

**UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE  
„CAROL DAVILA”, BUCUREȘTI  
ȘCOALA DOCTORALĂ  
MEDICINĂ**

*Utilizarea camerei termale în evaluarea indicației chirurgicale la pacienții cu  
picior diabetic*

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**Conducător de doctorat:  
PROF. UNIV. DR. FLORESCU IOAN PETRE**

**Student-doctorand:  
COZMA CRISTINA-NICOLETA**

## Cuprins

|  |                  |
|--|------------------|
| Introducere.....   | pagina 7         |
| <b>I. Partea generală.....</b>                           | <b>pagina 11</b> |
| <b>1. Diabetul zaharat.....</b>                          | <b>pagina 11</b> |
| 1.1. Definiție și fiziopatologie.....                    | pagina 11        |
| 1.2. Clasificare.....                                    | pagina 11        |
| 1.3. Epidemiologie.....                                  | pagina 13        |
| 1.4. Diagnostic.....                                     | pagina 14        |
| 1.5. Complicații.....                                    | pagina 14        |
| 1.5.1. Complicații microvasculare.....                   | pagina 14        |
| 1.5.1.1. Retinopatia diabetică.....                      | pagina 15        |
| 1.5.1.2. Nefropatia diabetică.....                       | pagina 15        |
| 1.5.1.3. Neuropatia diabetică.....                       | pagina 15        |
| 1.5.2. Complicații macrovasculare.....                   | pagina 16        |
| 1.5.3. Alte complicații.....                             | pagina 16        |
| <b>2. Definierea conceptului de picior diabetic.....</b> | <b>pagina 17</b> |
| 2.1 Introducere.....                                     | pagina 17        |
| 2.2 Epidemiologie.....                                   | pagina 17        |
| 2.3 Etiopatogenie.....                                   | pagina 19        |
| 2.3.1 Neuropatia diabetică.....                          | pagina 21        |
| 2.3.1.1 Polineuropatia distală simetrică.....            | pagina 21        |
| 2.3.1.2 Neuropatia diabetică autonomă.....               | pagina 22        |
| 2.3.2 Boala vasculară periferică.....                    | pagina 23        |
| 2.4 Biomecanica piciorului diabetic.....                 | pagina 24        |
| 2.4.1 Presiunea plantară.....                            | pagina 25        |
| 2.4.2 Deformarea piciorului.....                         | pagina 26        |
| 2.4.2.1 Piciorul Charcot.....                            | pagina 27        |
| 2.4.3 Zonele la risc pentru apariția ulcerației.....     | pagina 29        |

|   |                  |
|---|------------------|
| 2.5 Clasificarea leziunilor piciorului diabetic.....  | pagina 30        |
| 2.6 Diagnosticul piciorului diabetic.....   | pagina 33        |
| 2.6.1 Anamneza.....   | pagina 33        |
| 2.6.2 Diagnostic clinic.....  | pagina 34        |
| 2.6.3 Diagnostic paraclinic.....  | pagina 37        |
| 2.6.3.1 Teste pentru evaluarea neuropatiei diabetice.....   | pagina 38        |
| 2.6.3.2 Evaluarea implicării osoase.....  | pagina 39        |
| 2.7 Tratament.....  | pagina 40        |
| 2.7.1 Tratament farmacoterapeutic.....  | pagina 41        |
| 2.7.2 Tratament non-chirurgical.....  | pagina 41        |
| 2.7.3 Tratament chirurgical.....  | pagina 41        |
| 2.8 Complicații.....  | pagina 42        |
| 2.9 Urmărire .....  | pagina 44        |
| 3.Camera termografică.....  | pagina 46        |
| 3.1 Mod de funcționare.....   | pagina 47        |
| 3.2 Aplicații in medicină.....  | pagina 48        |
| 3.3 Folosirea camerei termografice în evaluarea piciorului diabetic (studii existente).....   | pagina 50        |
| <b>II. Contribuții personale.....</b>   | <b>pagina 52</b> |
| 4. Ipoteza de lucru și obiectivele generale.....  | pagina 52        |
| 4.1 Obiectivul studiului.....   | pagina 52        |
| 4.2 Criterii de includere și excludere din studiu.....  | pagina 53        |
| 5. Metodologia generală a cercetării.....   | pagina 56        |
| 5.1 Modalități de evaluare subiecți.....  | pagina 56        |
| 5.1.1 Anamneza și examen clinic.....  | pagina 56        |
| 5.1.2 Probele biologice.....  | pagina 64        |
| 5.1.3 Evaluare imagistică.....  | pagina 65        |
| 5.1.4 Alegerea unei conduite terapeutice adecvate în funcție de aspectul clinic și de vascularizația locală in cadrul grupului de pacienți cu diabet zaharat..... | pagina 66        |
| 5.1.4.1 Anamneza.....   | pagina 66        |

|         |   |            |
|---------|---|------------|
| 5.1.4.2 | Evaluarea și clasificarea ulcerății   | pagina 67  |
| 5.1.4.3 | Evaluarea dimensiunii ulcerății   | pagina 67  |
| 5.1.4.4 | Evaluarea bazei și adâncimii ulcerății  | pagina 67  |
| 5.1.4.5 | Evaluarea marginilor plăgii   | pagina 68  |
| 5.1.4.6 | Evaluarea prezenței infecției   | pagina 68  |
| 5.1.4.7 | Evaluarea prezenței osteomielitei   | pagina 71  |
| 5.2     | Evaluarea piciorului diabetic folosind camera termală   | pagina 72  |
| 5.2.1   | Protocol de utilizare   | pagina 72  |
| 5.2.2   | Protocol de procesare a imaginilor  | pagina 74  |
| 6.      | Evaluarea vascularizației picioarelor la subiecții sănătoși cu ajutorul camerei termale                                       | pagina 77  |
| 6.1     | Introducere   | pagina 77  |
| 6.2     | Material și metodă  | pagina 82  |
| 6.3     | Rezultate   | pagina 83  |
| 6.4.    | Discuții  | pagina 86  |
| 6.5.    | Concluzii   | pagina 91  |
| 7.      | Evaluarea indicației chirurgicale la pacienții cu picior diabetic utilizând camera termală                                    |            |
| 7.1     | Introducere   | pagina 92  |
| 7.2     | Material și metodă  | pagina 92  |
| 7.3     | Rezultate   | pagina 93  |
| 7.4     | Discuții  | pagina 117 |
| 7.5     | Concluzii   | pagina 132 |
| 8.      | Folosirea camerei termografice în evaluarea pre și postoperatorie a metodelor reconstructive, a arsurilor și a traumatismelor | pagina 133 |
| 8.1     | Folosirea camerei termografice în evaluarea pre și postoperatorie a procedurilor reconstructive                               | pagina 133 |
| 8.1.1   | Evaluarea preoperatorie a lambourilor axiale și bazate pe circulație întâmplătoare  | pagina 133 |
| 8.1.2   | Evaluarea preoperatorie a lambourilor bazate pe artere perforante   | pagina 138 |
| 8.1.3   | Evaluarea intraoperatorie și postoperatorie a lambourilor   | pagina 141 |
| 8.2     | Evaluarea arsurilor   | pagina 147 |

|  |            |
|--|------------|
| 8.3 Evaluarea traumatismelor.....          | pagina 149 |
| 8.4 Discuții.....                          | pagina 154 |
| 8.5 Concluzii.....                         | pagina 155 |
| 9. Concluzii și contribuții personale..... | pagina 157 |
| 9.1 Concluzii.....                         | pagina 157 |
| 9.2 Contribuții personale.....             | pagina 160 |
| Bibliografie.....                          | pagina 162 |
| Anexe.....                                 | pagina 179 |

## Introducere

Diabetul zaharat este o boală metabolică cu o incidență în creștere și cu numeroase complicații ce pot duce la infirmitate. Piciorul diabetic reprezintă una din cele mai invalidante complicații apărute în cadrul pacienților diagnosticați cu diabet zaharat, ce duce la internări multiple și de lungă durată, la costuri mari cât și la o scădere a calității vieții, consecința finală fiind de cele mai multe ori amputația. Prevenția cât și tratamentul precoce al ulcerărilor din cadrul piciorului diabetic reprezintă singurele modalități de scădere a gradului de amputație, de creștere a calității vieții și chiar de creștere a supraviețuirii. Aceasta poate fi realizată prin menținerea unui control glicemic adecvat, educarea pacientului, evaluarea regulată a membrelor inferioare, purtarea unei încălțăminte adecvate cât și prezentarea precoce la medic în cazul apariției unei ulcerări.

Evaluarea vascularizației locale este de asemenea importantă conferind informații cu privire la riscul de apariție a ischemiei locale cât și gradul de vindecare în cazul prezenței unei ulcerări. Procedurile clasice de evaluare a vascularizației precum angiografia convențională sau ultrasonografia Doppler pot fi folosite pentru evaluarea preoperatorie cât și postoperatorie. O alta modalitate de evaluare este camera termografică ce are un spectru larg de aplicare în chirurgia plastică, de la evaluarea vaselor cutanate până la evaluarea adâncimii unei arsuri. Evaluarea temperaturii locale poate fi o nouă modalitate de evaluare a vascularizației piciorului diabetic și totodată a riscului de apariție a ulcerărilor locale. Totodată se poate realiza evaluarea preoperatorie a vascularizației piciorului diabetic ce conferă informații ce permit alegerea unei metode de acoperire viabile sau impun realizarea unei amputații precoce pentru a stopa evoluția nefavorabilă. Acest lucru poate fi realizat în timp real fiind un dispozitiv ușor de utilizat, ieftin, non-invaziv și cu o curbă mică de învățare.

Lucrarea aceasta își propune să arate utilitatea camerei termale în evaluarea temperaturii și vascularizației de la nivelul membrelor inferioare cât și în evaluarea indicației chirurgicale la pacienții cu picior diabetic.

Teza de doctorat cuprinde două părți: prima parte, stadiul cunoașterii, iar a doua parte, cea de contribuții personale. La aceste două părți principale ale lucrării se adaugă introducerea, bibliografia și anexele, acestea din urmă conținând articolele publicate din teza de doctorat.

Prima parte a tezei de doctorat, cuprinde 3 capitole intitulate diabetul zaharat, conceptul de picior diabetic și camera termografică în care sunt prezentate diagnosticul, epidemiologia cât și

complicațiile diabetului zaharat si a piciorului diabetic, precum si utilizările camerei termografice până in prezent. Partea a doua cuprinde un număr de 5 capitole in care sunt prezentate ipoteza de lucru si obiectivele generale, metodologia generală a cercetării, evaluarea vascularizației picioarelor la subiecți sănătoși sau cu diabet zaharat cât si folosirea camerei termale in evaluarea pre si postoperatorie a metodelor reconstructive, a arsurilor si a traumatismelor.

## **Stadiul cunoașterii**

### **1. Diabetul zaharat**

#### **1.1 Definiție și fiziopatologie**

Acest subcapitol prezinta definiția diabetului zaharat ce este o boală metabolică caracterizată de creșterea glucozei sanguine datorată de deficitul de secreție de insulină, de acțiune a insulinei sau ambele [1]. Aceasta hiperglicemie determină și manifestări clinice precum poliurie, polidipsie, polifagie, scădere în greutate sau afectarea vederii. Totodată determina o scădere a imunității cu predispoziție marcată către apariția de infecții locale [1].

#### **1.2 Clasificare**

Clasificarea diabetului zaharat este cea propusa de Asociația Americană de Diabet în 1997 ce împarte diabetul in tipul 1, tipul 2 și diabetul gestațional [1], cu o proporție de 5-10% diabet tip I. acesta din urma se datorează distrugerii autoimune a celulelor Beta din pancreas, inhibând astfel producția de insulină.

Diabetul zaharat de tip 2 are mai multe cauze precum rezistența la insulină sau răspunsul neadecvat compensator al secreției de insulină, pacienții prezentând un procent mai mare de grăsime abdominala și o parte dintre aceștia fiind obezi [2].

Diabetul gestațional apare in timpul sarcinii si creste riscul apariției complicațiilor atât pentru făt cât si pentru mamă reprezentate prin macrosomie, preeclamsie sau naștere prematură. Acesta dispare de obicei după naștere, dar determină un risc mai mare de apariție a diabetului ulterior, atât la mama cât si la făt [2].

#### **1.3 Epidemiologie**

Diabetul zaharat este una din cele mai răspândite maladii cu un număr de 463 de milioane de persoane diagnosticate in prezent [3]. In ceea ce privește tara noastră sunt puține date recente, ultimul studiu de amploare fiind realizat in 2015 si fiind înregistrate un număr de 1285000 de

cazuri cu diabet zaharat cu vârsta între 20 și 79 de ani, aceștia având o prevalență mai crescută (13,39%) în partea de sud a țării [4].

#### **1.4 Diagnostic**

Diagnosticul se realizează prin intermediul evaluării glicemiei plasmatice ce trebuie să fie mai mare de 126mg/dl, prin testul de toleranță la glucoză cu o valoare de peste 200mg/dl cât și prin evaluarea hemoglobinei glicozilate cu o valoare mai mare de 6,5% [1], [5]. Aceasta din urmă este preferată pentru realizarea diagnosticului nefiind influențată de glicemia plasmatică momentana, de stres sau infecții[6].

#### **1.5 Complicații**

Complicațiile apărute în cadrul diabetului zaharat sunt microvasculare, reprezentate de neuropatia, nefropatia și retinopatia diabetică și macrovasculare reprezentate de afectarea cardiovasculară. Acestea apar datorită efectelor proinflamatorii și protrombotice ale hiperglicemiei [7].

Retinopatia diabetică reprezintă cea mai frecventă cauză de pierdere a vederii la adulți fiind caracterizată prin apariția de microanevrisme capilare retiniene cu neovascularizație proliferativă și edem macular[8].

Nefropatia diabetică se caracterizează prin afectarea microvascularizației renale cu scleroza glomerurilor fiind principala cauză de apariție a bolii renale cronice caracterizată prin insuficiența renală[9]. Tratamentul se realizează prin controlul riguros glicemic asociat cu menținerea în valori normale a tensiunii arteriale.

Neuropatia diabetică apare datorită afectării microvascularizației neurale având ulterior efecte directe asupra neuronilor afectând funcția nervoasă[8], [10].

Complicațiile macrovasculare apar datorită prezenței dislipidemiei, hiperglicemiei și hiperinsulinemiei. Acestea sunt caracterizate prin infarct miocardic, accident vascular cerebral, boală arterială periferică[8]. Tratamentul constă în principal în controlul factorilor de risc cardiovasculari ce includ controlul glicemiei, dislipidemiei, tensiunii arteriale asociate cu oprirea fumatului și administrarea zilnică de aspirină și inhibitori de enzimă de conversie [8], [10].

Piciorul diabetic reprezintă una din principalele complicații ce apare la pacienții cu durată lungă a diabetului zaharat fiind caracterizat prin microangiopatie, ulceratie și infecție[11].



## **2. Definirea conceptului de picior diabetic**

### **2.1 Introducere**

Piciorul diabetic este definit prin triada formată din neuropatie, infecție și ischemie. Complicațiile apărute la nivelul piciorului sunt printre cele mai serioase și costisitoare complicații apărute în cadrul diabetului zaharat, fiind însoțite de zile lungi de spitalizare, ce duc în timp la amputații ale membrilor afectate[12]. Tratamentul trebuie să fie atât sistemic cât și local, cu tratarea cauzelor ce au dus la apariția ulcerăției locale. Prevenirea apariției piciorului diabetic ar trebui să fie o prioritate, deoarece aceasta va duce în timp la o creștere a calității vieții, la scăderea costurilor cât și la o creștere a speranței de viață.

### **2.2 Epidemiologie**

Unele studii arată că prevalența piciorului diabetic este între 1,5 % și 12%[13]. Această creștere este mai mare în țările în curs de dezvoltare datorită numărului scăzut de măsuri de prevenție și tratament ce duc în timp la apariția complicațiilor[14]. Aproximativ 15% din pacienții cu diabet zaharat vor experimenta de-a lungul vieții apariția unei ulcerății la nivelul piciorului[15]. Dintre aceștia o proporție de până la 50% necesită o amputație la prima vizită la medic datorită prezentei infecției extinse[15]. Prevalența piciorului diabetic este mai frecventă la bărbați (aproximativ 4,5%) în comparație cu femeile (aproximativ 3,5%), și mai frecventă la pacienții cu diabet zaharat de tip II (6,4%) în comparație cu pacienții cu diabet zaharat de tip I (5,5%) [16].

### **2.3 Etiopatogenie**

Inițial s-a considerat ca principalii factori de risc pentru apariția piciorului diabetic sunt neuropatia, boala vasculară periferică și infecția. Sunt prezenți și alți factori de risc nemodificabili precum: sexul masculin, vârsta peste 64 de ani, durata diabetului peste 10 ani, tratamentul cu insulină, ulcerății în antecedente sau deformarea piciorului cât și factori modificabili precum fumatul, indicele de masă corporală, control glicemic slab, infecția, neuropatia, arteriopatia vasculară periferică, retinopatia sau starea socială precară.

#### **2.3.1 Neuropatia diabetică**

Se caracterizează prin afectarea nervilor periferici având ca factor de risc principal durata diabetului. Există mai multe tipuri de neuropatie diabetică ce se clasifică în neuropatii simetrice sau asimetrice. Dintre cele simetrice amintim: polineuropatia diabetică, neuropatia autonomă dureroasă iar din neuropatiile asimetrice: neuropatiile plexale radiculare (lombosacrale, toracice

sau cervicale), mononeuropatiile sau neuropatiile nervului median la nivelul articulației radiocarpene sau a nervului ulnar la nivelul cotului.

Neuropatia diabetica autonomă este un tip de neuropatie ce afectează de obicei organele interne determinând afectare cardiovasculară, gastrointestinală, urinară, sexuală sau dereglări metabolice.

### **2.3.2 Boala vasculară periferică**

Boala vasculară periferică se caracterizează clinic prin prezența claudicației intermitente și absența pulsurilor ce determină o vascularizație deficitară în periferie. Aceasta este de 2 ori mai frecventă la pacienții cu diabet zaharat în comparație cu populația generală, fiind un factor de risc pentru amputația membrului inferior, deși nu este o cauză directă de apariție a ulcerației[17]. Investigația Gold-Standard pentru evaluarea arteriopatiei periferice este arteriografia, dar aceasta mai poate fi evaluată și prin investigații paraclinice cum ar fi ecografie Doppler sau radiografia. Factorii de risc pentru apariția arteriopatiei diabetice sunt vârsta, diabetul, hipercolesterolemia și fumatul. În ceea ce privește pacienții cu diabet, asocierea arteriopatiei cu neuropatia diabetica duce la creșterea riscului de apariție a ulcerațiilor piciorului diabetic[18].

### **2.4 Biomecanica piciorului diabetic**

Principala cauza directă de apariție a piciorului diabetic e reprezentată de stresul mecanic ce acționează asupra țesuturilor și traumatismele repetate ce apar datorită lipsei de sensibilitate. Aceasta pierdere a sensibilității poate determina și subluxația articulară ceea ce modifică zonele de presiune de la nivel plantar[19].

Presiunea plantară are un rol direct în apariția ulcerațiilor plantare, dar până în prezent nu s-a descoperit o valoare critică a acesteia, fiind totodată asociată cu trauma repetată sau redoarea articulară [19]. Deformarea piciorului are un impact crescut asupra apariției ulcerațiilor de la nivel dorsal caracterizându-se prin prezența degetelor „în gheară”, piciorul Charcot, halux valgus, supinației sau pronației antepiciorului[20].

### **2.5 Clasificarea leziunilor piciorului diabetic**

Una dintre cele mai frecvent folosite clasificări este cea descrisă de Wagner și Mugit în 1970. În prezent se folosește clasificarea Universității din Texas care, spre deosebire de clasificarea Wagner Mugit, aduce informații suplimentare cu privire la prezența ischemiei sau infecției [21]. Clasificarea PEDIS a devenit un instrument foarte util ce poate fi utilizat la pacienții spitalizați cu ulcerații de cauză diabetica fiind specializat în selecționarea populației pentru studiile prospective.

Aceasta este o clasificare ce a fost folosită în cadrul acestui studiu de doctorat, fiind potrivită pentru descrierea ulcerărilor pacienților înrolați și stabilirea criteriilor de includere și de excludere[22].

## **2.6 Diagnosticul piciorului diabetic**

Este realizat în primul rând prin anamneză ce permite identificarea factorilor de risc și antecedentelor medicale. Examinarea clinică permite evaluarea statusului prezent al tegumentelor, unghiilor, deformităților cât și a vascularizației locale prin intermediul palpării pulsurilor [23].

Diagnostic paraclinic permite evaluarea prezentei neuropatiei diabetice prin intermediul unor teste specifice ce examinarea sensibilității vibratorii, a sensibilității tactile și a funcției motorii. Evaluarea implicării osoase se realizează prin intermediul radiografiilor de față și profil, fiind uneori necesare tomografiile computerizate sau chiar biopsii pentru excluderea osteomielitei[24].

## **2.7 Tratament**

Tratamentul ulcerărilor din cadrul piciorului diabetic poate fi realizat conservator sau chirurgical în funcție de aspectul acestora. În primul rând este important menținerea controlului glicemic și tratamentul neuropatiei [25].

În cazul tratamentului nonchirurgical se încearcă folosirea de pansamente adecvate fiecărui tip de plagă. Tratamentul chirurgical constă în principal în debridarea excizională a țesuturilor devitalizate cu rol în scăderea încărcăturii bacteriene și stimularea locală de producere a factorilor de creștere [26]. Ulterior se pot folosi procedee reconstructive reprezentate prin lambouri locale sau la distanță folosite pentru acoperirea defectului rezultat[26].

## **2.8 Complicații**

Ulcerările prezente în cadrul piciorului diabetic prezintă numeroase complicații imediate și tardive. Tratamentul acestora este important deoarece reprezintă un pas important în evitarea amputației[8]. Acestea sunt reprezentate de: celulita, abces, necroza, osteomielita sau amputație.

Amputația poate fi indicată atunci când boala vasculară periferică, neuropatia și ulcerarea determină necroza țesutului moale cu infecție și durere greu de tratat[27]. Criteriile pentru realizarea amputației primare sunt prezența durerii ischemice la repaus ce nu poate fi tratată prin analgezie și revascularizare, prezența unei infecții amenințătoare de viață ce nu răspunde la tratament sau prezența unei ulcerări ce nu se vindecă și împiedică realizarea mobilității. Amputația degetelor este rareori eficientă, deoarece de multe ori este necesară amputația secundară [28].

## **2.9 Urmărire**

Urmărirea și evaluarea constantă a picioarelor in cazul pacienților cu picior diabetic este foarte importantă și poate stopa apariția ulcerațiilor de la acest nivel [29]. Inspecția zilnică de către pacient sau de către familie este de asemenea foarte importantă. Toaleta zilnică cu apă și săpun, urmată de aplicarea de creme cu rol in hidratare permit menținerea tegumentului intact și împiedică apariția leziunilor.

### **3. Camera termografică**

#### **3.1 Mod de funcționare**

Camera termografică reprezintă o metodă imagistică de diagnostic ce detectează radiația termică emisă de o suprafața și o convertește in temperatură. Aceasta înregistrează și produce o imagine numita termogramă. Aceasta poate aduce informații atât calitative cat și cantitative ale temperaturii [30]. Examinarea trebuie realizată într-o camera cu temperatura constantă între 18 și 24 de grade (aprox 22° C) cu o umiditate mai mică de 50%[31]. Trebuie de asemenea să existe suficient spațiu pentru amplasarea echipamentului și pentru mobilitatea atât a medicului cat și a pacientului. De asemenea ferestrele trebuie sa rămână închise pentru a evita crearea de fluxuri de curenți.

#### **3.2 Aplicații in medicină**

In cazul aplicațiilor medicale camera termală a fost folosită pentru evaluarea neuropatiei diabetice, problemelor vasculare, descoperirea cancerului de sân, a metastazelor hepatice, in dermatologie, stomatologie, ginecologie, evaluarea transplantului renal, tratamentului de inimă, febrei, dureri musculare și diagnosticul afecțiunilor reumatismale[32]. In cadrul chirurgiei plastice camera termografică este folosita in evaluarea profunzimii arsurilor si in cadrul evaluării pre si postoperatorii a lambourilor din procedurile reconstructive [33].

#### **3.3 Folosirea camerei termografice în evaluarea piciorului diabetic (studii existente)**

Folosirea temperaturii in evaluarea piciorului diabetic a fost evaluată in peste 30 de studii, primul dintre acestea fiind publicat in 1967 de către Branemark [34]. Evaluarea termografică reprezintă o noua tehnologie ce poate ajuta in detecția precoce a apariției ulcerațiilor din piciorul diabetic prin evaluarea creșterii temperaturii de la nivel plantar ce indică apariția inflamației. Aceasta poate fi crescuta cu până la o săptămâna înaintea apariției ulcerației.

## **Contribuții personale**

### **4. Ipoteza de lucru și obiectivele generale**

#### **4.1 Obiectivul studiului**

Principalul obiectiv urmărit în cadrul acestei teze de doctorat este studierea potențialului camerei termale în evaluarea vascularizației locale la pacienții cu picior diabetic ce permite aprecierea necesității instituirii tratamentului chirurgical în leziunile ulcerative ceea ce poate duce la o scădere a numărului de amputații. Totodată aceasta evaluare termografică a piciorului diabetic poate permite un diagnostic precoce și chiar poate preveni apariția ulcerărilor de la acest nivel.

Obiectivele secundare sunt următoarele:

- Instituirea unui protocol de diagnostic și monitorizare folosind camera termografică în cazul pacienților cu picior diabetic și ulcerății plantare ce poate fi folosit în clinică, având în vedere ca este un dispozitiv sigur, non invaziv, neiradiant, fără contact și ieftin.

- Descoperirea unei valori standard bazale a temperaturii membrelor inferioare la persoanele fără diabet zaharat și compararea acesteia cu temperatura membrelor inferioare a persoanelor cu diabet zaharat

- Evaluarea temperaturii și corelarea cu vascularizația piciorului diabetic folosind camera termală și ulterior compararea acesteia cu valoarea standard bazală cât și evaluarea influenței neuropatiei asupra temperaturii piciorului diabetic

- Crearea unui algoritm terapeutic și alegerea indicației chirurgicale adecvate în cazul ulcerărilor apărute în piciorul diabetic în funcție de microvascularizația locală

- Realizarea unui protocol de monitorizare constantă a pacienților cu picior diabetic pentru a scădea riscul de apariție a ulcerărilor plantare

- Evaluarea altor indicații a folosirii camerei termale în cadrul chirurgiei plastice

#### **5. Metodologia generală a cercetării**

Pentru îndeplinirea obiectivelor propuse s-a realizat un studiu prospectiv în perioada 2017-2020 în care s-au înrolat un grup de 51 de pacienți diagnosticați cu diabet zaharat și cu picior diabetic și un alt grup de 50 de persoane sănătoase. Aceste loturi de pacienți au fost realizate prin colaborarea cu Spitalul Clinic de Urgență “Prof. Dr. Agrippa Ionescu”, București.

Comitetul etic a aprobat de asemenea studiul intitulat „Utilizarea camerei termale in evaluarea indicației chirurgicale la pacienții cu picior diabetic”. Pacienții au semnat un consimțământ informat in care aprobau includerea in studiu.

A fost evaluată termografic vascularizația plantară identificând necesitatea instituirii unui tratament conservator sau chirurgical. Totodată au fost exemplificate si pe un alt lot de pacienți evaluarea termografică a procedurilor reconstructive, arsurilor si traumatismelor. Imaginile sunt stocate pe un card de memorie SD și ulterior descărcate in baza de date și procesate cu programul Flir Systems Tools. Analiza statistică a fost realizată cu programul SPSS 23.0.

### **5.1 Modalități de evaluare subiecți**

Pentru evaluarea subiecților s-a realizat anamneza si examenul clinic ce aduce informații cu privire la sex, vârsta, profesie, indice de masa corporală, antecedente heredocolaterale, antecedente personale patologice, medicație, obiceiuri zilnice. De asemenea a fost evaluată si prezența bolii arteriale periferice prin intermediul clasificării Fontaine cât si a neuropatiei prin intermediul testului cu monofilament si prin testarea sensibilității tactile. Totodată s-a realizat evaluarea clinica a tegumentelor, a prezentei calusului si a articulațiilor. Palparea pulsurilor a fost realizată pentru evaluarea vascularizației locale.

Pe lângă examenul clinic au fost recoltate si probe biologice reprezentate de hemoleucogramă, probe de coagulare, probe renale, hepatice, inflamatorii cât si hemoglobina glicozilată pentru evaluarea controlului glicemic. Evaluarea imagistică a fost realizată fiecărui pacient cu ulcerație fiind reprezentată de o radiografie de față si profil.

In cazul pacienților cu ulcerații plantare a fost aleasă o conduită adecvată reprezentată prin identificarea factorilor ce au dus la apariția ulcerației, debutul acesteia, prezenta durerii, tratamente efectuate sau prezenta in antecedente a unei leziuni asemănătoare.

De asemenea ulcerația este evaluată din punct de vedere al aspectului, al dimensiunii, al adâncimii si al prezentei sau absentei secreției ce poate oferi informații cu privire la prezenta infecției. De la nivelul fiecărei ulcerații se recoltează culturi microbiene pentru evaluarea germenilor si realizarea unei antibiogramme necesare pentru instituirea unei antibioticoterapii țintite.

Evaluarea osteomielitei se realizează in principal la ulcerațiile cu expunere osoasă sau cu dimensiuni de peste 2cm<sup>2</sup>, diagnosticul realizându-se prin intermediul unei radiografii.

### **5.2 Evaluarea piciorului diabetic folosind camera termală**

Toți pacienții incluși în studiu au fost supuși unei evaluări a temperaturii locale cu ajutorul unei camere termale cu termoviziune. Aceasta oferă informații cu privire la vascularizația locală sau prezența zonelor de inflamație de la acest nivel. Evaluarea temperaturii s-a realizat la nivelul regiunii plantare și dorsale bilateral. Procesarea imaginii s-a realizat ulterior cu programul Flir Tools și a constat în separarea celor 2 picioare și segmentarea acestora. S-a calculat temperatura medie, apoi temperatura în cele 7 puncte de interes de la nivel plantar și anume: haluce, degete, cap de metatarsian I,III,V, mijlocul plantei și călcâi. De asemenea s-a măsurat temperatura și a celor 4 angioame de la nivel plantar :angiosom plantar medial, angiosom plantar lateral, angiosom calcanean medial, angiosom calcanean lateral.

## **6. Evaluarea vascularizației picioarelor la subiecții sănătoși cu ajutorul camerei termale**

### **6.1 Introducere**

Vascularizația piciorului este realizată prin intermediul a două artere: artera pedioasă ce provine din artera tibială anterioară și artera tibială posterioară, ce pot fi palpate la nivelul piciorului. La nivelul piciorului sunt prezente 6 angioame ce au originea în cele 3 mari surse arteriale de la nivelul piciorului și gleznei: artera tibială anterioară, artera tibială posterioară și artera peronieră. Evaluarea cu camera termografică permite totodată și evaluarea vascularizației locale identificând zonele mai slab perfuzate.

### **6.2 Material și metodă**

În cadrul acestui capitol a fost descris un studiu prospectiv observațional pe un lot de 50 de subiecți sănătoși cu vârsta peste 18 ani, ce nu au fost diagnosticați cu diabet zaharat, neuropatie sau boală vasculară periferică, și fără leziuni asociate la nivelul picioarelor, cărora li s-a evaluat din punct de vedere termografic regiunea plantară.

Inițial a fost realizată anamneza ce includea informații referitoare la nume, sex, vârsta, profesie, lucrul în mediu toxic, fumător, consum de alcool, înălțime, greutate, antecedente heredocolaterale, antecedente personale patologice și medicația cronică. Evaluarea termografică utilizând camera termală s-a realizat în a doua zi de la internare, bilateral fiind calculată o valoare medie a temperaturii plantare.

Analiza statistică a datelor a fost realizată folosind un program software de evaluare statistică SPSS 23.0, iar evidența statistică a fost stabilită pentru  $p < 0,05$ .

### 6.3 Rezultate

Majoritatea subiecților au fost de gen feminin (58%) cu o vârstă medie de  $50,16 \pm 18,26$  ani. Antecedentele personale patologice ale subiecților sunt în principal cardiace, 17 dintre aceștia (34%) având hipertensiune arterială și 9 (18%) boala cardiacă ischemică. În ceea ce privește factorii de risc, dislipidemia a fost asociată cu un procent mai mare de pacienți diagnosticați cu hipertensiune arterială 70% ( $p < 0,0001$ ) și cu boală cardiacă ischemică 77,77% ( $p < 0,0001$ ). Evaluarea corelației dintre anumite variabile a descris o corelație pozitivă puternică între hipertensiune și prezența dislipidemiei ( $r = 0,783$ ;  $p < 0,0001$ ) și hipertensiune și creșterea vârstei ( $r = 0,702$ ;  $p < 0,0001$ ) și o corelație pozitivă moderată între hipertensiunea arterială și valoarea indicelui de masă corporală ( $r = 0,647$ ;  $p < 0,0001$ ) cât și prezența bolii cardiace ischemice ( $r = 0,543$ ;  $p < 0,0001$ ).

De asemenea există o corelație pozitivă moderată între prezența dislipidemiei și vârsta ( $r = 0,592$ ;  $p < 0,0001$ ) sau creșterea indicelui de masă corporală ( $r = 0,583$ ;  $p < 0,0001$ ) cât și prezența bolii cardiace ischemice ( $r = 0,590$ ;  $p < 0,0001$ ). Evaluarea termografică a fost realizată la nivel plantar bilateral, măsurându-se atât temperatura medie pentru fiecare picior cât și temperaturile de la nivelul angioaselor arterei plantare mediale, arterei plantare laterale, arterei calcaneale mediale și laterale. În ceea ce privește temperatura medie plantară dreaptă aceasta a avut valoarea medie de  $31,67 \pm 2,26$  grade Celsius fără nici o diferență semnificativă statistic ( $p = 0,78$ ) față de temperatura medie plantară stângă ce a avut o valoare medie de  $31,7 \pm 2,12$  grade. Evaluarea termografică a celor 4 angioasme a permis clasificarea distribuției temperaturii plantare în modele termografice descrise de Nagase și Mori et al [35], [36]. Astfel că au fost evaluate 100 de distribuții plantare de la 50 de subiecți sănătoși ce au fost încadrate în 7 categorii din cele 20 de modele de distribuții plantare descrise de Nagase et al. Au rezultat un număr de 41 de modele IIa (41%), 25 de modele Id, 10 modele Ia, 3 modele Ic, 4 modele IId, 3 modele IVa, 4 modele IV d și 10 modele atipice (10%) ce nu s-au încadrat în nici un tipar descris.

### 6.4 Discuții

Termografia regiunii plantare la subiecții sănătoși este importantă deoarece permite compararea și identificarea modificărilor prezente în cazul subiecților cu alte patologii. Regiunea plantară are o temperatură simetrică și fără diferențe majore între cele două picioare, astfel orice modificare de temperatură poate ridica suspiciunea prezenței unui proces inflamator la acel nivel. Diferențele de temperatură sunt prezente la nivelul plantei, mijlocul acesteia fiind cel mai cald, iar



degetele cele mai reci. În cazul comparării temperaturilor medii a picioarelor în rândul pacienților din lotul control, nu au fost înregistrate diferențe semnificative statistic în funcție de gen, consumul de alcool sau fumat Temperatura nu este influențată de sex, vârstă sau indice de masa corporală.

Folosirea conceptului de angioame permite identificarea și clasificarea regiunii plantare pe anumite modele de distribuție a vascularizației ce pot fi folosite în cercetare sau în clinică pentru elaborarea de algoritmi de tratament. Cel mai frecvent întâlnit model în cazul subiecților sănătoși este IIa ce corespunde unei vascularizații bune cu permeabilitatea arterelor plantare laterală și medială și calcaneene laterală și medială.

## **6.5 Concluzii**

Camera termografică permite totodată și evaluarea vascularizației de la nivel plantar prin evaluarea distribuției temperaturii și astfel ajută la planificarea conduitei terapeutice chirurgicale prin stabilirea liniilor de incizie și alegerea lambourilor bine vascularizate ce permit o vindecare adecvată.

## **7. Evaluarea indicației chirurgicale la pacienții cu picior diabetic utilizând camera termală**

### **7.1 Introducere**

Evaluarea pacienților cu picior diabetic folosind camera termală poate aduce informații cu privire la temperatura locală ce este influențată de vascularizație, prezența inflamației sau a infecției. Acest lucru permite un diagnostic precis și adoptarea unui tratament corespunzător fiecărui pacient. Evaluarea preoperatorie a vascularizației cu ajutorul camerei termale oferă informații cu privire la angioame și zonele de ischemie existentă pe când cea postoperatorie aduce informații cu privire la vascularizația locală periincizională și poate ajuta la prevenirea complicațiilor locale. Evaluarea temperaturii locale oferă informații și despre prezența inflamației sau infecției, permițând astfel alegerea unui tratament corespunzător, chirurgical sau conservator.

### **7.2 Material și metodă**

În cadrul acestui capitol a fost descris un studiu prospectiv observațional pe un lot de pacienți diagnosticați cu diabet zaharat de tip 1 sau 2 cu vârsta mai mare de 18 ani. Inițial a fost realizată anamneza ce includea informații referitoare la nume, sex, vârstă, profesie, lucrul în mediu toxic, fumător, consum de alcool, înălțime, greutate, antecedente heredocolaterale, antecedente personale patologice și medicația cronică. Evaluarea termografică utilizând camera termală s-a realizat în a

doua zi de la internare, bilateral, fiind calculată o valoare medie a temperaturii plantare. Analiza statistică a datelor a fost realizată folosind un program software de evaluare statistică SPSS 23.0, iar evidența statistică a fost stabilită pentru  $p < 0,05$ .

### **7.3 Rezultate**

Caracteristicile descriptive ale lotul de pacienți au inclus un număr de 51 de subiecți, 44 de gen masculin (86.3%) și 7 de gen feminin (13.7%), ce au provenit din mediul urban. 49 dintre aceștia (96,1%) au fost diagnosticați cu diabet zaharat de tip 2, iar 2 (3,9%) cu diabet zaharat de tip 1. În ceea ce privește antecedentele medicale ale pacienților, 29,4% dintre aceștia au antecedente heredocolaterale de diabet zaharat tip 2, 52,9% antecedente heredocolaterale cardiace reprezentate prin hipertensiune arterială sau boală cardiacă ischemică, iar 17,6% au declarat că nu au antecedente heredocolaterale semnificative.

Dislipidemia a fost asociată la 38 de pacienți (82,6%) cu hipertensiune arterială, dar cu o corelație pozitivă slabă și la 35 de pacienți (94,59%) cu boala cardiacă ischemică, cu o corelație pozitivă moderată (coeficient Pearson= 0,695,  $p < 0,0001$ ), dar nu se corelează semnificativ statistic cu consumul de alcool sau tutun. Un alt factor de risc este și fumatul ce a fost asociat cu boala cardiacă ischemică fiind prezent la 62,16% dintre subiecții diagnosticați cu această patologie. Frecvența pacienților cu ulceratie în antecedente este semnificativ statistic mai mare ( $p=0,039$ ) în rândul pacienților cu neuropatie (27 pacienți; 65,9%) comparativ cu pacienții fără neuropatie (3 pacienți; 30,0%).

Valoare medie a HbA1c la pacienții cu neuropatie ( $7,68 \pm 0,72$ ) este semnificativ statistic ( $p=0,049$ ) mai mare comparativ cu a pacienților fără neuropatie ( $7,20 \pm 0,42$ ). Nu au fost diferențe semnificative statistic în ceea ce privește vârsta, prezenta fumatului, consumul de alcool, durata diabetului, indicele de masa corporală, tratamentul medicamentos, tratamentul cu insulină și durata acestuia.

S-a realizat evaluarea temperaturii plantare în cadrul picioarelor neafectate în cele 7 puncte de interes corespunzătoare halucelui, degetelor, metatarsienelor I,III,V, mijlocului plantei și călcâiului și s-a observat că temperatura halucelui este semnificativ statistic mai mică comparativ cu temperatura la nivelul metatarsienelor, plantei și călcâiului, iar temperatura degetelor este semnificativ statistic mai mică comparativ cu temperatura la nivelul halucelui, metatarsienelor, plantei și călcâiului.

S-au realizat de asemenea curbe ROC pentru a identifica diferite valori prag a diferenței de temperatură dintre zona de interes și zona contralaterală pentru anumite afecțiuni și s-a găsit o valoare prag de 2,05 grade Celsius ce crește riscul diagnosticării osteitei și o valoare prag de 1,95 grade Celsius ce crește necesitatea realizării unei amputații.

De asemenea lotul de pacienți a fost împărțit în 3 grupuri în funcție de complicațiile locale: minime, localizate sau difuze, calculându-se astfel pentru fiecare, valori prag ale diferenței de temperatură dintre zona de interes și zona contralaterală. Aceste valori prag au ajutat la elaborarea unui algoritm de diagnostic și tratament în funcție de diferența de temperatură.

S-a comparat și diferența de temperatură între cele 2 zone de interes și s-a asociat cu prezenta ulcerăției, rezultând o corelație în cazul halucelui și primelor metatarsiene cu o diferența de temperatură de 2 grade Celsius.

Temperatura medie a picioarelor pentru pacienții din lotul nu diferă semnificativ statistic ( $p=0,424$ , respectiv  $p=0,367$ ) față de temperatura medie a picioarelor sănătoase în rândul pacienților cu diabet.

Evaluarea termografică plantară a permis și clasificarea modelelor de distribuție plantară a vascularizației angioaselor în funcție de cele descrise de Nagase et al. Au fost evaluate un număr de 50 de distribuții plantare ce au corespuns picioarelor fără patologii din cadrul grupului de pacienți diabetici. Dintre acestea cel mai frecvent întâlnit model a fost Id („în fluture”) cu 19 exemple, 11 modele tip IIa, 4 modele tip Ia, 1 model tip IId, 1 model tip IIIa, 1 model tip IVa, 3 modele tip Va, 1 model tip Vd și 9 modele atipice ce nu se încadrează în nici o clasificare.

#### **7.4 Discuții**

Temperatura medie plantară în cazul pacienților cu diabet zaharat este modificată în funcție de prezența sau absența neuropatiei sau a bolii vasculare periferice, ce determină o modificare a vascularizației la acel nivel[37]. Există studii contradictorii în ceea ce privește temperatura plantară la pacienții diabetici cu neuropatie și fără neuropatie. În cadrul studiului nostru a rezultat de asemenea că temperatura subiecților diabetici diagnosticați cu neuropatie este mai mică decât a celor fără neuropatie, diferențele fiind totuși mici  $31,31 \pm 1$  vs  $31,43 \pm 2,24$ . Valorile de temperatură prezente în studiu au oscilat între 27,4 și 35,5 grade, asemănătoare cu temperaturile descrise și în alte studii[37].

Temperatura plantară diferă în timp sau în funcție de condițiile externe de mediu sau fiziologice, ce pot afecta uneori evaluarea. În cadrul studiului nostru a reieșit același patern de

distribuție a temperaturii, cea mai ridicată fiind la nivelul mijlocului plantei, urmata de călcâi, metatarsiene, haluce si degete. Deși temperatura medie poate varia in timp, acest model de distribuție a diferențelor de temperatură de la nivel plantar se menține constant si poate ajuta la diagnosticarea unei complicații la acel nivel[38].

In funcție de diferența de temperatură dintre cele două arii de interes s-a găsit o valoare prag de 2,05 grade Celsius ce ridică suspiciunea prezenței osteitei cu o sensibilitate de 75,9% si o specificitate de 90,9%. De asemenea o diferență de 1,95 grade Celsius creste riscul realizării amputației, având o sensibilitate de 74,2% si o specificitate de 82%.

S-a elaborat si un algoritm de diagnostic si tratament pentru piciorul diabetic: diferența de temperatura de 1,95 grade releva prezența unei complicații minore ce poate fi rezolvată cu un tratament conservator cu lavaj si pansamente specifice. Daca după o lună leziunea nu se vindecă sau țesutul de granulație este absent se recomandă tratament chirurgical cu debridare excizională si sutură sau realizarea unei grefe de piele sau lambou. Daca diferența de temperatură este mai mare de 1,95 grade este prezentă o complicație localizată sau difuză. In cazul in care diferența de temperatură este mai mare de 2,35 grade este necesară internare si tratament chirurgical imediat caracterizat prin debridare excizională însoțită într-o etapă ulterioară de sutură sau grefă –lambou.

Termografia plantară in cadrul grupului cu pacienți diabetici a arătat o variație diferită a clasificării distribuției vascularizației plantare la nivelul angioasamelor cu cea prezentă la pacienții sănătoși (8 categorii vs 7 categorii). Cele mai frecvente categorii au fost aceleași, Id si Ila, doar că proporția lor a fost inversată, în comparație cu subiecții sănătoși. In cadrul grupului de pacienți diabetici proporția Id ce corespunde distribuției „în fluture” a fost de 38% in comparație cu 23 % in grupul subiecților sănătoși, iar modelul Ila a fost prezent la 22% din pacienții cu diabet comparativ cu 40% la subiecții sănătoși. De asemenea au fost prezenți 4 pacienți ce aveau caracteristici ale modelului V, neîntâlnit in grupul subiecților sănătoși și 9 pacienți (18%) ce nu se încadrau niciunui model, comparativ cu 10 % din grupul subiecților sănătoși. Se poate considera ca aceste variații atipice ale distribuției plantare in cadrul picioarelor diabetice pot fi modificări individuale ale vascularizației la nivelul angioasamelor sau pot fi influențate de prezența inflamației de la acel nivel ce crește temperatura locală[35].

Au fost descrise de asemenea si locul de realizare a inciziilor la nivelul piciorului in funcție de vascularizația prezentă, exemplificând cu cazuri din clinică.

## **7.5 Concluzii**

Evaluarea temperaturii locale oferă informații despre prezența inflamației și infecției cât și despre afectarea superficială sau profundă, permițând astfel alegerea unui tratament corespunzător, chirurgical sau conservator.

Prevenirea complicațiilor asociate diabetului zaharat prin detectarea precoce și tratamentul incipient este foarte importantă deoarece scade atât morbiditatea cât și mortalitatea. Una dintre modalitățile de screening este măsurarea temperaturii locale prin intermediul unei camere termografice, ce a fost folosită frecvent în studiile clinice. De asemenea poate fi elaborat și un algoritm de tratament ce permite împărțirea pacienților în cei ce necesită tratament chirurgical imediat, la distanță sau conservator în funcție de diferența de temperatură dintre cele două zone de interes de 2,35 grade Celsius sau în funcție de diferența de temperatură medie dintre cele două picioare de 1,15 grade Celsius. Un minus al acestui algoritm ar fi prezența complicațiilor în același timp la ambele picioare, deși aceste cazuri sunt destul de rare.

Limitarea apariției ulcerărilor la nivelul metatarsianului I și halucelui poate fi realizată în cazul prezentei unei diferențe de peste 2 grade Celsius prin scăderea efortului la acest nivel ce limitează stresul oxidativ și scade inflamația și totodată riscul de apariție al ulcerărilor.

Termografia plantară a arătat o distribuție cu proporții inversate a modelelor de distribuție a vascularizației în comparație cu subiecții sănătoși, cel mai frecvent întâlnit model fiind Id, cel „în fluture”, în proporție de 38% ce arată o temperatură crescută la nivelul mijlocului plantei.

## **8. Folosirea camerei termografice în evaluarea pre și postoperatorie a metodelor reconstructive, a arsurilor și a traumatismelor**

### **8.1 Folosirea camerei termografice în evaluarea pre și postoperatorie a procedurilor reconstructive**

Camera termală permite evaluarea temperaturii cât și detecția vaselor cutanate din plexurile dermale, astfel că aceasta a fost folosită preoperator pentru detecția pediculilor vasculari din cadrul lambourilor axiale.

Folosirea lambourilor bazate pe vase perforante reprezintă o tehnică chirurgicală superioară în comparație cu folosirea lambourilor clasice. Evaluarea folosind camera termală a lambourilor bazate pe vase perforante este descrisă și în această lucrare, cu exemple asupra lambourilor libere, fasciocutanate cât și a lambourilor musculocutanate folosite în diferite proceduri reconstructive

precum acoperirea defectelor postexcizie tumori cutanate, chirurgia escarelor cât și reconstrucția de sân.

Evaluarea intraoperatorie cu camera termografică a fost folosită în evaluarea lambourilor postmastectomie subcutanată pentru a evalua vascularizația acestora și riscul de ischemie postoperatorie. Evaluarea postoperatorie este de asemenea importantă deoarece poate oferi informații ce par eronate la evaluarea clinică. S-a folosit camera termală pentru evaluarea postoperatorie a lambourilor cutanate, pentru a vedea afectarea vascularizației. Din punct de vedere al afectării circulației lambourilor aceasta poate fi împărțită în insuficiența arterială sau insuficiența venoasă. În cazul afectării circulației arteriale lamboul este de obicei palid și are un timp de umplere capilară scăzut, fiind rece la evaluarea termografică. În cazul afectării venoase lamboul devine congestiv având o culoare cianotică și un timp de umplere capilară crescut, fiind mai cald la evaluarea termografică.

## **8.2 Evaluarea arsurilor**

Arsurile reprezintă a patra cea mai frecventă cauză de traumatism la nivel global cu o mortalitate ce ajunge până la 18%[39]. Evaluarea adecvată a profunzimii arsurii reprezintă un pas important în evaluarea gradului de supraviețuire și în stabilirea conduitei terapeutice[40]. Această evaluare a gradului de arsură se poate realiza clinic de către chirurghi cu experiență, dar rata de acuratețe este între 50 și 70 %[40].

Camera termografică evaluează temperatura locală, măsurând indirect perfuzia tisulară la nivelul tegumentului putând fi astfel folosită pentru evaluarea adâncimii unei arsuri. Aceasta poate ajuta evaluarea clinică să fie mai precisă și mai rapidă și să permită medicilor alegerea unei conduite terapeutice adecvate, conservatoare sau chirurgicale, pentru a avea o vindecare rapidă cu o recuperare bună[40].

## **8.3 Evaluarea traumatismelor**

Traumatismele sunt printre cele mai comune cauze de prezentare în cadrul serviciului de urgență necesitând un diagnostic și un tratament rapid instituit. Vascularizația țesuturilor afectate de traumatisme este deseori afectată, fiind una din principalele probleme implicate în vindecare, evaluarea să fiind uneori dificil de stabilit. Camera termală permite această evaluare a vascularizației țesuturilor permițând o abordare chirurgicală corectă cu excizia țesuturilor devitalizate și menținerea celor bine vascularizate. De asemenea aceasta permite și evaluarea

postoperatorie a țesuturilor traumatizate pentru a stabili necesitatea realizării unei noi intervenții chirurgicale.

#### **8.4 Discuții**

Camera termografică este folosită în prezent în multe domenii medicale, având un aport semnificativ în cadrul chirurgiei plastice. Fiind un dispozitiv ieftin, ușor de folosit și non-invaziv a devenit accesibil atât pentru studii clinice cât și în practica clinică zilnică.

Termografia oferă informații importante atât intraoperator cât și postoperator. Intraoperator permite luarea unei decizii cu privire la vascularizația lamboului și riscul acestuia de ischemie, fiind folosită în prezent în locul examinării cu Indocianin verde[41]. Evaluarea intraoperatorie în cadrul studiului prezentat în această lucrare a permis evaluarea lambourilor postmastectomie subcutanată, și adoptarea unor decizii cu privire la locul de plasare a implantului, ceea ce a scăzut riscul de complicații postoperatorii.

Evaluarea postoperatorie este de asemenea importantă, atât la lambourilor bazate pe vase perforante cât și a lambourilor bazate pe circulație întâmplătoare sau a lambourilor axiale. Orice modificare a fluxului sanguin postoperator poate duce la apariția complicațiilor și chiar a pierderii lamboului. Identificarea precoce și intervenția chirurgicală rapidă putând fi factori favorizanți în minimizarea complicațiilor.

În ceea ce privește evaluarea arsurilor, camera termală este folosită în prezent destul de frecvent în acest domeniu. În studiul nostru evaluarea termografică a fost folosită preoperator pentru identificarea arsurilor ce necesitau intervenție chirurgicală cu debridare și grefare. Această evaluare a fost în concordanță cu examinarea clinică, și într-un caz a ajutat la evitarea unei intervenții chirurgicale.

Evaluarea vascularizației locale permite și evaluarea plăgilor traumatiche prezente frecvent în camera de gardă, fiind utilă în deciderea asupra necesității unui tratament conservator sau chirurgical. Camera termografică a fost folosită în studiul nostru pentru evaluarea plăgilor posttraumatice în ceea ce privește vascularizația acestora, cât și riscul de infecție sau inflamație asociată. Evaluarea temperaturii în acest caz a permis diferențierea infecției de statusul inflamator posttraumatic permițând inițierea unui tratament adecvat. Totodată a ajutat și la diagnosticarea unei fracturi.

#### **8.5 Concluzii**

Camera termografică este un dispozitiv ușor de utilizat, non-invaziv ce poate fi folosit în evaluarea temperaturii locale și astfel în diagnosticarea numeroaselor patologii. Aceasta poate fi folosită în pregătirea preoperatorie și designul lambourilor putând înlocui cu succes în anumite situații tomografia computerizată angiografică scăzând astfel doza de radiații la care sunt expuși pacienții. De asemenea poate fi folosită și în evaluarea postoperatorie a lambourilor, permițând o abordare rapidă ce poate duce la salvarea lamboului. Camera termografică este frecvent folosită în prezent în evaluarea profunzimii arsurilor, crescând rata de acuratețe după examinarea clinică. Aceasta permite alegerea unui tratament corespunzător, conservator sau chirurgical, ce duce la o rată mai mare de vindecare, cu limitarea sechelelor și creșterea calității vieții.

Folosirea camerei termale în diagnosticarea traumatismelor poate fi o modalitate mai rapidă de diagnostic în cadrul departamentelor de urgențe, unde este necesar un diagnostic rapid și evaluarea imagistică nu este întotdeauna prezentă.



## 9. Concluzii si contribuții personale

Evaluarea termografică a regiunii plantare a subiecților sănătoși a identificat prezența unei distribuții simetrice a temperaturii, cu o temperatura medie de 31,7 °C. Evaluarea angioaselor de la acest nivel a permis clasificarea regiunilor plantare in cel mai mare procent in modelul IIa, spre deosebire de pacienții diabetici unde procentul cel mai mare a fost in la modelul „in fluture” (Id) .

Compararea temperaturii medii între pacienții cu diabet zaharat si subiecții sănătoși nu a expus o diferență semnificativă statistic a temperaturii, studiul fiind de mici dimensiuni, iar pacienții cu diabet având asociate si ale patologii precum boala vasculară periferică ce influențează negativ temperatura medie.

Pacienții cu diabet zaharat si neuropatie au avut o valoare a hemoglobinei glicozilate mai mare si corelata pozitiv cu durata neuropatiei cat si un risc mai crescut de apariție a ulcerății plantare in comparație cu cei fără neuropatie. De asemenea prezenta ulcerății in antecedente s-a corelat pozitiv cu existenta tratamentului cu insulina, dar nu si cu cel medicamentos.

Pacienții care au avut o diferență de temperatură între cele 2 arii de interes de peste 2,05 grade Celsius, au avut un risc mai mare de prezenta a osteitei

Evaluarea riscului de apariție a unei ulcerății plantare prin intermediul camerei termale a arătat că posibilitatea de apariție a unei leziuni la nivelul halucelui si metatarsianului I crește când diferența de temperatură dintre zonele corespunzătoare este mai mare de 2 grade Celsius

Pacienții diabetici care au o diferență de temperatură plantară între zona de interes si zona contralaterală mai mică de 1,95 grade Celsius au necesitat tratament conservator, spre deosebire de cei care au avut o diferență de peste 1,95 de grade ce au necesitat tratament chirurgical, iar cei cu o diferență de peste 2,35 grade tratament chirurgical imediat.

Camera termografică permite detectarea vaselor cutanate, astfel putând fi folosită in evaluarea pre si postoperatorie a procedurilor reconstructive, fiind o metoda ieftină, neinvazivă si reproductibila, ușor de folosit si cu o curba de învățare mică.

Camera termografică poate fi folosită pentru evaluarea profunzimii arsurilor, crescând rata de acuratețe după examinarea clinică. Totodată poate fi o modalitate mai rapidă de diagnostic a traumatismelor in cadrul departamentelor de urgențe, unde este necesar un diagnostic rapid și evaluarea imagistică nu este întotdeauna prezentă.

Temperatura plantară este neuniformă la pacienții cu diabet zaharat, cea mai ridicată temperatură se afla la nivelul mijlocului plantei urmata de călcâi, metatarsiene, haluce si degete.

Lucrarea a atins obiectivele propuse, cel mai important dintre acestea fiind realizarea unui algoritm de diagnostic si tratament a ulceratiilor din cadrul piciorului diabetic. Acesta a fost realizat in functie de valorile diferentiei de temperatură dintre zona de interes a piciorului afectat si piciorul contralateral ce au permis încadrarea leziunii in cele trei categorii de leziuni: minime, localizate sau difuze. Aceasta încadrare permite totodată si alegerea tipului de tratament conservator sau chirurgical, cât si momentul operator, imediat sau temporizat. De asemenea a fost identificată si o valoare prag a diferentiei de temperatură între zona de interes si zona contralaterală plantară ce permite diagnosticarea osteitei cat si identificarea probabilității necesității de realizare a unei amputații.

Un alt obiectiv important a fost găsirea unei valori prag a diferentiei de temperatura între zona de interes si zona contralaterală ce permite identificarea regiunilor cu inflamație ce cresc riscul de apariție a unei ulceratii si posibilitatea limitării activității la acel nivel ca măsură preventivă ce împiedică apariția leziunilor plantare. Camera termografica este o modalitate simpla, non-invaziva si ieftina ce ar putea permite pacienților cu risc crescut de apariție a unei ulceratii sa descopere zonele de inflamație si sa își ajusteze activitatea in functie de acestea, așa cum își ajustează cantitatea de insulina in functie de valoarea glicemiei de pe glucometru. Aceasta măsura ar putea limita prezentările la medic si totodată necesitatea internărilor in spital pentru complicații majore, scăzând de asemenea rata amputațiilor cat si costurile in cadrul sistemului de sănătate.

## Bibliografie

- [1] A. D. Association, “Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus,” *Diabetes Care*, vol. 33, no. Suppl 1, p. S62, Jan. 2010, doi: 10.2337/dc10-S062.
- [2] “Diabetes mellitus: The epidemic of the century.” <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4478580/> (accessed Feb. 11, 2020).
- [3] “Worldwide toll of diabetes.” <https://www.diabetesatlas.org/en/sections/worldwide-toll-of-diabetes.html> (accessed Jan. 22, 2021).
- [4] M. Mota *et al.*, “Prevalence of diabetes mellitus and prediabetes in the adult Romanian population: PREDATORR study,” *J. Diabetes*, vol. 8, no. 3, pp. 336–344, May 2016, doi: 10.1111/1753-0407.12297.
- [5] “International Expert Committee Report on the Role of the A1C Assay in the Diagnosis of Diabetes,” *Diabetes Care*, vol. 32, no. 7, pp. 1327–1334, Jul. 2009, doi: 10.2337/dc09-9033.
- [6] T. J. McDonald and R. Warren, “Diagnostic confusion? Repeat HbA1c for the diagnosis of diabetes,” *Diabetes Care*, vol. 37, no. 6, pp. e135–136, Jun. 2014, doi: 10.2337/dc14-0055.
- [7] “Complications of Diabetes Mellitus - Endocrine and Metabolic Disorders,” *MSD Manual Professional Edition*. <https://www.msmanuals.com/professional/endocrine-and-metabolic-disorders/diabetes-mellitus-and-disorders-of-carbohydrate-metabolism/complications-of-diabetes-mellitus> (accessed Feb. 25, 2020).
- [8] M. J. Fowler, “Microvascular and Macrovascular Complications of Diabetes,” *Clin. Diabetes*, vol. 26, no. 2, pp. 77–82, Apr. 2008, doi: 10.2337/diaclin.26.2.77.
- [9] B. M. J. P. Group, “Tight blood pressure control and risk of macrovascular and microvascular complications in type 2 diabetes: UKPDS 38,” *BMJ*, vol. 317, no. 7160, pp. 703–713, Sep. 1998, doi: 10.1136/bmj.317.7160.703.
- [10] K. Papatheodorou, M. Banach, E. Bekiari, M. Rizzo, and M. Edmonds, “Complications of Diabetes 2017,” *J. Diabetes Res.*, vol. 2018, Mar. 2018, doi: 10.1155/2018/3086167.
- [11] R. Donnelly, A. M. Emslie-Smith, I. D. Gardner, and A. D. Morris, “Vascular complications of diabetes,” *BMJ*, vol. 320, no. 7241, pp. 1062–1066, Apr. 2000.
- [12] S. P. Pendsey, “Understanding diabetic foot,” *Int. J. Diabetes Dev. Ctries.*, vol. 30, no. 2, pp. 75–79, 2010, doi: 10.4103/0973-3930.62596.
- [13] L. Yazdanpanah *et al.*, “Incidence and Risk Factors of Diabetic Foot Ulcer: A Population-Based Diabetic Foot Cohort (ADFC Study)—Two-Year Follow-Up Study,” *International Journal of Endocrinology*, 2018. <https://www.hindawi.com/journals/ije/2018/7631659/> (accessed Jul. 10, 2019).
- [14] A. J. Boulton, L. Vileikyte, G. Ragnarson-Tennvall, and J. Apelqvist, “The global burden of diabetic foot disease,” *The Lancet*, vol. 366, no. 9498, pp. 1719–1724, Nov. 2005, doi: 10.1016/S0140-6736(05)67698-2.
- [15] S. Leone, R. Pascale, M. Vitale, and S. Esposito, “[Epidemiology of diabetic foot],” *Infez. Med. Riv. Period. Eziologia Epidemiol. Diagn. Clin. E Ter. Delle Patol. Infett.*, vol. 20 Suppl 1, pp. 8–13, 2012.
- [16] P. Zhang, J. Lu, Y. Jing, S. Tang, D. Zhu, and Y. Bi, “Global epidemiology of diabetic foot ulceration: a systematic review and meta-analysis,” *Ann. Med.*, vol. 49, no. 2, pp. 106–116, Feb. 2017, doi: 10.1080/07853890.2016.1231932.

- [17] E. W. Gregg *et al.*, “Prevalence of lower-extremity disease in the US adult population  $\geq 40$  years of age with and without diabetes: 1999-2000 national health and nutrition examination survey,” *Diabetes Care*, vol. 27, no. 7, pp. 1591–1597, Jul. 2004, doi: 10.2337/diacare.27.7.1591.
- [18] S. C. Mishra, K. C. Chhatbar, A. Kashikar, and A. Mehndiratta, “Diabetic foot,” *BMJ*, vol. 359, p. j5064, Nov. 2017, doi: 10.1136/bmj.j5064.
- [19] P. J. Kim, “Biomechanics of the Diabetic Foot: Consideration in Limb Salvage,” *Adv. Wound Care*, vol. 2, no. 3, pp. 107–111, Apr. 2013, doi: 10.1089/wound.2011.0315.
- [20] Rose GK: *Pes planus. In Jahss MH (ed): Disorders of the Foot & Ankle, Medical and Surgical Management, 2nd ed. Vol. 1. Philadelphia, WB Saunders, 1991, pp 892–890.*
- [21] F. Game, “Classification of diabetic foot ulcers,” *Diabetes Metab. Res. Rev.*, vol. 32, no. S1, pp. 186–194, 2016, doi: 10.1002/dmrr.2746.
- [22] B. A. Lipsky *et al.*, “2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections,” *Clin. Infect. Dis. Off. Publ. Infect. Dis. Soc. Am.*, vol. 54, no. 12, pp. e132-173, Jun. 2012, doi: 10.1093/cid/cis346.
- [23] “The accuracy of the physical examination for the detection of lower extremity peripheral arterial disease. - PubMed - NCBI.” <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21165366> (accessed Mar. 17, 2020).
- [24] “2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections. - PubMed - NCBI.” <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22619242> (accessed Mar. 17, 2020).
- [25] P. Saranya, P. Jahnavi, N. S. Reddy, and D. Ranganayakulu, “Drug Prescribing Patterns in Diabetic Foot Ulcer Patients,” p. 6, 2018.
- [26] “Literature review on the management of diabetic foot ulcer. - PubMed - NCBI.” <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25685277> (accessed Mar. 18, 2020).
- [27] E. P. Weledji and P. Fokam, “Treatment of the diabetic foot – to amputate or not?,” *BMC Surg.*, vol. 14, no. 1, p. 83, Oct. 2014, doi: 10.1186/1471-2482-14-83.
- [28] G. E. Reiber, P. Edward, J. Boyko, and D. G. Smith, *Chapter 18 Lower Extremity Foot Ulcers and Amputations in Diabetes.*
- [29] D. G. Armstrong and L. A. Lavery, “Diabetic foot ulcers: prevention, diagnosis and classification,” *Am. Fam. Physician*, vol. 57, no. 6, pp. 1325–1332, 1337–1338, Mar. 1998.
- [30] “Thermography Guidelines. Standards and protocols.” <https://www.iact-org.org/professionals/thermog-guidelines.html#definition> (accessed Jan. 05, 2021).
- [31] F. Ring, “Thermal imaging today and its relevance to diabetes,” *J. Diabetes Sci. Technol.*, vol. 4, no. 4, pp. 857–862, Jul. 2010, doi: 10.1177/193229681000400414.
- [32] “(16) (PDF) Thermology on the internet- An update,” *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/235248757\\_Thermology\\_on\\_the\\_internet-\\_An\\_update](https://www.researchgate.net/publication/235248757_Thermology_on_the_internet-_An_update) (accessed Mar. 27, 2020).
- [33] L. de Weerd, A. O. Miland, and J. B. Mercer, “Perfusion dynamics of free DIEP and SIEA flaps during the first postoperative week monitored with dynamic infrared thermography,” *Ann. Plast. Surg.*, vol. 62, no. 1, pp. 42–47, Jan. 2009, doi: 10.1097/SAP.0b013e3181776374.
- [34] P. I. Brånemark, S. E. Fagerberg, L. Langer, and J. Säve-Söderbergh, “Infrared thermography in diabetes mellitus. A preliminary study,” *Diabetologia*, vol. 3, no. 6, pp. 529–532, Dec. 1967, doi: 10.1007/bf01213572.

- [35] T. Nagase *et al.*, “Variations of plantar thermographic patterns in normal controls and non-ulcer diabetic patients: novel classification using angiosome concept,” *J. Plast. Reconstr. Aesthetic Surg. JPRAS*, vol. 64, no. 7, pp. 860–866, Jul. 2011, doi: 10.1016/j.bjps.2010.12.003.
- [36] T. Mori *et al.*, “Morphological Pattern Classification System for Plantar Thermography of Patients with Diabetes,” *J. Diabetes Sci. Technol.*, vol. 7, no. 5, pp. 1102–1112, Sep. 2013.
- [37] U. Chatchawan, P. Narkto, T. Damri, and J. Yamauchi, “An exploration of the relationship between foot skin temperature and blood flow in type 2 diabetes mellitus patients: a cross-sectional study,” *J. Phys. Ther. Sci.*, vol. 30, no. 11, pp. 1359–1363, Nov. 2018, doi: 10.1589/jpts.30.1359.
- [38] P.-C. Sun, S.-H. E. Jao, and C.-K. Cheng, “Assessing foot temperature using infrared thermography,” *Foot Ankle Int.*, vol. 26, no. 10, pp. 847–853, Oct. 2005, doi: 10.1177/107110070502601010.
- [39] S. P. Kartal, C. T. Altunel, and D. Bayramgurler, “Introductory Chapter: An Introduction to Burn Injuries,” *Hot Top. Burn Inj.*, May 2018, doi: 10.5772/intechopen.71973.
- [40] M. A. Martínez-Jiménez, J. L. Ramírez-GarcíaLuna, E. S. Kolosovas-Machuca, J. Drager, and F. J. González, “Development and validation of an algorithm to predict the treatment modality of burn wounds using thermographic scans: Prospective cohort study,” *PLOS ONE*, vol. 13, no. 11, p. e0206477, Nov. 2018, doi: 10.1371/journal.pone.0206477.
- [41] Hallock and G. G., “Dynamic infrared thermography and smartphone thermal imaging as an adjunct for preoperative, intraoperative, and postoperative perforator free flap monitoring,” *Plast. Aesthetic Res.*, vol. 6, Dec. 2019, doi: 10.20517/2347-9264.2019.029.

## Lista cu lucrări științifice publicate

### Articole publicate in reviste de specialitate:

1. *Thermographic Camera in Traumatology, Diabetic Foot and Reconstructive Procedures.* **Marina CN**, Raducu L, Ardeleanu V, Florescu IP, Jecan CR. [published online ahead of print, 2020 Mar 9]. *Injury*. 2020;S0020-1383(20)30242-4. doi:10.1016/j.injury.2020.03.020. ISI Factor de Impact 2019: 2,106. Indexed PubMed PMID: 32173079

Web-link: [https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383\(20\)30242-4/pdf](https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383(20)30242-4/pdf)

2. *The surgical treatment of diabetic foot ulcers.* **Marina CN**, Danciu R, Raducu L, Scaunasu RV, Jecan CR, Florescu PI. *J Clin Invest Surg*. 2019; 4(2): 96-100. DOI: 10.25083/2559.5555/4.2/96.100

Web-link: <https://www.e-repository.org/jcis/4.2/96.100.pdf>

### Capitole din cărți:

1. “*SURGICAL CROSSROADS WITH DIABETES MELLITUS*”, Coautor al volumului publicat în cadrul Conferinței Internaționale a Managementului Interdisciplinar în Diabetul Zaharat. Editura Niculescu, Martie 2018. ISBN 2393-3488

*Capitol 33. Using of thermographic camera for evaluating foot complications in diabetic patients.* **Cristina Nicoleta Cozma**, Andra-Elena Balcangiu Stroescu, Cristian Radu Jecan, Ioan Petre Florescu

2. “*SURGICAL CROSSROADS WITH DIABETES MELLITUS*”, Coautor al volumului publicat în cadrul Conferinței Internaționale a Managementului Interdisciplinar în Diabetul Zaharat. Editura Niculescu, Martie 2019

*Capitol 22. Multidisciplinary management of diabetic foot patients.* **CN Cozma, L Raducu, A Avino, AE Balcangiu-Stroescu, D Ionescu, CR Jecan, IP Florescu.**

**Lucrări prezentate sub formă de comunicări la congrese și conferințe naționale și internaționale**

1. Thermographic camera in traumatology, diabetic foot and reconstructive procedures. **Cristina Marina**. 15<sup>th</sup> Congress of the European Federation of Societies for Microsurgery, 24-27 Iunie 2021
2. Thermographic camera: a new innovative tool for evaluating traumatic wounds, burns and diabetic foot. **Cristina Marina**. 9th EURAPS Research Council Meeting- Virtual Edition, 26-27 Mai 2021
3. Thermographic camera, A new toll for evaluating diabetic foot syndrome, Laura Raducu, **Cristina Nicoleta Cozma**, Adelaida Avino, Raluca Purnichescu-Purtan, Cristian Sorin Hariga, Mihai Mehedintu-Ionescu, Ruxandra Diana Sinescu, CR Jecan. American Congress of Plastic Surgery (San Diego 2019)
4. Multidisciplinary management of diabetic foot patients. **Cozma C.N.**, L. Raducu, Avino A., A.E. Balcangiu Stroescu, D. Ionescu, C. R. Jecan, I. P. Florescu. Long oral presentation. 5th International Conference on Interdisciplinary Management of Diabetes Mellitus and its Complications, Bucharest, 7th-9th Martie 2019
5. Creating a diabetic foot ulcers treatment algorithm using infrared thermographic evaluation. **Cozma C N**, Laura Raducu, Andra Elena Balcangiu-Stroescu, Razvan Valentin Scaunasu, Cristian Radu Jecan, Ioan Petre Florescu. XVth Congress of Romanian Association of Plastic Surgeons, Bucharest, 15-18th Mai 2018
6. Using thermographic camera for evaluating foot complications in diabetic patients. **Cozma C.N**, Andra Stroescu, Cristian Jecan, Petre Florescu. Long oral presentation. International Conference of Interdisciplinary of Diabetes Mellitus and its Complications, 8-10 Martie 2018, Bucharest, Romania.