

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΠΙ ΚΛΙΝΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΩΙΜΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΤΩΝ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΑΠΟ ΠΙΕΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Αγγελική Βανδώρου, Γεώργιος, Βασιλόπουλος, Γεωργία Φασόη, Ιωάννης Καλεμικεράκης, Μάρθα Κελέση

Μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών : Θεραπεία και φροντίδα τραυμάτων και ελκών

DOI: 10.5281/zenodo.5938418

Cite as: Vandorou, Aggeliki, Vasilopoulos, Georgios, Faso, Georgia, Kalemikerakis, Ioannis, & Kelesi, Martha. (2021). IN BED TECHNOLOGIES FOR EARLY DETECTION OF PRESSURE INJURIES SYSTEMATIC. *Perioperative nursing (GORNA)*, E-ISSN:2241-3634, 10(4), 239–250. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5938418>

Περίληψη

Εισαγωγή: Οι τραυματισμοί πίεσης στο χώρο του νοσοκομείου επιβαρύνουν τους οργανωτικούς πόρους και επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα ζωής των ασθενών. **Σκοπός:** Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανασκόπηση της χρήσης τεχνολογιών επί κλίνης για την έγκαιρη ανίχνευση των τραυματισμών πίεσης, οι οποίοι περιλαμβάνουν το μελανώδες ερύθημα που σχετίζεται με την πίεση (PrBE), το μη μελανώδες ερύθημα που σχετίζεται με την πίεση (PrNBE) και τους τραυματισμούς εν τω βάθει ιστών (DTPI). **Μεθοδολογία:** Η παρούσα εργασία είναι συστηματική ανασκόπηση στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων PubMed. Συμπεριλήφθηκαν πρωτογενείς μελέτες, που είχαν δημοσιευτεί την τελευταία δεκαετία στην Αγγλική γλώσσα. **Αποτελέσματα:** Βρέθηκαν συνολικά 9 μελέτες που αντιπροσώπευαν μια ποικιλία τεχνολογιών, συμπεριλαμβανομένου του υπερήχου (n=3), της θερμογραφίας (n=3), της μέτρησης της υποεπιδερμικής υγρασίας (n =2) και της φασματομετρίας και λέιζερ Doppler (n = 1). Η υποεπιδερμική μέτρηση υγρασίας παρείχε τις πιο συνεπείς δυνατότητες στην έγκαιρη ανίχνευση τραυματισμών από πίεση. **Συμπεράσματα:** Τα στοιχεία που παρέχονται στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση υποστηρίζουν τη χρήση συσκευών μέτρησης υποεπιδερμικής υγρασίας ως αποτελεσματικά εργαλεία για την έγκαιρη ανίχνευση τραυματισμών. Ωστόσο, απαιτείται περισσότερη έρευνα στον τομέα της τεχνολογίας για την υποστήριξη της χρήσης υπαρχόντων και αναδυόμενων συσκευών για την ανίχνευση τραυματισμών υπό πίεση.

Λέξεις κλειδιά: Μελανώδες ερύθημα, εν τω βάθει ιστική βλάβη, τεχνολογίες τραύματος, μη μελανώδες ερύθημα

Υπεύθυνος Αλληλογραφίας: Αγγελική Βανδώρου, e-mail: kikivando@gmail.com

SYSTEMATIC REVIEW

IN BED TECHNOLOGIES FOR EARLY DETECTION OF PRESSURE INJURIES SYSTEMATIC

Aggeliki Vandorou, Georgios Vasilopoulos, Georgia Fasoi, Ioannis Kalemikerakis, Martha Kelesi

Postgraduate program: Treatment and care of wounds and ulcers

Abstract

Introduction: Pressure injuries in the hospital burden the organizational resources and negatively affect the quality of life of patients. **The purpose** of this study was to review the use of bedside technologies for the early detection of pressure injuries, which include pressure-related erythema erythematosus (PrBE), non-erythematous pressure-related erythema (PrNBE), and deep tissue injuries (DTPI). **Methodology:** This paper is a systematic review of the PubMed online database. Original studies published in the last decade in English were included. **Results:** A total of 9 studies were found representing a variety of technologies, including ultrasound (n=3), thermography (n = 3), measurement of subcutaneous moisture (n=2) and spectrophotometry and Doppler laser (n = 1). Hypodermic moisture measurement provided the most consistent capabilities in the timely detection of pressure injuries. **Conclusions:** The data provided in this systematic review support the use of subcutaneous moisture measuring devices as effective tools for early injury detection. However, more technology research is needed to support the use of existing and emerging devices to detect pressure injuries.

Keywords: Blanchable erythema, deep tissue pressure injury, wound technologies, Nonblanchable erythema

Corresponding author: Aggeliki Vandorou, e-mail: kikivando@gmail.com

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τραυματισμοί πίεσης (στο παρελθόν αναφέρονταν ως έλκη πίεσης) που έχουν αποκτηθεί στο νοσοκομείο (Hospital-Acquired Pressure Injury HAPI) είναι επικίνδυνοι, δαπανηροί και εγείρουν ανησυχίες για την ασφάλεια των ασθενών. Σύμφωνα με εκτιμήσεις επηρεάζουν περισσότερους από 2.5 εκατομμύρια ασθενείς ετησίως σε περιβάλλον οξείας περίθαλψης στις Ηνωμένες Πολιτείες.¹ Εκτός από το σωματικό, ψυχολογικό και οικονομικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής ενός ασθενούς, η φροντίδα που σχετίζεται με αυτούς τους τραυματισμούς παρουσιάζει σημαντικό οικονομικό βάρος στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης.^{2,3} Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το εκτιμώμενο κόστος θεραπείας των τραυματισμών πίεσης κυμαίνονται από 9,1 έως 11,6 δισεκατομμύρια δολάρια.¹ Απόφαση του 2007 από τα Κέντρα Υπηρεσιών Medicare και Medicaid (CMS) ταξινομήσαν τους HAPI σταδίου 3 και 4 ως «ποτέ εκδηλώσεις» και το 2008, σταμάτησε να αποζημιώνει τα νοσοκομεία για το κόστος που σχετίζεται με τη φροντίδα τους.⁴ Ένας τραυματισμός πίεσης σταδίου 3 ή 4 ως δευτερογενής διάγνωση, προσθέτει 43.180 \$ σε κάθε ασθενή που εισάγεται στο νοσοκομείο.⁵ Η έγκαιρη ανίχνευση και πρόληψη των τραυματισμών από πίεση είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της έκβασης των ασθενών και τη μείωση της οικονομικής επιβάρυνσης των ασθενών και του συστήματος υγειονομικής περίθαλψης.⁶

Το σύστημα σταδιοποίησης της Εθνικής Συμβουλευτικής Επιτροπής για τα Έλκη Πίεσης (NPUAP) υιοθετείται ευρέως διεθνώς και ταξινομεί τους τραυματισμούς από πίεση σύμφωνα με τα ανατομικά χαρακτηριστικά και την έκταση της υπάρχουσας απώλειας ιστού.⁷ Οι τραυματισμοί από πίεση (PI) κατηγοριοποιούνται από το 1 έως το 4. Το NPUAP καθορίζει το στάδιο 1 του PI ως άθικτο δέρμα με εντοπισμένη περιοχή μη μελανού ερυθήματος (ερύθημα που δεν λευκάζει στην πίεση). Σχετιζόμενο με την πίεση

μελανό ερύθημα ή αλλαγή στην αισθητικότητα ή τη θερμοκρασία συχνά προηγούνται του σταδίου 1 σχετιζόμενου με πίεση μη μελανώδους ερυθήματος (pressure-related nonblanchable erythema, PrNBE).⁸

Μία εν τω βάθει ιστική βλάβη (Deep, Tissue, Pressure, Injury, DTPI) ορίζεται ως άθικτο ή μη άθικτο δέρμα με εντοπισμένη περιοχή ανθεκτικού μελανώδους, βαθέος κόκκινου, καφέ, μοβ αποχρωματισμού ή επιδερμικού διαχωρισμού που αποκαλύπτει μια σκούρα πληγή.⁸ Ο τραυματισμός προηγείται συχνά από την αλλαγή θερμοκρασίας ή την παρουσία πόνου. Τα PI και DTPI σταδίου 1 με αποχρωματισμό ενδέχεται να εμφανίζονται διαφορετικά σε σκουρόχρωμο δέρμα. Τραυματισμός σε βαθύ ιστό μπορεί να εμφανιστεί ακόμη και στις περιπτώσεις που το υπερκείμενο δέρμα είναι άθικτο. Οι Black και συν.,⁹ ανέφεραν ότι η νέκρωση κάτω από άθικτο δέρμα μπορεί να διαρκέσει 48 ώρες από τη στιγμή του τραυματισμού έως ότου μπορεί να ανιχνευτεί οπτικά. Επιπλέον, ένα DTPI ενδέχεται να χρειαστεί 7 έως 10 μέρες για να εξελιχθεί σε βλάβη πίεσης ολικού πλήρους πάχους δέρματος σταδίου 3 ή 4. Υπάρχουν ενδείξεις στη βιβλιογραφία ότι το PI είναι αποτέλεσμα DTPI και επεκτείνεται προς τα έξω έως ότου η ζημιά μπορεί να φανεί οπτικά.¹⁰⁻¹² Παραδοσιακά, η οπτική εκτίμηση του δέρματος είναι το πρότυπο που χρησιμοποιούν οι ερευνητές και οι ιατροί για τον εντοπισμό πρώιμων σημείων βλάβης του δέρματος. Ωστόσο, η οπτική εκτίμηση του δέρματος είναι δύσκολη και αναξιόπιστη, ειδικά στα άτομα με πιο σκούρο δέρμα.^{10,13} Η δυνατότητα να έχουν οι επαγγελματίες υγείας ένα μη οπτικό εργαλείο αξιολόγησης για τον προσδιορισμό του DTPI κατά την εισαγωγή στο νοσοκομείο θα είχε σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα της περίθαλψης των ασθενών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η ανασκόπηση της χρήσης τεχνολογιών επί κλίνης για την έγκαιρη ανίχνευση των τραυματισμών πίεσης, οι οποίοι περιλαμβάνουν το μελανώδες ερύθημα (ερύθημα που

δεν λευκάζει στην πίεση) που σχετίζεται με την πίεση (PrBE), το μη μελανώδες ερύθημα (ερύθημα που λευκάζει στην πίεση) που σχετίζεται με την πίεση (PrNBE) και τους τραυματισμοί εν τω βάθει ιστών (DTPI).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Συμπεριλήφθηκαν πρωτογενείς μελέτες, συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις, οι οποίες χρησιμοποίησαν τεχνολογίες για τον προσδιορισμό τραυματισμού του ιστού - PrBE, PrNBE (στάδιο 1) ή DTPI, που δεν είχαν προχωρήσει ακόμη σε επιδερμικό διαχωρισμό ή «φουσκάλες – ως μέτρο έκβασης. Οι τεχνολογίες έπρεπε να είναι προσβάσιμες στο κρεβάτι (υπερηχογράφημα, θερμογραφία, μέτρηση υποδερμικής υγρασίας, εναλλακτικές πηγές φωτός, φασματοφωτομετρία, λέιζερ Doppler). Αποκλείστηκαν διατριβές, μελέτες/σειρές περιπτώσεων, ποιοτικές μελέτες και μελέτες που χρησιμοποίησαν ζωικά μοντέλα, προσομοίωση υπολογιστή ή / και υγιείς εθελοντές. Επίσης, εξαιρέθηκαν οι μελέτες που χρησιμοποίησαν απομακρυσμένες τεχνολογίες όπως η τηλεϊατρική, εκείνες που είναι εστιασμένες στο στάδιο 2, 3 ή 4 PIs και εκείνες που δεν μπορούν να διακρίνουν τα PI σταδίου 1 ή τα DTPI. Τέθηκε χρονικός περιορισμός τελευταίας δεκαετίας. Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας απεικονίζεται στο διάγραμμα ροής. Η αναζήτηση βιβλιογραφίας έγινε στην ηλεκτρονική βάση δεδομένων Pubmed. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι εξής: Blanchable erythema, Deep tissue pressure injury, Diagnostic wound technologies, Early wound detection, Nonblanchable erythema, Pressure injury, Pressure ulcer, Stage 1 pressure injury.

Κριτήρια ένταξης και αποκλεισμού

Στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση συμπεριλήφθηκαν πρωτογενείς ερευνητικές μελέτες (μετα-αναλύσεις, τυχαίοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες, μη τυχαίοποιημένες ελεγχόμενες μελέτες, μελέτες περιπτώσεων, μελέτες κοορτής, (ελεγχόμενες) πριν και

μετά μελέτες, προοπτικές και αναδρομικές μη ελεγχόμενες μελέτες, μελέτες διατομής και μελέτες περίπτωσης), οι οποίες δημοσιεύτηκαν την τελευταία δεκαετία (2011-2020) και ήταν γραμμένες στην Ελληνική ή Αγγλική γλώσσα. Αποκλείστηκαν άρθρα που ήταν ανασκοπήσεις και συστηματικές ανασκοπήσεις, είχαν διεξαχθεί σε ζωικά μοντέλα, καθώς και εκείνες στις οποίες δεν υπήρχε πρόσβαση σε ολόκληρο το άρθρο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα 1050 άρθρα που ανευρέθησαν κατά την αναζήτηση της βιβλιογραφίας, αποκλείστηκαν 200 επειδή δεν πληρούσαν τα κριτήρια ένταξης. Από τα 850 που απέμειναν διαβάστηκε ο τίτλος και η περίληψη και προέκυψαν 128 άρθρα για έλεγχο. Τελικά, 9 μελέτες ικανοποίησαν τα κριτήρια επιλεξιμότητας και συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση.¹²⁻¹⁹ Αυτές οι μελέτες εξέτασαν τεχνολογίες που ήταν προσβάσιμες για χρήση στο κρεβάτι του ασθενή. Συγκεκριμένα βρέθηκαν 3 μελέτες που αφορούσαν στον υπέρηχο,^{12,14,15} 3 μελέτες που αφορούσαν στη θερμογραφία,^{5,16,17} 2 μελέτες που αφορούσαν στην υποεπιδερμική μέτρηση υγρασίας^{13,18} και 1 μελέτη που αφορούσε στη φασματομετρία ανάκλασης και Laser Doppler.¹⁹ Σχεδόν οι μισές από τις μελέτες εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας ειδικά στην αξιολόγηση PI σταδίου 1.^{12,14,15,18,19} Βλάβη από πίεση σε βαθιά ιστούς αξιολογήθηκε άμεσα σε 4 μελέτες.^{5,12,15,17}

Υπέρηχος

Από τις 3 μελέτες που βρέθηκαν να εξετάζουν την αποτελεσματικότητα του υπερήχου για την ανίχνευση PI, όλες ανέφεραν ότι παρατηρήθηκε μια υποχητική περιοχή στις περισσότερες εικόνες των PrBE και PrNBE που λήφθηκαν.^{12,14,15} Πρόσθετα ευρήματα εικόνας που αναφέρθηκαν ήταν ασαφή δομικά στρώματα¹⁵ και στοιχεία φλεγμονής και δερματικής βλάβης.¹⁴ Σε μία μελέτη ο υπέρηχος πραγματοποιήθηκε από νοσηλευτές.¹² Καμία μελέτη δεν ανέφερε ευρήματα με βάση τη φυλή / βαθμό σκουρότητας του δέρματος των συμμετεχόντων.

Θερμογραφία

Η αιμάτωση του δέρματος αντανακλάται με τη θερμοκρασία της επιφάνειας του δέρματος. Αυξημένη αιμάτωση από τραυματισμό ή φλεγμονή (υπεραιμική ανταπόκριση) μπορεί να σχετίζεται με εντοπισμένη αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος.^{16,20} Εναλλακτικά, μη βιώσιμος ιστός που σχετίζεται με το DTPI θα στερείται επαρκούς διάχυσης, με αποτέλεσμα πιο κρύο υπερκείμενο δέρμα.¹⁷ Αυτές οι διαφορές στη θερμοκρασία του δέρματος μπορεί να ανιχνευθούν μέσω αγωγής με τοποθέτηση υγρών κρυστάλλων στην επιφάνεια του δέρματος ή όπως γίνεται συνήθως σήμερα, με υπέρυθρες συσκευές απεικόνισης χωρίς επαφή που συλλαμβάνουν θερμική ακτινοβολία.^{20,21} Η επιλογή ενός παρακείμενου ιστού δέρματος που δεν έχει βλάβη για σύγκριση και έλεγχο της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος είναι και τα δύο σημαντικές στρατηγικές για να διασφαλιστούν τα αποτελέσματα της θερμογραφίας.^{16,17,21} Δύο από τις τρεις μελέτες που αξιολόγησαν τη θερμογραφία ανέφεραν τη διαφορά στη θερμοκρασία ως δείκτη του PI.^{16,17} Οι περιοχές του PrE βρέθηκαν να είναι πιο θερμές από το παρακείμενο δέρμα.¹⁷ Οι τραυματισμοί πίεσης που τελικά επιδεινώθηκαν ήταν σημαντικά πιο πιθανό να είναι πιο θερμοί από το περιβάλλον δέρμα, υποδηλώνοντας τη δυνατότητα υποκείμενου DTPI.^{16,17} Αλλά κατά την αξιολόγηση πραγματικά ύποπτου DTPI, δεν βρέθηκε σημαντική διαφορά στη θερμοκρασία σε μία μελέτη.⁵

Υποεπιδερμική μέτρηση υγρασίας

Οι φλεγμονώδεις διεργασίες που προκύπτουν από τον κυτταρικό θάνατο που σχετίζεται με τραυματισμό πίεσης συμβάλλουν στην αύξηση του τοπικού μικροαγγειακού υγρού.²² Η παρουσία αυτού του εξωκυτταρικού οιδήματος εντός των επιδερμικών και δερματικών στρωμάτων μπορούν να ανιχνευθούν μέσω αλλαγών στην υποεπιδερμική υγρασία του δέρματος.^{18,22} Εν συντομία, η τεχνολογία μέτρησης της υποεπιδερμικής υγρασίας συλλαμβάνει τη χωρητικότητα του δέρματος (ικανότητα συγκράτησης ηλεκτρικού φορτίου) προσδιορίζοντας τη σχετική διηλεκτρική

σταθερά (π.χ. ηλεκτρική αντίσταση).²² Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του ιστού σε νερό, τόσο υψηλότερη είναι η διηλεκτρική σταθερά. Οι τιμές αναφοράς της υποεπιδερμικής υγρασίας εξαρτώνται από τον εξοπλισμό. Οι αλλαγές στην υποεπιδερμική υγρασία προσδιορίζονται με βάση τις τιμές δέλτα που υπολογίζονται από διάφορες μετρήσεις που λαμβάνονται στο δέρμα.²³

Και οι δύο μελέτες που εξέτασαν τη μέτρηση της υποεπιδερμικής υγρασίας ως δείκτης του PI ανέφεραν σημαντικά υψηλότερες μετρήσεις υγρασίας για PrE σε σύγκριση με το κανονικό δέρμα.^{13,18} Οι Bates-Jensen και συν.,¹⁸ βρήκαν ότι η μέτρηση της υποεπιδερμικής υγρασίας προέβλεπε το 99% της επανεμφάνισης των PrE. Κατά τη σύγκριση PrBE με PrNBE, μία μελέτη διαπίστωσε σημαντική υψηλότερη υποεπιδερμική υγρασία που σχετίζεται με το PrNBE (στάδιο 1). Στην ίδια μελέτη, τα όρια μέτρησης όσον αφορά δύο διαφορετικές συσκευές υποεπιδερμικής υγρασίας προέβλεπαν σημαντικά ταυτόχρονη PrE ή PI σταδίου 1. Η μελέτη αυτή ήταν η μόνη που ανέφερε ευαισθησία (37,4%) και ειδικότητα (77,7%). Τέλος, και οι δύο μελέτες εξέτασαν εάν οι τρέχουσες τιμές της υποεπιδερμικής υγρασίας θα μπορούσαν να προβλέψουν τη μελλοντική ανάπτυξη των PIs. Οι μετρήσεις που προέβλεπαν την ανάπτυξη μεταξύ 15% και 88% του PrE ή/και PI σταδίου 1 αναγνωρίστηκαν σε επαναλαμβανόμενες αξιολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν τουλάχιστον 1 εβδομάδα αργότερα, με το πιο σκούρο δέρμα να έχει μεγαλύτερη πιθανότητα ανίχνευσης.^{13,18}

Τεχνολογία φωτός (Φασματοσκοπία και Laser Doppler)

Η αιμοσφαιρίνη είναι ένα από τα 2 κύρια χρωμοφόρα που συμβάλλουν στο χρώμα του δέρματος, ενώ το άλλο είναι μελανίνη.²⁴ Η συγκέντρωση της αιμοσφαιρίνης σχετίζεται με την αιμάτωση του δέρματος, δηλαδή επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την έκταση και το βαθμό ισχαιμίας. Προσωρινή απόφραξη του μικροαγγειακού συστήματος μπορεί να οδηγήσει σε αντιδραστική δράση υπεραιμίας ή σε προσωρινή αύξηση

της ροής του αίματος, που εκτιμάται συνήθως από την πίεση που ασκείται στο δέρμα για παραγωγή λεύκανσης.²⁵ Ωστόσο, η λεύκανση είναι συχνά δύσκολο να παρατηρηθεί, ειδικά σε άτομα με πιο σκούρους τόνους δέρματος. Η ροή του αίματος αξιολογείται χρησιμοποιώντας το laser Doppler, το οποίο συλλαμβάνει το αντανακλούμενο φως και από τα κινούμενα ερυθρά αιμοσφαίρια και από το περιβάλλον του ιστού και μετατρέπει τις πληροφορίες σε ηλεκτρικό σήμα.²⁶ Οι προκύπτουσες εικόνες μπορούν στη συνέχεια να αναλυθούν για διάχυση με βάση την ένταση. Εναλλακτικά, η ανακλαστική φασματομετρία (φασματικές μετρήσεις της ανακλασμένης ύλης) μπορούν να παρέχουν ένα μέτρο εγγύτητας της αιμάτωσης με τη μέτρηση του βαθμού του ερυθρήματος, το οποίο συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης.²⁴ Χρησιμοποιώντας ένα φασματοφωτόμετρο, εφαρμόζεται λευκό φως στην επιφάνεια του δέρματος. Μετρείται η απόδοση ορισμένων φασματικών ζωνών και, χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο, μετατρέπονται σε δείκτη ερυθρήματος. Σε μία μελέτη, οι ερευνητές προσπάθησαν να διακρίνουν το PrBE από το PrNBE (στάδιο 1) με βάση δείκτες διάχυσης που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες που περιγράφηκαν προηγουμένως. Η μελέτη έδειξε ότι το PrNBE είχε σημαντικά μεγαλύτερη διάχυση από το PrBE όπως παρατηρήθηκε με υψηλότερες τιμές στο δείκτη ερυθρήματος.¹⁹

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι τραυματισμοί από πίεση αποτελούν σωματική, ψυχολογική και οικονομική επιβάρυνση των ασθενών και μια οικονομική διαρροή στο σύστημα υγειονομικής περίθαλψης. Η οπτική εκτίμηση του δέρματος είναι αναξιόπιστη, ειδικά σε άτομα με πιο σκούρους τόνους δέρματος. Η παρούσα συστηματική ανασκόπηση εντόπισε πέντε τεχνολογίες που έχουν μελετηθεί για τις δυνατότητές τους για την έγκαιρη ανίχνευση των ΠΙ. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν το υπερηχογράφημα, τη θερμογραφία, τη μέτρηση της

υποεπιδερμικής υγρασίας, τη φασματομετρία και τη φωτομετρία λέιζερ Doppler.

Χρειάζονται μελέτες με μεγαλύτερα μεγέθη δείγματος προκειμένου η τεχνολογία με υπέρηχο να προταθεί ως αποτελεσματική τεχνολογία. Δύο επιπλέον δεδομένα που πρέπει να ληφθούν για τον υπέρηχο περιλαμβάνουν τον εντοπισμό μακροσκοπικής βλάβης ιστού και την εκπαίδευση του προσωπικού που απαιτείται για ερμηνεία εικόνας.²²

Τα ευρήματα για τη χρησιμότητα της θερμογραφίας ήταν ασυνεπή. Επιπλέον, η θερμογραφία απαιτεί την τοποθέτηση του ασθενούς σε ύπτια θέση για αρκετό χρονικό διάστημα προκειμένου να σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία του εκτεθειμένου δέρματος και να αξιολογηθεί. Μια τέτοια επιπλέον προσπάθεια μπορεί να προκαλέσει την απροθυμία των νοσηλευτών να χρησιμοποιούν την τεχνολογία στην καθημερινή κλινική πρακτική. Η μέτρηση του ερυθρήματος με τη χρήση φασματομετρίας ανάκλασης βρέθηκε να είναι αποτελεσματική στη διαφοροποίηση μεταξύ PrBE και PrNBE (στάδιο 1). Ωστόσο, μόνο δύο μελέτες υποστήριξαν αυτήν την τεχνολογία και η διάκριση των βλαβών του δέρματος μεταξύ PrBE και PrNBE μπορεί να είναι περιορισμένης κλινικής σημασίας. Μία άλλη τεχνολογία που βρέθηκε να παρέχει έγκαιρη ανίχνευση των ΠΙ, που υποστηρίζονται από δύο μελέτες υψηλής ποιότητας, είναι η μέτρηση της υποεπιδερμικής υγρασίας. Το σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων υποστηρίζει αυτό το είδος τεχνολογίας ως αποτελεσματικό εργαλείο για την ανίχνευση του σταδίου 1 ή του PrBE. Η βιβλιογραφία προτείνει ότι οι μετρήσεις της υποεπιδερμικής υγρασίας μπορούν επίσης να βοηθήσουν στην ανίχνευση τραυματισμού στους εν τω βάθει ιστούς.^{19,27} Όμως, επί του παρόντος δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία για την υποστήριξη αυτής της πρακτικής.

Για να είναι οι μετρήσεις της υποεπιδερμικής υγρασίας χρήσιμες κλινικά, η τεχνολογία πρέπει να εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας ένα απλό, μη επεμβατικό, ανθεκτικό, ελαφρύ και εύκολα

μεταφερόμενο όργανο που απαιτεί ελάχιστη εκπαίδευση για τη λειτουργία του. Οι νοσηλευτές για να το χρησιμοποιήσουν πρέπει να θεωρούν το εργαλείο γρήγορο στη χρήση και με καλή αξιοπιστία. Στην αγορά υπάρχουν συσκευές μέτρησης υποεπιδερμικής υγρασίας για να ικανοποιήσει αυτές τις απαιτήσεις, με μία να έχει χρησιμοποιηθεί σχετικά πρόσφατα σε 2 μελέτες και να είναι εγκεκριμένες από την Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων και διατίθενται στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι τιμές των συσκευών για τη μέτρηση της υποεπιδερμικής υγρασίας, θερμογραφία, φασματομετρία και φορητός υπέρηχος κυμαίνονται μεταξύ 2000 και 10.000 δολάρια. Η αρχική επένδυση στην τεχνολογία έγκαιρης ανίχνευσης πρέπει να σταθμιστεί από τις πιθανές εξοικονομήσεις στην προληπτική φροντίδα ΡΙ.^{23,27}

Σύμφωνα με μια συστηματική ανασκόπηση ασθενείς με σκούρους τόνους δέρματος διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο για ανάπτυξη σοβαρών ΡΙ. Αν και οι λόγοι για αυτήν την διαφορά κινδύνου δεν έχουν διερευνηθεί αυστηρά, τα στοιχεία δείχνουν ότι τρέχουσες συνιστώμενες οπτικές και απτές πρακτικές αξιολόγησης δέρματος είναι ανεπαρκείς για την κάλυψη των αναγκών των ασθενών με πιο σκούρες αποχρώσεις δέρματος. Οι νοσηλευτές πρέπει να περιλαμβάνουν τεχνικές αξιολόγησης που επιτρέπουν δίκαιη φροντίδα και μείωση των ανισοτήτων έκβασης σε πληθυσμούς υψηλού κινδύνου. Η αναγνώριση και υιοθέτηση τεχνολογίας που μπορεί να ανιχνεύσει τραυματισμούς πρώιμου σταδίου σε ασθενείς με σκούρο δέρμα είναι κρίσιμη.²⁸

Η τρέχουσα κατάσταση της επιστήμης που σχετίζεται με τις τεχνολογίες που μπορεί να εντοπίσουν την πρόωρη βλάβη του δέρματος που σχετίζεται με την πίεση έχει επιπτώσεις στην κλινική πρακτική, εκπαίδευση και έρευνα. Απαιτούνται μελέτες μεγαλύτερης κλίμακας για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της σκοπιμότητας αυτών των συσκευών στο κλινικό περιβάλλον για τη διευκόλυνση των προληπτικών παρεμβάσεων και για να μειώσουν τη συχνότητα και τον επιπολασμό των ΡΙ. Επιπροσθέτως,

απαιτείται περισσότερη έρευνα για να γίνει κατανοητό πώς η τοποθεσία του ΡΙ στο σώμα μπορεί να επηρεάσει την εφαρμογή και την ερμηνεία των διαφορετικών τεχνολογιών. Για παράδειγμα, ο αντίκτυπος της περιφερικής αγγειακής νόσου και του μεγαλύτερου πάχους δέρματος στη φτέρνα μπορεί να αλλάξει τις μετρήσεις της διάχυσης και της ερμηνείας της εικόνας υπερήχων, αντίστοιχα. Εν τω μεταξύ, οι νοσηλευτές στους κλινικούς χώρους και οι εκπαιδευτές τους πρέπει να αναγνωρίσουν το μειονέκτημα των οπτικών και απτικών αξιολογήσεων για τον εντοπισμό πρώιμου τραυματισμού του δέρματος, ειδικά στους ασθενείς με σκούρες αποχρώσεις δέρματος. Οι δερματικές αξιολογήσεις πρέπει να γίνονται προσεκτικά και με διαβούλευση από πιστοποιημένο νοσηλευτή τραύματος.²⁹

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

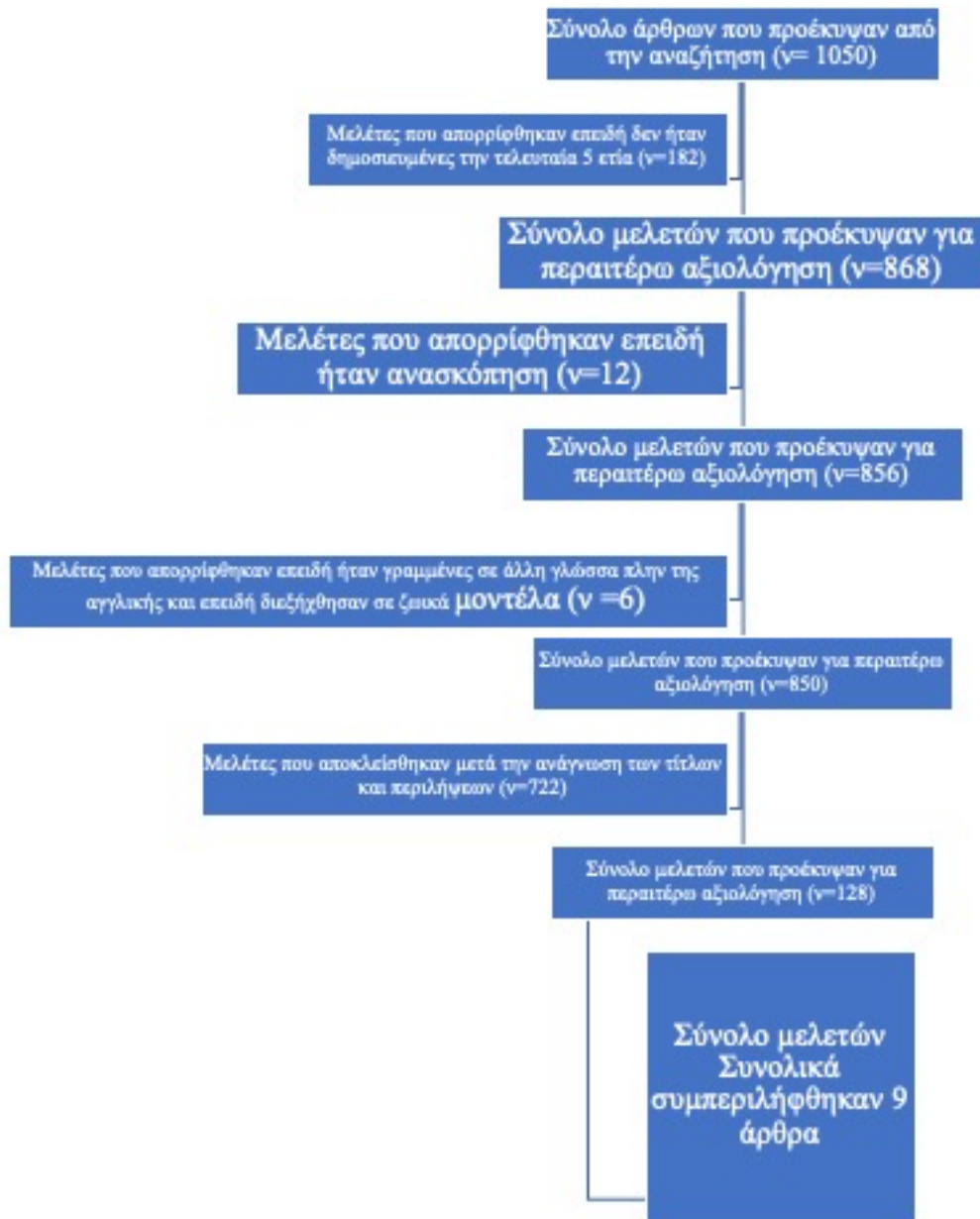
Επί του παρόντος, υπάρχει πολλά υποσχόμενη τεχνολογία για την έγκαιρη ανίχνευση του τραυματισμού που σχετίζεται με την πίεση του δέρματος. Τα στοιχεία που βρέθηκαν στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση υποστήριξαν πολλές επιλογές για περαιτέρω ανάπτυξη ή άμεση εφαρμογή πρακτικών. Η τεχνολογία οφείλει να είναι διαθέσιμη και να ενσωματώνεται εύκολα στην κλινική πρακτική από το νοσηλευτή δίπλα στο κρεβάτι του ασθενή. Εκπαίδευση δεξιοτήτων για τη χρήση της τεχνολογίας θα πρέπει να ξεκινήσει με πιστοποιημένο νοσηλευτή τραύματος που έχει την εμπειρία στην οπτική αξιολόγηση του δέρματος και μπορεί να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία επί κλίνης. Η οπτική επισκόπηση του δέρματος δεν είναι ιδιαίτερα αξιόπιστη στην αναγνώριση του τραυματισμού του δέρματος που σχετίζεται με την πίεση, ειδικά σε άτομα με πιο σκούρα χρώματα δέρματος. Καθώς όλο και περισσότερα γίνονται γνωστά για την παθολογία της ανάπτυξης ΡΙ και τους αιτιώδεις παράγοντες, η αξιολόγηση της τεχνολογίας με μεθόδους κόστους-αποτελεσματικότητας μπορεί να διαδραματίσει αναπόσπαστο ρόλο στην έγκαιρη ανίχνευση των ΡΙ και

στην έγκαιρη εφαρμογή μέτρων για τη βέλτιστη πρόληψη και θεραπεία των ΠΙ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Agency for Healthcare Research and Quality. Preventing pressure ulcers in hospitals: a toolkit for improving quality of care. Available at: <https://www.ahrq.gov/sites/default/files/publications/files/putoolkit.pdf>. Assessed at :1/10/2021.
2. Kanno N, Nakamura T, Yamanaka M, Kouda K, Nakamura T, Tajima F. Low-echoic lesions underneath the skin in subjects with spinal-cord injury. *Spinal Cord*. 2009; 47(3): 225-229.
3. Tubaishat A, Papanikolaou P, Anthony D, Habiballah L. Pressure ulcers prevalence in the acute care setting: a systematic review, 2000-2015. *Clin Nurs Res*. 2018; 27(6): 643-659.
4. Centers for Medicare & Medicaid Services. CMS improves patient safety for Medicare and Medicaid by addressing never events. Available at: <https://www.cms.gov/newsroom/fact-sheets/cms-improves-patient-safety-medicare-and-medicaid-addressing-never-events>. Assessed at :1/10/2021.
5. Mayrovitz HN, Spagna PE, Taylor MC. Sacral skin temperature assessed by thermal imaging: role of patient vascular attributes. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2018; 45(1):17 - 21.
6. Rao AD, Preston AM, Strauss R, Stamm R, Zalman DC. Risk factors associated with pressure ulcer formation in critically ill cardiac surgery patients: a systematic review. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2016; 43(3): 242-247.
7. Edsberg LE, Black JM, Goldberg M, McNichol L, Moore L, Sieggreen M. Revised National Pressure Ulcer Advisory Panel pressure injury staging system. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2016; 43(6): 585-597.
8. National Pressure Ulcer Advisory Panel. NPUAP pressure injury stages. Available at: <http://www.npuap.org/resources/educational-and-clinicalresources/npuap-pressure-injury-tages/>. Assessed at :1/10/2021.
9. Black JM, Brindle CT, Honaker JS. Differential diagnosis of suspected deep tissue injury. *Int Wound J*. 2016; 13(4): 531-539.
10. Gefen A, Gershon S. An observational, prospective cohort pilot study to compare the use of subepidermal moisture measurements versus ultrasound and visual skin assessments for early detection of pressure injury. *Ostomy Wound Manag*. 2018; 64(8): 12-27.
11. Aoi N, Yoshimura K, Kadono T, Nakagami G, Iizuka S, Higashino T, Araki J, Koshima I, Sanada H. Ultrasound assessment of deep tissue injury in pressure ulcers: possible prediction of pressure ulcer progression. *Plast Reconstr Surg*. 2009; 124(2):540-550.
12. Helvig EI, Nichols LW. Use of high-frequency ultrasound to detect heel pressure injury in elders. *J Wound Ostomy Continence Nurs*. 2012; 39(5): 500-508.
13. Guihan M, Bates-Jenson BM, Chun S, Parachuri R, Chin AS, McCreath H. Assessing the feasibility of subepidermal moisture to predict erythema and stage 1 pressure ulcers in persons with spinal cord injury :a pilot study. *J Spinal Cord Med*. 2012; 35(1):46-52.
14. Porter-Armstrong AP, Adams C, Moorhead AS, Donnelly J, Nixon J, Bader DL, Lyder C, Stinson MD. Do high frequency ultrasound images support clinical skin assessment ? *ISRN Nurs*. 2013: 2013: 314248.

15. Aliano K, Low C, Stavrides S, Luchs J, Davenport T. The correlation between ultrasound findings and clinical assessment of pressure-related ulcers: is the extent of injury greater than what is predicted? *Surg Technol Int*. 2014; 24:112-116.
16. Farid KJ, Winkelman C, Rizkala A, Jones K. Using temperature of pressure-related intact discolored areas of skin to detect deep tissue injury: an observational, retrospective, correlational study. *Ostomy Wound Manage*. 2012;58(8):20-31.
17. Cox J, Kaes L, Martinez M, Moles D. A prospective, observational study to assess the use of thermography to predict progression of discolored intact skin to necrosis among patients in skilled nursing facilities. *Ostomy Wound Manage*. 2016; 62(10):14-33.
18. Bates-Jensen BM, McCreath HE, Patlan A. Subepidermal moisture detection of pressure induced tissue damage on the trunk: the pressure ulcer detection study outcomes. *Wound Repair Regen*. 2017;25(3):502-511.
19. Sterner E, Fossum B, Berg E, Lindholm C, Stark A. Objective evaluation by reflectance spectrophotometry can be of clinical value for the verification of blanching/non blanching erythema in the sacral area. *Int Wound J*. 2014; 11(4):416-423.
20. Ring E. Thermal imaging of skin temperatures. In: Serup J, Jemec G, Grove G, eds. *Handbook of Non-Invasive Methods and the Skin*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2006;769-786.
21. International Academy of Clinical Thermology. Quality Assurance Guidelines: Standards and Protocols in Clinical Thermographic Imaging. Available at: <http://www.breastthermography.com/articles/2015%20IACT%20Standards%20and%20Guidelines.pdf> Assessed at :1/10/2021
22. Gefen A. The Sub-epidermal Moisture Scanner: the principles of pressure injury prevention using novel early detection technology. *Wounds Int*. 2018; 9(3): 30-35.
23. Ross G, Gefen A. Assessment of sub-epidermal moisture by direct measurement of tissue bio-capacitance. *Med Eng Phys*. 2019; 73:92-99.
24. Takiwaki H. Measurement of erythema and melanin index. In: Serup J, Jemec G, Grove G, eds. *Handbook of Non-Invasive Methods and the Skin*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2006: 665-672.
25. Lachenbruch C, Tzen Y-T, Brienza D, Karg PE, Lachenbruch PA. Relative contributions of interface pressure, shear stress, and temperature on ischemic-induced, skin-reactive hyperemia in healthy volunteers: a repeated measures laboratory study. *Ostomy Wound Manage*. 2015; 61(2):16-25.
26. Bircher A. Laser Doppler measurement of skin blood flux: variation and validation. In: Serup J, Jemec G, Grove G, eds. *Handbook of Non-Invasive Methods and the Skin*. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2006; 691-696.
27. Moore Z, Patton D, Rhodes SL, O'Connor T. Sub-epidermal moisture (SEM) and bioimpedance: a literature review of a novel method for early detection of pressure-induced tissue damage (pressure ulcers). *Int Wound J*. 2017;14(2): 331-337.
28. Gunowa NO, Hutchinson M, Brooke J, Jackson D. Pressure injuries in people with darker skin tones: a literature review. *J Clin Nurs*. 2018;27(17/18): 3266 - 3275.
29. Quintavalle PR, Lyder CH, Mertz PJ, Phillips-Jones C, Dyson M. Use of high-resolution, high-frequency diagnostic ultrasound to investigate the pathogenesis of pressure ulcer development. *Adv Skin Wound Care*. 2006; 19(9): 498-505

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Διάγραμμα ροής

Πίνακας 1. Στοιχεία μελετών που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα συστηματική ανασκόπηση

Συγγραφέας χρονολογία χώρα	Σκοπός	Σχεδιασμός	Δείγμα(μέγεθος επιλογή χαρακτηριστικά)	Συλλογή Δεδομένων	Αναλύσεις	Αποτελέσματα
Υπέρηχος						
Helvig & Nichols ¹² ΗΠΑ 2012	Αξιολόγηση της χρησιμότητας του υπερήχου υψηλής συχνότητας (HFU) για την ανίχνευση τραυματισμού πίεσης στη φτέρνα σε γηριατρικούς ασθενείς και σύγκριση ποσοστών επικράτησης των ελκών πίεσης που φαίνονται με το μάτι με εκείνα που είναι κρυφά.	Περιγραφική, Διαμήκης	99 νοσηλεύόμενοι 83% λευκοί Braden: 10-17 6 με Στάδιο 1 PIs 4 sDTI	Υψηλής Συχνότητας, EPISCAN Πτέρνες	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. SPSS v. 20.0	Υποχηρικά ελλείμματα προηγήθηκαν σε 3 τραύματα σταδίου 1 και σε ένα sDTI Όλα τα άλλα σταδίου 1 PI και sDTIs 1 είχαν προηγουμένως οριακές ασυνήθιστες σαρώσεις (όχι κανονικές / σαφείς)
Porter-Armstrong et al. ¹⁸ Ιρλανδία 2013/Αγγλία	Διερεύνηση εάν οι εικόνες υπερήχων υποστηρίζουν την κλινική εκτίμηση του δέρματος σε νοσηλευόμενους ασθενείς μέσω της αναγνώρισης της υποδόριας βλάβης του ιστού.	Περιγραφική, Διαμήκης	50 νοσηλεύόμενοι Braden: 3 σε κίνδυνο (βαθμολογία 15-18) 127 PrE 3 με στάδιο 1 PIs	20MHz, EPISCAN I-200 Πτέρνες, κόκκυγας	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. SPSS v. 15.0	Όλα τα σταδίου 1 3 PI είχαν φυσιολογικές σαρώσεις. Πτέρνες: 86% των ατόμων είχαν υποχηρικά ελλείμματα. 32% με υποδόρια βλάβη (ασαφής εάν είχαν επίσης ταυτόχρονο ερύθημα)
Aliano et al. ¹⁹ ΗΠΑ 2014	Συσχέτιση μεταξύ των ευρημάτων των υπερήχων και της κλινικής αξιολόγησης των ελκών πίεσης.	Διατομής, περιγραφική	20 νοσηλεύόμενοι 8 με στάδιο 1 8 sDTI	12MHz, άγνωστος ο εξοπλισμός Ιερό οστό	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. SPSS v. 20.0	88% και 100% του σταδίου 1 και sDTI, αντίστοιχα, είχαν υποχηρικά ελλείμματα 63% και 100% του σταδίου 1 και sDTI, αντίστοιχα, είχαν ασαφή δομικά στρώματα
Θερμογραφία						
Farid et al. ²⁴ ΗΠΑ 2012	Διερεύνηση της επίδρασης της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ μίας άθικτης αποχρωματισμένης περιοχής του δέρματος που σχετίζεται με την πίεση και του παρακείμενου ανέπαφου δέρματος και της επακόλουθης ανάπτυξης νέκρωσης δέρματος	Αναδρομική, συγκριτική	85 νοσηλεύόμενοι με PrE Braden: 10,5±2,5	Infrared, Flir i7 Πολλές ανατομικές θέσεις	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. SPSS v. 19.0	Κατά μέσο όρο, το PrE ήταν πιο κρύο από το περιβάλλον δέρμα στο 65% των περιπτώσεων (-1,2±1,0°C) και θερμότερο στο 35% (1,2±0,7 °C) Οι PI σε προχωρημένο στάδιο (n = 30) ήταν πιο πιθανό να είναι πιο κρύα από το περιβάλλον δέρμα (P <0.001)
Cox et al. ²⁵ ΗΠΑ 2016	Διερεύνηση εάν η θερμοκρασία του δέρματος μετρούμενη με υπέρυθρη θερμογραφία θα μπορούσε να προβλέψει την εξέλιξη του αποχρωματισμένου ανέπαφου δέρματος σε νέκρωση και να αξιολογηθεί	Προοπτική	67 νοσηλεύόμενοι Όλοι με PrE ή sDTI 94% λευκοί Braden: 14,1±2,4	Infrared, Flir i Πολλές ανατομικές θέσεις	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. Δεν αναφέρεται το στατιστικό	61% των PrE / sDTI ήταν πιο θερμά και 39% πιο κρύα από το περιβάλλον δέρμα (μέση διαφορά 3,99 °C) Η θερμοκρασία PrE δεν σχετίζεται με το εάν το στάδιο του τραυματισμού αυξήθηκε μετά από 2 εβδομάδες (P = 0,93)

	εάν οι νοσηλευτές μπορούν να ενσωματώσουν τη θερμογραφία στο κλινικό περιβάλλον				πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε	
Mayrovitz et al. ⁵ ΗΠΑ 2018	Οι διαφορές θερμοκρασίας στο ιερό οστό μετρήθηκαν με θερμική απεικόνιση σε σχέση με μια απομακρυσμένη περιοχή του δέρματος σε ασθενείς με κρίσιμη ασθένεια αγγειακή νόσο και τον κίνδυνο τραυματισμού από την πίεση της περιοχής	Προοπτική, συγκριτική	100 νοσηλευόμενοι 16 με DTI Braden: 16,5±4	Infrared, Scout SCA100 Ιερό οστό	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. Δεν αναφέρεται το στατιστικό πρόγραμμα	Διαφορά θερμοκρασίας-1,5 °C (επηρεαζόμενη περιοχή - έλεγχος) ήταν το όριο για τον κίνδυνο PI Μόνο 2 από τα 16 DTI πληρούσαν το όριο. Δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη θερμοκρασία μεταξύ της πληγείσας περιοχής και του δέρματος για τα άτομα με DTI.
Μέτρηση Υποεπιδερμικής Υγρασίας						
Guihan et al. ¹³ ΗΠΑ 2012	Αξιολόγηση της λήψης βιοφυσικών μέτρων υπο-επιδερμικής υγρασίας χρησιμοποιώντας έναν φορητό μετρητή δερματικής φάσης για την πρόβλεψη των ελκών πίεσης.	Διατομής, Περιγραφική, Συγκριτική	32 άτομα μη περιπατητικά με τραύμα στη σπονδυλική στήλη. 56% λευκοί & 47% είχαν τουλάχιστον ένα PI 66 περιπτώσεις PrE	Moisture Meter D Πολλές ανατομικές περιοχές	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική.	Η μέση υποεπιδερμική υγρασία ήταν ελαφρώς υψηλότερη στο PrE (42±10 DPU) από το φυσιολογικό δέρμα (41±10 DPU) σε όλους τους ανατομικούς ιστότοπους.
Bates-Jensen et al. ¹⁸ ΗΠΑ 2017	Αξιολόγηση της σχέσης της υποεπιδερμικής υγρασίας με τη βλάβη ιστού που προκαλείται από πίεση και της οπτικής εκτίμησης του δέρματος ως δείκτες ελκών πίεσης μεταξύ ατόμων με πιο ανοιχτόχρωμους τόνους δέρματος.	Διατομής	417 ασθενείς σε οίκους ευγηρίας. 37% λευκοί Braden: 15,6±3,2 33% ανέπτυξαν σταδίου 1 PI & 564 PrBE και 149 σταδίου 1 PI	Moisture Meter D Ιερή και ισχιακή περιοχή	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. Stata v. 13	Η μέση υποεπιδερμική υγρασία ήταν υψηλότερο για το στάδιο 1 PI (39,3 TDC) σε σύγκριση με το φυσιολογικό (37,1 TDC) και το ερύθημα (38,4 TDC) στο ιερό (P <0.0001) 43 TDC οριακά προέβλεπε σημαντικά το στάδιο 1 PI στο ιερό οστό (AUC = 0,57, RRR: 2,0, 95% CI: 11,4-3,0) με 37,4% ευαισθησία και 77,7% ειδικότητα.
Φασματομετρία και Laser Doppler						
Sterner et al. ¹⁹ Σουηδία 2014	Αξιολόγηση της κλινικής αξίας ενός φασματοφωτόμετρου ανάκλασης στην πρόβλεψη περιοχών δέρματος που κινδυνεύουν για ανάπτυξη ελκών πίεσης.	Διατομής, Συγκριτική	78 νοσηλευόμενοι 100% λευκοί 21 PrE κατά την εισαγωγή 44 σταδίου 1 κατά το εξιτήριο	Δείκτης Ερυθμάτος (E-Index):. Αναλογία απορροφούμενου πράσινου φωτός σε σχέση με το κόκκινο Φασματοφωτόμετρο στενής ζώνης Derma Spectrometer Ιερό οστό	Περιγραφική και επαγωγική στατιστική. Statistica v. 10.0, SAS System v. 9.1, SPSS v. 19.0	Το PrNBE είχε σημαντικά υψηλότερο δείκτη E από το PrBE (μέση διαφορά 1,88-4,74, P <0,001) Όριο E-index 14,5 Ευαισθησία 75% και ειδικότητα 41% στη διάκριση PrNBE και PrBE.