

TERMOGRAFLA ÎN INFRAROȘU – O NOUĂ ABORDARE ÎN MONITORIZAREA TEMPERATURII LA NOU-NĂSCUȚI

Vlad DIMA¹, Ioana ANGELESCU¹, Andreea VIDRU¹, Georgeta GRECU¹, Mihaela DEMETRIAN¹, Andreea Avramescu-CALOMFIRESCU¹, Adriana Sarah NICA^{2,3}, Adrian TOMA^{4,5}

¹ Spitalul Clinic "Filantropia", București, România

² Clinica III, Institutul Național de Recuperare, Medicină Fizică și Balneoclimatologie, București, România

³ Universitatea de Medicină și Farmacie "Carol Davila", București, România

⁴ Medlife Memorial Hospital, București, România

⁵ Universitatea "Titu Matorescu", București, România

INTRODUCERE

Măsurarea temperaturii corpului reprezintă un parametru foarte important în monitorizarea nou-născuților. Prezența febrei la acești pacienți fragili este un bun indicator al unei patologii infecțioase subiacente sau a unei tulburări de alimentație.

Nou-născuții au anumite particularități anatomice care îi fac vulnerabili în fața schimbărilor de temperatură din mediul înconjurător. Aceste particularități sunt: grăsime subcutanată în cantitate redusă, epiderm subțire, suprafață corporală mare raportată la masa corporală, vase de sânge aflate în apropierea suprafeței pielii. Nou-născuții au tendința de a pierde căldura de 4 ori mai rapid decât adulții [1].

Se poate vorbi de instabilitate termică a nou-născuților mai ales în primele 5 zile de viață [2]. De aceea, este esențial ca nou-născutul să fie plasat într-un mediu ce îi va asigura neutralitatea termică [3].

Temperatura nou-născutului va scădea rapid după naștere, fiind necesară activarea termogenezei metabolice (lipoliza grăsimii brune). Această termogeneză va continua câteva ore. Foarte important de menționat este faptul că termogeneza se va face doar în prezența unei oxigenări adecvate a țesuturilor, un nou-născut hipoxic fiind în imposibilitatea de a produce suficientă căldură pentru a se adapta din punct de vedere termic [4].

Conform OMS, valoarea normală a temperaturii corporale variază între 36,5 și 37,5 grade Celsius. Chiar dacă AAP menționează faptul că multe episoade febrile ale copilului nu necesită tratament (AAP, 2006), nu trebuie ignorat faptul că, în cazul sugarilor sub 90 de zile, febra va trebui recunoscută și investigată de urgență deoarece starea lor se poate deteriora foarte rapid [5].

Temperatura poate fi măsurată cu ajutorul termometrelor cu mercur, termometrelor electronice, senzorilor cutanați de temperatură și mai nou, cu ajutorul camerelor cu infraroșu. Ținând cont că există îngrijorări cu privire la transmiterea unor posibile infecții prin folosirea termometrelor reutilizabile, este prudent să se utilizeze metode noninvazive, care nu presupun contact cu tegumentele sau mucoasele nou-născuților [6].

INTRODUCERE. Termografia în infraroșu reprezintă o alternativă de măsurare de la distanță a temperaturii corporale. Această tehnică poate înlocui metodele convenționale de măsurare a temperaturii prin detectarea radiației termice emise de suprafața corporală a nou născutului.

SCOPUL LUCRĂRII. Promovarea acestei metode noninvazive de măsurare a temperaturii corporale. Datorită acestei metode se elimină disconfortul generat de lipirea electrozilor pe piele și se elimină posibilele arsuri sau necroze generate de aceștia.

MATERIAL ȘI METODEDE. S-a utilizat un termograf (camera digitală cu infraroșu) pentru a măsura temperatura corporală a 45 nou-născuți în prima oră de viață. S-au efectuat comparații între valorile obținute prin diverse metode de măsurare a temperaturii corporale.

REZULTATE. Brațele, coapsele, fesele au tendința de a-și modifica rapid temperatura în funcție de temperatura mediului ambiant. Pielea abdomenului și toracelui are temperatura mai crescută și răspunde greu la modificările temperaturii din mediu. Valorile temperaturii obținute prin măsurarea cu termograf au fost similare celor obținute prin măsurarea temperaturii axilare și prin intermediul senzorilor cutanați de temperatură.

CONCLUZII. Camerele digitale cu infraroșu sunt ușor de utilizat, precise și pot fi folosite cu succes în măsurarea temperaturii nou născuților fără a-i atinge, respectând protocolul de stimulare minimă.

Cuvinte cheie: temperatura corpului, nou-născut, termografie în infraroșu, stimulare minimă

Măsurarea temperaturii la nou-născut se face cu termometrul cu mercur sau electronic în axilă, datorită siguranței, igienei și ușurinței de a măsura temperatura. Nu există suficiente argumente pentru a încuraja măsurarea intrarectală a temperaturii [7]. O metaanaliză realizată în 2000 pe 3.201 participanți (20 studii), a demonstrat că diferența medie (rectal-axilar) este de 0,17 grade Celsius (-0,15-0,50 grade C) la nou-născut și 0,92 grade Celsius (-0,15-1,98 grade C) la copii și adulții tineri [8].

În terapie intensivă neonatală, standardul de aur pentru măsurarea temperaturii îl reprezintă senzorii electronici ai incubatoarelor. Aceștia sunt atașați de piele utilizând banda adezivă, care, la dezlipire, poate produce ulceratii la nivelul pielii prematurilor. Drept urmare, se impune dezvoltarea unor tehnologii care presupun măsurarea de la distanță a temperaturii corpului [9].

Încă din 1980, R.P. Clark și J.K. Stothers au utilizat termografia color în infraroșu pentru a monitoriza distribuția temperaturii la nivelul pielii nou-născuților.

Utilizarea termografiei în infraroșu se bazează pe faptul că toate corpurile a căror temperatură depășește zero absolut emit radiație electromagnetică, cunoscută sub numele de radiație infraroșu sau radiație termică (lungime de undă 0,75-1000 lm).

Pielea umană are o emisivitate constantă de 0.98 ± 0.01 pentru lungime de undă 2-14 lm [4,13]. Această emisivitate nu depinde de culoarea pielii. De asemenea, emisivitatea nu va fi afectată nici dacă pielea este arsă. Aplicarea de cosmetice pe piele poate modifica emisivitatea pielii [10].

Primul detector de emisie în infraroșu a fost construit în perioada celui de-al doilea război mondial. Treptat, aceste detectoare de infraroșu au început să fie utilizate în medicină acoperind o gamă largă de patologii. →

Jung et al. [11], Ammer și Ring [12] au evidențiat domeniile medicinei în care a fost utilizată termografia în infraroșu: neuropatia diabetică, tulburări vasculare, detectarea cancerului de sân, studii de termoreglare, screening al febrei, imagistică neurologică (termoencefaloscopie), stomatologie, dermatologie, durere musculară, reumatologie, oftalmologie, detectarea metastazelor hepatice, ischemie intestinală, transplant renal, cardiologie, ginecologie, crioterapie, neonatologie și pediatrie, medicină legală.

Utilitatea termografiei IR este limitată de adâncimea de penetrare a acesteia, radiația IR nefiind emisă de straturile pielii ce depășesc 5 mm, astfel fiind inutilă pentru a vedea țesuturile în profunzime sau organele. Ținând cont că multe modificări fiziologice sau patologice declanșează modificări la nivelul dermului prin intermediul rețelei capilare, termografia IR se dovedește a fi o unealtă eficientă în evaluarea pacienților. Evoluția rapidă a tehnologiei în acest domeniu ne face să luăm în considerare această metodă de evaluare a pacienților, mai ales că există lucrări științifice care dovedesc deja importanța utilizării termografiei IR [13].

În neonatologie, începând cu anii 80, termografia IR și -a dovedit utilitatea în studierea fiziologiei termoreglării la nou-născut și studierea enterocolitei necrotizante la prematuri [14].

În 2020, Lorato și colab. au publicat un articol prin care au demonstrat că termografia în infraroșu cu cameră multiplă poate fi folosită pentru a evalua mișcarea respiratorie la copii, evitând leziunile pielii produse de senzorii pentru impedența toracică [15].

Ținând cont că nu este nevoie de contact direct cu pielea, termografia în IR se poate utiliza pentru optimizarea condițiilor termice în sălile de nașteri și în secțiile de terapie intensivă nou-născuți (TINN). De asemenea, se pot dezvolta incubatoare care să poată monitoriza temperatura nou-născuților prin termografiere în IR.

MATERIAL ȘI METODĂ

Am efectuat un studiu clinic de monitorizare a temperaturii corporale a nou-născuților la finalul primei ore de viață. Măsurarea temperaturii a fost efectuată pe un lot de 45 nou-născuți sănătoși, la termen, din Spitalul Clinic Filantropia București, în perioada mai – iunie 2013.

Nou-născuții incluși în acest studiu aveau Apgar 9 sau 10 la 1 minut și 5 minute. Toți erau normoponderali la termen. Nu au fost incluși prematuri sau nou-născuți cu probleme medicale detectate antepartum sau imediat după naștere.

În ceea ce privește modul nașterii, au fost selectați aleator nou-născuți proveniți atât din naștere spontană, cât și nou-născuți extrași prin operație cezariană (57,77% vs. 42,23% – figura 1).

Distribuția pe sexe a nou-născuților a fost de asemenea aleatorie, majoritar fiind sexul masculin (64,44% – figura 2).

Măsurarea temperaturii a fost efectuată după efectuarea primei băi și a toaletării tegumentelor, la aproximativ 50 minute de viață. Nou-născuții au fost plasați în incubatoare deschise. Întrucât se urmărea măsurarea temperaturii cu o cameră de termografiere (FLIR – forward looking

Figura 1. Repartiția nou-născuților în funcție de modul nașterii

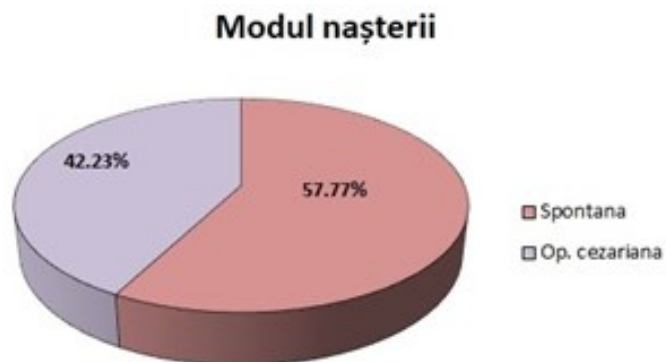


Figura 2. Repartiția nou-născuților în funcție de sex

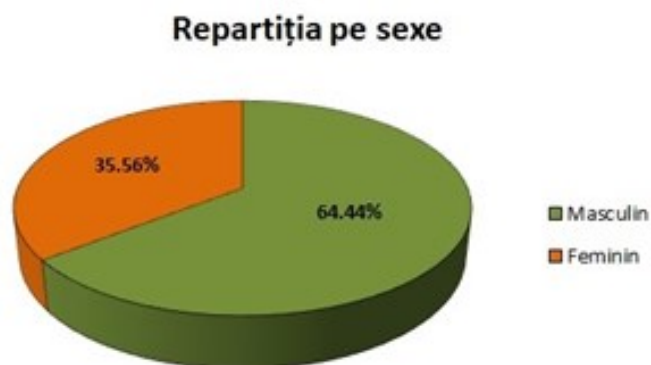


Figura 3. Termograful IR FLIR THERMACAM B4



FLIR THERMACAM B4

infrared) s-a evitat plasarea lor în incubatoare închise, de plexiglas, material ce reflectă întreg spectrul infraroșu. Am comparat temperatura indicată de senzorii incubatoarelor deschise (plasați pe abdomen) pentru 23 nn. și de termometre electronice plasate în axilă pentru 22 nn., cu temperatura maximă indicată de termograf la nivelul abdomenului.

Termograful utilizat a fost FLIR THERMACAM B4 (figura 3). Acest dispozitiv are precizie înaltă în măsurarea emisiei de infraroșu, implicit a temperaturii,

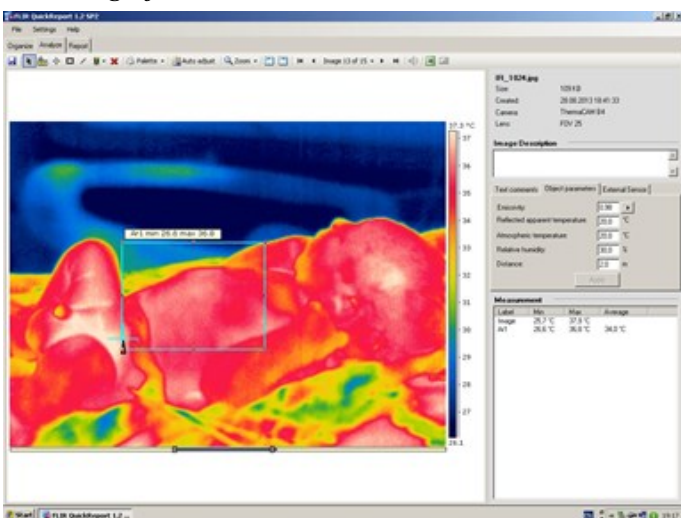
sensibilitatea termică a sa fiind de 0,08 grade Celsius. Această precizie în măsurarea temperaturii se păstrează pe o plajă de temperatură ambientală cuprinsă între -20 și +55 grade Celsius. (conform fișei tehnice a producătorului). Acest dispozitiv a fost utilizat deoarece era singurul pe care îl puteam folosi la acea vreme, aparținând Clinicii III a Institutului Național de Recuperare, Medicină Fizică și Balneologie, București.

Ținând cont că temperatura ambientală la momentul măsurării profilului termic al nou-născuților a fost de 26 grade Celsius, considerăm că precizia aparatului nu a fost afectată.

Temperatura de referință pentru termografiere a fost considerată temperatura din zona abdomenului superior și toracelui pentru că sunt considerate cele mai stabile zone din punct de vedere termic.

Interpretarea imaginilor în infraroșu s-a făcut cu ajutorul programului oferit de fabricantului termografului - FLIR Quick Report 1.2 SP2 (figura 4).

Figura 4. Software folosit pentru interpretarea imaginilor de termografie



REZULTATE

Studiul efectuat a evidențiat faptul că imediat după naștere temperatura este relativ uniform distribuită pe întreaga suprafață a corpului (figura 5). Așa cum era de așteptat, zonele periferice vor fi cele care vor pierde cel mai ușor căldura. În imaginile realizate prin termografiere se poate observa colorația verde-albastră pentru zonele mai reci și colorația roșiatică pentru zonele cele mai calde.

Pentru a interpreta cât mai corect imaginile obținute prin termografiere, este important să fie vizualizată și analizată atent scala de temperatură și culoare (figura 6). În figura 6 se poate observa cel mai bine contrastul dintre culoarea albastră a zonelor mai reci (mediul înconjurător cu o temperatură de aprox. 26 grade Celsius) și culoarea roșie a zonelor cele mai calde ale corpului (torace și abdomen – aproximativ 36,8 grade Celsius).

Imediat după îmbăiere, se uniformizează temperatura tegumentelor. Acest lucru se poate observa comparând imaginea obținută înainte de îmbăiere (figura 7) și imaginea obținută după îmbăiere (figura 8). Uniformizarea temperaturii se datorează nu doar îmbăierii, un rol important avându-l incubatorul deschis, a cărui

Figura 5. Distribuția temperaturii după naștere

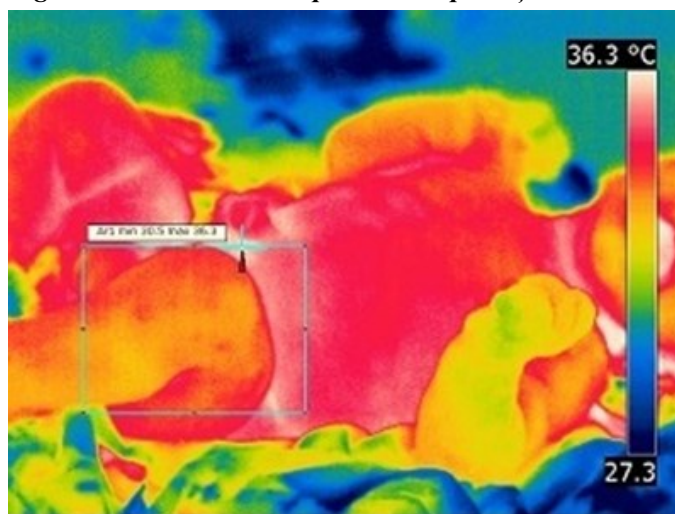


Figura 6. Spectrul de culori în funcție de temperatură (de la albastru la roșu)

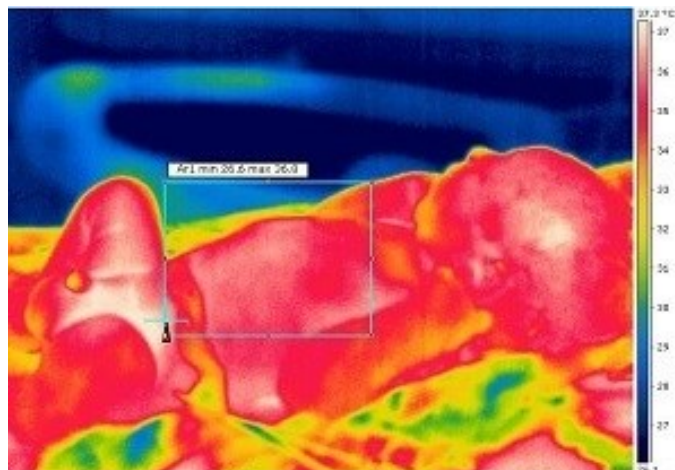


Figura 7. Distribuția temperaturii înainte de baie



temperatură se reglează în funcție de temperatura cutanată a nou-născutului.

În primul lot în care s-a comparat temperatura obținută prin măsurarea cu senzorul electronic

Figura 8. Distribuția temperaturii după baie



Figura 9. Comparația temperaturilor între termograf și senzorii cutanați (23 de nou-născuți)

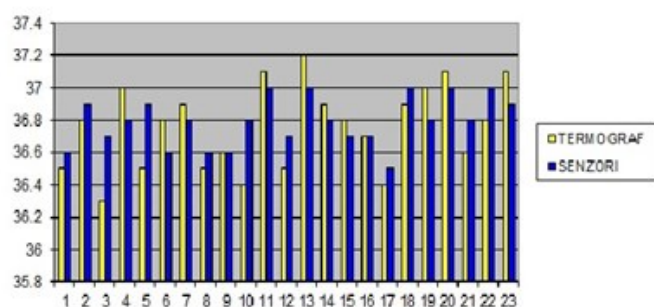
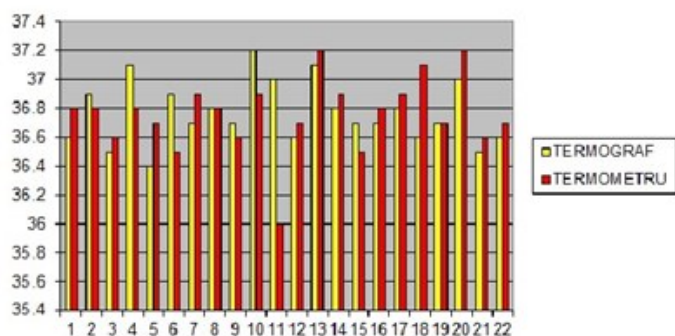


Figura 10. Comparația temperaturilor între termograf și termometrul axilar

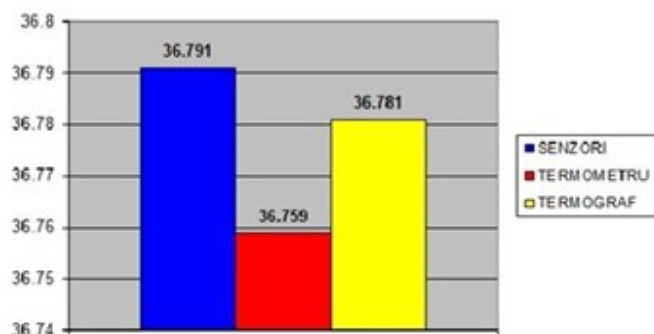


cutanat cu temperatura obținută prin măsurarea cu ajutorul termografului, s-au obținut valori medii de 36,79 respectiv 36,75 grade Celsius (figura 9).

În al doilea lot în care s-a comparat temperatura obținută prin măsurarea cu termometrul electronic în axila cu temperatura obținută prin măsurarea cu ajutorul termografului, s-au obținut valori medii de 36,75 respectiv 36,76 grade Celsius (figura 10).

Valorile medii obținute prin măsurarea temperaturii prin intermediul celor 3 metode (senzor cutanat, termometru electronic și termograf) au fost foarte apropiate (36,791, 36,759 și 36,781) (figura 11). Astfel, se

Figura 11. Comparație între valorile medii ale temperaturilor măsurate cu senzor cutanat vs. termometru vs. termograf



evidențiază faptul că utilizarea termografiei ca metodă de măsurare a temperaturii este o alternativă care trebuie luată în calcul mai ales că nu implică niciun risc pentru nou-născut.

DISCUȚII

În timpul acestui studiu, termograful cu infraroșu s-a dovedit a fi un instrument de încredere pentru monitorizarea neinvazivă a temperaturii. Având în vedere faptul că scopul nostru este să fim cât mai blânzi în manevrarea nou-născuților, un nou instrument neinvaziv pentru evaluarea de rutină ar putea fi un atu pentru fiecare secție de neonatologie.

În 2012, Abbas și colab. au efectuat un studiu pe 12 prematuri în diferite scenarii (incubator neonatal convectiv, kangaroo care, încălzitor radiant deschis) și au ajuns la concluzia că termografia IR poate fi utilizată ca tehnică standard de monitorizare a temperaturii pentru nou-născut [14]. Spre deosebire de metodele lor, am folosit termografia IR pentru măsurarea temperaturii într-un grup de 45 de nou-născuți la termen, dar într-un singur tip de mediu în prima lor viață. Chiar dacă am folosit diferite tipuri de pacienți nou-născuți și diferite tipuri de scenarii, beneficiile utilizării termografiei IR au fost evidente în ambele studii.

În 2013, când a fost realizat acest studiu, a fost o premieră națională în România pentru utilizarea termografiei în neonatologie. Studiul a fost prezentat la Conferința Națională de Neonatologie de la Murighiol în 2013 [16] și ulterior la cel de-al 18-lea Congres al Asociației Poloneze de Termologie, la Zakopane în 2014 [17], unde a fost foarte apreciat. Termografia a fost folosită ulterior în România în alte studii pentru evaluarea respirației nou-născutului [18].

CONCLUZII

În condițiile în care se urmărește o stimulare cât mai redusă a nou-născuților în secția de Neonatologie, utilizarea termografiei în infraroșu pentru măsurarea temperaturii nou-născuților pare a fi o soluție fezabilă.

Termograful este un dispozitiv ușor de utilizat care furnizează valorile temperaturii instant la momentul măsurării. Comparând termograful cu senzorii electronici de temperatură și cu termometrele electronice, observăm faptul că este un dispozitiv cu mare precizie în măsurarea temperaturii.

Prin utilizarea termografului, se evită apariția dermatitelor și a leziunilor tegumentare generate de leucoplast la fixarea senzorilor electronici de temperatură, scade riscul transmiterii infecțiilor de la un pacient la altul prin intermediul termometrelor reutilizabile și se respectă protocolul de stimulare minimă specific secțiilor de terapie intensivă neonatală. De asemenea, timpul necesar măsurării temperaturii nou-născuților dintr-o secție de neonatologie scade semnificativ prin utilizarea termografului prin comparație cu celelalte metode.

Avantajul obținerii unor imagini digitale cu profilul

termic în infraroșu al nou-născutului este faptul că aceste imagini pot fi stocate și studiate ulterior în vederea realizării unor studii ample de termografie în infraroșu.

Un termograf într-o secție de neonatologie poate substitui termometrele, scurtează timpul de măsurare a temperaturii, scade rata transmiterii infecțiilor prin intermediul termometrelor reutilizabile, scade incidența dermatitelor și leziunilor cutanate generate de leucoplastul folosit la fixarea senzorilor cutanați. În concluzie, termograful este un dispozitiv ușor de utilizat, precis și rentabil ca investiție într-o secție de neonatologie.

Bibliografie

1. Ladewig PW, London ML, Olds SB. Maternal-newborn nursing care: The nurse, the family, and the community: 9th Edition. Menlo Park, CA: Addison Wesley Longman Inc. 2017.
2. Nagy E. Gender-related differences in rectal temperature in human neonates. *Early Hum Dev.* 2001 Aug;64(1):37-43.
3. Smith LS. Temperature monitoring in newborns: A comparison of thermometry and measurement sites *Journal of Neonatal Nursing* 2004;10(5).
4. Asakura H. Fetal and neonatal thermoregulation. *J Nippon Med Sch.* 2004 Dec;71(6):360-70.
5. Craig JV, Lancaster GA, Williamson PR, Smyth RL. Temperature measured at the axilla compared with rectum in children and young people: systematic review. *BMJ.* 2000 Apr 29;320(7243):1174-8.
6. Sganga A, Wallace R, Kiehl E, Irving T, Witter L. A comparison of four methods of normal newborn temperature measurement. *MCN Am J Matern Child Nurs.* 2000 Mar-Apr;25(2):76-9.
7. WHO Safe motherhood - Thermal control of the newborn: a practical guide - WHO/FHE/MSM/93.2 – 1994.
8. Craig JV, Lancaster GA, Williamson PR, Smyth RL. Temperature measured at the axilla compared with rectum in children and young people: systematic review. *BMJ.* 2000 Apr 29;320(7243):1174-8.
9. Abbas AK, Heimann K, Jergus K, Orlikowsky T, Leonhardt S. Neonatal non-contact respiratory monitoring based on real-time infrared thermography. *Biomed Eng Online.* 2011 Oct 20;10:93.
10. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol.* 2012 Jul;55(4):221-235.
11. Jung A, Zuber J, Ring F. A Case Book of Infrared Imaging in Clinical Medicine. Warszawa: MedPress, 2003.
12. Ammer K, Ring EFJ. The Thermal Image in Medicine and Biology. Vienna: Uhlen Verlag, 1995.
13. Infrared Thermal Mapping, Analysis and Interpretation in Biomedicine - SELVAN, Arul and CHILDS, Charmaine. Infrared Thermal Mapping, Analysis and Interpretation in Biomedicine. In: NG, Eddie YK and ETEHADTAVAKOL, Mahnaz, (eds.) Application of Infrared to Biomedical Sciences. Springer, 2017:377-394.
14. Abbas AK, Heimann K, Blazek V, Thorsten Orlikowsky, Neonatal infrared thermography imaging: Analysis of heat flux during different clinical scenarios - Steffen Leonhardt - *Infrared Physics & Technology* 2012;55:538-548.
15. Lorato I, Stuijk S, Meftah M, Kommers D, Andriessen P, van Pul C, de Haan G. Multi-camera infrared thermography for infant respiration monitoring. *Biomed Opt Express.* 2020 Aug 3;11(9):4848-4861.
16. Patologie respiratorie neonatală – volum de rezumate ISBN 978-973-632-779-7 A XVI-A Conferința Națională de Neonatologie, Murighiol, România.
17. Proceedings of the 18th Congress of the Polish Association of Thermology - Zakopane, Poland, April 4th – 6th, 2014 Volume: *Thermology international* 2014;24(2):53-67.
18. Luca C, Andrițoi D, Corciovă C. The use of thermographic techniques and analysis of thermal images to monitor the respiratory rate of premature new-borns. *Case Studies in Thermal Engineering.* 2021;25:100926.