


Τίτλος: Υπέρυθρη θερμογραφική απεικόνιση: Εφαρμογές στην αιμάτωση των ανθρώπινων άκρων.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία (IR) αναφέρεται στην περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που εκτείνεται μεταξύ των 750nm και των 1400nm. Δεν είναι ορατή με γυμνό οφθαλμό και εκπέμπεται από όλα τα σώματα που έχουν θερμοκρασία άνω του απόλυτου μηδενός. Η θερμογραφία αποτελεί έναν τύπο θερμογραφικής απεικόνισης, στην οποία με τη χρήση θερμοκάμερας μπορεί να δημιουργηθεί ένας χάρτης κατανομής θερμοκρασιών της επιφάνειας χωρίς να διαταραχθεί αυτή. Τα χαρακτηριστικά αυτά της θερμογραφικής απεικόνισης την καθιστούν αρκετά χρήσιμη και στον τομέα της υγείας.

Μια από τις πλέον συνηθισμένες χρήσεις της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην καθημερινότητα μας λόγω της πανδημίας είναι καταγραφή της θερμοκρασίας του σώματος[1]. Λόγω των μέτρων περιορισμού της πανδημίας, για την είσοδο σε διάφορους χώρους υψηλού κινδύνου, όπως είναι οι διάφορες δομές υγείας ή άλλοι χώροι συνωστισμού, κρίθηκε απαραίτητος ο έλεγχος για την ύπαρξη πυρετού στους ανθρώπων που εισέρχονται σε αυτές τις δομές. Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιείται με τη χρήση συστημάτων θερμοκάμερας είτε με κοινά θερμομέτρα υπέρυθρων που δεν έρχονται σε επαφή με το σώμα για την μείωση των πιθανοτήτων μετάδοσης των διαφόρων ιών.

Μία ακόμα εφαρμογή της υπέρυθρης θερμοκρασίας στον τομέα της υγείας είναι ο εντοπισμός διαφόρων επιπλοκών που παρατηρούνται στο διαβητικό πόδι, η έγκαιρη διάγνωση και η παρακολούθηση της εξέλιξης των επιπτώσεων της νόσου στα κάτω άκρα [2,6]. Η θερμογραφική χαρτογράφηση της επιφάνειας των κάτω άκρων είναι μια γρήγορη και μη επεμβατική διαδικασία η οποία είναι ανώδυνη προς τους ασθενείς. Η διαφορά της θερμοκρασίας σχετίζεται με την αιμάτωση των ιστών, οπότε και δίνει πληροφορίες για την ύπαρξη φλεγμονών και γενικά τη διαφοροποίηση στην κυκλοφορία του αίματος που πιθανότατα να υποδηλώνει και την έναρξη άλλων επιπλοκών. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται και ως συνδυαστικός τρόπος διάγνωσης και παρακολούθησης περιστατικών αρθριοσκλήρυνσης, μυοσκελετικών τραυματισμών, νεοπλασματικών παθήσεων διαφόρων νοσημάτων του θυρεοειδούς αδένου, ακόμα και σε οδοντιατρικά περιστατικά [2-7].

Η χρήση της υπέρυθρης θερμογραφίας στον τομέα της υγείας βρίσκει πληθώρα εφαρμογών ως συμπληρωματικό εργαλείο για τη διάγνωση και για την παρακολούθηση της νόσου και της θεραπείας αυτής. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνη της ως μέθοδος διάγνωσης καθώς υπάρχουν διάφορες παράμετροι που επηρεάζουν τα ευρήματα του λαμβάνονται [1,3,5,8,10] . Για παράδειγμα, στα κοινά θερμομέτρα υπέρυθρων η θερμοκρασία σώματος επηρεάζεται πέρα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, που δεν είναι πάντα σταθερές, από το σημείο λήψης, την απόσταση και την καθαρότητα του δέρματος στο σημείο αυτό. Πάντα σημαντικό ρόλο παίζει και η κατάσταση του εξεταζόμενου, καθώς και τι έχει προηγηθεί της

 Α ΕΚΟΥΦΟΛΙΑΚΟΥ

θερμομέτρησης, όπως συμβαίνει και κατά την μέτρηση της πίεσης ή άλλων ζωτικών λειτουργιών. Για το λόγο αυτό έχουν αρχίσει να δημιουργούνται και να μελετώνται συστήματα για υποβοήθηση στη διάγνωση τόσο για το διαβητικό πόδι όσο και σε άλλες νεοπλασματικές νόσους.

Η αιμοληψία, είτε πρόκειται για λήψη αίματος για προληπτικές εξετάσεις ή παρακολούθηση κάποιας νόσου είτε πρόκειται για αιμοδοσία, είναι μια διαδικασία που αποτελεί καθημερινή ρουτίνα σε μονάδες υγείας [10–11]. Λόγω της συχνότητας που είναι αναγκαία η φλεβοκέντηση, της ποιότητας των αιμοφόρων αγγείων και του φόβου στη θέαση του αίματος ή της χρήσης βελόνας, υπάρχουν ομάδες ασθενών στις οποίες είναι αρκετά επώδυνη και χρονοβόρα η διαδικασία της αιμοληψίας.

Έχει προηγηθεί λήψη θερμογραφήματων, με θερμοκάμερα που συνδέεται σε κινητό τηλέφωνο, στην καμπτική επιφάνεια του αντιβραχίου σε μικρό δείγμα ανθρώπων [15]. Παρατηρήθηκε πως δεν υπάρχει επικάλυψη θερμοκρασιών στις περιοχές εντός και εκτός των φλέβων, αλλά υπάρχει μεγαλύτερη απόκλιση μεταξύ των γυναικών συγκριτικά με τους άνδρες. Επίσης παρατηρήθηκαν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε ασθενή με υποθυρεοειδισμό, πράγμα που κατέστησε πιο δύσκολη και χρονοβόρα την επεξεργασία του θερμογραφήματος για οπτικά καλύτερο αποτέλεσμα. Έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες που δείχνουν με τη χρήση υπέρυθρης θερμογραφίας για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας στον χώρο που άνετη για τον κάθε άνθρωπο και τη λειτουργία του ανθρώπινου θερμορυθμιστικού συστήματος [10–11]. Ομοίως και για το ρόλο του λίπους στο σώμα και πως αυτό μπορεί να επηρεάσει τη θερμοκρασία του δέρματος [12].

Ο στόχος της διατριβής αυτής είναι η περαιτέρω μελέτη σε μεγαλύτερο δείγμα ασθενών, η μελέτη αυτών των διαφορετικών παραμέτρων που αναφέρθηκαν, πως αυτές μπορούν να επηρεάζουν το οπτικό αποτέλεσμα της αιμάτωσης στα ανθρώπινα άκρα και την χαρτογράφηση των αιμοληπτικών περιοχών. Επίσης στόχος είναι και ο καθορισμός του βέλτιστου πρωτοκόλλου θερμογράφησης για τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων και του πρωτοκόλλου επεξεργασίας των θερμογραφήματων για τον ποσοτικό προσδιορισμό της αιμάτωσης καθώς και την ανάδειξη περιοχών ενδιαφέροντος.

Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του χρόνου και του πόνου στην αιμοληπτική διαδικασία [13–15]. Παράλληλα πρέπει να έχει χαμηλό κόστος για να μπορεί να ενταχθεί στην καθημερινή ρουτίνα των διαγνωστικών εργαστηρίων. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων αυτών πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατανοητά από τους αιμολήπτες, ανεξαρτήτως ειδικότητας και εμπειρίας. Μια επιπλέον πιθανή εφαρμογή είναι η αξιολόγηση της νόσου στο διαβητικό πόδι.

Βιβλιογραφία

- [1] Wang, Q.; Zhou, Y.; Ghassemi, P.; McBride, D.; Casamento, J.P.; Pfefer, T.J. Infrared Thermography for Measuring Elevated Body Temperature: Clinical Accuracy, Calibration, and Evaluation. *Sensors* **2022**, *22*, 215. <https://doi.org/10.3390/s22010215>
- [2] Hernandez–Contreras, D., Peregrina–Barreto, H., Rangel–Magdaleno, J. and Gonzalez–Bernal, J. (2016). Narrative review: Diabetic foot and infrared thermography. *Infrared Physics & Technology*, *78*, pp.105–117. doi:10.1016/j.infrared.2016.07.013.
- [3] De Jesus Guirro, R.R., Oliveira Lima Leite Vaz, M.M., das Neves, L.M.S., Dibai–Filho, A.V., Carrara, H.H.A. and de Oliveira Guirro, E.C. (2017). Accuracy and Reliability of Infrared Thermography in Assessment of the Breasts of Women Affected by Cancer. *Journal of Medical Systems*, *41*(5). doi:10.1007/s10916–017–0730–7.
- [4] Bahramian, F. and Mojra, A. (2020). Thyroid cancer estimation using infrared thermography data. *Infrared Physics & Technology*, [online] *104*, p.103126. doi:10.1016/j.infrared.2019.103126.
- [5] Morales–Cervantes A, Kolosovas–Machuca ES, Guevara E, Maruris Reducindo M, Bello Hernández AB, Ramos García M, González FJ. (2018) An automated method for the evaluation of breast cancer using infrared thermography. *EXCLI J.* pp. 989–998. doi: 10.17179/excli2018–1735.
- [6] Astasio–Picado, A., Escamilla Martínez, E., Martínez Nova, A., Sánchez Rodríguez, R. and Gómez–Martín, B. (2018). Thermal map of the diabetic foot using infrared thermography. *Infrared Physics & Technology*, *93*, pp.59–62. doi:10.1016/j.infrared.2018.07.008.
- [7] Gómez–Carmona, P., Fernández–Cuevas, I., Sillero–Quintana, M., Arnaiz–Lastras, J. and Navandar, A. (2020). Infrared Thermography Protocol on Reducing the Incidence of Soccer Injuries. *Journal of Sport Rehabilitation*, *29*(8), pp.1222–1227. doi:10.1123/jsr.2019–0056.
- [8] Lahiri, B.B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T. and Philip, J. (2012). Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Physics & Technology*, *55*(4), pp.221–235. doi:10.1016/j.infrared.2012.03.007.
- [9] Adam, M., Ng, E.Y.K., Tan, J.H., Heng, M.L., Tong, J.W.K. and Acharya, U.R. (2017). Computer aided diagnosis of diabetic foot using infrared thermography: A review. *Computers in Biology and Medicine*, *91*, pp.326–336. doi:10.1016/j.combiomed.2017.10.030.
- [10] Ghahramani, A., Castro, G., Becerik–Gerber, B. and Yu, X. (2016). Infrared thermography of human face for monitoring thermoregulation performance and estimating personal thermal comfort. *Building and Environment*, [online] *109*, pp.1–11. doi:10.1016/j.buildenv.2016.09.005.

- [11] Li, D., Menassa, C.C. and Kamat, V.R. (2018). Non-intrusive interpretation of human thermal comfort through analysis of facial infrared thermography. *Energy and Buildings*, 176, pp.246–261. doi:10.1016/j.enbuild.2018.07.025.
- [12] Salamunes, A.C.C., Stadnik, A.M.W. and Neves, E.B. (2017). The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*, 66, pp.1–9. doi:10.1016/j.jtherbio.2017.03.006.
- [13] Wallace, G.A., Singh, N., Quiroga, E. and Tran, N.T. (2018). The Use of Smart Phone Thermal Imaging for Assessment of Peripheral Perfusion in Vascular Patients. *Annals of Vascular Surgery*, 47, pp.157–161. doi:10.1016/j.avsg.2017.07.028.
- [14] Chanmugam, A., Langemo, D., Thomason, K., Haan, J., Altenburger, E.A., Tippett, A., Henderson, L. and Zortman, T.A. (2017). Relative Temperature Maximum in Wound Infection and Inflammation as Compared with a Control Subject Using Long-Wave Infrared Thermography. *Advances in Skin & Wound Care*, 30(9), pp.406–414. doi:10.1097/01.asw.0000522161.13573.62.
- [15] Kaloudi, A., David, S., Kalyvas, N., Rimpas, D. and Skouroliakoy, A. (n.d.). Infrared imaging of venipuncture sites: An evaluation of effectiveness on vein visualisation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RADIATION APPLICATIONS (RAP 2022). Thessaloniki, Greece, p.111.