

**IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI**  
**Școala doctorală de Științe biomedicale**



# **TEZĂ DE DOCTORAT**

## **REZUMAT**

# **TERAPIA ANTIHIPERTENSIVĂ ȘI UTILIZAREA LASER-ULUI DE JOASĂ PUTERE ASOCIAT CU TECAR**

**Doctorand,**  
**BASALIC (FĂTU) ANA-MARIA**

**Conducător științific,**  
**PROF. DR. HABIL. CIOBOTARU ROXANA OANA**

**Seria M Nr 44**  
**GALAȚI**  
**2025**

**IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI**



Școala doctorală de Științe biomedicale



# TEZĂ DE DOCTORAT REZUMAT

**TERAPIA ANTIHIPERTENSIVĂ ȘI UTILIZAREA LASER-ULUI DE JOASĂ  
PUTERE ASOCIAT CU TECAR**

**Doctorand  
BASALIC (FĂTU) ANA-MARIA**

**Președinte**      **Prof. univ. dr. habil. Tutunaru Dana**  
Director al Școlii doctorale de Științe biomedicale ,  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Conducător științific,**      **Prof. univ. dr .habil. Ciobotaru Roxana Oana**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Referenți științifici**      **Prof. univ. dr. habil. Onose Gelu**  
Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol  
Davila” din București  
**Conf. univ. dr. habil. Mirea Andrada**  
Universitatea de Medicină și Farmacie „Carol  
Davila” din București  
**Conf. univ. dr. habil. Guțu Cristian**  
Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați

**Seria M Nr 44  
GALAȚI  
2025**

**Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:**

**Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI**

- Seria I 1:        **Biotehnologii**
- Seria I 2:        **Calculatoare și tehnologia informației**
- Seria I 3:        **Inginerie electrică**
- Seria I 4:        **Inginerie industrială**
- Seria I 5:        **Ingineria materialelor**
- Seria I 6:        **Inginerie mecanică**
- Seria I 7:        **Ingineria produselor alimentare**
- Seria I 8:        **Ingineria sistemelor**
- Seria I 9:        **Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală**

**Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE**

- Seria E 1:        **Economie**
- Seria E 2:        **Management**
- Seria E 3:        **Marketing**
- Seria SSEF:      **Știința sportului și educației fizice**
- Seria SJ:         **Drept**

**Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE**

- Seria U 1:        **Filologie- Engleză**
- Seria U 2:        **Filologie- Română**
- Seria U 3:        **Istorie**
- Seria U 4:        **Filologie - Franceză**

**Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII**

- Seria C:         **Chimie**

**Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOMEDICALE**

- Seria M:         **Medicină**
- Seria F:         **Farmacie**

## **Mulțumiri**

Doresc să îmi exprim întreaga recunoștință și apreciere față de **familia mea**, care mi-a fost alături necondiționat pe parcursul întregului proces de realizare a acestei teze. Vă mulțumesc pentru sprijinul constant, înțelegerea și răbdarea cu care ați acceptat faptul că, adesea, nu am putut fi prezentă activ în viața voastră.

Adresez **deosebite mulțumiri doamnei Prof. Univ. Dr. Habil. Ciobotaru Roxana Oana**, coordonator științific al tezei, pentru îndrumarea în alegerea temei de cercetare și pentru susținerea constantă pe parcursul fiecărei etape a acestui demers și, mai ales, pentru cuvintele de încurajare care m-au motivat să continui ori de câte ori am simțit că sunt copleșită, iar dorința de a renunța era foarte mare.

De asemenea, îmi exprim recunoștința față de **doamna Conf. Univ. Dr. Habil. Daia Cristina** pentru disponibilitatea de a împărtăși cunoștințe valoroase și experiență în domeniul electroterapiei, pentru sprijinul moral și sfaturile care m-au ajutat să îmi păstrez motivația și mi-au dat încredere în reușita finalizării acestei lucrări.

Îi mulțumesc doamnei Prof. Univ. Dr. Habil. **Voinescu Doina Carina** pentru sprijinul constant și încrederea pe care mi-a oferit-o.

Sunt recunoscătoare întregului colectiv **Reumadiagnostic** pentru colaborarea frumoasă, în mod special domnului Prof. Univ. Dr. Habil. Sârbu Nicolae.

Aceste realizări nu ar fi fost posibile fără sprijinul și implicarea fiecăruia dintre dumneavoastră. Vă mulțumesc din suflet!



## Cuprins

### Lista de abrevieri

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introducere                                                                                        | 1  |
| Partea I- Stadiul actual al cunoașterii                                                            | 3  |
| Capitolul I - Hipertensiunea arterială esențială                                                   | 3  |
| 1.1. Noțiuni generale privind hipertensiunea arterială esențială                                   | 3  |
| 1.2. Prevenția și tratarea HTA                                                                     | 4  |
| 1.2.1. Recomandări privind modificarea stilului de viață                                           | 5  |
| 1.2.2. Clasele majore de medicamente cu dovezi solide în scăderea tensiunii arteriale              | 6  |
| 1.2.3. Medicamente noi cu efecte de scădere a tensiunii arteriale                                  | 7  |
| Capitolul II - Terapia cu LASER de joasă putere energetică și TECAR                                | 9  |
| 2.1. Terapia cu LASER de joasă putere energetică                                                   | 9  |
| 2.1.1. Mecanismele de acțiune ale LLLT- ului asupra organismului                                   | 9  |
| 2.2. Terapia prin transfer electric capacitiv și rezistiv ( TR/ TECAR)                             | 10 |
| 2.2.1. Efectele biologice și terapeutice ale terapiei TECAR                                        | 10 |
| 2.3. Asocierea terapiei antihipertensive cu LLLT și TECAR                                          | 11 |
| 2.3.1. Sinergia între terapia medicamentoasă și terapiile fizicale                                 | 11 |
| 2.3.2. Provocări și limitări ale utilizării combinate a terapiei antihipertensive cu LLLT și TECAR | 11 |
| Partea a II a- Contribuția personală                                                               | 13 |
| Capitolul III- Material și metodă                                                                  | 13 |
| 3.1. Variabilele incluse în analiză și structura bazei de date                                     | 13 |
| 3.2. Designul analitic al studiului                                                                | 16 |
| 3.3. Metodologia statistică                                                                        | 18 |
| Capitolul IV — Rezultate                                                                           | 21 |
| Capitolul V — CONCLUZII                                                                            | 37 |
| 5.1 Concluzii generale                                                                             | 37 |
| 5.2. Implicații clinice                                                                            | 37 |
| 5.3. Direcții de cercetare viitoare                                                                | 40 |
| Figuri                                                                                             | 44 |
| Tabele                                                                                             | 45 |
| Bibliografie                                                                                       | 46 |



## Lista abrevierilor

|                               |                                                                            |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| AINS                          | Antiinflamatoare nesteroidiene                                             |
| ANCOVA                        | Analiza covarianței                                                        |
| ANOVA                         | Analiza varianței                                                          |
| ATS                           | Ateroscleroză                                                              |
| BCC                           | Blocante ale canalelor de calciu                                           |
| BCV                           | Boli cardiovasculare                                                       |
| BRA                           | Blocanți ai receptorilor angiotensinei II                                  |
| BRAII                         | Blocanți ai receptorilor angiotensinei II, tip II                          |
| BRC                           | Boală renală cronică                                                       |
| CI                            | Interval de încredere                                                      |
| COX-2                         | Ciclooxygenază de tip 2                                                    |
| EMM                           | Medii marginale estimate                                                   |
| ESC                           | Societății Europene de Cardiologie                                         |
| ETA <sup>2</sup> ( $\eta^2$ ) | Eta pătrat parțial (mărimea efectului statistic)                           |
| eRFG                          | Rata de filtrare glomerulară                                               |
| F                             | Statistică F (în testele ANOVA)                                            |
| FBM                           | Terapie fotobiomodulatorie                                                 |
| FKT                           | Fiziokinetoterapie                                                         |
| GLM                           | Model liniar general                                                       |
| HDL                           | Lipoproteină cu densitate mare                                             |
| HMG                           | Hidroxi-metil-glutaril                                                     |
| HTA                           | Hipertensiune arterială                                                    |
| HVS                           | Hipertrofie ventriculară stângă                                            |
| IADL                          | Activități Instrumentale ale Vieții Zilnice                                |
| IECA                          | Inhibitori ai enzimei de conversie a angiotensinei                         |
| IL                            | Interleukină                                                               |
| IMC                           | Indice de masă corporală                                                   |
| IMPACT                        | Initiative on Methods, Measurement, and Pain Assessment in Clinical Trials |
| LLLT                          | Amplificarea luminii prin emisie stimulată de radiație                     |
| LDL                           | Lipoproteină cu densitate scăzută                                          |
| LLLT                          | LASER de joasă intensitate /putere joasă                                   |

|         |                                                                    |
|---------|--------------------------------------------------------------------|
| N       | Număr de pacienți incluși în analiză                               |
| OMS     | Organizația Mondială a Sănătății                                   |
| p       | p-value / Nivel de semnificație statistică                         |
| PROCESS | Procedura PROCESS (Hayes, 2022) pentru analiză de mediere/moderare |
| r       | Coeficient de corelație                                            |
| RCV     | Risc cardiovascular                                                |
| RM      | Măsurători repetate                                                |
| SCORE   | Evaluarea sistematică a riscului coronarian                        |
| SF      | Short Form (ex. SF-36, chestionar de calitate a vieții)            |
| SPSS    | Pachet statistic pentru științele sociale                          |
| SRAA    | Sistemul renină–angiotensină–aldosteron                            |
| TA      | Tensiune arterială                                                 |
| TAD     | Tensiune arterială diastolică                                      |
| TAS     | Tensiune arterială sistolică                                       |
| TECAR   | Transfer Electric Capacitiv și Rezistiv                            |
| TNF     | Factor de necroză tumorală                                         |
| TR      | Terapie prin radiofrecvență                                        |
| VAS     | Scala vizual-analogică pentru durere                               |
| Z       | Statistică Z                                                       |

## Introducere

Bolile cardiovasculare reprezintă principala cauză de morbiditate și mortalitate la nivel global, hipertensiunea arterială (HTA) fiind unul dintre cei mai importanți factori de risc modificabili, cu un impact major asupra sănătății publice. În paralel, patologia musculoscheletală, în special afecțiunile degenerative, traumatice sau inflamatorii ale aparatului locomotor, are o prevalență în continuă creștere, afectând semnificativ calitatea vieții și independența pacienților prin durere cronică și limitare funcțională. În practica medicală curentă, se observă o suprapunere semnificativă între aceste două categorii de afecțiuni, în special în rândul pacienților vârstnici, supraponderali sau sedentari, ceea ce generează provocări suplimentare în stabilirea strategiilor terapeutice.

În acest context, electroterapia modernă, precum LASER-ul de putere energetică joasă (LLLT) și terapia cu Transfer Electric Capacitiv și Rezistiv (TECAR), se dovedesc a fi de interes crescut. Acestea sunt utilizate cu succes în managementul durerii și al inflamației la nivel musculoscheletal, contribuind la îmbunătățirea mobilității și funcționalității pacienților. Totuși, puține studii au analizat în mod sistematic modul în care aceste intervenții pot influența parametrii cardiovasculari, în special tensiunea arterială, la pacienții hipertensivi comparativ cu cei fără hipertensiune.

Motivația alegerii acestei teme derivă din necesitatea de a oferi răspunsuri clare, bazate pe date științifice, la întrebările clinice legate de siguranța și eficiența acestor terapii în contextul hipertensiunii arteriale. În practica medicală persistă o percepție larg răspândită, atât în rândul pacienților, cât și al unor profesioniști din domeniul sănătății, conform căreia electroterapia ar putea induce creșteri ale valorilor tensionale, fiind, prin urmare, considerată contraindicată la persoanele cu hipertensiune arterială. Această lipsă de claritate științifică generează o reticență în aplicarea acestor metode la pacienții hipertensivi, limitând astfel accesul lor la intervenții terapeutice eficiente și minim invazive, cu rol esențial în ameliorarea durerii și restaurarea funcționalității.

**Obiectivul general** al cercetării este evaluarea efectelor electroterapiei TECAR și LLLT— asupra pacienților cu afecțiuni musculoscheletale, având sau nu hipertensiune arterială, cu accent pe interacțiunea dintre controlul durerii, funcționalitate și valorile tensionale, în contextul administrării tratamentului antihipertensiv acolo unde este necesar.

## Obiective specifice:

1. Evaluarea siguranței terapiei combinate LLLT + TECAR la pacienții hipertensivi prin monitorizarea parametrilor tensionali pe parcursul tratamentului.
2. Determinarea efectului TECAR și LLLT asupra tensiunii arteriale la pacienții hipertensivi aflați sub tratament antihipertensiv, prin măsurarea valorilor tensionale înainte și după fiecare ședință, în zilele 1, 5 și 10.
3. Compararea variațiilor tensiunii arteriale între pacienții hipertensivi și cei non-hipertensivi, pentru a evidenția posibile diferențe de răspuns la cele două tipuri de terapie fizică.
4. Evaluarea efectelor LLLT și TECAR asupra durerii musculoscheletale, utilizând scala vizual-analogă a durerii (VAS).
5. Analiza impactului terapiilor asupra funcționalității și independenței pacientului, prin scorul IADL (Instrumental Activities of Daily Living).
6. Studiarea potențialei interacțiuni dintre controlul durerii și valorile tensionale, pentru a investiga dacă ameliorarea durerii și a statusului funcțional poate contribui indirect la un mai bun răspuns la tratamentul antihipertensiv.
7. Compararea eficienței relative a celor două metode (LLLT vs. TECAR) în influențarea tensiunii arteriale.

Cercetarea a fost realizată pe un lot reprezentativ de pacienți hipertensivi, dar și pacienți fără HTA, diagnosticați cu diverse afecțiuni musculoscheletale. Designul studiului a inclus: evaluare inițială complexă, incluzând istoricul medical, profilul tensional, scorurile de durere și funcționalitate; aplicarea electroterapiei combinate TECAR+LLLT, în ședințe consecutive, conform unui program standardizat; **Monitorizarea tensiunii arteriale** înainte, în timpul și după fiecare ședință; **analiza statistică** a datelor, cu interpretarea semnificației clinice a rezultatelor.

Metodologia aleasă permite nu doar confirmarea siguranței tratamentului, ci și identificarea factorilor care influențează răspunsul terapeutic.

În acest sens, cercetarea propusă aduce o contribuție originală prin investigarea nu doar a efectelor analgezice și funcționale ale LLLT și TECAR, ci și a impactului lor asupra tensiunii arteriale și a relației cu tratamentul antihipertensiv, aspect cu potențial de inovație în practica medicală integrată.

**PARTEA I**  
**STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII**  
**Capitolul I**

**Hipertensiunea arterială esențială**

**1.1. Noțiuni generale privind hipertensiunea arterială (HTA)**

Hipertensiunea arterială este una dintre cele mai răspândite boli cronice la nivel global, având un impact major asupra sănătății publice prin numărul ridicat de persoane afectate, totodată reprezentând un factor de risc esențial pentru dezvoltarea bolilor cardiovasculare. Conform datelor publicate de Organizația Mondială a Sănătății, doar un procent redus, de aproximativ 14%, dintre cazurile de hipertensiune beneficiază de un control eficient prin tratament medicamentos. În plus, această patologie este responsabilă pentru circa 13% din totalul deceselor la nivel mondial, aspect care evidențiază nevoia stringentă de măsuri preventive și terapeutice eficiente, menite să reducă atât incidența bolii, cât și complicațiile asociate acesteia. (“Guideline for the pharmacological treatment of hypertension in adults,” 2021).

Conform ghidurilor emise de Organizația Mondială a Sănătății (OMS) și a Societății Europene de Cardiologie (ESC), tensiunea arterială optimă este sub 120/80 mmHg (Zhou *et al.*, 2021). Astfel discutăm despre HTA atunci când valorile tensiunii arteriale sistolice și/sau diastolice depășesc pragul de 140/90 mmHg, măsurate în mod repetat, în condiții standardizate, acasă sau ambulatoriu (Williams *et al.*, 2018).

O noutate importantă introdusă de ghidul ESC din 2024 este clasificarea suplimentară a tensiunii arteriale în două noi categorii, cu scopul de a facilita o stratificare mai precisă a pacienților și de a adapta mai eficient conduita terapeutică (McEvoy *et al.*, 2024):

- **TA crescută:** 120–139/70–89 mmHg (deși terapia farmacologică poate reduce riscul, tratamentul medicamentos este recomandat doar pacienților cu risc cardiovascular global crescut)
- **TA neelevată:** <120/70 mmHg (în această categorie, riscul de boli cardiovasculare este mic, iar tratamentul medicamentos nu are susținere bazată pe studii clinice)

## 1.2. Prevenția și tratarea HTA

Obiectivul central al strategiilor de prevenție și tratament în hipertensiunea arterială este reducerea RCV prin controlul factorilor favorizanți; creșterea calității vieții și diminuarea mortalității premature. Adoptarea unui stil de viață sănătos, care include o alimentație echilibrată, activitate fizică regulată și renunțarea la fumat, reprezintă elementul fundamental în prevenirea incidenței și a complicațiilor HTA (Unger *et al.*, 2020a). Această abordare este considerată o recomandare de **Clasa I**, fiind indicată tuturor persoanelor, chiar și în lipsa unor studii clinice de mari dimensiuni (McEvoy *et al.*, 2024)..

### 1.2.1. Recomandări privind modificările stilului de viață:

- **Reducerea consumului de sare și creșterea aportului de potasiu** – Aportul de sare (clorură de sodiu) trebuie limitat la maxim 5 g/zi, aproximativ o linguriță sau mai puțin, echivalentul a 2000 mg Na/zi, conform noilor ghiduri, acolo unde este posibil, la toți adulții cu TA crescută și hipertensiune arterială. Totodată este recomandată creșterea aportului de potasiu (K) cu 0,5–1,0 g/zi, o doză zilnică de 3,5g, exceptând situațiile în care există contraindicații precum: IRC moderată sau severă, medicamente care economisesc K (diuretice precum spironolactona, IECA, ARB).

- **Adoptarea unei diete echilibrate** – O alimentație bogată în legume, fructe, produse lactate cu conținut scăzut de grăsimi, cereale integrale, pește și acizi grași nesaturați (ex. ulei de măsline) contribuie la reducerea TA. Consumul de carne roșie și grăsimi saturate ar trebui limitat (Unger *et al.*, 2020a). Mai mult, se recomandă limitarea consumului de zahăr în special a băuturilor îndulcite cu zahăr (băuturile răcoritoare și sucuri de fructe), la maximum 10% din aportul de energie.

- **Activitate fizică regulată** – Pacienții cu HTA ar trebui să efectueze cel puțin 30 de minute de exerciții fizice aerobice în formă continuă sau intermitentă, de intensitate moderată – între 40-60% din rezerva asimilată de oxigen (mers alert, alergare ușoară, ciclism, înot) (Braddom's *Physical Medicine and Rehabilitation*, 2021), în majoritatea zilelor săptămânii, cumulând minim 150 min/ săptămână (McEvoy *et al.*, 2024).

- **Menținerea unei greutate corporale optime** – Indicele de masă corporală (IMC) recomandat este între 20-25 kg/m<sup>2</sup> și valori ale circumferinței taliei (de exemplu <94 cm la bărbați și <80 cm la femei) pentru a reduce TA și riscul de BCV. Pierderea în greutate cu mai

mult de 5 kg a pacienților care se află sub tratament anti HTA, poate reduce TAS în medie cu 6,6 mmHg, iar TAD în medie cu 5,3 mmHg (Neter *et al.*, 2003)

- **Limitarea consumului de alcool** – Se recomandă consumul a mai puțin alcool decât limita superioară, care este de aproximativ 100 g/săptămână de alcool pur (Griswold *et al.*, 2018). Numărul de băuturi depinde de mărimea porției (ale căror standarde diferă în funcție de țară), dar majoritatea băuturilor conțin 8-14 g de alcool pe băutură. Bărbații nu ar trebui să depășească 14 unități de alcool pe săptămână, iar femeile 7 unități (Roerecke *et al.*, 2018). O unitate de alcool echivalează cu 125 ml de vin sau 250 ml de bere.

- **Renunțarea la fumat** – Oprirea fumatului este asociată cu beneficii semnificative asupra sănătății cardiovasculare, iar utilizarea terapiei de substituție cu nicotină poate fi o strategie utilă în acest proces. Se recomandă inițierea îngrijirilor de susținere și adoptarea programelor de renunțare la fumat, deoarece consumul de tutun provoacă puternic și independent BCV și mortalitate din toate cauzele, deși nu scade TA direct (Yang *et al.*, 2022).

- **Reducerea stresului** - Atât **yoga, cât și tai chi** sunt practici care combină mișcări fizice, tehnici de respirație și meditație. Acestea au efecte benefice asupra tensiunii arteriale, în special prin reducerea stresului și îmbunătățirea funcției cardiovasculare, reducând necesarul de medicamente anti HTA.

- **Meditația mindfulness și respirația profundă** reduc activitatea sistemului nervos simpatic („luptă sau fugi”), stimulează sistemul parasimpatic („odihnă și digestie”) și scad nivelul hormonilor de stres, precum cortizolul și adrenalina. Mindfulness reduce TA sistolică cu 4–5 mmHg și diastolică cu 2–3 mmHg (Hughes *et al.*, 2013). Respirația profundă scade TA sistolică cu 4,7 mmHg și diastolică cu 3,2 mmHg.

- **Creșterea calității și orelor de somn**- Tot mai multe studii susțin existența unei legături cauzale între tulburările de somn și valorile crescute ale tensiunii arteriale. Lipsa somnului și fragmentarea lui pot afecta negativ axa neuroendocrină, sistemul adrenergic și răspunsurile proinflamatorii. În cazul sindromului de apnee obstructivă în somn (SAOS), episoadele repetate de hipoxie favorizează suplimentar activarea SNS (McEvoy *et al.*, 2024).

- **Evitarea aerului poluat**- Expunerea la aerul poluat cu particule fine și ultrafine (PM 2.5) crește RCV, iar reducerea cu 1 mcg/m<sup>3</sup> PM 2.5 în aerul ambiant poate scădea TA cu 3-4

mmHg. O meta-analiză din 2020 a demonstrat că utilizarea purificatoarelor de aer personale pentru o perioadă de 14 zile, a redus TAS cu aproximativ 4 mmHG.

### **1.2.2. Clasele majore de medicamente cu dovezi solide în scăderea tensiunii arteriale**

Conform ghidurilor, dacă după 3 până la 6 luni de intervenții non farmacologice, care includ reducerea consumului de sare, scădere ponderală, activitate fizică regulată și renunțarea la fumat, nu se obține controlul adecvat al tensiunii arteriale, se inițiază tratamentul farmacologic (McEvoy *et al.*, 2024). Obiectivul principal al scăderii TA este prevenirea complicațiilor cardiovasculare.

IECA, BRA, blocantele canalelor de calciu dihidropiridinice, diureticele (tiazidice și tiazid-like) și beta-blocantele sunt clasele principale de medicamente cu dovezi solide în reducerea riscului cardiovascular prin controlul tensiunii arteriale. Primele patru sunt recomandate ca opțiuni de primă linie pentru inițierea tratamentului hipertensiunii în populația generală (“2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC),” 2013). Aceste recomandări s-au bazat pe: eficiența lor demonstrată în reducerea valorilor tensionale; rezultatele studiilor placebo-controlate care au confirmat scăderea riscului cardiovascular; și dovezile privind efecte echivalente asupra mortalității și morbidității cardiovasculare, subliniind că beneficiile sunt în principal datorate reducerii tensiunii arteriale. În schimb, beta-blocantele sunt recomandate în anumite situații clinice specifice, cum ar fi angina pectorală, insuficiența cardiacă, perioada post-infarct miocardic sau pentru controlul frecvenței cardiace. În aceste contexte, OMS le include pe lista medicamentelor esențiale, însă subliniază importanța utilizării lor conform indicațiilor precise și, de preferință, în asociere cu alte clase de medicamente antihipertensive, pentru a asigura un control optim al tensiunii arteriale și reducerea riscului cardiovascular (*Guideline for the pharmacological treatment of hypertension in adults*, 2021b). Totuși, beta-blocantele sunt mai puțin eficiente în prevenirea accidentului vascular cerebral și au o rată mai mare de întrerupere a tratamentului din cauza efectelor adverse(Wiysonge *et al.*, 2017). În plus, IECA/BRA și BCC par să fie mai eficienți decât beta-blocantele în prevenirea progresiei afectării organelor țintă.

### 1.2.3. Medicamente noi cu efecte de scădere a tensiunii arteriale

Aceste clase terapeutice reprezintă direcții inovatoare în managementul hipertensiunii, în special pentru pacienții cu forme rezistente sau comorbidități cardiovasculare și renale.

- **Sacubitril/valsartan**

Sacubitrilul este un promedicament care, după conversia în forma activă, inhibă neprilisina, o metaloprotează implicată în degradarea peptidelor natriuretice (Redon and Carmena, 2024). Asocierea cu valsartan, un blocant al receptorilor de angiotensină (BRA), formează combinația cunoscută sub denumirea de inhibitor al receptorului de angiotensină–neprilisină (ARNI), reprezentând prima terapie din această clasă (Docherty *et al.*, 2020).

- **Inhibitorii cotransportorului sodiu-glucoza de tip 2 (SGLT2)**

SGLT2 acționează prin blocarea reabsorbției glucozei la nivelul tubului proximal renal, reducând glicemia și determinând diureză osmotică și natriureză (Mazidi *et al.*, 2017). Această clasă de medicamente, care include empagliflozina, ertugliflozina, dapagliflozina și canagliflozina a demonstrat beneficii cardiovasculare și renale atât la pacienți cu diabet zaharat de tip 2, cât și la cei fără diabet, precum și în insuficiența cardiacă.

- **Agoniștii receptorilor glucagon-like peptide-1 (GLP-1 RA)**

GLP-1, hormon produs de celulele L intestinale, cu expresie și în țesutul cardiac și vascular, exercită efecte insulino-trope și vasodilatatoare, contribuind la scăderea tensiunii arteriale, în parte prin reducerea greutateii corporale.

- **Antagoniștii receptorilor de endotelină (ERA)**

Antagoniștii receptorilor de endotelină (ERA), selectivi sau neselectivi, au fost evaluați ca opțiuni pentru hipertensiunea arterială rezistentă. Aprocitanul, un antagonist dual al receptorilor ETA și ETB prezenți la nivelul celulelor musculare netede vasculare, administrat în asociere cu terapie antihipertensivă standard incluziv un diuretic, a demonstrat într-un studiu de fază III o reducere semnificativă a tensiunii arteriale (Schlaich *et al.*, 2022).

- **Blocanții receptorilor mineralcorticoizi**

Limitările spironolactonei, în special riscul crescut de hiperkaliemie, au condus la dezvoltarea antagoniștilor receptorilor mineralcorticoizi nesteroidieni selectivi și potenți, cu profil de siguranță îmbunătățit precum finerenona sau eplerenona.

- **Inhibitorii de aldosteron-sintetaza**

Aldosteron-sintetaza este enzima esențială implicată în etapele finale ale sintezei aldosteronului, iar inhibarea acesteia reprezintă o potențială strategie terapeutică pentru hipertensiune arterială, insuficiență cardiacă și fibroză miocardică. Inhibarea selectivă a

acesteia reduce producția hormonului direct, spre deosebire de blocarea receptorului mineralocorticoid, însă dezvoltarea unor inhibitori eficienți a fost îngreunată de riscul de interferență cu sinteza cortizolului (Blazek and Bakris, 2023).

- **Inhibitorii aminopeptidazei cerebrale**

Aminopeptidaza A (APA) din creier convertește angiotensina II în angiotensina III, peptidă ce crește tensiunea arterială prin stimularea secreției de vasopresină și creșterea tonusului simpatic (Marc and Llorens-Cortes, 2011).

## Capitolul II

### Terapia cu LASER de joasă putere energetică și terapia cu radiofrecvență direcționată

#### 2.1.Terapia cu LASER de joasă putere energetică (LLLT)

Acronimul LASER provine din limba engleză- Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation și se traduce prin – amplificarea luminii prin emisie stimulată de radiație.

Terapia cu LASER de joasă putere energetică (Low-Level LLLT Therapy – LLLT), cunoscută și sub numele de terapie fotobiomodulatorie (FBM) , este o metodă non-invazivă utilizată frecvent în medicina fizică și de recuperare, în afecțiunile aparatului neuro-mio-artro-kinetic, pentru efectele sale antiinflamatoare, analgezice și regeneratoare. În contextul hipertensiunii arteriale, LLLT este investigată pentru potențialul său de a îmbunătăți funcția vasculară și de a reduce tensiunea arterială prin efecte asupra sistemului nervos autonom și microcirculației.

##### 2.1.1.Mecanismele de acțiune ale LLLT-ului asupra organismului și efectele terapeutice rezultate

LASER-ul de joasă putere exercită efecte biologice benefice prin interacțiunea dintre fasciculul LLLT și structurile celulare. Aceste mecanisme sunt mediate de **efectul fotobiomodulator**, prin efect fotochimic, care implică absorbția fotonilor de către molecule sensibile la lumină (cromofori) și declanșarea unor răspunsuri celulare și subcelulare specifice(*Braddom's Physical Medicine and Rehabilitation*, 2021). Având în vedere că nu produce modificări semnificative ale temperaturii tisulare, efectele biologice sunt non-termice.



Figura 2.1. Mecanismele de acțiune ale LLLT

Conform Figurii 2.1. principalele mecanisme de acțiune ale LLLT-ului sunt:

1. Stimularea producției de ATP
2. Reducerea stresului oxidativ
3. Modularea inflamației
4. Stimularea angiogenezei
5. Îmbunătățirea microcirculației
6. Stimularea sistemului nervos

## 2.2.Terapia prin transfer electric capacitiv și rezistiv ( TR/ TECAR)

TECAR este o metodă de electroterapie, care utilizează curentul electromagnetic de înaltă frecvență (Daia, 2022) pentru a genera energie termică. Această tehnologie non-invazivă se bazează pe transferul energetic în câmp capacitiv și rezistiv, cu scopul de a îmbunătăți circulația sanguină și de a stimula procesele de regenerare celulară a țesuturilor biologice (Clijsen *et al.*, 2020). Deși este utilizată predominant în recuperarea musculo-scheletală, studii recente sugerează că această terapie ar putea avea un rol benefic și în gestionarea hipertensiunii arteriale prin efectele sale asupra microcirculației și tonusului vascular.

### 2.2.1.Efectele biologice si terapeutice ale terapiei TECAR:

Deși terapia TECAR este utilizată în domeniul medical de peste două decenii, cercetările privind eficiența și mecanismele sale de acțiune sunt încă limitate . În ultimii ani, s-a observat o creștere a numărului de studii, dar efectele rămân parțial neelucidate.

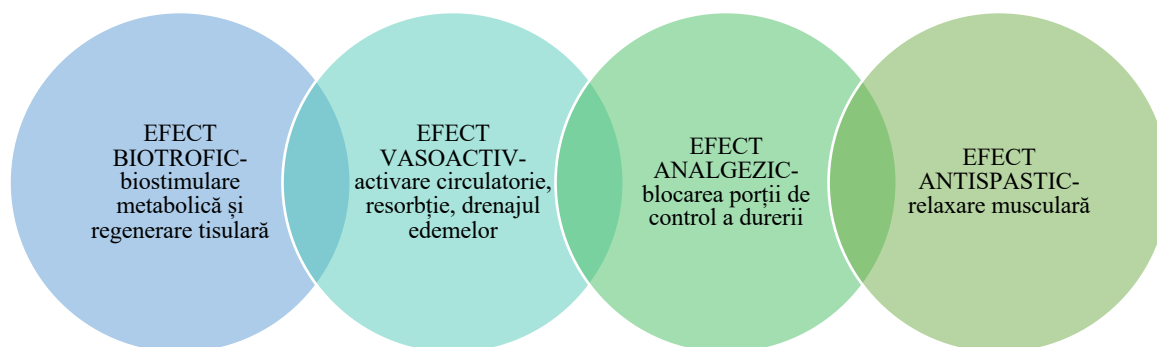


Figura 2.2. Efectele biologice și terapeutice ale terapiei TECAR

Conform Figurii 2.2. efectele biologice și terapeutice ale terapiei cu radiofrecvență direcționată sunt următoarele:

- 1.Efect biotrofic - biostimulare metabolică și regenerare tisulară
- 2.Efect vasoactiv - activare circulatorie, resorbție, drenaj venolimfatic
- 3.Efect analgezic- blocarea porții de control a durerii
- 4.Efect antispasmodic- relaxare musculară

### **2.3.Asocierea terapiei antihipertensive cu LLLT și TECAR**

În contextul complex al tratamentului hipertensiunii arteriale, o abordare terapeutică optimă presupune nu doar utilizarea medicamentelor antihipertensive, ci și explorarea unor metode complementare care să potențeze efectele acestora și să reducă riscurile asociate. Asocierea terapiilor fizicale, precum LLLT și terapia TECAR, cu tratamentul farmacologic tradițional deschide noi perspective în gestionarea hipertensiunii, având potențialul de a îmbunătăți eficiența terapeutică și de a minimiza efectele secundare ale medicației.

#### **2.3.1.Sinergia între terapia medicamentoasă și terapiile fizicale**

Hipertensiunea arterială este o afecțiune multifactorială care necesită o abordare terapeutică integrată. În prezent, tratamentul standard implică administrarea de medicamente antihipertensive, însă interesul pentru terapiile fizicale, precum LASER-ul de joasă putere și terapia TECAR, a crescut semnificativ. Aceste metode pot potența efectele medicamentelor antihipertensive, oferind beneficii adiționale prin mecanisme complementare. Mecanismele de acțiune combinate ale terapiilor vizează atât componenta vasculară și neuro-hormonală a hipertensiunii, cât și optimizarea microcirculației și reducerea inflamației sistemice.

#### **2.3.2. Provocări și limitări ale utilizării combinate a terapiei antihipertensive cu LLLT și TECAR**

Deși asocierea terapiei medicamentoase cu LLLT și terapia TR prezintă beneficii promițătoare în tratamentul hipertensiunii arteriale, există anumite provocări și limitări care trebuie luate în considerare. Acestea includ disponibilitatea tehnologiei, lipsa unor ghiduri standardizate, variația răspunsului individual al pacienților și posibilele interacțiuni cu alte tratamente.

Principalele probleme identificate includ:

1. **Lipsa ghidurilor și protocoalelor standardizate:** Doza, frecvența și durata tratamentului nu sunt bine stabilite, iar studiile existente folosesc parametri variați, dificil de comparat.
2. **Accesibilitatea și costurile:** Echipamentele LLLT și TECAR nu sunt disponibile pe scară largă, iar costurile ridicate pot limita accesul pacienților.
3. **Variabilitatea răspunsului individual:** Eficacitatea variază în funcție de vârstă, severitatea hipertensiunii și comorbidități, necesitând o abordare personalizată.
4. **Efecte secundare și interacțiuni:** Deși în general sigure, aceste terapii pot avea reacții adverse minore și nu sunt suficient studiate interacțiunile cu alte tratamente complementare.

**PARTEA A II A**  
**CONTRIBUȚIA PERSONALĂ**  
**Capitolul III — MATERIAL ȘI METODĂ**

**3.1. Variabilele incluse în analiză și structura bazei de date**

**Relevanța variabilelor pentru ipotezele de cercetare**

Lotul de studiu a inclus 268 de pacienți cu vârste cuprinse între 19 și 86 de ani, media fiind de 60,34 ani ( $DS = 11,80$ ), ceea ce evidențiază o dispersie moderată a valorilor în jurul mediei și o predominanță a populației adulte și vârstnice. Această structură demografică este relevantă în contextul analizării răspunsului la tratamentele electroterapeutice, având în vedere influența potențială a vârstei asupra capacității de recuperare și a profilului de comorbidități.

Distribuția pe sexe indică o participare majoritară a pacientelor de sex feminin, care reprezintă 75,4% din lot, în timp ce pacienții de sex masculin însumează 24,6%. Această diferență semnificativă poate reflecta o prevalență mai ridicată a patologiilor musculo-scheletale în rândul femeilor sau o aderență mai mare a acestora la programele de reabilitare incluse în studiu.

În ceea ce privește variabilele antropometrice, testul Kolmogorov–Smirnov pentru un singur eșantion a evidențiat o distribuție aproximativ normală pentru greutate ( $p = 0,073$ ), cu o medie de 76,73 kg și o deviație standard de 12,846 kg, în timp ce înălțimea ( $p = 0,002$ ) și indicele de masă corporală – IMC ( $p < 0,001$ ) prezintă abateri semnificative de la normalitate. Media înălțimii a fost de 164,65 cm ( $DS = 7,968$  cm), iar media IMC de 28,72 ( $DS = 9,718$ ), valoare care situează lotul, în medie, în categoria supraponderalității.

Distribuția IMC arată o prevalență ridicată a excesului ponderal și a obezității: 46,3% dintre pacienți sunt supraponderali (IMC 25–29,9), iar 32,5% prezintă diferite grade de obezitate – grad I (24,3%), grad II (6,3%) și grad III (1,9%). Doar 21,3% dintre pacienți au un IMC situat în intervalul considerat normal (18,5–24,9).

Analiza distribuției afecțiunilor tratate fizioterapeutic indică predominanța patologiilor degenerative ale articulațiilor mari și coloanei vertebrale, gonartroza fiind cea mai frecventă (28,7%), urmată de herniile de disc lombare (17,9%) și cervicale (12,7%). Diagnostice cu prevalență scăzută, sub 2%, precum artroza radio-carpiană sau artroza gleznei, au determinat necesitatea grupării afecțiunilor în patru categorii clinice majore: discopatii, entezopatii/tendinopatii, patologii degenerative articulare, și patologii post-traumatice. Distribuția rezultată arată o pondere dominantă a patologiilor degenerative articulare (53%),

urmate de discopatii (31%) și entezopatii (11%), cu reprezentare redusă a patologiilor traumatice (4%).

În ceea ce privește zonele anatomice tratate consecutiv prin TECAR și LLLT în aceeași sesiune, cele mai frecvente au fost genunchiul (32%), coloana lombară/dorso-lombară (26%) și coloana cervicală (22%), urmate de umăr (10%), șold (5%) și gleznă/picior (5%). Pentru optimizarea analizei statistice, localizările au fost grupate în patru regiuni funcționale: regiunea axială (48%), membre inferioare – articulații mari (37%), membre superioare (11%) și membre inferioare – articulații mici (4%). Această distribuție reflectă atât prevalența crescută a patologiilor coloanei și articulațiilor mari în rândul populației adulte și vârstnice, cât și orientarea predominantă a terapiei combinate către aceste segmente.

Analiza variabilelor terapeutice evidențiază faptul că majoritatea pacienților (84,7%) au beneficiat de tratament cu TECAR aplicație dinamică, în timp ce TECAR aplicat static a fost utilizat doar la 15,3% dintre cazuri. Administrarea terapiei adjuvante a fost mai redusă: suplimentele neurotrofe au fost oferite la 23,9% dintre pacienți, iar cele condroprotectoare la 29,1%, în special în cazul celor cu deficite neuro-musculare sau afecțiuni degenerative articulare. Suportul medicamentos a fost aplicat selectiv: terapia antialgică la 22,8% dintre pacienți, antiinflamatoarele nesteroidiene (AINS) la 48,9% și gastroprotectoare la 55,6%, aceștia din urmă fiind recomandați în special pacienților aflați sub tratament cu AINS pentru prevenirea efectelor adverse gastrointestinale. Aceste distribuții sugerează o utilizare ținută a intervențiilor adjuvante și farmacologice, adaptată profilului clinic individual și orientată spre susținerea eficienței electroterapiei.

Analiza comorbidităților în lotul de studiu evidențiază o prevalență ridicată a hipertensiunii arteriale, prezentă la 66,4% dintre pacienți, majoritatea cazurilor fiind forme moderate (26%) și severe (27%). Diabetul zaharat a fost diagnosticat la 23,5% dintre pacienți, dislipidemia la 40,7%, iar boala renală cronică la 21,3%. Aceste afecțiuni pot influența semnificativ toleranța la efort, procesele de recuperare funcțională și răspunsul la terapiile electroterapeutice.

În ceea ce privește tratamentul medicamentos pentru comorbidități, 53% dintre pacienți nu urmau medicație la momentul includerii, iar dintre cei tratați, 23,1% primeau terapie pentru afecțiuni metabolice, 14,6% pentru afecțiuni cardiovasculare, 7,1% pentru boli neurologice sau psihiatrice și 2,2% pentru alte patologii. Distribuția acestor date permite comparații relevante între grupurile cu și fără tratament, în vederea evaluării impactului medicației concomitente asupra eficienței programelor de reabilitare.

Evaluarea tensiunii arteriale sistolice a evidențiat valori pre-terapie stabile, cu o ușoară scădere de la 130,37 mmHg (ziua 1) la 127,84 mmHg (ziua 5), urmată de menținerea acestui nivel până în ziua 10, distribuțiile fiind normale ( $p > 0,05$ ). Post-TECAR, scăderile au fost mai pronunțate, în special în ziua 1 ( $-3,01$  mmHg), dar asociate cu abateri de la normalitate în primele două momente ( $p = 0,010$  și  $p < 0,001$ ), indicând o variabilitate crescută a răspunsului. Post-LLLT, scăderile au fost mai reduse și constante ( $-0,72$  până la  $-0,18$  mmHg), cu distribuții normale în primele două momente și o ușoară asimetrie în ziua 10 ( $p = 0,044$ ). Comparativ, TECAR a generat un efect hipotensor imediat mai evident, dar mai heterogen, în timp ce LLLT a indus scăderi mici, dar uniforme, pe parcursul tratamentului.

Tensiunea arterială diastolică a prezentat valori stabile înainte de tratament ( $\approx 78$  mmHg), cu o ușoară tendință descendentă pe parcursul protocolului și distribuții compatibile cu normalitatea. Post-TECAR, modificările au fost minore, apropiate de valorile inițiale, cu menținerea normalității în primele două momente și pierderea acesteia în ziua 10, ceea ce indică o creștere a variabilității răspunsului spre finalul tratamentului. Post-LLLT, s-a observat o creștere discretă a valorilor, mai evidentă în ziua 5 (81,47 mmHg), asociată cu o deviație standard foarte ridicată și abatere semnificativă de la normalitate, sugerând influența valorilor extreme și a diferențelor individuale de răspuns.

Analiza medicației cardiovasculare în lotul studiat evidențiază o utilizare relativ redusă a majorității claselor antihipertensive și adjuvante. Tratamentul cu inhibitori ai enzimei de conversie a angiotensinei (IECA) a fost prezent la 13% dintre pacienți, cu valori ușor mai mari pentru blocanții receptorilor angiotensinei II (BRA) – 15% și combinațiile fixe de antihipertensive – 24%. Blocantele canalelor de calciu (BCC) și diureticele au fost utilizate în proporție de 8% și respectiv 21% dintre cazuri, iar beta-blocantele la 25% dintre pacienți. Statinele au fost administrate în 37% din cazuri, reflectând controlul farmacologic al dislipidemieii la peste o treime din lot. Distribuția arată o aplicare selectivă a acestor terapii, corelată probabil cu indicațiile clinice specifice, profilul comorbidităților și strategiile terapeutice individualizate. În contextul electroterapiei cu TECAR și LLLT, aceste tratamente pot influența răspunsul hemodinamic și necesită monitorizare atentă.

Testul One-Sample Kolmogorov-Smirnov a confirmat normalitatea distribuției scorurilor VAS pentru toate momentele de evaluare ( $p > 0,05$ ), permițând utilizarea analizelor parametrice în comparația mediilor. Scorurile IADL au evidențiat o îmbunătățire semnificativă a autonomiei funcționale după 10 zile de tratament, cu deplasarea distribuției către valori mai mari și reducerea ponderii scorurilor joase. Reluarea electroterapiei după prima serie de tratament a fost raportată de 44% dintre pacienți, în timp ce 56% nu au reluat intervențiile,

distribuție care sugerează un echilibru relativ între necesitatea percepută de tratament suplimentar și încetarea terapiei datorată ameliorării sau altor factori limitativi.

### **3.2. Designul analitic al studiului**

Cercetarea a fost concepută ca un studiu observațional, analitic, longitudinal și multicentric, desfășurat cu scopul de a evalua impactul terapiei combinate TECAR și LLLT de joasă putere energetică asupra parametrilor clinici, hemodinamici și funcționali la pacienții cu patologii musculo-scheletale. Designul ales reflectă nevoia de a surprinde dinamica evoluției tensiunii arteriale, a simptomatologiei, în timp și de a integra multiple variabile care pot influența răspunsul la tratament, într-o manieră cât mai fidelă realității clinice.

Lotul de pacienți inclus a cuprins 268 de subiecți, selectați din două unități medicale cu profil diferit: Clinica ReumaDiagnostic, care deservește în principal populația adultă cu patologii cronice degenerative, și Spitalul de Urgență pentru Copii „Sf. Ioan” Galați, unde pacienții cu indicații de electroterapie au fost monitorizați în cadrul compartimentului specializat- ambulatoriu recuperare neuropsihomotorie. Această abordare multicentrică a asigurat o heterogenitate a lotului care conferă rezultate cu un grad mai mare de generalizare.

#### **Criterii de includere și excludere**

Stabilirea criteriilor de includere și excludere a avut o importanță esențială pentru definirea populației studiate și pentru asigurarea validității interne a cercetării. Aceste criterii au fost elaborate cu scopul de a selecta un eșantion omogen, reprezentativ pentru obiectivele propuse, și de a minimiza factorii de confuzie care ar fi putut influența rezultatele. În același timp, acestea au vizat protecția pacienților cu un profil de risc crescut pentru evenimente adverse asociate electroterapiei.

#### **Criterii de includere**

În studiu au fost incluși pacienți care au îndeplinit cumulativ următoarele condiții:

- Vârsta de minimum 18 ani, pentru a asigura includerea unui lot cu sistem musculo-scheletic matur, evitând particularitățile fiziologice specifice populației pediatrice și adolescenților;
- Diagnostic clinic și imagistic confirmat de afecțiune musculo-scheletală, incluzând patologii cronice degenerative (gonartroză, coxartroză, spondiloze), tulburări discale

(hernie de disc cervicală și lombară), entități tendinoase (tendinopatii, fasciite plantare) și alte afecțiuni ale aparatului locomotor care beneficiază de electroterapie;

- Indicație medicală pentru electroterapie combinată TECAR și LLLT de joasă putere energetică, conform protocoalelor terapeutice utilizate în unitățile medicale participante;

- Diagnostic de hipertensiune arterială esențială stabilă (HTA), confirmată de cel puțin 3 luni, în cazul pacienților cu comorbidități cardiovasculare. Acest criteriu a fost stabilit pentru a asigura un control adecvat al valorilor tensionale și pentru a evita includerea persoanelor cu HTA recent diagnosticată, care pot prezenta variabilitate hemodinamică semnificativă;

- Participare completă la programul de electroterapie, cu prezența la toate etapele de evaluare (inițială, intermediară și finală), pentru a permite analiza longitudinală a evoluției clinice și funcționale;

- Consimțământ informat exprimat pentru utilizarea datelor în scopuri de cercetare, în conformitate cu principiile etice și reglementările în vigoare.

### **Criterii de excludere**

Au fost excluși din studiu pacienții care prezentau una sau mai multe dintre următoarele condiții:

- Contraindicații absolute pentru TECAR și LLLT de joasă putere energetică, inclusiv:

- Prezența implanturilor metalice (endoproteză, atelă, șurub) sau a dispozitivelor electronice implantate (pacemaker, defibrilatoare, pompă de insulină) care pot interfera cu câmpurile electromagnetice generate de terapia TECAR;
- Leziuni cutanate, procese infecțioase active sau tumori la locul aplicării tratamentului, din cauza riscului de exacerbare a procesului patologic;
- Medicație fotosensibilizantă, fotodermatoză sau pacienți diagnosticați cu Lupus eritematos sistemic datorită potențialului de agravare a fotosensibilității în urma expunerii la fasciculul luminos al LLLT;
- Tulburări severe de coagulare sau tromboză venoasă profundă în zona vizată de tratament;
- Afecțiuni cardiovasculare severe instabile, precum insuficiență cardiacă decompensată, aritmii ventriculare maligne și hipertensiune arterială

necontrolată, care ar fi putut crește riscul de evenimente adverse în timpul aplicării terapiei;

- Femei gravide, din motive de siguranță, pentru a evita orice risc teoretic asociat expunerii la câmpuri electromagnetice sau efectelor biostimulatoare ale LLLTului asupra fătului;
- Tulburări neurologice majore, cum ar fi epilepsia necontrolată, care ar fi putut fi influențate de stimularea electrică și termică asociată terapiei TECAR;

- Valori ale tensiunii arteriale sistolice  $\geq 150$  mmHg la momentul inițierii ședinței de terapie, pentru a reduce riscul de complicații cardiovasculare asociate procedurilor electroterapeutice.

- Lipsa complianței, definită prin nefinalizarea programului de electroterapie conform protocoalelor stabilite sau absența la una dintre evaluările cheie;

- Date incomplete în fișele medicale, care ar fi împiedicat realizarea unei analize statistice riguroase și comparabile.

### **Justificare metodologică**

Aplicarea acestor criterii a permis delimitarea unui eșantion adecvat din punct de vedere clinic și metodologic, reducând riscul de variabile de confuzie și asigurând siguranța pacienților. Excluderea femeilor gravide și a pacienților cu HTA recent diagnosticată a fost motivată de considerente etice și de necesitatea de a evalua efectele electroterapiei într-un context controlat.

Astfel, lotul final analizat a fost compus din pacienți cu o stare clinică stabilă, fără contraindicații pentru electroterapie, ceea ce a permis o evaluare precisă a eficienței tratamentelor aplicate.

### **3.3. Metodologia statistică**

Analiza statistică aplicată în cadrul acestui studiu a fost concepută pentru a răspunde obiectivelor complexe ale cercetării, urmărind nu doar descrierea caracteristicilor lotului, ci și identificarea unor relații semnificative între variabilele clinice, terapeutice și funcționale, precum și construirea unor modele predictive capabile să surprindă dinamica evoluției pacienților. Alegerea metodelor a fost fundamentată pe natura variabilelor incluse, pe distribuția acestora și pe specificul ipotezelor de testat.

În prima etapă, prelucrarea datelor a inclus o analiză descriptivă detaliată, realizată cu scopul de a caracteriza lotul de pacienți și de a evidenția distribuțiile parametrilor demografici, antropometrici și clinici. Utilizarea mediei și a deviației standard pentru variabilele continue cu distribuție normală, precum vârsta, scorurile VAS și valorile tensiunii arteriale, a permis o evaluare rapidă a tendinței centrale și a variabilității acestora. În situațiile în care datele nu au respectat distribuția normală, medianele și intervalele intercuartilice au oferit o reprezentare robustă, mai puțin sensibilă la valori extreme, a tendinței centrale și dispersiei. Această etapă descriptivă a avut o importanță deosebită pentru înțelegerea caracteristicilor de bază ale populației studiate și pentru identificarea eventualelor neomogenități care ar fi putut influența rezultatele analitice.

Testarea distribuției variabilelor continue a fost realizată cu ajutorul testului Kolmogorov-Smirnov, adaptat pentru eșantioane mari, pentru a determina aplicabilitatea metodelor parametrice în comparație cu cele neparametrice. Alegerea acestui test a fost motivată de necesitatea de a evalua dacă datele urmează o distribuție gaussiană, ceea ce condiționează validitatea unor tehnici precum testul t și ANOVA. În cazurile unde ipoteza normalității a fost respinsă, au fost utilizate metode neparametrice pentru a evita erorile de interpretare.

În plus, pentru a investiga relațiile mai complexe între variabile, precum efectele de mediere și moderare, a fost utilizat modulul PROCESS v4.2 dezvoltat de Andrew F. Hayes. Această metodă avansată a permis explorarea în profunzime a modului în care variabile precum comorbiditățile, tipul de terapie și medicația antihipertensivă influențează indirect rezultatele asupra durerii și funcționalității. Modelele testate au inclus atât efecte directe, cât și indirecte, precum și interacțiuni între variabilele independente și moderatoare, oferind o perspectivă sofisticată asupra mecanismelor care stau la baza răspunsului terapeutic. Această abordare a fost esențială pentru validarea unor ipoteze inovatoare privind impactul cumulativ și diferențiat al factorilor individuali asupra evoluției clinice.

Nivelul de semnificație statistică a fost setat la  $p < 0,05$ , considerându-se că valorile mai mici indică existența unor diferențe sau asocieri semnificative din punct de vedere statistic. Toate analizele au fost realizate cu IBM SPSS Statistics versiunea 20, completat de modulul PROCESS v4.2, care a adus un plus de valoare prin posibilitatea de a testa modele complexe, cu un grad ridicat de aplicabilitate în cercetarea clinică.

Astfel, metodologia statistică adoptată a oferit un cadru analitic solid și detaliat, capabil să răspundă la întrebările de cercetare și să susțină formularea unor concluzii pertinente, cu relevanță atât teoretică, cât și practică.



## Capitolul IV — REZULTATE

Rezultatele obținute în cadrul acestei cercetări oferă o imagine de ansamblu asupra caracteristicilor clinice și terapeutice ale pacienților incluși în studiu, precum și asupra efectelor electroterapiei combinate, respectiv terapia TECAR și LASER-ul de joasă putere energetică, asupra parametrilor monitorizați. Analiza statistică a urmărit nu doar descrierea lotului și identificarea particularităților acestuia, ci și evidențierea impactului tratamentelor asupra durerii, funcționalității și valorilor hemodinamice, având ca obiectiv testarea ipotezelor formulate și clarificarea relațiilor dintre variabilele independente și cele de rezultat.

**Ipoteza de cercetare 1:** Pacienții de sex feminin sunt predominant reprezentați în lotul studiat, proporția acestora fiind semnificativ mai mare decât cea a pacienților de sex masculin.

Rezultatele obținute confirmă ipoteza conform căreia distribuția pacienților pe gen este dezechilibrată, cu o predominanță semnificativă a pacientelor. Analiza statistică a evidențiat că 75,7% dintre persoanele incluse în studiu sunt de sex feminin, în timp ce doar 24,3% sunt de sex masculin, iar testul Chi-pătrat aplicat a arătat o diferență semnificativă statistic ( $\chi^2 = 69,015$ ,  $p < 0,001$ ).

În contextul studiului de față, predominanța pacientelor în lotul analizat validează observația că sexul este un determinant relevant al adresabilității la tratamentele de recuperare medicală, aspect ce va fi investigat și în subcapitolele următoare pentru a evalua influența acestui factor asupra răspunsului la terapie.

**Ipoteza de cercetare 2:** Reducerea durerii după electroterapie diferă între femei și bărbați.

Analiza variabilelor „Diferența absolută de durere” și „Reducerea procentuală a durerii” a confirmat îndeplinirea ipotezei de normalitate (testul Kolmogorov–Smirnov,  $p > 0,05$ ), ceea ce a permis utilizarea metodelor statistice parametrice. Compararea valorilor medii ale reducerii absolute a durerii între bărbați și femei a evidențiat medii apropiate ( $M_{\text{masculin}} = 42,29$ ;  $M_{\text{feminin}} = 43,59$ ), iar testul t pentru eșantioane independente nu a indicat diferențe semnificative statistic ( $t(266) = -0,589$ ,  $p = 0,556$ ). Intervalul de încredere la 95% a inclus valoarea zero, confirmând lipsa unui efect diferențial relevant din punct de vedere statistic între sexe.

Aceste rezultate sugerează că sexul pacientului nu constituie un predictor semnificativ al reducerii durerii sau al obținerii unui răspuns clinic relevant după tratamentul de electroterapie. Prin urmare, în contextul lotului analizat, răspunsul la terapie a fost comparabil între bărbați și

femei, atât în ceea ce privește ameliorarea absolută a durerii, cât și atingerea pragului de relevanță clinică de  $\geq 50\%$  reducere VAS.

**Ipoteza de cercetare 3:** Prevalența hipertensiunii arteriale este semnificativ mai mare în rândul pacienților cu vârsta peste 60 de ani comparativ cu cei sub acest prag de vârstă.

Analiza efectuată evidențiază o relație clară între vârsta înaintată și prevalența hipertensiunii arteriale (HTA) în lotul studiat. Rezultatele descriptive arată că pacienții cu vârsta peste 60 de ani prezintă o prevalență mult mai ridicată a HTA (82%) comparativ cu cei sub 60 de ani (48%), diferență confirmată și de testul Chi-pătrat ( $p < 0,001$ ). Această asociere este susținută de măsurile de intensitate, coeficienții Phi și Cramer's V indicând o legătură moderată între variabile, ceea ce relevă nu doar o semnificație statistică, ci și o relevanță clinică.

Aceste rezultate sunt concordante cu datele din literatura epidemiologică, care arată că incidența și prevalența HTA cresc odată cu înaintarea în vârstă, pe fondul modificărilor structurale și funcționale ale sistemului cardiovascular și al acumulării factorilor de risc. În context clinic, aceste constatări subliniază importanța monitorizării active a tensiunii arteriale și a implementării măsurilor preventive și terapeutice specifice la pacienții vârstnici, în scopul reducerii complicațiilor cardiovasculare asociate.

**Ipoteza de cercetare 4:** Prevalența hipertensiunii arteriale și a obezității este semnificativ mai mare în rândul pacienților din mediul urban comparativ cu cei din mediul rural.

Analiza comparativă a prevalenței obezității și a hipertensiunii arteriale în funcție de mediul de rezidență a arătat că, deși în eșantionul studiat obezitatea a fost mai frecventă în mediul urban (34% față de 26% în mediul rural), iar hipertensiunea arterială mai prevalentă în mediul rural (74% față de 64% în mediul urban), aceste diferențe nu au atins semnificație statistică. Testele Chi-pătrat efectuate au evidențiat valori p de 0,239 pentru obezitate și 0,145 pentru hipertensiune arterială, depășind pragul de 0,05. Astfel, nu se poate susține ipoteza conform căreia mediul de rezidență ar influența semnificativ prevalența acestor două comorbidități în cadrul lotului analizat. Rezultatele sugerează că distribuția obezității și a hipertensiunii arteriale este relativ omogenă între mediul urban și cel rural în populația investigată, diferențele observate fiind cel mai probabil atribuite variației aleatorii și nu unui efect real al mediului de rezidență.

**Ipoteza de cercetare 5:** Există diferențe semnificative statistic între scorurile VAS măsurate la cele patru momente de evaluare, indicând o reducere progresivă a intensității durerii ca urmare a aplicării electroterapiei combinate TECAR și LLLT.

Analiza efectuată prin ANOVA pentru măsurători repetate validează ipoteza conform căreia aplicarea concomitentă a terapiei TECAR și a LASER-ului de joasă frecvență determină o reducere semnificativă, cu relevanță clinică, a intensității durerii la pacienții incluși în studiu. Evoluția descrescătoare a scorurilor VAS – de la media inițială de 65,12 puncte la 21,85 puncte la finalul protocolului terapeutic – demonstrează un răspuns favorabil și susținut la tratament, cu relevanță directă în managementul simptomatologiei algice.

Dimensiunea efectului, reflectată de valorile ridicate ale Partial Eta Squared (0,793–0,893), indică faptul că între 79% și 89% din variabilitatea intensității durerii este explicată de electroterapia aplicată. Acest rezultat subliniază un impact terapeutic major, cu potențial de integrare în strategiile standardizate de control al durerii .

**Ipoteza de cercetare 6:** Aplicarea secvențială a terapiei TECAR dinamic urmată de LLLT determină o reducere semnificativ mai mare a intensității durerii comparativ cu aplicarea secvențială a terapiei TECAR static urmată de LLLT, la pacienții incluși în protocolul de electroterapie.

Rezultatele susțin ipoteza conform căreia modalitatea de aplicare a curentului de RF influențează eficiența reducerii durerii la pacienții incluși în studiu, cu un avantaj clinic și statistic pentru tehnologia dinamică. Reducerea mai rapidă și mai pronunțată a scorurilor VAS în acest grup sugerează o eficiență terapeutică superioară, posibil asociată cu o stimulare tisulară mai uniformă și o adaptare mai bună la particularitățile zonei tratate.

Cu toate acestea, efectul major asupra reducerii durerii este determinat de progresia temporală a tratamentului, ceea ce subliniază importanța continuității și a numărului suficient de ședințe. Efectul modalității de aplicare, deși semnificativ, are o magnitudine moderată, sugerând că acesta trebuie privit ca un factor optimizator și nu ca un determinant unic al rezultatelor.

**Ipoteza de cercetare 7:** Administrarea concomitentă a medicației antialgice și aplicarea electroterapiei determină o reducere semnificativ mai mare a intensității durerii comparativ cu electroterapia aplicată fără suport medicamentos

Rezultatele analizelor statistice au arătat că administrarea concomitentă a medicației antialgice și aplicarea electroterapiei nu a determinat o reducere suplimentară semnificativă a

intensității durerii, comparativ cu aplicarea electroterapiei în absența suportului medicamentos. Deși media scorurilor VAS la ziua 10 a fost foarte apropiată între cele două grupuri, diferențele observate nu au atins pragul de semnificație statistică, intervalele de încredere incluzând valoarea zero. Aceste constatări sugerează că ameliorarea durerii se datorează în principal efectului electroterapiei, iar asocierea medicației antialgice nu a conferit un beneficiu suplimentar relevant clinic sau statistic. Prin urmare, ipoteza conform căreia combinarea celor două intervenții ar genera o reducere semnificativ mai mare a durerii nu a fost confirmată.

**Ipoteza de cercetare 8:** Administrarea suplimentelor condroprotectoare în asociere cu electroterapia va determina o îmbunătățire semnificativ mai mare a funcționalității pacienților, evaluată prin scorurile IADL, comparativ cu electroterapia aplicată în absența acestora.

Analiza intragrup, realizată prin testul Wilcoxon Signed-Rank, a demonstrat că atât pacienții care nu au beneficiat de suplimente condroprotectoare, cât și cei care au urmat electroterapia în asociere cu administrarea acestora au prezentat o creștere semnificativă a scorurilor IADL între momentul inițial și final al programului terapeutic. Astfel, electroterapia, indiferent de asocierea cu suplimente condroprotectoare, a determinat o ameliorare consistentă a funcționalității și a gradului de independență în desfășurarea activităților zilnice.

Analiza intergrup, efectuată prin testul Mann–Whitney U asupra diferenței de scoruri IADL ( $\Delta$ IADL), nu a evidențiat o diferență semnificativă statistic între cele două grupuri ( $Z = -0,593$ ,  $p = 0,553$ ). Această constatare indică faptul că, deși atât pacienții cu suplimente cât și cei fără au beneficiat de îmbunătățirea funcționalității în cadrul programului de electroterapie, administrarea suplimentelor condroprotectoare nu a conferit un avantaj suplimentar semnificativ din punct de vedere statistic.

Prin urmare, Ipoteza de cercetare 8, conform căreia administrarea suplimentelor condroprotectoare în asociere cu electroterapia ar determina o creștere mai mare a scorurilor IADL comparativ cu electroterapia aplicată în absența acestora, nu se confirmă.

**Ipoteza de cercetare 9:** Influența localizării zonei afectate asupra eficienței electroterapiei combinate TECAR – LLLT în reducerea durerii la pacienții incluși în studiu.

Analiza descriptivă a arătat medii ale reducerii durerii comparabile între regiuni, cu intervale de încredere care se suprapun substanțial. Presupunerea de omogenitate a varianțelor a fost îndeplinită (Levene = 0,534;  $gl_1 = 3$ ;  $gl_2 = 264$ ;  $p = 0,659$ ), iar ANOVA unifactorială nu a evidențiat diferențe semnificative ale reducerii durerii în funcție de localizarea anatomică

( $F(3,264) = 0,328$ ;  $p = 0,805$ ;  $T_a$ ). Mărimea efectului a fost neglijabilă ( $\eta^2 \approx 0,004$ ), indicând că localizarea zonei afectate explică sub 1% din variabilitatea ameliorării durerii.

Prin urmare, Ipoteza de cercetare 9 nu este susținută: eficiența analgezică a tratamentului combinat TECAR–LLLT nu diferă semnificativ între regiunile analizate. Teste post-hoc nu se justifică. Ca limitare, dezechilibrul mărimilor de eșantion (de ex.,  $N$  redus la „articulații mici”) poate diminua puterea pentru detectarea unor efecte foarte mici; studii viitoare cu grupuri mai echilibrate pot rafina estimările.

**Ipoteza de cercetare 10:** Pacienții cu patologie localizată la nivelul coloanei vertebrale vor prezenta o rată semnificativ mai mare de reluare a curei de electroterapie decât pacienții cu afecțiuni periferice.

Analiza comparativă a reluării curei de electroterapie în funcție de localizarea patologiei (axială vs. periferică) nu a evidențiat diferențe semnificative statistice. Deși pacienții cu patologie periferică au reluat cura într-o proporție ușor mai mare (47%) comparativ cu cei cu patologie axială (40%), testul Chi-pătrat al independenței nu a confirmat existența unei asocieri între variabile,  $\chi^2(1, N = 268) = 1,448$ ,  $p = 0,229$ .

Rezultatele convergente ale corecției de continuitate, ale raportului de verosimilitate și ale testului exact Fisher au confirmat lipsa semnificației statistice. Mărimea efectului a fost foarte mică ( $\phi = 0,074$ ), indicând o asociere slabă. Estimarea raportului șanselor ( $OR \approx 0,74$ ,  $IC95\% \approx 0,46–1,21$ ) sugerează doar o tendință nesemnificativă ca pacienții cu patologie axială să reia mai rar cura decât cei cu patologie periferică.

În concluzie, ipoteza conform căreia localizarea patologiei influențează reluarea curei de electroterapie nu a fost susținută de datele statistice. Diferențele observate sunt explicabile prin variații întâmplătoare și nu reflectă o relație consistentă în cadrul lotului studiat.

**Ipoteza de cercetare 11:** Evoluția tensiunii arteriale sistolice și diastolice, măsurată înainte și la 1, 5 și 10 zile după aplicarea terapiei TECAR, diferă semnificativ în funcție de regiunea anatomică asupra căreia se aplică tratamentul.

Analiza efectelor terapiei TECAR asupra tensiunii arteriale sistolice, realizată pe parcursul a patru momente de evaluare și în funcție de zona de aplicare, a evidențiat o dinamică semnificativă a valorilor în timp, confirmată de efectul principal puternic al factorului temporal. Evoluția tensiunii arteriale a urmat un model caracterizat printr-o creștere tranzitorie imediată, urmată de o scădere moderată la momentul final de evaluare, ceea ce sugerează un răspuns adaptativ la terapia aplicată.

În schimb, influența zonei anatomice de aplicare a terapiei asupra valorilor medii ale tensiunii arteriale nu a fost semnificativă statistic, iar interacțiunea dintre timp și zonă a arătat că modificările tensiunii arteriale au urmat un model relativ uniform în toate categoriile analizate. Comparările perechi între grupurile definite de zonele TECAR nu au evidențiat diferențe relevante, susținând concluzia că răspunsul hemodinamic sistemic la terapia TECAR este independent de localizarea aplicării acesteia.

Aceste rezultate sugerează că, în contextul lotului studiat, terapia TECAR produce un efect global asupra tensiunii arteriale, fără diferențe legate de zona anatomică tratată.

**Ipoteza de cercetare 12:** Valorile tensiunii arteriale sistolice și diastolice se modifică semnificativ după aplicarea TECAR și LLLT, comparativ cu valorile măsurate anterior intervenției.

Analiza statistică a confirmat că valorile tensiunii arteriale sistolice se modifică semnificativ după aplicarea terapiilor electroterapeutice TECAR și LLLT. Factorul Timp a evidențiat diferențe clare între măsurătorile efectuate înainte de terapie, după TECAR și după LLLT, indicând o scădere progresivă a valorilor tensionale sistolice. În plus, factorul Zi a arătat o variație sistematică între cele trei momente de evaluare (ziua 1, ziua 5 și ziua 10), confirmând că aceste modificări nu sunt uniforme pe parcursul tratamentului.

Interacțiunea  $Timp \times Zi$  a fost semnificativă, ceea ce arată că efectele terapiilor asupra tensiunii arteriale sistolice depind de momentul evaluării. Analiza contrastelor a confirmat un efect liniar semnificativ pentru Timp, cu o scădere consecventă a valorilor sistolice după aplicarea procedurilor, în timp ce pentru Zi a fost observată o componentă curbilinie, sugerând o evoluție diferențiată între zilele de evaluare.

Interpretarea datelor din Tabelul 4.1. arată că valorile tensiunii arteriale sistolice prezintă o tendință de scădere după aplicarea procedurilor electroterapeutice.

*Tabel 4.1. Valorile medii ale tensiunii arteriale sistolice (mmHg) în funcție de momentul evaluării și tipul procedurii fizioterapice*

Tabel sinteză – Tensiunea arterială sistolică  
(mmHg)

| Zi<br>evaluare | Înainte | După<br>TECAR | După<br>LLLT |
|----------------|---------|---------------|--------------|
| Ziua 1         | 130,37  | 127,36        | 129,65       |
| Ziua 5         | 127,84  | 127,16        | 128,02       |

|         |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|
| Ziua 10 | 127,89 | 126,21 | 126,96 |
|---------|--------|--------|--------|

În ziua 1, media scade de la 130,37 mmHg înainte de tratament la 127,36 mmHg după TECAR și 129,65 mmHg după LLLT. În ziua 5, valorile se mențin mai reduse comparativ cu momentul inițial (127,84 mmHg înainte, 127,16 mmHg după TECAR și 128,02 mmHg după LLLT). În ziua 10, se observă menținerea tendinței de scădere (127,89 mmHg înainte, 126,21 mmHg după TECAR și 126,96 mmHg după LLLT).

În ansamblu, aceste rezultate susțin ipoteza de cercetare, demonstrând că terapiile TECAR și LLLT au un impact semnificativ asupra tensiunii arteriale sistolice, iar efectele lor evoluează într-o dinamică complexă, influențată de durata și momentul aplicării.

Analiza statistică a arătat că valorile tensiunii arteriale diastolice nu au înregistrat modificări semnificative în urma aplicării terapiilor electroterapeutice TECAR și LLLT. Factorul Timp nu a influențat semnificativ valorile măsurate înainte, după TECAR și după LLLT, iar factorul Zi nu a arătat diferențe consistente între zilele 1, 5 și 10. De asemenea, interacțiunea  $Timp \times Zi$  nu a fost semnificativă, ceea ce indică faptul că răspunsul tensiunii arteriale diastolice la proceduri a fost uniform, fără variații dependente de momentul evaluării.

Testul Mauchly a indicat încălcarea presupunerii de sfericitate, motiv pentru care au fost aplicate corecțiile Greenhouse-Geisser și Huynh-Feldt, confirmând robustețea rezultatelor. Analiza contrastelor a evidențiat doar o tendință liniară marginal semnificativă de reducere a valorilor diastolice după aplicarea procedurilor, dar fără susținere puternică statistică sau practică.

Analiza valorilor diastolice sintetizate în Tabelul 4.2. indică o variație redusă a parametrilor pe parcursul celor trei momente de evaluare (ziua 1, ziua 5 și ziua 10).

*Tabel 4.2. Evoluția tensiunii arteriale diastolice (mmHg) în funcție de momentul evaluării și tipul de terapie aplicată*

Tabel sinteză – Tensiunea arterială diastolică  
(mmHg)

| Zi<br>evaluare | Înainte | După<br>TECAR | După<br>LLLT |
|----------------|---------|---------------|--------------|
| Ziua 1         | 78,72   | 78,03         | 79,42        |
| Ziua 5         | 78,07   | 78,39         | 81,47        |
| Ziua 10        | 77,44   | 77,94         | 78,76        |

Înregistrările arată o ușoară scădere a tensiunii arteriale diastolice după aplicarea terapiei TECAR comparativ cu valorile inițiale, mai evidentă la ziua 1 (78,72 mmHg înainte vs. 78,03 mmHg după TECAR). În schimb, aplicarea LLLT-ului a fost asociată cu o tendință de creștere discretă a valorilor diastolice, în special în ziua 5 (78,07 mmHg înainte vs. 81,47 mmHg după LLLT).

Aceste rezultate sugerează că, pe termen scurt, terapia TECAR menține sau chiar reduce ușor valorile diastolice, în timp ce terapia LLLT poate determina o creștere tranzitorie a acestora. Totuși, amplitudinea diferențelor rămâne redusă, ceea ce indică stabilitatea tensiunii arteriale diastolice în cadrul protocoalelor electroterapeutice analizate.

În concluzie, ipoteza conform căreia valorile tensiunii arteriale diastolice se modifică semnificativ după aplicarea terapiilor electroterapeutice nu este confirmată. Rezultatele sugerează că, spre deosebire de tensiunea sistolică, tensiunea arterială diastolică rămâne relativ stabilă, fără variații semnificative sub influența procedurilor TECAR și LLLT.

Rezultatele obținute prin analiza tensiunii arteriale sistolice și diastolice relevă faptul că valorile hemodinamice ale pacienților incluși în studiu se mențin în limite relativ stabile pe parcursul protocolului fizioterapeutic. Terapia TECAR se asociază în mod constant cu o tendință de reducere discretă a valorilor tensionale, atât sistolice, cât și diastolice, sugerând un efect benefic de relaxare vasculară și de diminuare a reactivității cardiovasculare la stresul terapeutic. În schimb, terapia LLLT se corelează cu o creștere ușor mai accentuată a valorilor, mai evidentă la tensiunea diastolică, ceea ce ar putea reflecta un răspuns tranzitoriu legat de vasomotricitate și de efectele locale ale energiei luminoase asupra microcirculației.

În ansamblu, datele sugerează că protocoalele electroterapeutice aplicate sunt bine tolerate din punct de vedere cardiovascular, fără a genera fluctuații semnificative ale tensiunii arteriale. Totodată, diferențele identificate între TECAR și LLLT indică faptul că tipul de terapie influențează în mod nuanțat profilul hemodinamic, aspect care merită investigat suplimentar prin studii clinice cu eșantioane mai mari și monitorizări continue ale parametrilor cardiovasculari.

**Ipoteza de cercetare 13:** Terapia TECAR produce variații tensionale diferite comparativ cu LLLT, sugerând mecanisme fiziologice distincte prin care cele două tehnologii acționează asupra sistemului cardiovascular.

Analiza comparativă a diferențelor de scădere a tensiunii arteriale sistolice după aplicarea secvențială a terapiilor TECAR și LLLT evidențiază o dinamică particulară. Rezultatele arată că, deși ambele modalități terapeutice contribuie la reducerea valorilor tensionale, TECAR are

un efect mai pronunțat asupra tensiunii arteriale sistolice în zilele inițiale și la finalul tratamentului. Astfel, în ziua 1 și ziua 10 diferențele dintre scăderile obținute prin cele două metode au fost semnificative statistic, cu o reducere superioară asociată TECAR. În ziua 5, efectele celor două terapii s-au uniformizat, diferențele pierzând semnificația statistică.

Această evoluție sugerează existența unui efect de intensitate mai mare al TECAR în fazele de debut și de consolidare a tratamentului, în timp ce LLLT-ul pare să exercite un efect constant, dar mai moderat, asupra controlului tensiunii. În ansamblu, rezultatele confirmă ipoteza conform căreia efectele celor două tipuri de tratamente nu sunt echivalente, TECAR având o influență mai accentuată asupra scăderii tensiunii arteriale sistolice, în special la începutul și la finalul intervenției.

**Ipoteza de cercetare 14:** Pacienții cu hipertensiune arterială cunoscută vor înregistra scăderi mai pronunțate ale tensiunii arteriale sistolice după aplicarea electroterapiei (TECAR și LLLT), comparativ cu pacienții normotensivi, ceea ce sugerează că statusul cardiovascular preexistent condiționează răspunsul fiziologic la tratament.

Ipoteza 14 a formulat așteptarea că pacienții cu hipertensiune arterială cunoscută vor înregistra scăderi mai pronunțate ale tensiunii arteriale sistolice după aplicarea electroterapiei (TECAR și LLLT), comparativ cu pacienții normotensivi, ceea ce ar sugera că statusul cardiovascular preexistent condiționează răspunsul fiziologic la tratament.

În concluzie, ipoteza 14 este validată doar parțial. Statusul hipertensiv influențează într-adevăr modul în care pacienții răspund la terapia TECAR, evidențiindu-se traiectorii diferite de adaptare cardiovasculară. Totuși, pentru efectul incremental al LLLT și pentru efectul combinat al celor două terapii, răspunsurile sunt relativ similare între hipertensivi și normotensivi. Aceste rezultate sugerează că hipertensiunea arterială condiționează răspunsul fiziologic în special la aplicarea TECAR, dar nu modifică semnificativ efectul adjuvant al LLLT sau răspunsul global combinat, ceea ce susține ideea că aceste terapii pot fi considerate sigure și eficiente într-un spectru larg de pacienți, indiferent de statusul tensiunii.

**Ipoteza de cercetare 15:** Pacienții cu comorbidități metabolice (diabet zaharat tip 2 și/sau dislipidemie și/sau obezitate) prezintă un ritm mai lent de normalizare a tensiunii arteriale sub electroterapia concomitentă TECAR–LLLT, comparativ cu pacienții fără comorbidități metabolice.

Analiza datelor susține în mod consistent ipoteza conform căreia comorbiditățile metabolice constituie un factor de întârziere în normalizarea tensiunii arteriale la pacienții

supuși electroterapiei concomitente TECAR–LLLT. Distribuția inițială a pacienților a arătat o prevalență ridicată a acestor comorbidități, ceea ce conferă relevanță clinică ipotezei formulate. Evoluția tensiunii arteriale sistolice a evidențiat valori constant mai ridicate la pacienții cu diabet, dislipidemie sau obezitate, comparativ cu cei fără afecțiuni metabolice, sugerând o revenire mai lentă a profilului tensional către normal.

În ansamblu, aceste rezultate validează ipoteza de cercetare 15 și evidențiază rolul determinant al comorbidităților metabolice în modularea răspunsului tensional la electroterapia concomitentă TECAR–LLLT. Acest lucru subliniază importanța luării în considerare a profilului metabolic în elaborarea strategiilor terapeutice personalizate, pentru a optimiza beneficiile cardiovasculare ale intervențiilor electroterapeutice.

**Ipoteza de cercetare 16:** Evoluția tensiunii arteriale sistolice, măsurată la momentele 1, 5 și 10 zile după inițierea tratamentului fizioterapeutic, diferă semnificativ în funcție de tipul de medicație administrată pentru comorbidități.

Analiza a evidențiat o scădere semnificativă a tensiunii arteriale sistolice pe parcursul terapiei concomitente TECAR–LLLT, efect confirmat de testele corectate Greenhouse-Geisser și Huynh-Feldt, precum și de contrastul liniar, care a demonstrat existența unei tendințe descendente constante a valorilor tensionale. În schimb, tipul de medicație administrată pentru comorbidități nu a influențat semnificativ această evoluție, rezultatele testelor Between-Subjects și ale interacțiunilor timp  $\times$  medicație indicând valori ne semnificative statistic.

Presupunerile statistice au fost respectate (Box și Levene ne semnificative, cu corecția Mauchly aplicată), consolidând validitatea modelului utilizat. Astfel, se poate concluziona că dinamica tensiunii arteriale este determinată în principal de efectul timpului și al terapiei electroterapeutice, iar profilul medicamentos asociat comorbidităților nu constituie un factor diferențiator major în răspunsul hemodinamic.

**Ipoteza de cercetare 17:** Evoluția tensiunii arteriale sistolice în timpul electroterapiei concomitente TECAR–LLLT diferă în funcție de localizarea patologiei (axială vs. periferică), ceea ce sugerează că zona afectată condiționează răspunsul hemodinamic la tratament.

Analiza a confirmat că timpul este principalul determinant al modificărilor tensiunii arteriale sistolice pe parcursul terapiei concomitente TECAR–LLLT, efect demonstrat atât de testele multivariate ( $p < 0,001$ , power = 0,995), cât și de contrastul liniar semnificativ ( $p < 0,001$ ). Evoluția a urmat un trend descendent constant, reflectând răspunsul hemodinamic favorabil la tratament.

În ceea ce privește rolul localizării patologiei (axială vs. periferică), aceasta nu a influențat în mod semnificativ valorile medii ale tensiunii arteriale, conform testului Between-Subjects Effects ( $p = 0,694$ ). Totuși, analiza contrastelor polinomiale a evidențiat o diferență marginală la nivel cubic ( $p = 0,022$ ), sugerând că traiectoria evolutivă a tensiunii arteriale poate fi ușor diferită între pacienții cu patologii axiale și cei cu patologii periferice, dar fără un impact robust.

Astfel, se poate concluziona că dinamica tensiunii arteriale sistolice este determinată preponderent de factorul timp și de efectul electroterapiei concomitente, iar localizarea patologiei exercită doar o influență limitată și nesemnificativă statistic asupra răspunsului tensional.

**Ipoteza de cercetare 18:** Diferențe de variabilitate a tensiunii arteriale sistolice între pacienții cu hipertensiune arterială tratați prin blocarea SRAA și cei tratați cu beta-blocante.

#### **Concluzii ipoteza de cercetare 18**

Ipoteza de cercetare 18 a presupus existența unor diferențe de stabilitate a tensiunii arteriale sistolice între pacienții hipertensivi tratați prin blocarea sistemului renină-angiotensină-aldosteron și cei tratați cu beta-blocante. Analiza descriptivă a evidențiat valori medii mai ridicate ale TAS la pacienții aflați pe blocada SRAA și valori intermediare la cei cu beta-blocante, în timp ce pacienții pe terapie combinată au prezentat constant cele mai scăzute valori și o scădere progresivă accentuată.

Totuși, analiza inferențială prin GLM pentru măsurători repetate a arătat că interacțiunea dintre timp și clasa de tratament nu este semnificativă statistic ( $F(4,232) = 1,329$ ,  $p = 0,260$ ,  $\eta^2p = 0,022$ ). Acest rezultat indică faptul că traiectoria tensiunii arteriale sistolice după terapiile electroterapeutice nu diferă semnificativ între pacienții tratați prin blocarea SRAA și cei tratați cu beta-blocante. Diferențele observate grafic se explică în principal prin nivelul tensional inițial și variațiile intra-grup, fără a confirma o superioritate clară a unui tip de tratament în menținerea stabilității tensiunii arteriale.

În consecință, Ipoteza 18 nu a fost confirmată, deși tendința vizuală sugerează un profil ușor divergent între clasele terapeutice. Puterea redusă a testului pentru interacțiunea timp  $\times$  tratament (observed power = 0,41) ridică posibilitatea ca mărimea eșantionului să fi fost insuficientă pentru a detecta diferențe mici, ceea ce justifică efectuarea unor analize viitoare pe grupuri mai numeroase.

**Ipoteza de cercetare 19:** Diferențe de traiectorie a TAS între monoterapie și combinații de tratament anti-hipertensiv.

Analiza comparativă a traiectoriei tensiunii arteriale sistolice la pacienții aflați sub monoterapie antihipertensivă și la cei tratați prin combinații de medicamente a evidențiat o evoluție descrescătoare și constantă a valorilor tensionale în intervalul evaluat (ziua 1, ziua 5 și ziua 10). Scăderea progresivă a tensiunii arteriale a fost confirmată statistic prin efectul semnificativ al timpului, ceea ce sugerează un impact favorabil al terapiei LLLT asupra stabilizării profilului tensional.

Rezultatele au arătat că nivelurile inițiale ale tensiunii arteriale au influențat amplitudinea modificărilor ulterioare, pacienții cu valori mai mari la momentul inițial prezentând o tendință de reducere mai accentuată. În schimb, tipul de regim antihipertensiv (monoterapie versus combinații) nu a determinat diferențe semnificative de traiectorie, ceea ce indică faptul că ambele modalități terapeutice oferă un efect comparabil în ceea ce privește stabilizarea tensiunii arteriale după aplicarea terapiei electroterapeutice.

Prin urmare, ipoteza conform căreia ar exista diferențe de traiectorie a tensiunii arteriale sistolice între monoterapie și combinații de tratament antihipertensiv nu a fost confirmată. Dinamica evolutivă observată este explicată în principal prin efectul timpului și prin valorile inițiale ale TAS, mai degrabă decât prin tipul de schemă antihipertensivă utilizată.

**Ipoteza de cercetare 20:** Administrarea diureticelor modulează răspunsul tensional la pacienții supuși terapiilor electroterapeutice concomitente TECAR și LLLT, determinând o variabilitate mai redusă a valorilor sistolice comparativ cu pacienții fără tratament diuretic.

Ipoteza de cercetare 20 a vizat evaluarea diferențelor de traiectorie a tensiunii arteriale sistolice (TAS) în funcție de administrarea diureticelor, pe parcursul celor trei momente de evaluare (ziua 1, ziua 5 și ziua 10) după aplicarea terapiei LLLT.

Analizele descriptive au arătat că pacienții aflați sub tratament diuretic au prezentat valori tensionale constant mai ridicate comparativ cu cei fără tratament, însă în ambele grupuri a fost evidentă o tendință de scădere a TAS de la prima la ultima evaluare.

În concluzie, ipoteza de cercetare 18 nu a fost confirmată. Deși pacienții aflați sub tratament diuretic au avut constant valori tensionale mai mari, administrarea diureticelor nu a influențat în mod semnificativ dinamica scăderii tensiunii arteriale sistolice după aplicarea terapiei LLLT.

**Ipoteza de cercetare 21:** Impactul terapiei cu statină asupra variabilității tensiunii arteriale sistolice la pacienții hipertensivi, independent de regimul antihipertensiv.

Ipoteza de cercetare 21 a testat presupunerea conform căreia administrarea statinelor influențează traiectoria tensiunii arteriale sistolice (TAS) la pacienții supuși terapiei LLLT.

Rezultatele analizelor statistice confirmă că efectul principal al timpului este semnificativ, ceea ce demonstrează o scădere sistematică și consistentă a TAS de la ziua 1 la ziua 10, indiferent de tratamentul cu statine. În plus, valorile inițiale ale TAS (TAS<sub>z1</sub>) au avut o influență relevantă asupra evoluției ulterioare, pacienții cu valori tensionale mai ridicate la început înregistrând traiectorii diferite de scădere.

Pe de altă parte, interacțiunea dintre timp și tratamentul cu statine nu a atins pragul de semnificație statistică, ceea ce indică faptul că utilizarea statinelor nu a modificat în mod diferențiat dinamica tensiunii arteriale sistolice în intervalul analizat. Deși valorile medii ale TAS au rămas constant ușor mai mari la pacienții aflați sub tratament, această diferență nu are relevanță inferențială.

Prin urmare, ipoteza conform căreia statinele ar exercita un efect diferențiator asupra traiectoriei TAS nu este susținută de datele obținute. Factorii determinanți în variația tensiunii arteriale sistolice au fost timpul și nivelul inițial al TAS, nu administrarea statinelor.

**Ipoteza de cercetare 22:** Apartenența la profilul latent de reactivitate tensională este independentă de clasa de tratament antihipertensiv. Echivalent: pentru fiecare profil  $c$ ,  $P(\text{Cluster} = c \mid \text{SRAA}) = P(\text{Cluster} = c \mid \text{Beta-blocante}) = P(\text{Cluster} = c \mid \text{Combinație})$ .

Analiza clusterelor asupra variabilelor standardizate ale diferențelor tensiunii arteriale sistolice (efecte imediate TECAR și incrementale LLLT) a permis identificarea a trei profiluri latente distincte de reactivitate tensională: un profil normo-reactiv, un profil hiporeactiv cu predominanță TECAR și un profil hiper-reactiv LLLT. Distribuția acestor tipare a fost relativ echilibrată în lotul studiat, confirmând heterogenitatea răspunsului hemodinamic la procedurile electroterapeutice concomitente.

Testarea asocierii acestor profiluri cu clasele de tratament antihipertensiv (blocarea SRAA, beta-blocante, combinație) a arătat că diferențele observate în tabelele de contingență și în grafice au avut doar caracter descriptiv, fără a atinge semnificație statistică. Testul Pearson Chi-Square ( $\chi^2(4) = 5,25$ ,  $p = 0,263$ ), testul Likelihood Ratio ( $\chi^2(4) = 5,52$ ,  $p = 0,238$ ) și analiza Linear-by-Linear Association ( $\chi^2(1) = 0,61$ ,  $p = 0,436$ ) au confirmat independența statistică dintre apartenența la cluster și clasa de tratament.

Deși s-au conturat anumite tendințe – pacienții tratați cu beta-blocante fiind mai rar prezenți în profilul hiper-reactiv, iar cei aflați pe terapie combinată mai frecvent în acest profil – aceste diferențe nu au fost suficient de consistente pentru a respinge ipoteza nulă.

Prin urmare, Ipoteza de cercetare 22 nu a fost respinsă: apartenența la profilurile latente de reactivitate tensională a fost independentă de clasa de tratament antihipertensiv. Acest rezultat sugerează că variabilitatea răspunsului tensional la procedurile electroterapeutice este determinată preponderent de factori individuali și de caracteristicile procedurilor aplicate, mai degrabă decât de tratamentul farmacologic antihipertensiv de fond.

**Ipoteza de cercetare 23:** Influența gradului hipertensiunii arteriale asupra tensiunii arteriale sistolice măsurate după terapia LLLT din ziua 10, prin medierea valorilor inițiale ale tensiunii arteriale sistolice (TASz1), cu rol de moderare al tipului de aparat TECAR utilizat.

Rezultatele obținute prin aplicarea modelului PROCESS 8 confirmă parțial ipoteza de cercetare conform căreia efectul gradului hipertensiunii arteriale asupra valorilor tensiunii arteriale sistolice la zece zile după terapia LLLT (TAS\_Lz10) este mediat de valorile inițiale ale tensiunii arteriale sistolice (TASz1), iar intensitatea acestui mecanism depinde de tipul de aparat TECAR utilizat (TipTECAR).

Din perspectivă medicală, aceste constatări sunt relevante prin faptul că pacienții cu un grad mai sever de hipertensiune arterială prezintă valori tensionale bazale mai ridicate, ceea ce constituie un factor de risc major pentru persistența unor valori crescute și după intervențiile electroterapeutice. Totodată, rolul de mediator al TASz1 sugerează că tensiunea arterială inițială funcționează ca un „set-point” hemodinamic, care influențează răspunsul la terapie pe termen scurt și mediu.

În ceea ce privește rezultatul final (TAS\_Lz10), cel mai puternic predictor a fost TASz1, ceea ce confirmă faptul că pacienții pornesc de la un nivel bazal care condiționează traiectoria evoluției tensiunii arteriale, independent de gradul hipertensiunii în sine. Acest rezultat subliniază importanța monitorizării și stabilizării tensiunii arteriale înaintea inițierii terapiei electroterapeutice. În plus, tipul de aparat TECAR a exercitat un efect direct asupra valorilor tensionale finale, sugerând că alegerea tehnologiei poate influența profilul hemodinamic al pacientului.

În concluzie, rezultatele susțin ipoteza 23 nu doar statistic, ci și medical: pacienții hipertensivi au un profil hemodinamic de răspuns condiționat de valorile inițiale și de tipul de terapie aplicată. Utilizarea TECAR static amplifică transmiterea efectelor hipertensiunii asupra

valorilor tensionale finale, ceea ce are implicații clinice directe privind selecția echipamentului și monitorizarea pacienților cu grad avansat de hipertensiune.

**Ipoteza de cercetare 24:** Rolul valorilor tensionale inițiale (TASz1) în medierea relației dintre gradul hipertensiunii arteriale și tensiunea arterială sistolică la 10 zile după terapia LLLT (TAS\_Lz10), condiționat de statusul de obezitate.

Rezultatele obținute prin aplicarea modelului PROCESS 8 confirmă parțial ipoteza de cercetare conform căreia efectul gradului hipertensiunii arteriale asupra tensiunii arteriale sistolice la zece zile după terapia LLLT (TAS\_Lz10) este mediat de valorile tensionale inițiale (TASz1) și condiționat de statusul ponderal (obezitate).

Analiza a evidențiat câteva aspecte clinice esențiale:

- Severitatea hipertensiunii arteriale (Grad\_HTA) influențează puternic valorile tensionale inițiale (TASz1). Acest rezultat confirmă faptul că pacienții cu HTA avansată intră în programul de electroterapie cu un nivel tensional semnificativ mai ridicat, ceea ce reflectă povara bolii cardiovasculare de fond.
- TASz1 este un determinant major al valorilor tensionale la 10 zile (TAS\_Lz10). Aceasta demonstrează importanța profilului tensional de la debut ca predictor al evoluției ulterioare, subliniind că pacienții cu valori tensionale inițiale crescute tind să rămână cu tensiuni mai ridicate și după finalizarea terapiei.
- Efectul indirect al gradului de HTA asupra TAS\_Lz10, prin intermediul TASz1, a fost semnificativ atât la pacienții obezi, cât și la cei non-obezi. Cu alte cuvinte, există un mecanism fiziopatologic robust prin care severitatea hipertensiunii determină valori tensionale crescute, iar acest efect este transmis prin statusul tensional de la debut, indiferent de obezitate.
- Obezitatea nu a modificat semnificativ aceste relații. Deși efectele indirecte au avut o amplitudine mai mare la pacienții non-obezi, indicele de mediere moderată a fost nesemnificativ. Acest lucru sugerează că rolul obezității, deși clinic important în patogeniza hipertensiunii și a disfuncției endoteliale, nu condiționează direct efectele imediate ale electroterapiei asupra profilului tensional pe termen scurt.

În termeni medicali, aceste rezultate arată că în managementul pacienților hipertensivi supuși terapiilor electroterapeutice (TECAR + LLLT), factorul critic care determină răspunsul

tensional pe termen scurt este severitatea hipertensiunii și nivelul tensional de la debut, mai degrabă decât statusul ponderal.

Astfel, ipoteza de cercetare 24 se confirmă doar parțial: mecanismul de mediere prin TASz1 este robust, dar moderarea prin obezitate nu este susținută statistic. Din punct de vedere clinic, acest lucru sugerează că strategiile de monitorizare și control tensional în cadrul electroterapiei trebuie adaptate în funcție de gradul hipertensiunii arteriale, iar obezitatea, deși rămâne un factor de risc cardiovascular major, nu modifică semnificativ răspunsul tensional imediat la terapiile investigate.

## Capitolul V — CONCLUZII

### 5.1 Concluzii generale

Studiul desfășurat a evidențiat o serie de aspecte relevante privind profilul demografic și clinic al pacienților, comorbiditățile asociate și impactul terapiilor electroterapeutice combinate (TECAR și LLLT) asupra parametrilor funcționali și cardiovasculari. Populația investigată a fost caracterizată printr-o predominanță a sexului feminin, o vârstă medie avansată și o prevalență ridicată a obezității și hipertensiunii arteriale, caracteristici care reflectă tendințele epidemiologice descrise în literatura de specialitate. Este bine documentat faptul că femeile și pacienții vârstnici prezintă o susceptibilitate crescută pentru dezvoltarea afecțiunilor musculoscheletale degenerative, în special gonartroza, coxartroza și spondilozele, patologii care constituie un motiv frecvent de adresabilitate către serviciile de recuperare medicală. De asemenea, asocierea cu sindrom metabolic și comorbidități cardiovasculare majore accentuează necesitatea unor intervenții multimodale care să țină seama simultan atât controlul durerii, cât și menținerea stabilității hemodinamice.

### 5.2. Implicații clinice

Rezultatele obținute au implicații directe pentru practica medicală și pentru optimizarea protocoalelor de electroterapie:

Personalizarea tratamentului fizioterapeutic.

Datele obținute în cadrul studiului susțin ideea că sexul, vârsta, obezitatea și gradul hipertensiunii arteriale reprezintă factori determinanți majori ai răspunsului la terapia electroterapeutică combinată. Acești parametri influențează atât dinamica evoluției clinice (ameliorarea durerii și a funcționalității), cât și profilul de siguranță al intervențiilor (variațiile tensiunii arteriale sistolice și diastolice). În consecință, individualizarea programelor de recuperare devine o condiție esențială pentru optimizarea rezultatelor. Adaptarea protocoalelor terapeutice la caracteristicile demografice și clinice ale pacientului permite nu doar maximizarea eficienței intervențiilor, ci și prevenirea reacțiilor adverse sau a dezechilibrelor hemodinamice nedorite. Prin urmare, integrarea acestor factori într-un model personalizat de reabilitare oferă un cadru solid pentru o medicină de recuperare orientată spre pacient, în care deciziile terapeutice sunt calibrate pe baza riscului individual și a profilului prognostic.

### **Monitorizarea cardiovasculară**

Având în vedere prevalența ridicată a hipertensiunii arteriale și a comorbidităților metabolice în rândul populației investigate, monitorizarea atentă a tensiunii arteriale pe întreaga durată a electroterapiei se impune ca o măsură de siguranță obligatorie. Deși creșterile tranzitorii ale tensiunii arteriale sistolice, observate după aplicarea procedurilor TECAR sau LLLT, au avut un caracter moderat și reversibil, acestea pot dobândi o semnificație clinică relevantă la pacienții cu risc cardiovascular crescut, în special la cei cu antecedente de boală coronariană, insuficiență cardiacă sau afectare renală. Supravegherea hemodinamică nu doar că permite detectarea precoce a unor posibile reacții adverse, dar oferă și oportunitatea ajustării individuale a intensității și duratei terapiei, contribuind astfel la creșterea siguranței și la consolidarea eficienței intervențiilor. În acest context, integrarea evaluării tensiunii arteriale în rutina zilnică a electroterapiei trebuie privită nu ca o simplă procedură de control, ci ca o componentă esențială a unui protocol terapeutic responsabil și personalizat.

### **Rolul tipului de aparat TECAR**

Rezultatele obținute în cadrul studiului au evidențiat diferențe notabile între tipurile de aparatură utilizată, cu TECAR static asociat unor răspunsuri tensionale mai pronunțate, comparativ cu TECAR dinamic, care a prezentat un profil hemodinamic mai favorabil. Această constatare are implicații clinice importante, întrucât sugerează că selecția tipului de tehnologie utilizată nu este doar o chestiune de preferință tehnică, ci reprezintă un element central în managementul pacienților hipertensivi sau cu risc cardiovascular crescut. Din perspectivă practică, orientarea către TECAR dinamic în cazul acestor pacienți poate contribui la reducerea riscului de fluctuații tensionale semnificative și la asigurarea unei toleranțe superioare a terapiei, fără a compromite eficiența analgezică și funcțională. În plus, diferențele constatate subliniază necesitatea dezvoltării unor ghiduri de practică bazate pe stratificarea riscului cardiovascular, care să integreze alegerea tipului de aparat TECAR ca variabilă decizională în protocoalele de recuperare.

### **Managementul durerii**

Rezultatele obținute confirmă eficiența majoră a combinației TECAR–LLLT în reducerea durerii, ceea ce susține oportunitatea integrării acesteia în protocoalele standard de reabilitare a pacienților cu afecțiuni musculoscheletale cronice sau degenerative. Efectele analgezice au fost consistente, progresive și reproductibile, ceea ce întărește rolul acestei terapii combinate ca pilon central al intervenției de recuperare.

Un aspect deosebit de relevant este faptul că utilizarea concomitentă a medicației antialgice sau antiinflamatoare nu a determinat un efect suplimentar semnificativ asupra

traectoriei durerii, ceea ce sugerează că electroterapia reprezintă intervenția terapeutică esențială, în timp ce farmacoterapia are doar un rol complementar. Această constatare are implicații clinice importante: pe de o parte, se confirmă potențialul electroterapiei de a reduce dependența de tratamente medicamentoase cu profil de siguranță uneori limitat (AINS, opioide), iar pe de altă parte, se evidențiază necesitatea de a reconsidera strategiile terapeutice multimodale, acordând prioritate intervențiilor non-farmacologice atunci când acestea dovedesc eficiență clinică superioară.

Astfel, includerea TECAR–LLLT ca procedură de rutină în schemele de recuperare nu doar că optimizează managementul durerii și îmbunătățește calitatea vieții pacienților, dar și contribuie la o abordare mai sigură și mai sustenabilă din perspectiva utilizării resurselor terapeutice.

### **Funcționalitatea și calitatea vieții**

Creșterea semnificativă a scorurilor IADL confirmă că terapiile combinate TECAR–LLLT nu se limitează la ameliorarea simptomatică a durerii, ci au un impact direct și măsurabil asupra independenței funcționale a pacienților. Acest rezultat subliniază valoarea intervențiilor electroterapeutice nu doar din perspectiva controlului simptomelor, ci și ca mijloace de restabilire a capacității pacienților de a desfășura activitățile cotidiene, ceea ce constituie obiectivul central al oricărui program de reabilitare.

Importanța acestei constatări este amplificată de contextul patologiilor musculoscheletale cronice, care reprezintă una dintre principalele cauze de limitare a mobilității, dizabilitate și scădere a calității vieții la nivel global. Prin îmbunătățirea autonomiei funcționale, terapiile aplicate contribuie nu doar la recuperarea individuală, ci și la reducerea poverii socio-economice asociate acestor afecțiuni, prin scăderea necesității de îngrijire pe termen lung, reducerea numărului de zile de concediu medical și creșterea gradului de reintegrare profesională și socială.

În acest sens, rezultatele obținute consolidează argumentul că includerea TECAR–LLLT în protocoalele standard de reabilitare are un potențial major de a produce beneficii multidimensionale, cu impact favorabil atât asupra pacientului, cât și asupra sistemului de sănătate și societății în ansamblu.

### **Siguranța și aplicabilitatea largă**

Stabilitatea valorilor tensionale observată pe durata întregului protocol terapeutic, în pofida diversității schemelor medicamentoase administrate și a complexității comorbidităților asociate, confirmă faptul că terapiile combinate TECAR și LLLT prezintă un profil de siguranță favorabil. Această constatare are o semnificație clinică majoră, deoarece demonstrează că

procedurile pot fi aplicate cu succes unui spectru larg de pacienți, inclusiv celor cu boli cardiovasculare, metabolice sau reumatologice, fără a genera dezechilibre hemodinamice relevante.

Într-un context în care pacienții vârstnici reprezintă categoria cu cea mai mare adresabilitate către serviciile de recuperare, această tolerabilitate universală consolidează poziția TECAR și LLLT ca intervenții sigure și fezabile în practica clinică. Totodată, rezultatele susțin ideea că aceste terapii pot fi integrate în paralel cu tratamente farmacologice complexe, fără riscul unor interacțiuni clinice majore.

Astfel, studiul validează utilizarea TECAR și LLLT ca opțiuni terapeutice inovatoare, eficiente și sigure, capabile să completeze arsenalul de recuperare medicală destinat pacienților cu patologii cronice și multiple comorbidități, oferind premise solide pentru includerea lor în protocoalele standardizate de reabilitare.

### **5.3. Direcții de cercetare viitoare**

Pe baza rezultatelor acestui studiu, pot fi conturate mai multe direcții de aprofundare: Studii multicentrice și pe eșantioane mai mari.

Pentru a consolida validitatea rezultatelor și a facilita generalizarea concluziilor la o populație mai largă, se impune desfășurarea unor cercetări multicentrice, care să includă un număr mai mare și mai eterogen de pacienți. Astfel de studii ar permite nu doar confirmarea robusteții datelor obținute, ci și explorarea diferențelor de răspuns terapeutic între subgrupuri specifice, cum ar fi pacienții cu hipertensiune arterială severă, cei cu comorbidități metabolice multiple sau pacienții cu patologii musculoscheletale avansate și dizabilitate accentuată.

Designul viitoarelor cercetări ar trebui să fie prospectiv, randomizat și controlat, pentru a elimina posibilele surse de bias și pentru a clarifica mai bine relațiile de cauzalitate dintre parametrii demografici, clinici și răspunsurile la terapiile combinate TECAR–LLLT. În plus, includerea unor perioade de urmărire mai lungi ar permite evaluarea sustenabilității efectelor observate și identificarea potențialelor variații pe termen mediu și lung.

Prin urmare, dezvoltarea unor astfel de proiecte științifice nu numai că ar crește nivelul de evidență asociat acestor intervenții, dar ar contribui și la fundamentarea ghidurilor clinice pentru individualizarea programelor de reabilitare, în funcție de profilul de risc și de specificul fiecărui pacient.

### **Monitorizarea hemodinamică continuă**

Integrarea înregistrărilor ambulatorii de tip Holter TA în viitoarele protocoale de cercetare ar putea aduce informații suplimentare extrem de valoroase cu privire la variațiile circadiene ale tensiunii arteriale și la răspunsurile acute imediate la terapiile TECAR și LLLT. Spre deosebire de măsurătorile punctuale, care surprind doar modificări tranzitorii într-un moment fix, monitorizarea continuă pe 24 de ore permite captarea fluctuațiilor fiziologice diurne și nocturne, precum și identificarea unor tipare specifice de răspuns la procedurile electroterapeutice.

Investigațiile viitoare ar trebui să includă în mod sistematic evaluarea unor biomarkeri specifici de stres oxidativ, inflamație și funcție endotelială, pentru a clarifica mecanismele fiziopatologice prin care TECAR și LLLT influențează reactivitatea cardiovasculară. Determinarea nivelurilor circulante de markeri precum proteina C-reactivă ultrasensibilă (hs-CRP), interleukine proinflamatorii (IL-6, TNF- $\alpha$ ), markerii stresului oxidativ (malondialdehidă, 8-iso-PGF2 $\alpha$ ), precum și parametrii de funcție endotelială (de exemplu, nitric oxid sintaza endotelială, endotelină-1, evaluarea dilatației flux-mediate) ar putea oferi o perspectivă mai profundă asupra modului în care aceste terapii modulează tonusul vascular și răspunsul hemodinamic.

Integrarea acestor analize ar permite nu doar validarea observațiilor clinice, ci și identificarea unor predictori biologici de răspuns la tratamentul fizioterapeutic, deschizând posibilitatea unor protocoale de medicină personalizată. În plus, corelarea modificărilor biomarkerilor cu parametrii clinici (VAS, IADL, TA sistolică/diastolică) ar contribui la construirea unor modele integrative capabile să explice variațiile interindividuale de răspuns și să optimizeze selecția pacienților pentru terapiile combinate TECAR–LLLT.

### **Analiza diferențiată a tehnologiilor**

Viitoarele cercetări ar trebui să includă compararea directă între TECAR static și TECAR dinamic, precum și evaluarea diferențelor generate de utilizarea LLLT-ului cu diverse puteri și lungimi de undă, pentru a identifica parametrii optimi de aplicare. O astfel de abordare ar putea furniza date esențiale pentru standardizarea protocoalelor terapeutice, reducând heterogenitatea actuală a practicilor clinice și crescând reproductibilitatea rezultatelor.

Prin investigarea comparativă a acestor tehnologii se pot evidenția nu doar diferențele în ceea ce privește eficiența clinică asupra durerii și funcționalității, dar și particularitățile legate de profilul de siguranță hemodinamică, aspect deosebit de relevant pentru pacienții cu comorbidități cardiovasculare. În plus, analiza diferențiată a răspunsurilor obținute cu LLLT-uri de puteri și lungimi de undă variabile ar putea contribui la conturarea unor ghiduri bazate

pe dovezi care să ghideze alegerea tehnologiei în funcție de patologia tratată și de profilul pacientului.

### **Evaluarea efectelor pe termen lung**

Faptul că un procent semnificativ dintre pacienți a necesitat reluarea curelor de electroterapie indică caracterul cronic și recurent al patologiilor musculoscheletale analizate și subliniază necesitatea dezvoltării unor studii longitudinale. Acestea ar trebui să urmărească nu doar durabilitatea efectelor terapeutice pe termen mediu și lung, ci și să permită identificarea unor factori de predicție pentru recurență, cum ar fi profilul demografic, gradul comorbidităților, severitatea inițială a simptomatologiei sau tipul de tehnologie utilizată.

Prin corelarea acestor factori cu riscul de recurență se pot dezvolta modele predictive utile în practica clinică, care să sprijine personalizarea programelor de reabilitare și să optimizeze frecvența și intensitatea curelor de tratament. În plus, studiile prospective cu perioade de urmărire extinse ar putea clarifica dacă reapariția simptomelor se datorează progresiei naturale a bolii, limitelor terapiei aplicate sau unor factori extrinseci (aderarea redusă la recomandările post-tratament, stil de viață sedentar, factori ocupaționali).

În acest context, investigațiile longitudinale nu doar că ar oferi o imagine mai fidelă a eficienței reale a terapiilor TECAR și LLLT, dar ar putea contribui și la formularea unor ghiduri clinice bazate pe dovezi pentru managementul recurenței în patologiile musculoscheletale cronice.

### **Interacțiunea cu terapiile farmacologice**

Deși rezultatele actuale sugerează că efectele electroterapiei combinate TECAR–LLLT sunt în mare măsură independente de schema medicamentoasă de fond, rămâne deschisă problema unor posibile interacțiuni subtile între intervențiile electroterapeutice și farmacoterapie. În special, utilizarea cronică a diureticelor, statinelor sau blocașilor sistemului renină–angiotensină–aldosteron (SRAA) ar putea modula răspunsul hemodinamic și funcțional, prin influențe asupra volumului circulant, tonusului vascular și metabolismului endotelial.

Studii viitoare, concepute în mod specific pentru a analiza aceste aspecte, ar putea evidenția diferite tipare de răspuns la electroterapie în funcție de clasa medicamentoasă administrată, cu potențiale implicații pentru personalizarea protocoalelor terapeutice. De asemenea, investigarea efectelor cumulative ale terapiilor electroterapeutice și farmacologice ar putea contribui la o mai bună înțelegere a siguranței și eficienței combinate, oferind clinicianului repere clare pentru integrarea recuperării fizice în managementul complex al pacientului cu comorbidități cardiovasculare și metabolice.

Astfel, explorarea acestor posibile interacțiuni nu doar că ar aduce un plus de rigoare științifică rezultatelor actuale, dar ar putea reprezenta baza pentru formularea unor recomandări clinice adaptate profilului terapeutic al fiecărui pacient.

### **Integrarea inteligenței artificiale și a modelelor predictive**

Aplicarea unor modele statistice avansate, precum modelele de mediere moderată sau tehnicile de machine learning, ar putea deschide noi perspective în analiza datelor și în înțelegerea mecanismelor prin care pacienții răspund diferit la terapiile combinate TECAR–LLLT. Aceste instrumente analitice permit identificarea relațiilor complexe și non-liniare dintre variabilele demografice, clinice, comorbide și parametrii de rezultat, depășind limitările modelelor clasice de regresie.

Prin utilizarea acestor metode, ar putea fi dezvoltați algoritmi predictivi capabili să anticipeze răspunsul individual la terapie, facilitând astfel personalizarea protocoalelor de recuperare. În plus, integrarea datelor clinice cu biomarkeri biologici și parametri funcționali ar putea conduce la modele multidimensionale de predicție, cu valoare practică pentru stratificarea riscului și optimizarea intervențiilor.

La capătul acestei cercetări, mesajul este limpede: TECAR + LLLT nu înseamnă doar cifre mai bune, ci pacienți care își recapătă pașii, somnul și autonomia. Dincolo de grafice și intervale de încredere, miza este una profund umană: mai puțină durere, mai multă mișcare, mai multă viață trăită fără teamă de un puseu tensional sau de efecte adverse neașteptate.

Pentru sistem, direcția este la fel de clară: standardizare, colectare de date comparabile între centre, studii multicentrice și deschiderea către modele predictive/AI care să anticipeze cine câștigă cel mai mult dintr-o cură și cum prevenim recurența. Astfel, reabilitarea devine nu doar eficientă, ci și echitabilă și sustenabilă. Dacă măsurăm corect, alegem înțelept și monitorizăm consecvent, durerea scade, funcția crește, iar siguranța rămâne prioritatea—restul ține de organizare și perseverență.

Astfel, direcția viitoare de cercetare ar trebui să includă nu doar aplicarea acestor tehnici inovative, ci și validarea externă a algoritmilor dezvoltați, în studii multicentrice și pe loturi extinse, pentru a asigura robustețea concluziilor. Implementarea unor astfel de instrumente predictive ar reprezenta un pas important către o medicină de recuperare personalizată, capabilă să ofere pacienților tratamente adaptate profilului lor clinic și biologic unic.

## **Figuri**

Figura 2.1. Mecanismele de acțiune ale LLLT

Figura 2.2. Efectele biologice și terapeutice ale terapiei TECAR

## **Tabele**

Tabel 4.1. Valorile medii ale tensiunii arteriale sistolice (mmHg) în funcție de momentul evaluării și tipul procedurii fizioterapice

Tabel 4.2. Evoluția tensiunii arteriale diastolice (mmHg) în funcție de momentul evaluării și tipul de terapie aplicată

## Bibliografie

“2013 ESH/ESC Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and of the European Society of Cardiology (ESC)” (2013) *European Heart Journal*, 34(28), pp. 2159–2219. Available at: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/eh151>.

Blazek, O. and Bakris, G.L. (2023) “Novel Therapies on the Horizon of Hypertension Management,” *American Journal of Hypertension*, 36(2), pp. 73–81. Available at: <https://doi.org/10.1093/ajh/hpac111>.

*Braddom's Physical Medicine and Rehabilitation* (2021). Elsevier. Available at: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03586-3>.

Clijssen, R. *et al.* (2020) “Does the Application of Tecar Therapy Affect Temperature and Perfusion of Skin and Muscle Microcirculation? A Pilot Feasibility Study on Healthy Subjects,” *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 26(2), pp. 147–153. Available at: <https://doi.org/10.1089/acm.2019.0165>.

Daia, C. (2022) *Electroterapie. Principii practice, ed a II-a*. II. Editura Universitara. Available at: <https://doi.org/10.5682/9786062813932>.

Docherty, K.F. *et al.* (2020) “Sacubitril/Valsartan,” *JACC: Heart Failure*, 8(10), pp. 800–810. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jchf.2020.06.020>.

Grassi, G. *et al.* (2001) “Effects of Chronic Clonidine Administration on Sympathetic Nerve Traffic and Baroreflex Function in Heart Failure,” *Hypertension*, 38(2), pp. 286–291. Available at: <https://doi.org/10.1161/01.HYP.38.2.286>.

Griswold, M.G. *et al.* (2018) “Alcohol use and burden for 195 countries and territories, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016,” *The Lancet*, 392(10152), pp. 1015–1035. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31310-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31310-2).

Hughes, J.W. *et al.* (2013) “Randomized Controlled Trial of Mindfulness-Based Stress Reduction for Prehypertension,” *Psychosomatic Medicine*, 75(8), pp. 721–728. Available at: <https://doi.org/10.1097/psy.0b013e3182a3e4e5>.

Marc, Y. and Llorens-Cortes, C. (2011) “The role of the brain renin–angiotensin system in hypertension: Implications for new treatment,” *Progress in Neurobiology*, 95(2), pp. 89–103. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2011.06.006>.

Mazidi, M. *et al.* (2017) “Effect of Sodium-Glucose Cotransport-2 Inhibitors on Blood Pressure in People With Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review and Meta-Analysis of 43 Randomized Control Trials With 22 528 Patients,” *Journal of the American Heart Association*, 6(6), p. e004007. Available at: <https://doi.org/10.1161/JAHA.116.004007>.

McEvoy, J.W. *et al.* (2024) “2024 ESC Guidelines for the management of elevated blood pressure and hypertension,” *European Heart Journal*, 45(38), pp. 3912–4018. Available at: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae178>.

- Müller, D.N., Derer, W. and Dechend, R. (2008) “Aliskiren—mode of action and preclinical data,” *Journal of Molecular Medicine*, 86(6), pp. 659–662. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00109-008-0330-6>.
- Neter, J.E. *et al.* (2003) “Influence of Weight Reduction on Blood Pressure: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials,” *Hypertension*, 42(5), pp. 878–884. Available at: <https://doi.org/10.1161/01.hyp.0000094221.86888.ae>.
- Roerecke, M. *et al.* (2018) “Sex-Specific Associations Between Alcohol Consumption and Incidence of Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Cohort Studies,” *Journal of the American Heart Association*, 7(13), p. e008202. Available at: <https://doi.org/10.1161/JAHA.117.008202>.
- Schlaich, M.P. *et al.* (2022) “Dual endothelin antagonist aprocitentan for resistant hypertension (PRECISION): a multicentre, blinded, randomised, parallel-group, phase 3 trial,” *The Lancet*, 400(10367), pp. 1927–1937. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(22\)02034-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(22)02034-7).
- Small, R. (2006) “Antihypertensive drugs,” *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 7(8), pp. 298–302. Available at: <https://doi.org/10.1053/j.mpaic.2006.05.001>.
- Unger, T. *et al.* (2020a) “2020 International Society of Hypertension Global Hypertension Practice Guidelines,” *Hypertension*, 75(6), pp. 1334–1357. Available at: <https://doi.org/10.1161/hypertensionaha.120.15026>.
- Unger, T. *et al.* (2020b) “2020 International Society of Hypertension Global Hypertension Practice Guidelines,” *Hypertension*, 75(6), pp. 1334–1357. Available at: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.120.15026>.
- Wiysonge, C.S. *et al.* (2017) “Beta-blockers for hypertension,” *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Edited by Cochrane Hypertension Group, 2017(1). Available at: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002003.pub5>.
- Yang, J.J. *et al.* (2022) “Reduction in total and major cause-specific mortality from tobacco smoking cessation: a pooled analysis of 16 population-based cohort studies in Asia,” *International Journal of Epidemiology*, 50(6), pp. 2070–2081. Available at: <https://doi.org/10.1093/ije/dyab087>.
- Zhou, B. *et al.* (2021) “Worldwide trends in hypertension prevalence and progress in treatment and control from 1990 to 2019: a pooled analysis of 1201 population-representative studies with 104 million participants,” *The Lancet*, 398(10304), pp. 957–980. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01330-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01330-1).