανίζουν αύξηση του ABI κατά τουλάχιστον 0,15 μονάδες -μετά από επεμβάσεις επαναγγείωσης-, επιτυγχάνουν σημαντικά καλύτερα κλινικά αποτελέσματα (Feringa et al, 2006). Η παρατηρούμενη βελτίωση προβλέπει την ελευθερία από επαναγγείωση του άκρου-στόχου και μείζονα ακρωτηριασμό, ανεξαρτήτως της θέσης της βλάβης και του προ της επέμβασης σφυροβραχιόνιου δείκτη.

Η μείωση του ABPI με την πάροδο των ετών καταδεικνύει επιδείνωση της νόσου και μεγαλύτερες πιθανότητες αρνητικών συμβαμάτων για την υγεία των ασθενών. Έρευνες έχουν δείξει ότι η εξέλιξη της ΠΑΝ ορίζεται από μείωση του ABPI μεγαλύτερη από

0.15, η οποία εμφανίζεται στο 19% των αγγειοπαθών έως τα τρία έτη και στο 37% έως τα πέντε έτη.

Η μείωση του ABI κατά 0.15 ή περισσότερο συνδέεται με κλινική επιδείνωση, διότι έχει ως αποτέλεσμα 2,5 φορές υψηλότερο κίνδυνο για επεμβάσεις παράκαμψης και 1,8 φορές υψηλότερο κίνδυνο για εξέλιξη των συμπτωμάτων. Η πορεία του ABPI χρησιμεύει ως αποτελεσματικός προγνωστικός δείκτης που βοηθά στον καθορισμό του χρόνου θεραπευτικής παρέμβασης (Ena et al, 2020).

2.6. ABPI Και Επιπλοκές Διαβητικού Ποδιού

2.6.1. Σχέση Με Ανάπτυξη Και Επούλωση Του Έλκους

Οι επιπλοκές του διαβητικού ποδιού και η ABPI αλληλεπιδρούν προς δύο κατευθύνσεις, διότι η μειωμένη ροή του αίματος οδηγεί στην ανάπτυξη έλκους και στην καθυστερημένη επούλωση, ενώ τα υπάρχοντα έλκη απαιτούν ακριβή αγγειακή αξιολόγηση για τη σωστή θεραπεία (Burhan et al, 2024). Μελέτες δείχνουν ότι το ABPI προβλέπει ανεξάρτητα τα αποτελέσματα της επούλωσης των ελκών σε διαβητικούς ασθενείς.

Μελέτες που χρησιμοποιούν πολυμεταβλητή ανάλυση δείχνουν ότι ο ABPI δρα ως βασικός καθοριστικός παράγοντας της επανεπιθηλιοποίησης του τραύματος, όπου μεγαλύτερες βαθμολογίες ABPI οδηγούν σε ταχύτερους ρυθμούς επούλωσης. Η επαρκής αιμάτωση αναδεικνύεται ως κρίσιμος παράγοντας απαραίτητος για επιτυχείς διαδικασίες ιστικής αποκατάστασης με βάση αυτή τη συσχέτιση.

Η σημασία του ABPI ως προγνωστικού εργαλείου για την έκβαση του έλκους εκδηλώνεται με μεγαλύτερη σαφήνεια σε ασθενείς με ενεργά έλκη στο πόδι (Hinchliffe et al 2020). Η έρευνα δείχνει ότι τα αποτελέσματα της θεραπείας προχωρημένων τραυμάτων βελτιώνονται σημαντικά σε ασθενείς που έχουν υψηλότερες μετρήσεις ABPI όταν χρησιμοποιούν θεραπείες όπως το πλάσμα πλούσιο σε αιμοπετάλια και το αυτόλογο δερματικό μόσχευμα (Ena et al, 2020).

Η στρωματοποιημένη ανάλυση καταδεικνύει υψηλότερα ποσοστά επούλωσης τραυμάτων μεταξύ των ασθενών που λαμβάνουν συγκεκριμένες παρεμβάσεις και έχουν αυξημένες τιμές ABPI, υπογραμμίζοντας την ανάγκη να συμπεριληφθεί η αγγειακή αξιολόγηση σε ολοκληρωμένα πρωτόκολλα φροντίδας διαβητικών ποδιών.

2.6.2. Ενσωμάτωση Στη Διεπιστημονική Φροντίδα Του Διαβητικού Ποδιού

Οι επιπλοκές του διαβητικού ποδιού απαιτούν μια διεπιστημονική στρατηγική διαχείρισης που στοχεύει στους πολλαπλούς παθοφυσιολογικούς μηχανισμούς οι οποίοι ευθύνονται για την περιφερική αρτηριακή νόσο, τη νευροπάθεια, τη λοίμωξη και τις εμβιομηχανικές ανωμαλίες. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες της ESC, συστήνεται η δημιουργία διεπιστημονικών ομάδων διαχείρισης των εν λόγω παθήσεων, που απαιτούν συντονισμένη τεχνογνωσία.

Η αξιολόγηση του ABPI χρησιμεύει ως ουσιαστικό μέρος αυτής της ολοκληρωμένης στρατηγικής, παρέχοντας αντικειμενικά δεδομένα που βοηθούν στην άμεση επιλογή της θεραπείας. Ο τακτικός έλεγχος ABPI σε προγράμματα φροντίδας διαβητικών ποδιών βοηθά στον έγκαιρο εντοπισμό ασθενών με κακή ροή αίματος για αγγειακή παρέμβαση, ώστε να αποφευχθεί η ανάπτυξη έλκους.

Το ABPI βοηθά τους κλινικούς γιατρούς στη διαφοροποίηση των νευροπαθητικών ελκών από τα ισχαιμικά, σε ασθενείς με εγκατεστημένα τραύματα, ώστε να καθοδηγούνται οι κατάλληλες θεραπευτικές προσεγγίσεις. Η διάκριση μεταξύ των τύπων έλκους είναι ουσιαστική, διότι τα ισχαιμικά έλκη χρειάζονται γενικά επαναγγείωση ώστε να επουλωθούν σωστά, ενώ τα νευροπαθητικά συχνά επουλώνονται όταν εφαρμόζεται αποφόρτιση και πρόσθετες συντηρητικές θεραπείες (Burhan et al, 2024).

Οι εξετάσεις ρουτίνας των κάτω άκρων θα πρέπει να περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των αγγείων, ως θεμελιώδες προληπτικό μέτρο για τους ασθενείς υψηλού κινδύνου.

2.7. Ειδικές Εκτιμήσεις Σε Διαβητικούς Ασθενείς

2.7.1. Αλληλεπίδραση Νευροπάθειας Και ΠΑΝ

Η περιφερική νευροπάθεια σε συνδυασμό με την PAD σε διαβητικούς ασθενείς αποτελεί μια επικίνδυνη κλινική κατάσταση που συνήθως ορίζεται ως "διαβητικό πόδι σε κίνδυνο" (Aerden et al, 2011). Η περιφερική νευροπάθεια μειώνει τις προστατευτικές αισθήσεις, ενώ η ΠΑΝ ελαττώνει την αιμάτωση των ιστών, τα οποία μαζί δημιουργούν υψηλό κίνδυνο για σχηματισμό έλκους και καθυστερημένη επούλωση των τραυμάτων (Achim et al, 2022).

Η αλληλεπίδραση επηρεάζει την ερμηνεία του ABPI, καθώς οι ασθενείς με σημαντική αρτηριακή νόσο ενδέχεται να μην εμφανίζουν συμπτώματα, με αποτέλεσμα να υποεκτιμάται η σοβαρότητα της νόσου όταν στηρίζεται μόνο στην κλινική εικόνα. Τα κλινικά αποτελέσματα μετά την παρέμβαση επηρεάζονται από τις συνδυασμένες επιδράσεις της νευροπάθειας και της αγγειακής νόσου.

Οι ασθενείς με σημαντική νευροπάθεια δύναται να μην παρουσιάσουν άμεση συμπτωματική ανακούφιση μετά την επαναγγείωση -παρά τη βελτιωμένη αιματική ροή-, γεγονός που υπογραμμίζει τη σημασία των αντικειμενικών μετρήσεων του ABPI για την αξιολόγηση της τεχνικής επιτυχίας. Η νευροπάθεια αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο τα οξέα ισχαιμικά συμβάματα εμφανίζονται κλινικά και μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη διάγνωση και τη θεραπεία.

2.7.2. Εκτιμήσεις Σχετιζόμενες Με Την Ηλικία

Η προχωρημένη ηλικία αποτελεί άλλη μια μεταβλητή που επηρεάζει τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ABPI σε διαβητικά άτομα. Η φυσική γήρανση έχει ως αποτέλεσμα την αρτηριακή δυσκαμψία και την ασβεστοποίηση, οι οποίες αναπτύσσονται ταχύτερα στα άτομα με διαβήτη.

Η ιατρική έρευνα καταδεικνύει αύξηση της σοβαρότητας της PAD προϋούσης της ηλικίας και προσδιορίζει ότι οι άνδρες εμφανίζουν υψηλότερα ποσοστά ΠΑΝ, ιδίως όταν συνυπάρχει στεφανιαία νόσος (Barnes et al, 2020). Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων του ABPI και των στρατηγικών διαχείρισης για τους ηλικιωμένους διαβητικούς ασθενείς απαιτεί την εξέταση διαφόρων δημογραφικών παραγόντων.

Η αξιολόγηση της αγγειακής υγείας γίνεται πιο περίπλοκη όταν η διάρκεια του ΣΔ αλληλεπιδρά με την ηλικία, διότι και οι δύο παράγοντες προκαλούν ανεξαρτήτως αρτηριακή ασβεστοποίηση, ενώ συγχρόνως ελαττώνουν την ικανότητα συμπίεσης των αγγείων. Η συχνότητα των αναξιόπιστων μετρήσεων ABPI αυξάνεται σημαντικά σε ηλικιωμένους διαβητικούς ασθενείς σε βαθμό που τα περισσότερα αποτελέσματα δεν παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα εκτίμησης της αρτηριακής αιμάτωσης.

Οι πληθυσμοί που παρουσιάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά απαιτούν πρόσθετες διαγνωστικές μεθόδους, συμπεριλαμβανομένης της TBI ή της απεικόνισης αιμάτωσης, ώστε να διασφαλίζεται η ακριβής εκτίμηση της νόσου και ο σωστός σχεδιασμός της διαχείρισής της.

2.8. Κατευθυντήριες Οδηγίες - Κλινικές Συστάσεις

2.8.1. Πρωτόκολλα Και Συχνότητα Ελέγχου

Οι παρούσες κλινικές κατευθυντήριες οδηγίες παρέχουν λεπτομερείς συστάσεις για τον έλεγχο της ΠΑΝ σε διαβητικούς ασθενείς. Η Αμερικανική Διαβητολογική Εταιρεία συνιστά να υποβάλλονται οι διαβητικοί ασθενείς ηλικίας άνω των 50 ετών σε έλεγχο PAD κάθε 5 χρόνια, εάν ο σφυροβραχιόνιος δείκτης τους φαίνεται φυσιολογικός, αλλά οι ασθενείς με επιπλέον παράγοντες κινδύνου χρειάζονται πιο τακτική αξιολόγηση (Demarchi et al, 2020).

Προσδιορίζεται προσεκτικά ο υψηλότερος κίνδυνος PAD στους διαβητικούς ασθενείς και αναγνωρίζεται η πιθανή εξέλιξη της νόσου, ακόμη και όταν οι αρχικές αξιολογήσεις δείχνουν φυσιολογικά αποτελέσματα (Normahani et al, 2022). Η εφαρμογή αυτών των πρωτοκόλλων ελέγχου στην πρωτοβάθμια περίθαλψη χρησιμεύει ως βασική μέθοδος έγκαιρης ανίχνευσης των ασθενειών και πρόληψης των επιπλοκών τους.

Η προτιμώμενη μέθοδος διαλογής συνδυάζει κλινικές αξιολογήσεις (λήψη ιστορικού και φυσικές εξετάσεις) με ειδικές αιμοδυναμικές μετρήσεις (ABPI ή TBI). Ένα πλήρες πρωτόκολλο διαλογής απαιτεί αξιολογήσεις για συμπτώματα χωλότητας, αξιολόγηση των σφυγμών των πελμάτων, έλεγχο έλκους και μετρήσεις της πίεσης στον σφυρό και στον βραχίονα (Stoekenbroek et al, 2015).

Οι περιορισμοί του ABPI σε διαβητικούς πληθυσμούς οδηγούν πολλούς ειδικούς να προτείνουν ταυτόχρονες μετρήσεις TBI για ασθενείς με εκτεταμένο ιστορικό διαβήτη ή νεφρική ανεπάρκεια, που διατρέχουν κίνδυνο αρτηριακής σβεστοποίησης (Hyun et al, 2014).

2.8.2. Στρατηγικές Διαχείρισης Βασισμένες Σε Στοιχεία

Η θεραπευτική στρατηγική για την PAD μεταξύ διαβητικών ασθενών απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που στοχεύει τόσο στους συστηματικούς αθηρωματικούς παράγοντες κινδύνου όσο και στις τοπικές ανεπάρκειες της αιματικής ροής (Normahani et al, 2021). Οι κατευθυντήριες οδηγίες της ESC συστήνουν σε όλους τους ασθενείς με νόσο των αρτηριών των κάτω άκρων να λαμβάνουν θεραπεία με στατίνες, για την

επέκταση της απόστασης βάδισης (σύσταση κατηγορίας I) και επιβλεπόμενη θεραπεία άσκησης, ανεξαρτήτως της κατάστασης επαναγγείωσης (Barone Gibbs et al, 2013).

Οι παρεμβάσεις επικεντρώνονται σε βασικά στοιχεία διαχείρισης της νόσου, στοχεύοντας στην εξέλιξη της αρτηριακής νόσου και στους λειτουργικούς περιορισμούς από την ανεπάρκεια της αιματικής ροής. Η αντιαιμοπεταλιακή θεραπεία αποτελεί μια κρίσιμη θεραπευτική προσέγγιση, ενώ σχεδιάζονται ειδικές κατευθυντήριες γραμμές για διαβητικούς ασθενείς που πάσχουν από περιφερική αρτηριακή νόσο.

Η κλοπιδογρέλη θα πρέπει να θεωρείται εναλλακτική λύση στη θεραπεία με ασπιρίνη για ασθενείς με συμπτωματική περιφερική αρτηριακή νόσο, καθώς πληροί τις προϋποθέσεις για σύσταση κατηγορίας IIb. Οι κλινικές κατευθυντήριες οδηγίες υπογραμμίζουν ότι η κλοπιδογρέλη μπορεί να λειτουργήσει καλύτερα σε ασθενείς υψηλού κινδύνου, αλλά θα πρέπει να εκτιμάται κάθε περίπτωση με βάση τους καρδιαγγειακούς και αιμορραγικούς κινδύνους.

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων επαναγγείωσης πρέπει να αξιολογεί τις ανατομικές λεπτομέρειες, τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων και τα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά του εκάστοτε ασθενούς. Οι θεραπευτικές επιλογές περιλαμβάνουν τη χειρουργική επέμβαση παράκαμψης (σύσταση κατηγορίας I) και την ενδοαγγειακή θεραπεία (σύσταση κατηγορίας IIa), για ενδοπολικές βλάβες.

2.9. Μελλοντικές Κατευθύνσεις Στην Τεχνολογία ABPI

2.9.1. Αναδυόμενες Τεχνολογίες Και Μεθοδολογίες

Η τεχνολογική πρόοδος συνεχίζει να βελτιώνει τις τεχνικές αξιολόγησης του ABPI και την κατανόηση των δεδομένων, γεγονός που θα μπορούσε να επιλύσει πολλά υφιστάμενα προβλήματα, που αντιμετωπίζουν οι διαβητικοί ασθενείς. Η ταυτόχρονη μέτρηση της βραχιόνιας πίεσης και της πίεσης στο έσω σφυρό -μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων-, περιορίζει την εξαρτώμενη από τον χειριστή μεταβλητότητα, ενώ παράλληλα ενισχύει την αναπαραγωγιμότητα.

Η παλμομετρική τεχνολογία σε ορισμένα συστήματα παρουσιάζει αντοχή στην ήπια έως μέτρια αρτηριακή ασβεστοποίηση, γεγονός που διευρύνει το πεδίο εφαρμογής των μη επεμβατικών μετρήσεων πίεσης σε διαβητικούς ασθενείς. Οι μέθοδοι αγγειακής

αξιολόγησης περιλαμβάνουν πλέον την τυπική μέτρηση του ABPI μαζί με περισσότερες αιμοδυναμικές παραμέτρους (Barone Gibbs et al, 2013).

Ο συνδυασμός της καταγραφής του όγκου παλμού με τη διαδερμική μέτρηση του οξυγόνου και την εκτίμηση της πίεσης αιμάτωσης του δέρματος παρέχει ουσιώδη δεδομένα σχετικά με τη μικροκυκλοφορία και την αιμάτωση των ιστών, τα οποία έχουν ιδιαίτερη σημασία για τους διαβητικούς ασθενείς που πάσχουν επίσης από νόσο των μικρών αγγείων. Η παραδοσιακή ABPI -σε συνδυασμό με τις λοιπές μεθόδους αξιολόγησης- συμβάλει στην ολοκληρωμένη εκτίμηση της αγγειακής υγείας των ασθενών, υπερβαίνοντας τους περιορισμούς από μεμονωμένες τεχνικές.

2.9.2. Ερευνητικές Προτεραιότητες Και Κενά Γνώσης

Παρόλο που η διάγνωση και η διαχείριση της ΠΑΝ έχουν ερευνηθεί εκτενώς, οι τρέχουσες γνώσεις δε διευκρινίζουν πλήρως τον τρόπο με τον οποίο η ABPI θα πρέπει να εφαρμόζεται στους διαβητικούς ασθενείς. Οι ερευνητές πρέπει να δημιουργήσουν και να επικυρώσουν διαγνωστικούς αλγόριθμους οι οποίοι συνδυάζουν πολλαπλές μεθόδους αξιολόγησης και προσαρμόζονται στα ατομικά προφίλ των ασθενών και στις ιδιαίτερες κλινικές καταστάσεις.

Αυτοί οι διαγνωστικοί αλγόριθμοι θα παρέχουν στους κλινικούς γιατρούς εργαλεία διαχείρισης της αξιολόγησης των διαβητικών αγγείων, μέσω της δημιουργίας διαγνωστικών μονοπατιών που βελτιστοποιούν τόσο την ακρίβεια όσο και την αξιοποίηση των υφισταμένων πόρων. Οι προσπάθειες ανάπτυξης κατά προτεραιότητα περιλαμβάνουν τη δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης κινδύνου, που συνδυάζουν το ABPI με κλινικές και εργαστηριακές παραμέτρους για την επίτευξη βέλτιστης προγνωστικής ακρίβειας.

Το ABPI παρέχει σημαντικά δεδομένα σχετικά με την παρουσία και τη σοβαρότητα της νόσου, αλλά η σύνδεσή του με δείκτες αγγειακής υγείας και συστηματικής φλεγμονής δύναται να βελτιώσει την ακρίβεια της διαστρωμάτωσης κινδύνου (Barone Gibbs et al, 2013). Τα ολοκληρωμένα μοντέλα που συνδυάζουν πολλαπλούς δείκτες υγείας θα μπορούσαν να καθορίσουν την ένταση της παρακολούθησης και το επίπεδο παρέμβασης που απαιτείται για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων των ασθενών, μέσω της εξατομίκευσης των θεραπευτικών προσεγγίσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΒΡΙ ΜΕ ΑΛΛΑ ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Οι διαβητικοί ασθενείς αντιμετωπίζουν σοβαρούς κινδύνους για την υγεία τους από την περιφερική αρτηριακή νόσο, η οποία οδηγεί σε αγγειακές παθήσεις και αυξάνει την πιθανότητα έλκους και ακρωτηριασμού των κάτω άκρων. Η έγκαιρη και ακριβής αναγνώριση επιτρέπει βέλτιστες θεραπευτικές προσεγγίσεις και αποτελεσματική διαχείριση του κινδύνου επιπλοκών.

Μολονότι ο σφυροβραχιόνιος δείκτης (ΑΒΡΙ ή ΑΒΙ) χρησιμεύει ως συμβατικό διαγνωστικό εργαλείο για την ΠΑΝ, η αποτελεσματικότητά του έχει αμφισβητηθεί στους διαβητικούς ασθενείς λόγω ιδιαίτερων προβλημάτων (Aerden et al, 2011).

3.1. Προκλήσεις Στη Διάγνωση Περιφερικής Αρτηριακής Νόσου Σε Διαβητικούς Ασθενείς

Η περιφερική αρτηριακή νόσος (ΠΑΝ) πλήττει συχνά τους διαβητικούς ασθενείς, ενώ αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου επιπλοκών από τα κάτω άκρα (Achim et al, 2022). Η αρτηριακή ασβεστοποίηση -που είναι κοινή μεταξύ των πασχόντων-, δημιουργεί αξιοσημείωτες διαγνωστικές προκλήσεις, οι οποίες μειώνουν την αποτελεσματικότητα των συμβατικών μεθόδων αξιολόγησης.

Μεταξύ των αγγειακών επιπλοκών που σχετίζονται με τον ΣΔ συγκαταλέγεται η ασβεστοποίηση των μεσαίων αρτηριών, η οποία δημιουργεί αρτηρίες που δεν μπορούν να συμπιεστούν. Η εν λόγω αλλοίωση εμποδίζει τις ακριβείς μετρήσεις με βάση την πίεση, οι οποίες εξαρτώνται από την αρτηριακή συμπίεση, με αποτέλεσμα λανθασμένες ενδείξεις και λανθασμένη διάγνωση.

Η PAD παραμένει συνήθως αδιάγνωστη μέχρι προχωρημένου σταδίου της νόσου, γεγονός που υπογραμμίζει την απαίτηση για έγκυρες διαγνωστικές μεθόδους, ικανές να εντοπίζουν την πάθηση εγκαίρως (Normahani et al, 2021). Ένα ιδανικό διαγνωστικό εργαλείο θα πρέπει να επιδεικνύει υψηλή ευαισθησία και ειδικότητα, αποφεύγοντας παράλληλα την παρεμβολή της αρτηριακής ασβεστοποίησης, και να διατηρεί μη επεμβατικές ιδιότητες μαζί με οικονομική αποτελεσματικότητα για ευρεία πρόσβαση σε κλινικές.

Καμία υπάρχουσα διαγνωστική δοκιμασία δεν πληροί όλες τις κρίσιμες απαιτήσεις ταυτόχρονα, γεγονός που απαιτεί από τους επαγγελματίες τη διενέργεια συγκριτικών αξιολογήσεων των διαγνωστικών μεθόδων.

3.2. Μεθοδολογία Και Τυποποιημένη Εφαρμογή ABPI

Ο δείκτης ABPI προκύπτει από τη διαίρεση της μέγιστης συστολικής αρτηριακής πίεσης στον αστράγαλο με τη μέγιστη συστολική πίεση στον βραχίονα. Στην καθ' ημέρα κλινική πράξη χρησιμοποιείται μια τιμή $\leq 0,9$ ως το καθιερωμένο διαγνωστικό όριο για την ΠΑΝ.

Η εν λόγω δοκιμασία προτιμάται, καθώς είναι μη επεμβατική και απλή στην εκτέλεση. Ο γενικός πληθυσμός επωφελείται από τον ABPI, διότι χρησιμεύει ως ισχυρός ανεξάρτητος δείκτης καρδιαγγειακής νοσηρότητας και θνησιμότητας.

Η εξέταση απέκτησε ευρεία εφαρμογή, καθώς παρέχει ποσοτικά αποτελέσματα που αντιστοιχούν στα επίπεδα σοβαρότητας της νόσου σε μη διαβητικά άτομα, δίχως να απαιτούνται επεμβατικές διαδικασίες.

3.2.1. Ειδικοί Περιορισμοί Σε Διαβητικούς Πληθυσμούς

Μελέτες αποκαλύπτουν ότι η μέθοδος ABPI παρουσιάζει σημαντικούς περιορισμούς κατά τη χρήση της σε διαβητικούς ασθενείς. Η πιο πρόσφατη έρευνα που χρησιμοποίησε το duplex υπερηχογράφημα ως πρότυπο αναφοράς έδειξε ότι η ABPI επιτυγχάνει υψηλή ειδικότητα 97,55%, αλλά παρουσιάζει ανεπαρκή ευαισθησία -μόλις 35,48%- (Huthart et al, 2022).

Η περιορισμένη ευαισθησία του ABPI έχει ως αποτέλεσμα περίπου τα δύο τρίτα των περιπτώσεων PAD -μεταξύ διαβητικών ασθενών- να παραμένουν αδιάγνωστα, όταν χρησιμοποιείται μόνο το ABPI ως μέθοδος ανίχνευσης (Barone Gibbs et al, 2013). Η ασβεστοποίηση των αρτηριών αποτελεί τη βασική αιτία μειωμένης διαγνωστικής ακρίβειας, καθώς εμφανίζεται συχνά στους διαβητικούς ασθενείς.

Η αρτηριακή ασβεστοποίηση δημιουργεί άκαμπτα αγγεία που δε συμπιέζονται σωστά, γεγονός που οδηγεί σε μετρήσεις ABPI ψευδώς αυξημένες, οι οποίες αποκρύπτουν την παρούσα στένωση. Το ζήτημα προκύπτει καθώς η PAD παραμένει ενίοτε κρυφή, όταν

οι ασθενείς παρουσιάζουν φυσιολογικές ή αυξημένες μετρήσεις σφυροβραχιόνιου δείκτη (Normahani et al, 2022).

Η συγκριτική μελέτη των μεθόδων διαλογής της ΠΑΝ σε διαβητικούς ασθενείς κατέδειξε ότι ο εν λόγω δείκτης εντόπισε τη νόσο μόνο στο 57% των εξεταζόμενων άκρων, συγκριτικά με υψηλότερα ποσοστά ανίχνευσης από άλλες διαγνωστικές μεθόδους. Μια κοινοτική μελέτη διαπίστωσε αρνητική τιμή λόγου πιθανότητας (LR-) 0.66, η οποία επιβεβαιώνει ότι ένα τυπικό αποτέλεσμα ABPI δεν μπορεί να αποκλείσει με ακρίβεια την PAD σε διαβητικούς ασθενείς (Pyšná et al, 2018).

3.3. Δακτυλοβραχιόνιος Δείκτης (TBPI)

Ο TBPI συνιστά υποκατάστατο του ABPI στη διάγνωση της PAD. Εν προκειμένω, υπολογίζεται ο λόγος της συστολικής πίεσης μεταξύ του δακτύλου του ποδιού και του βραχίονα, όπου κάθε μέτρηση κάτω από 0,6 υποδηλώνει περιφερική αρτηριακή νόσο (Ko et al, 2013). Οι μετρήσεις TBPI πραγματοποιούνται σε digital αρτηρίες οι οποίες παραμένουν πιο ανεπηρέαστες από την ασβεστοποίηση συγκριτικά με τα μεγαλύτερα αγγεία, διατηρώντας έτσι καλύτερη συμπιεστική ικανότητα.

Μια μελέτη που συνέκρινε τον δείκτη ABPI με τον TBPI και την αξονική αγγειογραφία (CTA) ως πρότυπο, αποκάλυψε ότι ο TBPI παρουσίασε υψηλότερη ευαισθησία. Ο δείκτης ABPI είχε 35,29% ευαισθησία για την ανίχνευση PAD σε διαβητικούς ασθενείς, ενώ ο TBPI πέτυχε 82,35% ευαισθησία, με παρόμοιο προφίλ ειδικότητας (Barone Gibbs et al, 2013).

Η ανάλυση των λειτουργικών χαρακτηριστικών δέκτη (ROC) επιβεβαίωσε ότι ο TBPI επέδειξε ανώτερη διαγνωστική αποτελεσματικότητα με μια τιμή αποκοπής 0,6 που παρήγαγε 82,35% ευαισθησία και 92% ειδικότητα σε σύγκριση με τον ABPI ο οποίος πέτυχε 64,71% ευαισθησία και 61,7% ειδικότητα στη βέλτιστη τιμή αποκοπής 1,0052. Ο δείκτης TBPI κατέδειξε ανώτερη διαγνωστική ισχύ, ανιχνεύοντας PAD στο 72% των εξεταζόμενων άκρων συγκριτικά με το ABPI που εντόπισε την PAD στο 57% των άκρων σε διαβητικούς πληθυσμούς (Yang et al, 2016).

3.4. Διαδερμική Μέτρηση Πίεσης Οξυγόνου (TcPO₂)

Η διαδερμική μέτρηση της πίεσης οξυγόνου (TcPO₂) αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο άμεσης αξιολόγησης της ιστικής αιμάτωσης. Οι μετρήσεις TcPO₂ παραμένουν ανεπηρέαστες από τις αρτηριακές ασβεστοποιήσεις, γεγονός που ωφελεί την αξιολόγηση της PAD ειδικά σε διαβητικούς ασθενείς (Fejfarová et al, 2021).

Η μέθοδος αξιολογεί τα επίπεδα τάσης οξυγόνου στην επιφάνεια του δέρματος και παρέχει πληροφορίες αναφορικά με τη μικροκυκλοφορία και την οξυγόνωση των ιστών. Η TcPO₂ είναι ένας αποτελεσματικός αναγνωριστικός δείκτης PAD και έχει καλύτερη προγνωστική ισχύ στα μείζονα δυσμενή καρδιαγγειακά συμβάντα συγκριτικά με τον δείκτη ABPI, κατά την ανάλυση διαβητικών ασθενών (López-Moral et al, 2023). (Εικόνα 3)



ΕΙΚΟΝΑ 3: Σημεία τοποθέτησης ηλεκτροδίων (Lopez-Moral et al,2023)

Η εφαρμογή της TcPO₂ επεκτείνεται πέρα από τη διάγνωση και παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τους ευρύτερους παράγοντες καρδιαγγειακού κινδύνου. Πρόσφατες μελέτες καταδεικνύουν ότι οι τεχνικές μέτρησης TcPO₂ που ενισχύονται από την άσκηση ανιχνεύουν αποτελεσματικά την αρτηριακή στένωση (Fejfarová et al, 2021).

Η TcPO₂ έδειξε καλή ευαισθησία και ειδικότητα στην ανίχνευση σημαντικών στενώσεων, όταν αξιολογήθηκε έναντι της CTA ως πρότυπο. Η τυποποιημένη

δοκιμασία DROP παρέχει ποσοτικές πληροφορίες σχετικά με τους περιορισμούς αιμάτωσης που σχετίζονται με ανατομικές αποφράξεις.

3.5. Αξιολόγηση Κυματομορφής Doppler

Η τεχνολογία υπερήχων επιτρέπει την ανάλυση κυματομορφών Doppler για την εξέταση των προτύπων ροής αίματος στις αρτηρίες. Η μελέτη έδειξε ότι η αξιολόγηση της κυματομορφής Doppler εντόπισε την PAD στο 93% των διαβητικών άκρων, η οποία ήταν πολύ πιο αποτελεσματική από τον δείκτη TBPI στο 72% και τον ABPI στο 57% των περιπτώσεων.

Η μέθοδος επιτρέπει την άμεση απεικόνιση των χαρακτηριστικών ροής του αίματος, ενώ παράλληλα παράγει ποιοτικά δεδομένα σχετικά με τη βατότητα των αγγείων και τη δυναμική της ροής, τα οποία οι μετρήσεις με βάση την πίεση αδυνατούν να παράξουν. Οι ερευνητές αναγνώρισαν ότι η απουσία συσχέτισης με ένα χρυσό πρότυπο δοκιμής αναφοράς τούς περιόρισε από το να κάνουν οριστικές δηλώσεις σχετικά με την ακρίβεια αυτής της μεθόδου.

3.6. Προηγμένες Τεχνικές Απεικόνισης

Η αξονική αγγειογραφία (CTA) και η αγγειογραφία μαγνητικού συντονισμού (MRA) χρησιμεύουν ως τυποποιημένα διαγνωστικά εργαλεία αναφοράς για την PAD, τα οποία παρέχουν λεπτομερείς ανατομικές εικόνες του αρτηριακού συστήματος. Αυτές οι απεικονιστικές τεχνικές παρέχουν ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη θέση και τον βαθμό στένωσης, οι οποίες επιτρέπουν στους κλινικούς γιατρούς να διενεργούν ενδεδειγμένες αξιολογήσεις των αγγειακών παθήσεων.

Η εξαιρετική διαγνωστική ακρίβειά τους δεν υποστηρίζει την ευρεία αρχική εξέταση της PAD, λόγω του υψηλού κόστους και της περιορισμένης διαθεσιμότητας, καθώς και των κινδύνων για την υγεία από την έκθεση στην ακτινοβολία της CTA ή των αντενδείξεων της MRA. Αυτές οι απεικονιστικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται συνήθως για την οριστική διάγνωση μετά τις αρχικές μεθόδους διαλογής ή όταν απαιτείται σχεδιασμός της θεραπείας.

3.7. Συγκριτική Αποτελεσματικότητα - Κλινικές Επιπτώσεις

3.7.1. Σύγκριση Διαγνωστικών Επιδόσεων

Τα ερευνητικά ευρήματα καταδεικνύουν ότι η ABPI από μόνη της δεν μπορεί να χρησιμεύσει ως αξιόπιστη μέθοδος διαλογής για PAD σε ασθενείς με διαβήτη (Barone Gibbs et al, 2013). Η ευαισθησία της MRA περιορίζεται στο 35,48% σε σύγκριση με το duplex υπερηχογράφημα, γεγονός που οδηγεί σε απαράδεκτα διαγνωστικά σφάλματα (Ismail et al, 2022).

Η μέθοδος TBPI επιδεικνύει σημαντικά καλύτερα ποσοστά ευαισθησίας στο 82,35% σε σύγκριση με τις αναφορές CTA, ενώ διατηρεί ικανοποιητικά τα επίπεδα ειδικότητας. Η ανάλυση κυματομορφής Doppler επιτυγχάνει το υψηλότερο ποσοστό ανίχνευσης από όλες τις κοινές μεθόδους διαλογής, αλλά απαιτεί επικύρωση έναντι προτύπων αναφοράς για την απόδειξη της διαγνωστικής ακρίβειας.

Οι μετρήσεις TcPO₂ προσφέρουν ένα πλεονέκτημα, καθώς παραμένουν ανεπηρέαστες από την αρτηριακή ασβεστοποίηση, ενώ παράλληλα παρέχουν επιπλέον προγνωστικές πληροφορίες πέραν της διάγνωσης της PAD (Fejfarová et al, 2021).

3.7.2. Συνέπειες Στην Κλινική Πράξη

Τα τρέχοντα δεδομένα αποδεικνύουν ότι η χρήση μιας μόνο διαγνωστικής μεθόδου για τον εντοπισμό της PAD σε διαβητικούς ασθενείς δεν παρέχει επαρκή αποτελέσματα. Λόγω του υψηλού ποσοστού ψευδώς αρνητικών αποτελεσμάτων των δοκιμών ABPI αυτού του πληθυσμού, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι φυσιολογικές μετρήσεις ABPI δεν μπορούν να αποκλείσουν την παρουσία PAD όταν τα κλινικά σημεία την υποδηλώνουν.

Αντ' αυτού, συνιστάται μια πολυτροπική διαγνωστική προσέγγιση. Ο δείκτης TBPI ξεχωρίζει ως κατάλληλο μέσο πρωτογενούς αξιολόγησης της PAD σε διαβητικούς ασθενείς, καθώς παρέχει μεγαλύτερη ευαισθησία από τον ABPI.

Εάν ο TBPI δεν είναι διαθέσιμος ή τα αποτελέσματά του δεν είναι πειστικά, μπορούν να αποκτηθούν πρόσθετες διαγνωστικές πληροφορίες με τη χρήση της ανάλυσης κυματομορφής Doppler ή των μετρήσεων TcPO₂ (López-Moral et al, 2023).

Προηγμένες απεικονιστικές μέθοδοι όπως η CTA ή η MRA παραμένουν συνιστώμενες για την οριστική διάγνωση, όταν αξιολογείται η βέλτιστη θεραπευτική παρέμβαση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΣΦΥΡΟΒΡΑΧΙΟΝΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΣΕ ΔΙΑΒΗΤΙΚΟΥΣ ΑΣΘΕΝΕΙΣ

4.1. Αρτηριακή Ασβεστοποίηση

Ο διαβήτης προκαλεί συχνά ασβεστοποίηση του μέσου χιτώνα των αρτηριών, γνωστή ως σκλήρυνση του Mönckeberg, η οποία οδηγεί σε δυσκαμψία και μειωμένη συμπιεστότητα των αρτηριακών τοιχωμάτων των κάτω άκρων. Η αρτηριακή ασβεστοποίηση εμποδίζει τις μανσέτες αρτηριακής πίεσης να συμπιέζουν με ακρίβεια τις αρτηρίες κατά τη διάρκεια της εξέτασης ABI, γεγονός που παράγει λανθασμένα αποτελέσματα ABI που συγκαλύπτουν την ύπαρξη PAD (Gajanana et al, 2019).

Η μέτρηση του ABI τείνει να υποεκτιμά ή να μην ανιχνεύει την PAD σε διαβητικούς ασθενείς λόγω της αρτηριακής ασβεστοποίησης (Aerden et al, 2011). Η ακαμψία των ασβεστοποιημένων αρτηριών εμποδίζει τη συμπίεση κατά την αξιολόγηση Doppler, επιτρέποντας την παραμονή του σήματος ακόμη και σε μειωμένες συστολικές πιέσεις.

Η παρουσία ασυνήθιστα υψηλών τιμών ABI άνω του 1,3 παραδόξως σηματοδοτεί προχωρημένη αθηροσκλήρωση και όχι φυσιολογική αρτηριακή υγεία (Homza et al, 2019). Οι αρτηρίες χωρίς συμπιεστότητα μπορεί να οδηγήσουν σε πλήρη ανακρίβεια στις μετρήσεις της αρτηριακής πίεσης.

4.2. Προκλήσεις Υπολογισμού Και Ερμηνείας ABI

Η επιλογή των θέσεων μέτρησης της πίεσης στο έσω σφυρό (ραχιαία του ποδός, οπίσθια κνημιαία ή περνιαία αρτηρία) επηρεάζει τα αποτελέσματα του ABI σε διαβητικούς ασθενείς, καθώς οι διάφορες αρτηρίες έχουν διαφορετικά επίπεδα συμμετοχής (Aerden et al, 2011). Η παραδοσιακή μέτρηση του ABI χρησιμοποιεί την υψηλότερη πίεση στον αστράγαλο, η οποία μπορεί να απωλέσει αποφράξεις σε άλλες αρτηρίες και να υποεκτιμήσει την παρουσία PAD (Thorne et al, 2021).

Ενώ η χρήση της πίεσης στον σφυρό ή η μέση τιμή πολλαπλών μετρήσεων αρτηριών βελτιώνει την ευθυγράμμιση με τα ευρήματα της αγγειογραφικής νόσου, εξακολουθούν να αφήνουν ορισμένα διαγνωστικά σφάλματα χωρίς αντιμετώπιση. Ορισμένες αρτηρίες, όπως η περνιαία αρτηρία, παρουσιάζουν προκλήσεις στη

μέτρηση και οι αποφραγμένες αρτηρίες δεν παρέχουν δεδομένα πίεσης, γεγονός που περιπλέκει τις εκτιμήσεις.

4.3. Μειωμένη Ευαισθησία Και Εξειδίκευση

Η διαβητική νευροπάθεια συνοδεύεται από σχηματισμό παράπλευρων αγγείων που κρύβουν τα συμπτώματα και αλλάζουν τα πρότυπα ροής του αίματος, προκαλώντας μειωμένη ευαισθησία του δείκτη ABI στην ανίχνευση PAD μεταξύ διαβητικών ασθενών (Potier et al, 2011). Η ανάπτυξη της παράπλευρης κυκλοφορίας διατηρεί την αιμάτωση των απομακρυσμένων άκρων ανέπαφη παρά τις αποφράξεις στις εγγύς αρτηρίες, γεγονός που οδηγεί σε τυπικές μετρήσεις του ABI παρά την υπάρχουσα ισχαιμία.

4.4. Επιρροή Της Διαβητικής Νευροπάθειας Και Της Μικροαγγειακής Νόσου

Η περιφερική κυκλοφορία επηρεάζεται από τη διαβητική νευροπάθεια και τη μικροαγγειακή δυσλειτουργία, οι οποίες μπορούν έμμεσα να αλλάζουν τις μετρήσεις του ABI. Η μείωση της αντίληψης του πόνου που προκαλείται από τη νευροπάθεια αναβάλλει την έναρξη της κλινικής διερεύνησης και διάγνωσης. Οι δοκιμασίες ABI αποτυγχάνουν να εντοπίσουν τη μικροαγγειακή νόσο, καθώς ειδικεύονται στη μέτρηση των πιέσεων εντός των μεγάλων αρτηριών (Zubair et al, 2019).

4.5. Τεχνικοί και πρακτικοί περιορισμοί

Η ανάγκη για εκπαιδευμένο προσωπικό και εξοπλισμό Doppler για την εκτέλεση μετρήσεων ABI περιορίζει την εφαρμογή της σε διάφορα περιβάλλοντα. Οι αξιολογήσεις του ABI παρουσιάζουν πρακτικές δυσκολίες, λόγω της δυσφορίας του ασθενούς και του εκτεταμένου χρόνου καταγραφής (Potier et al, 2011).

Οι ταλαντομετρικές συσκευές παρουσιάζουν ασυνεπή ακρίβεια στους διαβητικούς ασθενείς με ασβεστοποίηση των αρτηριών, αν και οι νεότερες τεχνικές που χρησιμοποιούν την ταχύτητα του σφυγμικού κύματος και τη φωτοπληθυσμογραφία παρέχουν ελπιδοφόρες προοπτικές.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι συντελεστές συσχέτισης υπογραμμίζουν ότι η αξιοπιστία μέτρησης του ABI σε διαβητικούς ασθενείς ($ICC = 0,78$) είναι ελαφρώς λιγότερο ισχυρή από ό,τι σε μη διαβητικούς ($ICC = 0,82$) και συνδέεται με πιο εκτεταμένα όρια συμφωνίας που κυμαίνονται από $-0,16$ έως $+0,16$ (Yadav et al, 2024).

Το εύρος διακύμανσης του ABI ενός διαβητικού ασθενούς καταδεικνύει ότι οι τιμές θα μπορούσαν να φτάσουν μεταξύ $0,84$ και $1,16$ δίχως να αντανακλούν τις πραγματικές κλινικές αλλαγές, γεγονός που καθιστά την παρακολούθηση των τάσεων πολύπλοκη. Μια μείωση του ABI από $1,00$ έως $0,90$ υπερβαίνει το περιθώριο σφάλματος μέτρησης ($MDC = 0,11$), γεγονός που απαιτεί πρόσθετες εξετάσεις για την επιβεβαίωση της διάγνωσης PAD (Suominen et al, 2010).

Παρά τις ανησυχίες για την αξιοπιστία, ο ABI διατηρεί την προγνωστική του χρησιμότητα. Οι διαβητικοί ασθενείς των οποίων ο ABI μειώνεται περισσότερο από $0,1$ μονάδες ετησίως παρουσιάζουν $3,2$ φορές μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης μείζονος δυσμενούς καρδιαγγειακού συμβάντος (MACE).

Ο δείκτης Toe-Brachial Index αξιολογεί την πίεση της δαχτυλικής αρτηρίας, η οποία συνήθως δεν ασβεστοποιείται. Ο TBI παρουσιάζει $82,4\%$ ευαισθησία και 92% ειδικότητα για την ανίχνευση PAD, γεγονός που τον καθιστά αποτελεσματικότερο από τον ABI σύμφωνα με όλες τις αξιολογημένες μετρήσεις (Álvaro-Afonso et al, 2018). Οι κατευθυντήριες οδηγίες της ESC του 2024 συνιστούν τη χρήση $TBI \leq 0,70$ ως διαγνωστικό κριτήριο για τη διαβητική PAD και προτείνουν ως βέλτιστες μεθόδους μέτρησης το λείζερ Doppler ή την πλεγματογραφία (Stoberock et al, 2021).

Η CTA και η μαγνητική αγγειογραφία παρέχουν ανατομική απεικόνιση υψηλής ανάλυσης, αλλά το κόστος τους τις καθιστά μη πρακτικές για καθημερινή χρήση. Η $TcPO_2$ μετρά λειτουργικά την αιμάτωση των ιστών και καταδεικνύει κρίσιμη ισχαιμία των άκρων, όταν οι τιμές πέφτουν κάτω από 30 mmHg (Fejfarová et al, 2021).

Ο έλεγχος του ABI θα πρέπει να αποτελεί το πρώτο βήμα για ασυμπτωματικούς διαβητικούς ασθενείς άνω των 50 ετών, παρόλο που έχει γνωστούς περιορισμούς. Ο δείκτης TBI καθίσταται απαραίτητος όταν τα αποτελέσματα του ABI είναι $\leq 0,90$ ή $>1,40$, ενώ οι φυσιολογικές τιμές που κυμαίνονται από $0,91$ έως $1,40$ απαιτούν έλεγχο παρακολούθησης ανά πενταετία (Zubair et al, 2019).

Οι συμπτωματικοί ασθενείς χρειάζονται προηγμένες διαγνωστικές διαδικασίες ανεξαρτήτως των αποτελεσμάτων του ABI (Tehan et al, 2018). Η ενσωμάτωση του ABI με τις μετρήσεις TBI και TcPO₂ βελτιώνει τη διαγνωστική ακρίβεια και διευκολύνει την αξιολόγηση του κινδύνου (Pinelo et al, 2024). Ένας διαβητικός ασθενής που παρουσιάζει ABI 1,10, TBI 0,55 και TcPO₂ 25 mmHg απαιτεί άμεση επαναγγείωση, παρόλο που ο ABI του φαίνεται φυσιολογικός (Aerden et al, 2011).

Τέλος, αναφορικά με τις προγνωστικές ικανότητες του δείκτη ABPI, τονίζεται ότι ασθενείς με τιμές κάτω του 0,90 εμφανίζουν καρδιαγγειακά συμβάντα σε ποσοστό 2,81 φορές μεγαλύτερο από εκείνους με φυσιολογικές τιμές σφυροβραχιόνιου δείκτη και αντιμετωπίζουν κίνδυνο καρδιακής ανεπάρκειας 6,75 φορές μεγαλύτερο από εκείνους με φυσιολογικούς δείκτες.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Achim A, Stanek A, Homorodean C, Spinu M, Onea HL, Lazăr L, Marc M, Ruzsa Z, Olinic DM. (2022) ‘Approaches to peripheral artery disease in diabetes: Are there any differences?’, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), p. 9801. doi:10.3390/ijerph19169801.
2. Aerden D, Massaad D, von Kemp K, van Tussenbroek F, Debing E, Keymeulen B, Van den Brande P. (2011) ‘The ankle–brachial index and the diabetic foot: A troublesome marriage’, *Annals of Vascular Surgery*, 25(6), pp. 770–777. doi:10.1016/j.avsg.2010.12.025.
3. Álvaro-Afonso FJ, García-Morales E, Molines-Barroso RJ, García-Álvarez Y, Sanz-Corbalán I, Lázaro-Martínez JL. (2018) ‘Interobserver reliability of the ankle–brachial index, toe–brachial index and distal pulse palpation in patients with diabetes’, *Diabetes and Vascular Disease Research*, 15(4), pp. 344–347. doi:10.1177/1479164118767599.
4. Barnes JA, Eid MA, Creager MA, Goodney PP. (2020) ‘Epidemiology and risk of amputation in patients with diabetes mellitus and peripheral artery disease’, *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 40(8), pp. 1808–1817. doi:10.1161/atvbaha.120.314595.
5. Barone Gibbs B, Dobrosielski DA, Althouse AD, Stewart KJ. (2013) ‘The effect of exercise training on ankle-brachial index in type 2 diabetes’, *Atherosclerosis*, 230(1), pp. 125–130. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2013.07.002.
6. Burhan A, Arofiati F, Da Silva VA, Sebayang SM. (2024) ‘Effect of ankle brachial index (ABI) and compression therapy on diabetic foot ulcer healing’, *Current Diabetes Reviews*, 20(1). doi:10.2174/1573399819666230331083420.
7. Cerqueira MMBDF, Bastos NSSG, Silva DARD, Gregori D, Magalhães LBNC, Pimentel MMW. (2024) ‘Accuracy of ankle-brachial index in screening for peripheral arterial disease in people with diabetes’, *PLOS ONE*, 19(10). doi:10.1371/journal.pone.0309083.
8. Chuter VH, Searle A, Barwick A, Golledge J, Leigh L, Oldmeadow C, Peterson B, Tehan P, Twigg SM. (2020) ‘Estimating the diagnostic accuracy of the ankle–brachial pressure index for detecting peripheral arterial disease in people with

- diabetes: A systematic review and meta-analysis', *Diabetic Medicine*, 38(2). doi:10.1111/dme.14379.
9. Dachun Xu, Jue Li, Liling Zou, Yawei Xu, Dayi Hu, Pagoto SL, Yunsheng Ma. (2010) 'Sensitivity and specificity of the ankle—brachial index to diagnose peripheral artery disease: A structured review', *Vascular Medicine*, 15(5), pp. 361–369. doi:10.1177/1358863x10378376.
 10. Demarchi A, Somaschini A, Cornara S, Androulakis E. (2020) 'Peripheral artery disease in diabetes mellitus: Focus on novel treatment options', *Current Pharmaceutical Design*, 26(46), pp. 5953–5968. doi:10.2174/1389201021666201126143217.
 11. Ena J, Pérez-Martín S, Argente CR, Lozano T. (2020) 'Association between an elevated inter-arm systolic blood pressure difference, the ankle—brachial index, and mortality in patients with diabetes mellitus', *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis*, 32(3), pp. 94–100. doi:10.1016/j.arteri.2019.11.003.
 12. Espinola-Klein C, Rupprecht HJ, Bickel C, Lackner K, Savvidis S, Messow CM, Munzel T, Blankenberg S; AtheroGene Investigators. (2008) 'Different calculations of ankle-brachial index and their impact on cardiovascular risk prediction', *Circulation*, 118(9), pp. 961–967. doi:10.1161/circulationaha.107.763227.
 13. Fejfarová V, Matuška J, Jude E, Piřhová P, Flekač M, Roztočil K, Wosková V, Dubský M, Jirkovská A, Bém R, Husáková J, Lánská V. (2021) 'Stimulation TcPO2 testing improves diagnosis of peripheral arterial disease in patients with diabetic foot', *Frontiers in Endocrinology*, 12. doi:10.3389/fendo.2021.744195.
 14. Feringa HH, Bax JJ, van Waning VH, Boersma E, Elhendy A, Schouten O, Tangelder MJ, van Sambeek MH, van den Meiracker AH, Poldermans D. (2006) 'The long-term prognostic value of the resting and postexercise ankle-brachial index', *Archives of Internal Medicine*, 166(5), p. 529. doi:10.1001/archinte.166.5.529.
 15. Gajanana D, Raikar MG, Ram P, Bhalla V, Figueredo V, Janzer S, George JC. (2019) 'Validation of digital ankle-brachial index as a screening tool in symptomatic patients with peripheral arterial disease', *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 20(3), pp. 207–209. doi:10.1016/j.carrev.2018.06.025.

16. Hinchliffe RJ, Forsythe RO, Apelqvist J, Boyko EJ, Fitridge R, Hong JP, Katsanos K, Mills JL, Nikol S, Reekers J, Venermo M, Zierler RE, Schaper NC; International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF). (2020) 'Guidelines on diagnosis, prognosis, and management of peripheral artery disease in patients with foot ulcers and diabetes (IWGDF 2019 update)', *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 36(S1). doi:10.1002/dmrr.3276.
17. Homza M, Machaczka O, Porzer M, Kozak M, Plasek J, Sipula D. (2019) 'Ankle-brachial index in diabetic patients – which upper cut-off value is to be used?', *Bratislava Medical Journal*, 119(12), pp. 793–797. doi:10.4149/bll_2018_145.
18. Huthart S, Oates C, Allen J, Fiaschi K, Sims AJ, Stansby G. (2022) 'Validation of a standardised duplex ultrasound classification system for the reporting and grading of peripheral arterial disease', *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 64(2–3), pp. 210–216. doi:10.1016/j.ejvs.2022.04.013.
19. Hyun S, Forbang NI, Allison MA, Denenberg JO, Criqui MH, Ix JH. (2014) 'Ankle-brachial index, toe-brachial index, and cardiovascular mortality in persons with and without diabetes mellitus', *Journal of Vascular Surgery*, 60(2), pp. 390–395. doi:10.1016/j.jvs.2014.02.008.
20. Ismail R, Gareeballah A, Abdelrahim A, Gameraddin M, Elzaki M, Alsharif W, Ali S. (2022) 'Impact of type 2 diabetes mellitus on hemodynamic and morphology of foot arteries: A duplex ultrasound evaluation', *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 15(3), pp. 206–211. doi:10.1016/j.jrras.2022.07.004.
21. Katsuki T, Yamaji K, Tomoi Y, Hiramori S, Soga Y, Ando K. (2019) 'Clinical impact of improvement in the ankle–brachial index after endovascular therapy for peripheral arterial disease', *Heart and Vessels*, 35(2), pp. 177–186. doi:10.1007/s00380-019-01485-z.
22. Ko SH, Bandyk DF. (2013) 'Interpretation and significance of ankle-brachial systolic pressure index', *Seminars in Vascular Surgery*, 26(2–3), pp. 86–94. doi:10.1053/j.semvascsurg.2014.01.002.
23. López-Moral M, García-Madrid M, Molines-Barroso RJ, García-Álvarez Y, Tardáguila-García A, Lázaro-Martínez JL. (2023) 'Analyses of transcutaneous oxygen pressure values stratified for foot angiosomes to predict diabetic foot ulcer healing', *Journal of Tissue Viability*, 32(4), pp. 480–486. doi:10.1016/j.jtv.2023.10.003.

24. Normahani P, Mustafa C, Shalhoub J, Davies AH, Norrie J, Sounderajah V, Smith S, Jaffer U. (2021) 'A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of point-of-care tests used to establish the presence of peripheral arterial disease in people with diabetes', *Journal of Vascular Surgery*, 73(5), pp. 1811–1820. doi:10.1016/j.jvs.2020.11.030.
25. Normahani P, Sounderajah V, Mandic D, Jaffer U. (2022) 'Machine learning-based classification of arterial spectral waveforms for the diagnosis of peripheral artery disease in the context of diabetes: A proof-of-concept study', *Vascular Medicine*, 27(5), pp. 450–456. doi:10.1177/1358863x221105113.
26. Pinelo A, Loureiro L, Martins J, Sommerset J, Carvalho R, Machado R. (2024) 'Correlation between pedal acceleration time and transcutaneous oxygen pressures – A prognostic tool for wound healing in the diabetic foot population', *Annals of Vascular Surgery*, 106, pp. 400–407. doi:10.1016/j.avsg.2024.03.031.
27. Potier L, Abi Khalil C, Mohammedi K, Roussel R. (2011) 'Use and utility of ankle brachial index in patients with diabetes', *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 41(1), pp. 110–116. doi:10.1016/j.ejvs.2010.09.020.
28. Pyšná A, Bém R, Němcová A, Fejfarová V, Jirkovská A, Hazdrová J, Jude EB, Dubský M. (2018) 'Endothelial progenitor cells biology in diabetes mellitus and peripheral arterial disease and their therapeutic potential', *Stem Cell Reviews and Reports*, 15(2), pp. 157–165. doi:10.1007/s12015-018-9863-4.
29. Stoberock K, Kaschwich M, Nicolay SS, Mahmoud N, Heidemann F, Rieß HC, Debus ES, Behrendt CA. (2021) 'The interrelationship between diabetes mellitus and peripheral arterial disease', *Vasa*, 50(5), pp. 323–330. doi:10.1024/0301-1526/a000925.
30. Stoekenbroek RM, Ubbink DT, Reekers JA, Koelemay MJ. (2015) 'Hide and seek: Does the toe-brachial index allow for earlier recognition of peripheral arterial disease in diabetic patients?', *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 49(2), pp. 192–198. doi:10.1016/j.ejvs.2014.10.020.
31. Suominen V, Uurto I, Saarinen J, Venermo M, Salenius J. (2010) 'PAD as a risk factor for mortality among patients with elevated ABI – a clinical study', *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 39(3), pp. 316–322. doi:10.1016/j.ejvs.2009.12.003.
32. Tehan PE, Barwick AL, Sebastian M, Chuter VH. (2018) 'Diagnostic accuracy of the postexercise ankle–brachial index for detecting peripheral artery disease in

- suspected Claudicants with and without diabetes', *Vascular Medicine*, 23(2), pp. 116–125. doi:10.1177/1358863x17751259.
33. Thorne CS, Bartolo E, Gatt A, Formosa C. (2021) 'The impact of peripheral artery disease (pad) on lower limb kinematics in type 2 diabetes mellitus', *Review of Diabetic Studies*, 17(1), pp. 11–16. doi:10.1900/rds.2021.17.11.
 34. Yadav U, Kumar N, Sarvottam K. (2024) 'Obese have comparable ankle brachial pressure index but higher β -cell function and insulin resistance as compared to normal-weight type 2 diabetes mellitus patients', *Acta Diabetologica*, 62(4), pp. 543–550. doi:10.1007/s00592-024-02379-x.
 35. Yang SL, Zhu LY, Han R, Sun LL, Li JX, Dou JT. (2016) 'Pathophysiology of peripheral arterial disease in diabetes mellitus', *Journal of Diabetes*, 9(2), pp. 133–140. doi:10.1111/1753-0407.12474.
 36. Zubair M, Al Amri M, Ahmad J. (2019) 'A retrospective study of ABI and TBI during the healing of ulcer among diabetic patients', *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 13(1), pp. 78–83. doi:10.1016/j.dsx.2018.08.018.