
REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Utilizarea laserterapiei Multiwave Locked System în tratarea reumatismului abarticular – studii clinice și termografice

Doctorand: **Momanu Alina**

Coordonator: **Prof. Dr. Pop Liviu Vladimir**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CUPRINS

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCERE | 13 |
| STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII | 15 |
| 1. REUMATISMUL ABARTICULAR..... | 17 |
| 1.1. Generalități..... | 17 |
| 1.2. Clasificare | 17 |
| 1.3. Bolile reumatismale abarticulare localizate | 17 |
| 1.3.1. Periartrita scapulohumerală | 17 |
| 1.3.2. Periartrita coxofemurală..... | 18 |
| 1.3.3. Bursitele..... | 18 |
| 1.3.4. Tenosinovitele..... | 18 |
| 1.3.5. Entezitele..... | 18 |
| 1.4. Modalități de investigație | 19 |
| 1.5. Tratament..... | 20 |
| 2. TERMOGRAFIA ÎN INFRAROȘU – METODĂ DE INVESTIGARE ÎN AFECȚIUNILE REUMA- | |
| TISMALE ABARTICULARE | 21 |
| 2.1. Temperatura corpului uman – parametru fiziologic cu implicații clinice importante | 21 |
| 2.1.1. Scurt istoric | 21 |
| 2.1.2. Date de anatomie și fiziologie cu implicații în termografie..... | 22 |
| 2.2. Condiții tehnice și de mediu pentru realizarea unei determinări termografice..... | 24 |
| 2.2.1. Caracteristicile imaginii termice..... | 25 |
| 2.2.2. Surse de variabilitate ale imaginii termice | 25 |
| 2.3. Termografia în afecțiunile țesuturilor moi..... | 27 |
| 2.3.1. Entorse | 28 |
| 2.3.2. Leziuni prin microtraumatisme repetate..... | 28 |
| 2.3.3. Entezopatii..... | 28 |
| 2.3.4. Cotul jucătorului de tenis..... | 28 |
| 2.3.5. Cotul jucătorului de golf | 29 |
| 2.3.6. Periartrita scapulo-humerală..... | 29 |
| 3. ACTUALITĂȚI PRIVIND LASERTERAPIA..... | 31 |
| 3.1. Principii fizice | 31 |
| 3.1.1. Emisia stimulată..... | 31 |
| 3.1.2. Inversia populației..... | 31 |
| 3.2. Proprietățile radiației laser | 32 |
| 3.3. Generatori laser..... | 32 |
| 3.4. Moduri de emisie..... | 33 |
| 3.5. Parametrii spotului laser..... | 34 |
| 3.6. Tipuri de laser utilizate în medicină și chirurgie..... | 34 |
| 3.7. Efectele biologice ale laserelor | 36 |
| 3.7.1. Efectul fotochimic..... | 37 |
| 3.7.2. Efectul fototermic..... | 37 |
| 3.7.3. Efectul fotomecanic | 37 |
| 3.8. Mecanismele de acțiune ale radiației laser..... | 38 |
| 3.8.1. Mecanisme primare de acțiune | 38 |
| 3.8.2. Fotoreactivarea Cu-Zn-superoxid dismutazei..... | 39 |

| | | |
|------------------------------------|---|------------|
| 3.8.3. | Acțiunea fotodinamică a sensibilizatorilor endogeni | 40 |
| 3.8.4. | Fotoliza complexului nitrozil al grupării hem | 40 |
| 3.8.5. | Activarea transferului mitocondrial de electroni prin iradierea laser | 41 |
| 3.8.6. | Modificarea activității biochimice locale | 41 |
| 3.9. | Efectele terapeutice ale laserului..... | 41 |
| 3.9.1. | Efectul antiinflamator și antiedematos | 42 |
| 3.9.2. | Efectul analgezic..... | 42 |
| 3.9.3. | Efectul de biostimulare..... | 42 |
| 3.10. | Terapia MLS (Multiwave Locked System)..... | 42 |
| 3.10.1. | Parametrii tehnici..... | 42 |
| 3.10.2. | Principii de acțiune..... | 43 |
| 3.10.3. | Avantaje | 44 |
| CONTRIBUȚIA PERSONALĂ | | 45 |
| 1. | Ipoteza de lucru | 47 |
| 2. | Metodologie generală | 47 |
| 3. | Studiul 1 - Utilizarea termografiei în infraroșu în investigarea afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare | 49 |
| 3.1. | Introducere..... | 49 |
| 3.2. | Ipoteza de lucru..... | 49 |
| 3.3. | Material și metodă..... | 50 |
| 3.4. | Rezultate..... | 61 |
| 3.5. | Discuții..... | 63 |
| 3.6. | Concluzii | 64 |
| 4. | Studiul 2 - Evidențierea termografică a efectului laserului asupra țesuturilor..... | 65 |
| 4.1. | Introducere..... | 65 |
| 4.2. | Ipoteza de lucru..... | 66 |
| 4.3. | Material și metodă..... | 66 |
| 4.4. | Rezultate..... | 66 |
| 4.5. | Discuții..... | 80 |
| 4.6. | Concluzii:..... | 81 |
| 5. | Studiul 3 - Compararea efectelor antiinflamator și antalgic ale radiație laser cu lungimi de undă și putere diferită | 83 |
| 5.1. | Introducere..... | 83 |
| 5.2. | Ipoteza de lucru..... | 83 |
| 5.3. | Material și metodă..... | 84 |
| 5.4. | Rezultate..... | 92 |
| 5.5. | Discuții..... | 109 |
| 5.6. | Concluzii:..... | 109 |
| 6. | Discuții generale..... | 111 |
| 7. | Concluzii generale..... | 115 |
| 8. | Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei..... | 117 |
| REFERINȚE | | 119 |

Cuvinte cheie: laserterapie, reumatism abarticlar, termografie digitala in infraroșu, terapie Multiwave Locked System

STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

Afecțiunile țesuturilor moi periarticulare reprezintă o cauză importantă de morbiditate mai ales în cazul populației tinere, active..

Bolile musculo-scheletale reprezintă a doua cauză, după bolile circulatorii, pentru care un pacient se adresează serviciilor de recuperare și principala cauză (15% din cazuri) de incapacitate temporară de muncă.(5)

Datorită prevalenței relativ ridicate și datorită faptului că afectează în principal persoane tinere, active afecțiunile țesuturilor moi periarticulare au un impact socio-economic deosebit generând importante costuri atât directe (îngrijiri medicale) cât și indirecte (zile de incapacitate de muncă sau scăderea productivității muncii).

Având în vedere frecvența și impactul socio-economic al acestor afecțiuni, considerate de altfel destul de „banale”, se impune identificarea celor mai eficiente mijloace terapeutice pentru a ameliora calitatea vieții pacienților și pentru a reduce costurile, în special pe cele indirecte.

Pentru ameliorarea simptomatologiei au fost folosite diferite metode terapeutice: administrare de AINS, general și topic, fizioterapie, kinetoterapie, administrare locală de corticoizi. Dintre acestea doar corticoterapia locală și-a demonstrat eficiența, dar este grevată de numeroase contraindicații și efecte adverse. În această situație este foarte importantă identificarea unui mijloc terapeutic atât eficient cât și cu cât mai puține efecte adverse.

Bolile reumatismale abarticulare reprezintă un grup mare de sindroame, manifestate prin durere, redoare și sensibilitate la nivelul aparatului locomotor și al structurilor din vecinătate, excluzând articulațiile propriu — zise. Ele se caracterizează prin procese patologice diverse. În primul rând degenerative și inflamatorii, ale structurilor peri articulate: tendoane, teci ale tendoanelor, burse, fascii, ligamente, inserții ale tendoanelor și ligamentelor pe os („enthesi”), mușchi, aponevroze etc.

O clasificare a bolilor reumatismale abarticulare, în funcție de afectarea difuză sau localizată, ca și de aspectul clinic, este următoarea:

- I. Boli reumatismale abarticulare difuze: fibromialgia (fibrozită), sindromul durerii miofasciale, sindromul oboselii cronice
- II. Boli reumatismale abarticulare localizate: periartrita umărului, periartrita șoldului, bursitele, tenosinovitele, entezitele, sindromul de tunel carpian, sindromul de tunel tarsian, distrofia simpatică reflexă, boala Dupuytren, boala Ledderhose.

Cunoașterea bolilor reumatismale abarticulare se lovește de unele dificultăți: acest capitol al reumatologiei nu este suficient de clar, terminologia nu este unitară,

etiopatogenia diverselor boli este numai parțial cunoscută etc. Mai trebuie precizat faptul că bolile reumatismale abarticulare pot apărea fie ca afecțiuni de sine stătătoare, fie ca epifenomene, însoțind alte boli, reumatice sau generale (poliartrită reumatoidă, boli endocrine sau metabolice etc.).

Principalele investigații paraclinice, utile pentru diagnosticul pozitiv și diferențial al afecțiunilor reumatismale periarticulare sunt: examenul hematologic, testele de inflamație, testele imunologice, examenul lichidului sinovial, biopsia musculară și osoasă, examenul radiologie (radiografia standard, tomografia, tomografia axială computerizată, artrografia, artroscannerul), scintigrafia osoasă, electromiografia, astroscopia, ecografia (ecotomografia), rezonanța magnetică nucleară.

O alta metodă de investigație a afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare, care începe să fie folosită tot mai frecvent în ultimii ani este termografia digitală în infraroșu, care evidențiază inflamația locală prin creșterea temperaturii. Creșterea temperaturii și a vascularizație locale pot fi demonstrate prin unele tehnici scintigrafice. Creșterea fluxului sanguin superficial poate fi evidențiată prin ecografie Doppler, dar timpul de răspuns este mare. Termografia în infraroșu este atât rapidă cât și neinvazivă, ceea ce o face potrivită pentru determinări repetate și extrem de utilă în studiile clinice pentru monitorizarea tratamentului medicamentos, chirurgical sau de fizioterapie.

Tratamentul afecțiunilor reumatismale abarticulare are ca obiective: combaterea durerii, redobândirea mobilității, prevenirea complicațiilor, prevenirea recidivelor.

Tratamentul constă în: aplicații de căldură, gimnastică medicală, AINS, injectare locală, a unui produs cortizonic cu efect de lungă durată (Diprofos, o fiolă, ce se poate repeta după 2-3 luni). Mai pot fi folosite: fizioterapia (aplicații de rece sau cald, ultrascurte, ultrasunete), Roentgenterapia în doze antiinflamatorii, anestezice aplicate local: intra- sau peri articular ori în punctele dureroase, eventual antidepressiv (carbamazepin, amitriptilin), acupunctura.

Aceste afecțiuni sunt de cele mai multe ori tenace, rebele la tratament, de aceea s-a încercat găsirea unor variante terapeutice cât mai eficiente. S-a constatat că biostimularea laser este o metodă de tratament care oferă rezultate excelente în afecțiunile abarticulare, dar rezultatele depind de parametrii de iradiere (putere, frecvența, lungime de undă, mod de emisie, durata).

Relația dintre temperatura corporală crescută și boală a fost remarcată încă de la începuturile medicinei. În 1930 Universitatea din Chicago a publicat unul dintre cele mai vechi texte medicale – un papyrus egiptean din secolul 17 î.e.n., care descria urmărirea evoluției unei leziuni inflamate și supurate prin determinarea temperaturii locale, instrumentul de măsură folosit fiind reprezentat de degetele medicului. (7, 8)

Hipocrate a fost primul care a afirmat importanța urmării temperaturii. El diagnostica tumorile prin aplicarea de nămol umed pe corpul pacientului,

concluzionând că tumora se afla în zona în care nămolul se usca mai repede, în timp ce celelalte regiuni rămăneau umede.(9)

Creșterea temperaturii și a vascularizației locale pot fi demonstrate prin unele tehnici scintigrafice. Creșterea fluxului sanguin superficial poate fi evidențiată prin ecografie Doppler, dar timpul de răspuns este mare. Termografia în infraroșu este atât rapidă cât și neinvazivă, ceea ce o face potrivită pentru determinări repetate și extrem de utilă în studiile clinice pentru monitorizarea tratamentului medicamentos, chirurgical sau de fizioterapie.

Din 1970 laserul a început să fie utilizat cu succes, mai întâi în chirurgie, apoi și în specialitățile medicale, atât de mult încât a fost introdus termenul de laserterapie. Dezvoltarea acestei tehnologii și o cunoaștere din ce în ce mai bună a efectului luminii asupra organismului uman a făcut ca laserul să fie în prezent una dintre cele mai utilizate forme de terapie fizică.

Radiația laser are următoarele proprietăți: monocromatism, unidirecționalitate, coerență și strălucire.

Laserele pot emite radiația continuu (cu intensitate constantă pe tot timpul de emisie) sau pulsatil (pachete de impulsuri de frecvență variabilă).

Parametrii spotului laser sunt dimensiunea spotului, puterea și energia. Dimensiunea spotului reprezintă aria de distribuție a razei laser la nivelul țintei, măsurată în centimetri pătrați. Dimensiunea spotului este un parametru esențial pentru interacțiunea laser – țesut. Corespunzător creșterii spotului crește omogenitatea razei laser ce traversează țesuturile și se diminuează unghiul de dispersie a fotonilor. Astfel creșterea dimensiunii spotului favorizează transmiterea luminii laser prin țesuturi. Alți doi parametri importanți depind de dimensiunea spotului: densitatea de putere și densitatea de energie.

Puterea este determinată de nivelul energetic al fotonilor emiși. În cazul laserelor cu emisie pulsată există o putere de vârf și o putere medie. *Puterea de vârf* reprezintă cea mai mare putere atinsă de impuls. *Puterea medie* reprezintă media valorilor puterilor tuturor impulsurilor emise într-o perioadă dată de timp. *Densitatea de putere (intensitatea)* – această unitate de măsură indică puterea pe unitatea de suprafață și este un raport între putere și dimensiunea spotului.

Energia reprezintă puterea emisă într-un timp dat. *Energia totală* indică cantitatea de lumină administrată în timpul total al fiecărei expunerii. *Densitatea de energie* reprezintă energia pe unitatea de suprafață. Densitatea de energie este parametrul care permite cel mai bine interpretarea protocoalelor diferitelor tipuri de laserterapie.

Când radiația laser este absorbită de țesuturi apar diferite tipuri de efecte biologice: efect fotochimic, fototermic, fotomecanic.

Efectul laserului de joasă intensitate, precum și a altor surse de lumină precum diodele emițătoare, este bazat pe diferite reacții fotochimice primare:

1. fotoreactivarea Cu-Zn-superoxid dismutazei inactivate de pH-ul scăzut din situsurile hipoxice (108);

2. acțiunea fotodinamică a sensibilizatorilor endogeni („ipoteza oxigenului singlet” – unele molecule fotoabsorbante precum porfirinele și flavinele, în primul rând hematoporfirina, care este detectabilă și la persoane sănătoase și a cărei nivel poate fi crescut în situații patologice, pot fi convertite temporar în fotosensibilizatori) (109);
3. fotoliza complexelor metalo-proteinelor cu NO ceea ce duce la eliberarea NO și reactivarea respirației celulare („ipoteza NO”) (110);
4. modificări ale potențialului redox și accelerarea transferului de electroni („ipoteza modificărilor potențialului redox” – fotoexcitarea unor cromofori precum citocrom-C-oxidaza, moleculele de hem a și a₃ influențează potențialul redox al acestor molecule și prin aceasta rata transferului de electroni) (111, 112);
5. modificări ale activității biochimice locale indusă prin încălzirea locală a cromoforilor („ipoteza încălzirii locale tranzitorii” – când electronii sunt excitați de fotoni, o fracțiune notabilă din energia acestora se transformă în căldură, ceea ce determină o creștere tranzitorie a temperaturii cromoforilor.(113)

Terapia MLS Utilizează combinarea emisiei laser cu două lungimi de undă (808 și 905 nm) în sistem continuu (808 nm, cu putere maximă de 1W) și pulsant (905 nm, cu putere maximă de 25 W). Avantajul acestei combinații constă într-o mai bună capacitate de penetrare și în posibilitatea de creștere a energiei emise. Astfel sistemul pulsant combină efectul stimulator asupra microcirculației cu avantajul unei puteri de vârf crescute, dar au o energie medie scăzută, iar combinarea cu o undă laser continuă asigură un aport energetic adecvat. Sincronizarea celor două lungimi de undă poate transfera energia către substratul celular în mod mai eficient decât emisia unei singure componente. Astfel impulsul MLS are efecte antiflogistice, biostimulatoare și analgezice mai mari decât o emisie continuă sau una pulsant utilizate singure sau în combinație, dar nesincronizate. Laserul multidiodă având și avantajul unei mai mari divergențe a conurilor de iradiere a diodelor (40°), poate avea un spot de dimensiuni mari – 50 mm.

Impulsul MLS este o combinație sincronizată a două moduri de emisie, continuă și pulsantă, astfel încât se pot obține efectele terapeutice aparținând fiecărui mod. Emisia continuă determină un efect antiinflamator și antiedematos intens, fiind capabilă să stimuleze circulația și drenajul limfatic și să interacționeze cu sinteza și degradarea mediatorilor inflamației. Emisia pulsantă acționează asupra transmiterii durerii atât la nivelul nociceptorilor, cât și la nivelul fibrelor nervoase aferente (datorită profunzimii de acțiune). Potențialul de repaus este restabilit mai rapid după declanșarea potențialului de acțiune, ceea ce determină o creștere a pragului de stimulare al celulelor și fibrelor nervoase și la reducerea senzației dureroase. Mai mult activarea simultană a canalelor proprioceptive (prin fibrele A alpha și A beta) determină blocarea transmiterii durerii la nivelul substanței gelatinoase Rolando,

aceasta fiind înlocuită cu senzația kinestezică. Efectul analgezic este obținut imediat și este de lungă durată.

Sincronizarea emisiilor care formează impulsul MLS determină un efect terapeutic intens și imediat atât asupra proceselor inflamatorii cât și asupra simptomelor dureroase care le acompaniază. Aceasta se datorează faptului că efectele antiinflamatorii și antiedematoase ale emisiei continue și cel analgezic al emisiei pulsate se potențează reciproc datorită sincronizării emisiilor. Mai mult modul de transfer al energiei prin pulsul MLS și reducerea marcată a timpului de tratament elimină riscul adicției.

CONTRIBUȚII PERSONALE

1. Ipoteza de lucru

Termografia digitală în infraroșu reprezintă un instrument de investigare care își poate dovedi utilitatea atât în diagnosticarea afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare cât și urmărirea efectului diferitelor tratamente.

Studiile mai vechi au recunoscut utilitatea termografiei în investigarea majorității afecțiunilor reumatismale abarticulare: entorse, epicondilita, bursite, tenosinovite. În periartrita scapulo-humerală a putut fi evidențiată doar o reducere a activității termice datorată hipotrofiei musculare în afecțiunile vechi acompaniate de o relativă imobilizare a articulației. Apariția noii generații de camere de termografie care permit captarea unui spectru mai larg de radiații infraroșii (7,5 – 13 μm), au o sensibilitate (0,05°C) și o rezoluție crescută (320x240 pixeli) ar trebui să permită atât o redefinire a criteriilor de definire a simetriei termice: în mod clasic s-a considerat că diferența dintre regiunea afectată și cea controlaterală simetrică trebuie să depășească 1°C pentru a fi considerată semnificativă, dar prin creșterea performanțelor tehnice ale camerelor de termoviziune și astfel prin creșterea rezoluției acest gradient termic poate fi scăzut la 0,2-0,3°C. De asemenea prin această creștere a rezoluției imaginii poate fi depășită și bariera reprezentată de diagnosticul termografic al periartritei scapulo-humerale.

Deși laserul este utilizat de multă vreme în medicină (fizioterapie) există relativ puține studii referitoare atât la modul de acțiune cât și la efectul/eficiența acestuia în diferite afecțiuni. Majoritatea studiilor s-au făcut utilizând laserterapia de joasă putere iar rezultatele în ceea ce privește afecțiunile reumatismale abarticulare au fost contradictorii. Unele studii au evidențiat o eficiență crescută a laserterapiei comparativ cu alte metode de fizioterapie în timp ce altele au infirmat aceste rezultate. În această lucrare mi-am propus să studiez atât efectele fiziologice ale laserului asupra țesuturilor și să realizez o comparație între efectele terapeutice a laser terapiei de diferite puteri și lungimi de undă în afecțiuni ale țesuturilor moi.

2. Metodologie generală

Studiile pe care mi-am propus să le realizez sunt studii prospective efectuate pe pacienții cu afecțiuni ale țesuturilor moi care s-au prezentat pentru consultație și tratament la centrul medical „Fiziomedica” Iași în perioada 01.01.2010 – 31.12.2013. De asemenea în studii au fost incluși și voluntari sănătoși care au reprezentat atât lotul martor în studiul care evaluează diferențele termice dintre diferite regiuni ale corpului la persoane sănătoase și la pacienți cu afecțiuni ale țesuturilor moi periarticulare, cât și lotul de studiu în cercetarea efectelor locale și generale ale laserterapiei.

După stabilirea diagnosticului clinic de afecțiune reumatismală abarticlară pacienții au efectuat ecografie musculo-scheletală pentru confirmarea diagnosticului.

Pentru toți subiecții s-a efectuat termograma zonei de interes și a zonei controlaterale studiate atât inițial cât și la intervale specifice designului fiecărui studiu.

Pentru obținerea imaginilor termografice am utilizat o cameră de termoviziune Flir B335 cu rezoluție a senzorului de infraroșu de 320 x 240 pixeli, sensibilitate de 0,05°C, spectru 7,5-13μm. Toate determinările s-au efectuat într-o cameră specială, aflată la o temperatură de confort termic (20°C-24°C), fără surse de căldură radiantă (iluminare prin surse reci de lumină), cu spațiul de determinare izolat termic prin panouri. Pacienții s-au aclimatizat în acest mediu pentru 15 minute înainte de începerea investigației, pentru a atinge echilibrul termic. Imaginile obținute au fost prelucrate cu ajutorul unui soft dedicat investigațiilor termografice medicale.

Ecografiile au fost realizate cu un ecograf MyLab 70 dotat cu două sonde liniare cu frecvențe între 6,6 – 10 MHz respectiv 10 – 18 Mhz pentru ecografiile musculoscheletale.

Datele au fost prelucrate statistic prin aplicarea testului t Student pentru evidențierea semnificației statistice a rezultatelor.

3. Studiul 1 – Utilizarea termografiei în infraroșu în investigarea afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare

3.1. Ipoteza de lucru

În acest studiu mi-am propus să utilizez pentru confirmarea diagnosticului de reumatism abarticlar termografia, un test fiziologic neinvaziv, care constă în obținerea unei hărți a distribuției temperaturii cutanate. În afecțiunile țesuturilor moi periarticulare termografia poate evidenția reacția inflamatorie și vasomotorie locală prin creșteri ale temperaturii locale și/sau modificarea aspectului hărții termice cutanate, știindu-se că în mod normal se respectă principiul simetriei termice.

3.2. Material și metodă

În perioada 01.01.2010 – 31.12.2013 la centrul de recuperare medicală și fizioterapie „Fiziomedica” Iași s-au prezentat 769 de pacienți care pe baza anamnezei și a examenului clinic au fost diagnosticați cu afecțiuni ale țesuturilor moi. Dintre aceștia cei mai mulți (512 pacienți, respectiv 67%) având o suferință localizată la nivelul umărului - PSH.

Dintre acești pacienți un număr de 253 au întrunit criteriile de includere în studiu reprezentate de: simptomatologie sugestivă pentru reumatism abarticlar cu debut de mai puțin de 3 săptămâni.

Criterii de excludere: tratament anterior sau concomitent cu AINS, corticoterapie locală/generală sau prezența unor afecțiuni ce contraindică laserterapia: neoplazii, leziuni cutanate infecțioase, arii cu tendință la sângerare.

Analiza pacienților din lotul de studiu în funcție de sex arată preponderență feminină: 149 femei (59%) și 104 bărbați (41%), care este marcată în cazul sublotului de pacienți cu periartrită coxofemurală și tendinită de Quervaine.

Analiza pacienților din lotul de studiu în funcție de vârstă arată o creștere a vârstei pacienților în cadrul grupurilor cu periartrită scapulo-humerală, respectiv coxo-femurală (vârstă medie de 50 respectiv 59 ani) precum și o vârstă medie mai scăzută în cazul subgrupurilor cu tendinită de Quervaine și alte tendinite (rotuliană, a flexorilor și extensorilor degetelor) ceea ce sugerează implicarea fenomenelor degenerative în prima categorie și a celor de suprasolicitare, adesea profesională în cea de-a doua

Pacienții incluși în studiu au fost examinați clinic, prin ecografie de părți moi (pentru confirmarea diagnosticului) și prin termografie digitală.

Termografiile au fost efectuate într-o cameră specială, aflată la o temperatură de confort termic (20°C – 24°C), fără surse de căldură radiantă (iluminare prin surse reci de lumină), cu spațiul de determinare izolat termic prin panouri. Pacienții s-au aclimatizat în acest mediu pentru 15 minute înainte de începerea investigației, pentru a atinge echilibrul termic.

Ariile examinate au fost reprezentate de „zonele țintă” caracteristice diferitelor afecțiuni ale țesuturilor moi. Și am determinat diferența de temperatură față de regiunea simetrică controlaterală. De asemenea pentru fiecare sublot de pacienți am examinat un grup similar ca dimensiune și structură (vârstă, sex), format din persoane care nu prezentau acuze la nivelul regiunilor de interes.

3.3. Rezultate

În cadrul lotului martor diferențele de temperatură dintre regiunile simetrice s-au încadrat între 0°C și 0.4°C, media acestor diferențe fiind pentru toate subgrupurile (formate în funcție de regiunea de interes studiată) sub 0,2°C, ceea ce se încadrează în normele stipulate în literatură conform căreia poate exista o diferență de maxim 0,2°C între două regiuni controlaterale simetrice.

În cazul subgrupului cu periartrită scapulo-humerală diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0°C și 2,1°C, cu o medie de 0,54°C, cu 0,42°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=8,23 \times 10^{-23}$).

În cazul subgrupului cu periartrită coxo-femurală diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0°C și 0,7°C, cu o medie de 0,32°C, cu 0,2°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=0,0016$).

În cazul subgrupului cu tendinită achiliană diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0,8°C și 4,3°C, cu o medie de 2,05°C, cu 1,9°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=1,4 \times 10^{-5}$).

În cazul subgrupului cu tendinită de Quervaine diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0,2°C și 0,8°C, cu o medie de 0,48°C, cu 0,41°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=2,27 \times 10^{-9}$).

În cazul subgrupului cu alte tendinite diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0,2°C și 3,7°C, cu o medie de 1,03°C, cu 0,91°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=5,78 \times 10^{-5}$).

În cazul subgrupului cu epicondilită diferența de temperatură între regiunea afectată și cea controlaterală indemnă a variat între 0,2°C și 2,2°C, cu o medie de 0,59°C, cu 0,44°C mai mult decât valoarea medie din lotul martor corespunzător, diferență ce este statistic semnificativă ($p=1,6 \times 10^{-11}$).

4. Studiul 2 – Evidențierea termografică a efectului laserului asupra țesuturilor

4.1. Obiectiv

Laserterapia induce la nivelul țesuturilor iradiate o hiperemie activă (crește diametrul și permeabilitatea vaselor sangvine). Am plecat de la ipoteza că magnitudinea efectului vasodilatator al laserterapiei depinde atât de doza de iradiere (putere, frecvență), lungimea de undă a radiației cât și de caracteristicile fiziologice ale țesuturilor iradiate, astfel am presupus că tratarea unui țesut bine vascularizat va produce un efect vasodilatator, exprimat prin creșterea temperaturii locale, mai bine exprimat comparativ cu țesuturi slab vascularizate. Pentru verificarea acestei ipoteze mi-am propus să utilizez variațiile temperaturii cutanate determinate prin termografie digitală. Am utilizat un lot format din 20 voluntari sănătoși și am măsurat temperatura zonelor de interes înainte și după expunerea la radiația laser, precum și la interval de 30, 60, 90 minute. În fiecare moment am calculat atât gradientul termic între zona de

interes și cea controlaterală sănătoasă cât și variația termică pentru cele două zone (diferența dintre temperatura momentană și cea inițială) și diferența dintre cele două.

4.2. Material și metodă

Lotul a fost format din 20 persoane, dintre care 12 femei și 8 bărbați, cu o vârstă medie de 29,8 ani.

Voluntarilor li s-a administrat laserterapie în dozele și pe programele corespunzătoare afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare respective (umăr, cot, pumn, genunchi, inserția tendonului achilian/fascie plantară).

Am determinat temperatura cutanată, înainte, după efectuarea laserterapiei și la interval de 30, 60, 90 minute, atât la nivelul zonei afectate cât și la nivelul zonei controlaterale sănătoase și am calculat variația termică la nivelul acestor zone precum și diferența dintre cele două variații termice, considerând că aceasta din urmă reflectă cel mai fidel efectul vasoactiv al laserterapiei.

Expunerea la radiația laser a determinat creșterea temperaturii cutanate la nivelul regiunii expuse, dar și la nivelul regiunii controlaterale, în cazul umărului, cotului, pumnului și genunchiului valoarea acestei ascensiuni fiind inițial mai redusă și atingând valoarea maximă la 30 și 60 minute, după care începe să scadă.

La nivelul umărului valoarea temperaturii locale crește identic imediat după expunerea la radiația laser atât la nivelul zonei iradiate cât și la nivelul zonei controlaterale, însă la interval de 30, 60 și 90 minute, creșterea temperaturii este mai accentuată la nivelul zonei iradiate. De asemenea se poate constata că valoarea termică maximă este atinsă după 30 minute, după care temperatura începe să scadă, dar fără a ajunge sub valorile inițiale nici la 90 minute.

Dacă analizăm evoluția în timp a diferenței dintre ascensiunea termică la nivelul umărului tratat cu laser MLS M6 și ascensiunea termică la nivelul umărului controlateral constatăm o creștere progresivă a acesteia între momentul 0 (imediat după încheierea tratamentului și momentul 90 (la 90 de minute după terminarea acestuia), deci deși se produce o încălzire la nivelul ambelor regiuni, ascensiunea termică este mai importantă la nivelul regiunii iradiate.

La nivelul cotului valoarea temperaturii locale crește ușor după efectuarea laserterapiei, creșterea fiind similară atât la nivelul regiunii iradiate cât și la nivelul regiunii controlaterale. După 30 minute se observă o scădere de asemenea similară a temperaturii pe ambele zone, după 60 minute temperatura crește de asemenea la nivelul ambelor regiuni, dar creșterea este mai importantă la nivelul zonei tratate, după 90 minute temperatura scade la nivelul ambelor regiuni, ajungând la valori aproximativ egale.

La nivelul mâinii se constată o creștere relativ egală a temperaturii atât la nivelul zonei iradiate cât și la nivelul zonei controlaterale imediat după tratament și după 30 minute, pentru ca apoi temperatura să scadă după 60 minute, scăderea fiind

mai accentuată pe partea neiradiată, cea mai mare diferență dintre variațiile de temperatură înregistrate atingându-se la 90 minute.

La nivelul genunchiului se constată menținerea relativ constantă a temperaturii imediat după efectuarea tratamentului, creșterea acesteia după 30 de minute, atât pe zona tratată cât și pe zona controlaterală, creșterea fiind mai accentuată la nivelul zonei tratate. După 60 minute temperatura a început să scadă, ajungând la valori similare celor dinainte de tratament, iar la 90 de minute chiar la valori inferioare celor inițiale.

Un efect paradoxal am observat la nivelul regiunii calcaneene (atât la inserția tendonului achilian cât și la inserția fasciei plantare) unde valorile termice au scăzut după iradierea laser.

La inserția tendonului achilian scăderea este progresivă până la 60 de minute când se atinge temperatura minimă și este discret mai accentuată pe partea iradiată laser. La 90 de minute se constată începerea „reîncălzirii”, temperatura rămânând mai scăzută tot la nivelul zonei iradiate comparativ cu cea controlaterală.

La inserția fasciei plantare se înregistrează o scădere a temperaturii până la 30 minute după expunere, atât în zona tratată cât și în zona controlaterală, după care temperatura începe să crească de asemenea în ambele zone, dar reîncălzirea este mai rapidă în zona care nu a fost iradiată laser.

5. Studiul 3 – Compararea efectelor antiinflamator și antalgic ale radiație laser cu lungimi de undă și putere diferită

5.1. Ipoteza de lucru

În acest studiu mi-am propus să realizez o comparație între efectele terapeutice a laser terapiei de diferite puteri și lungimi de undă în afecțiuni ale țesuturilor moi. Pentru aceasta am împărțit pacienții în trei grupuri: primul grup a efectuat tratament timp de 10 zile cu laser MLS cu sondă cu putere de vârf de 3000 mW, cel de-al doilea grup a efectuat tratament cu laser MLS cu sonda cu putere de vârf de 1500 mW, iar cel de-al treilea cu laser LLLT cu putere de 100 mW. La intervale prestabilite de timp am determinat nivelul durerii cu ajutorul scalei analog vizuală (VAS), temperatura locală (diferența de temperatură față de zona controlaterală indemnă) prin efectuarea termografiei digitale în infraroșu precum și modificările aspectului ecografic la nivelul zonelor de interes.

5.2. Material și metodă

În studiu au fost admiși 253 de pacienți care prezentau următoarele afecțiuni: periartrită scapulohumerală, periartrită coxo-femurală, tendinită achiliană, tendinită

de Quervaine, alte tendinite (tendinita „labei de gâscă”, tendinită a flexorilor și extensorilor degetelor), epicondilita, bursite).

Criteriile de includere în studiu reprezentate de: simptomatologie sugestivă pentru reumatism abarticular cu debut de mai puțin de 3 săptămâni.

Criterii de excludere: tratament anterior sau concomitent cu AINS, corticoterapie locală/generală sau prezența unor afecțiuni ce contraindică laserterapia: neoplazii, leziuni cutanate infecțioase, arii cu tendință la sângerare.

Analiza pacienților din lotul de studiu în funcție de sex arată preponderență feminină: 149 femei (59%) și 104 bărbați (41%), care este marcată în cazul subplotului de pacienți cu periartrită coxofemurală și alte tendinite.

Etiopatogenia afecțiunii periarticulare a fost legată în cea mai mare parte a cazurilor de un factor profesional (meserii care presupun fie executarea unor mișcări repetitive fie microtraumatisme: dactilografe, operatori PC, muzicieni pentru tenosinovite localizate la nivelul articulațiilor mici ale mâinilor; lucrători în construcții pentru periartrita scapulo-humerală, bursită prerotuiiană, epicondilita). În cazul a 15% dintre pacienți a putut fi identificată o afecțiune sistemică care reprezintă fie un factor etiologic (poliartrita reumatoidă, spondilartropatie seronegativă, gută, condrocalcinoză) fie un factor predispozant (diabet zaharat). În 24 % din cazuri afecțiunea periarticulară a apărut ca un fenomen de însoțire a unei afecțiuni degenerative vertebro-periferice (spondilodiscartroză, gonartroză, coxartroză). Totuși pentru 74 de pacienți (29%) nu am putut identifica factorul etiologic, în aceste cazuri factorul declanșator a fost reprezentat de expunere la frig sau efort fizic, deși în câteva cazuri nu a fost asociat nici un factor precipitant identificabil.

Dintre bolile sistemice care au fost implicate în etiopatogenie, fie ca factor predispozant fie ca factor etiologic cea mai frecventă afecțiune a fost diabetul zaharat – 22 cazuri, urmată de poliartrita reumatoidă (7 cazuri) și spondilartropatie seronegativă (4 cazuri, cea mai rară afecțiune fiind condrocalcinoza (1 caz). Trebuie menționat că în două cazuri de poliartrită și într-un caz de spondilartropatie afectarea periarticulară a reprezentat prima manifestare a bolii.

Pacienții incluși în studiu au fost examinați clinic, prin ecografie de părți moi (pentru confirmarea diagnosticului) și prin termografie digitală. În momentul prezentării (T0) am determinat nivelul durerii prin intermediul scalei analog vizuale a durerii (VAS), diferența de temperatură dintre zona cu simptomatologie dureroasă și cea simetrică indemnă prin termografie digitală în infraroșu, precum și modificările structurale prin evidențierea ecografică a fenomenelor de tendinită, tenosinovită, bursită, după care pacienții au fost introduși în programul de fizioterapie reprezentată pentru toate grupurile de electroterapie (curenți interferențiali și ultrasunete) și laserterapie a cărei parametri au fost diferiți în cele trei grupuri: în cazul primului grup (G1) am utilizat laser MLS cu sondă cu putere de vârf de 3300 mW (M6), cel de-al doilea grup (G2) a efectuat tratament cu laser MLS cu sonda cu putere de vârf de 1500 mW (M1), iar cel de-al treilea (G3) cu laser LLLT cu putere de 100 mW. Parametrii de

tratament au fost reprezentați de cei furnizați de programele prestabilite ale aparatului.

Pacienții au urmat acest tratament timp de 10 zile, cu o frecvență de o ședință/zi. După 5 zile de tratament (T1) am efectuat o nouă evaluare a durerii și a diferenței de temperatură cutanată comparativ cu zona simetrică controlaterală. La finalul tratamentului (T2) pacienții au fost evaluați din nou clinic (VAS), termografic și ecografic. O ultimă evaluare clinică, termografică și ecografică a fost realizată la 30 zile de la finalizarea tratamentului (T3).

Datele obținute au fost prelucrate statistic prin aplicarea testului T Student, rezultând astfel indicii de semnificație statistica p. Am numerotat ca fiind p indicele rezultat la compararea G1 (MLS 3300 mW) cu G2 (MLS 1500mW), p' indicele rezultat la compararea G2 (MLS 1500 mW) cu G3 (LLLT 100 mW) și p'' cel rezultat la compararea G1 (MLS 3300 mW) cu G3 (LLLT 100 mW).

Din 1967 au fost publicate peste 100 de studii de fază III, randomizate, dublu – orb, placebo controlate, ca rezultat al celor peste 1000 de studii de laborator care au investigat mecanismele primare și cascada de evenimente secundare care contribuie la efectele tisulare locale și sistemice.

În prezentul studiu utilizând diferite tipuri de laserterapie, atât LLLT clasic (lungime de undă 830 nm, putere de vârf 100 mW) cât și terapie MLS (lungime de undă 808 nm și 905 nm) în două variante cu puteri de vârf diferite (1500 mW respectiv 3300 mW) am constatat reducerea atât a durerii cât și reducerea temperaturii locale începând cu 5 zile de tratament, în toate afecțiunile studiate, dar în funcție de localizarea procesului patologic efectele antalgic și antiinflamator au variat în cele trei tipuri de laserterapie. Astfel în afecțiunile țesuturilor moi situate foarte profund MLS cu o putere ridicată (3300 mW) a oferit rezultate net superioare comparativ cu celelalte modalități de tratament. În cazul leziunilor situate superficial (tendinită de Quervaine) eficiența antalgică a terapiei MLS este mai mare comparativ cu laserterapia cu o singură lungime de undă, diferențele între cele două tipuri de terapie MLS fiind nesemnificative în toate cele trei momente de evaluare.

6. Concluzii generale.

1. Termografia reprezintă o investigație viabilă pentru afecțiunile țesuturilor moi periarticulare.
2. Gradientul termic este mult crescut când în procesul inflamator sunt implicate și bursele seroase, cu acumulare de lichid, creșterea gradientului pare a fi direct proporțională cu cantitatea de lichid acumulată, dar sunt necesare studii ulterioare pentru stabilirea unei corelații.
3. În suferințele țesuturilor moi periarticulare din jurul articulațiilor deservite de o masă musculară bine dezvoltată în jur (șold, umăr), imaginea termică și

- diferența de temperatură nu prezintă întotdeauna modificări probabil datorită mascării fenomenelor inflamatorii de către travaliul muscular.
4. În cazul tendinitelor umărului din cadrul periartritei scapulo-humerale atunci când imaginea termică este modificată se corelează bine cu examenul clinic și cu explorarea ultrasonografică putând da indicii asupra tendonului afectat.
 5. În afecțiunile țesuturilor moi periarticulare termografia ajută și la diagnosticul diferențial între o durere locală (proces inflamator localizat) și o durere iradiată (sindroame radiculare de diferite etiologii).
 6. Laserterapia determină modificarea temperaturii cutanate atât în zona iradiată cât și în zona controlaterală (martor).
 7. Amplitudinea și sensul modificărilor (creștere sau scădere) depinde de caracteristicile fiziologice ale țesuturilor din zonele respective
 8. Amplitudinea maximă a variațiilor termice este înregistrată la un interval de 30 – 60 minute după expunerea laser ceea ce sugerează că în acest fenomen nu este implicat efectul fototermic, deși terapia MLS determină un aport energetic important fiind folosite atât frecvențe cât și puteri crescute (putere de vârf maximă 3x25W).
 9. Prin iradierea laser a țesuturilor se generează mediatori chimici vasoactivi, efectul fotochimic al laserului, care sunt responsabili de variațiile de temperatură atât la nivelul zonei expuse cât și la nivelul zonei controlaterale luată ca martor.(motivare efect fotomecanic al mls).
 10. La nivelul regiunilor cu o vascularizație particulară, caracterizată prin abundența anastomozelor arteri-venoase se constată un efect paradoxal de scădere a temperaturii cutanate atât la nivelul zonei expuse cât și la nivelul zonei controlaterale martor.
 11. Dintre cele trei efecte principale ale laserului: fototermic, fotomecanic, fotochimic cel care este cel mai puternic implicat în obținerea efectului biologic în cazul terapiei MLS este efectul fotochimic.
 12. În pofida unei puteri de emisie crescute terapia MLS nu realizează efect termic ceea ce garantează profilul de siguranță, iradierea țesuturilor nu poate duce în aceste condiții la apariția leziunilor termice.
 13. Având în vedere că laserterapia MLS nu are efect termic tratamentul poate fi utilizat și în zonele care prezintă implanturi metalice (materiale de osteosinteză), fiind astfel una dintre puținele metode de terapie fizicală aplicabilă în aceste situații.
 14. În afecțiunile țesuturilor moi periarticulare laserterapia (combinată cu electroterapie și terapie cu ultrasunete) este eficientă atât sub aspectul reducerii durerii (diminuarea scorului VAS încă de la a 5-a ședință) cât și al reducerii inflamației reflectată prin reducerea temperaturii locale.
 15. Între cele trei tipuri de laser folosite în acest studiu există diferențe în ceea ce privește lungimea de undă: laserul de 100 mW având o lungime de undă

- de 830 nm, laserul MLS combină două lungimi de undă 808 și 905 nm, modul de emisie (continuu pentru lungimea de undă de 808, pulsant pentru 830 și 905 nm), puterea medie (100 mW, 1500 mW, respectiv 3300 mW).
16. Aceste diferențe pot fi răspunzătoare de eficiența diferită a celor trei tipuri de echipamente în tratarea afecțiunilor țesuturilor moi periarticulare.
 17. În afecțiunile țesuturilor moi situate foarte profund (periartrită coxo-femurală) combinarea tehnicii MLS cu o putere ridicată (3300 mW) a oferit rezultate net superioare comparativ cu celelalte modalități de tratament în ceea ce privește efectul antiinflamator, iar în cazul efectului antalgic MLS M6 a fost superior celorlalte modalități de tratament după 5 zile de tratament, diferențele devenind semnificative între MLS M1 și LLLT abia după 10 zile de tratament.
 18. În cazul leziunilor situate superficial (tendinită de Quervaine) eficiența antalgică și antiinflamatorie a terapiei MLS este mai mare comparativ cu laserterapia cu o singură lungime de undă, diferențele între cele două tipuri de terapie MLS fiind ne semnificative în toate cele trei momente de evaluare.
 19. Atât efectul antiinflamator cât și cel antalgic depind atât de parametrii utilizați în terapie (lungime de undă, putere, frecvență) cât și de particularitățile structurale, anatomice și fiziologice ale țesuturilor tratate.
 20. Efectul laserterapiei se consolidează în timp, fapt demonstrat prin scăderea scorului VAS și a diferenței de temperatură dintre regiunea afectată și cea controlaterală la 30 de zile de la finalizarea tratamentului, comparativ cu valorile obținute la sfârșitul curei, în condițiile în care pacienții nu au mai urmat nici un fel de terapie în acest interval.

7. Originalitatea și contribuțiile inovative ale tezei.

Această lucrare este prima din România și Europa care își propune să utilizeze ca metodă de investigație (termografia) în vederea diagnosticării și evaluării rezultatelor privind efectele laserterapiei MLS în afecțiunile țesuturilor moi periarticulare.

Totodată metoda de investigare a fost utilizată și pentru localizarea exactă a zonei care urma să fie tratată. Termografia efectuată la începutul și la sfârșitul tratamentului a dat posibilitatea de a urmări amploarea fenomenelor inflamatorii reflectate de diferența de temperatură între zona tratată și zona controlaterală indemnă.

Termografia în infraroșu este o metodă de investigare facilă, rapidă și neinvazivă care și-a dovedit utilitatea atât ca metodă diagnostică în afecțiunile țesuturilor moi periarticulare, mai ales pentru diferențierea unei dureri locale de o durere iradiată, dar mai ales ca instrument de urmărire a efectului terapiei.

Analizând termografiile efectuate persoanelor sănătoase am constatat faptul că efectul principal al laserterapiei este cel fotochimic. Motivez susținerea acestei teorii astfel: în cele mai multe dintre zonele iradiate se constată o creștere temperaturii locale atât în zona iradiată cât și în zona controlaterală martor, dar aceasta nu este imediată ci amplitudinea maximă a variațiilor termice este înregistrată la un interval de 30 – 60 minute după expunerea laser; iar în zonele distale (calcaneu și fața palmară a degetelor mâinii) se constată un efect paradoxal de scădere a temperaturii cutanate atât la nivelul zonei expuse cât și la nivelul zonei controlaterale martor.

Prin termografie în infraroșu au putut fi evidențiate modificări la nivelul întregului organism, reprezentate de creșterea temperaturii și la nivelul zonelor care nu au fost expuse la radiația laser. Laserterapia are deci un efect sistemic, a cărui eventuală utilitate/utilizare în practică va fi în mod sigur studiată în viitor.

Acest studiu documentează diferențele dintre efectele terapeutice apărute prin utilizarea a trei tipuri de biostimulare laser care diferă atât prin lungimea de undă, dar mai ales prin caracteristicile emisiei (cu una sau două lungimi de undă, cu puteri de emisie diferite). Astfel în afecțiunile țesuturilor moi situate foarte profund emisia combinată cu o putere ridicată (3300 mW) a oferit rezultate net superioare comparativ cu celelalte modalități de tratament. În cazul leziunilor situate superficial (tendinită de Quervaine) eficiența antalgică a emisiei combinate este mai mare comparativ cu laserterapia cu o singură lungime de undă, diferențele între cele doua tipuri de laserterapia cu emisie combinată fiind ne semnificative în toate cele trei momente de evaluare.

Toate preluările de imagini termografice și ecografice precum și interpretarea acestora au fost efectuate de doctorand având dotarea tehnica și competența necesara în aceste domenii.

Trebuie menționat că deși există relativ numeroase studii privind efectul LLLT în afecțiunile țesuturilor moi periarticulare, rezultatele acestora sunt contradictorii (în timp ce unele proclamă superioritatea laserterapiei asupra altor metode de fizioterapie, altele nu constată nici un efect) și de asemenea există puține studii referitoare la terapia MLS, deși aceasta a început să fie folosită în clinică din 2003. Prin urmare această lucrare încearcă să umple un gol în cercetarea referitoare la eficiența și efectele clinice ale noilor tehnologii de laserterapia.

ABSTRACT OF THE DOCTORAL THESIS

Use of Multiwave Locked System Laser Therapy in Abarticular Rheumatism Treatment – Clinical and Thermographic Studies

PhD Candidate: **Momanu Alina**

Thesis Advisor: **Prof. PhD. MD. Pop Liviu Vladimir**



UMF
UNIVERSITATEA DE
MEDICINĂ ȘI FARMACIE
IULIU HAȚIEGANU
CLUJ-NAPOCA

CONTENTS

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION..... | 13 |
| REVIEW OF THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE | 15 |
| 1. ABARTICULAR RHEUMATISM..... | 17 |
| 1.1. General..... | 17 |
| 1.2. Classification | 17 |
| 1.3. Localised Abarticular Rheumatic Diseases | 17 |
| 1.3.1. Scapulohumeral Periarthritis..... | 17 |
| 1.3.2. Coxofemoral Periarthritis..... | 18 |
| 1.3.3. Bursitis | 18 |
| 1.3.4. Tenosynovitis..... | 18 |
| 1.3.5. Enthesitis..... | 18 |
| 1.4. Examination Means | 19 |
| 1.5. Treatment..... | 20 |
| 2. INFRARED THERMOGRAPHY – EXAMINATION METHODS OF ABARTICULAR RHEUMATIC CONDITIONS..... | 21 |
| 2.1. Human Body Temperature – Physiological Parameter with Important Clinical Implications ..21 | |
| 2.1.1. Short History..... | 21 |
| 2.1.2. Anatomy and Physiology Data with Thermographic Implications..... | 22 |
| 2.2. Technical and Environmental Requirements for Thermographic Measurements..... | 24 |
| 2.2.1. Characteristics of a Thermal Image..... | 25 |
| 2.2.2. Sources of Variability of Thermal Images | 25 |
| 2.3. Soft Tissue Conditions..... | 27 |
| 2.3.1. Sprains..... | 28 |
| 2.3.2. Injuries due to Repetitive Microtraumas..... | 28 |
| 2.3.3. Enthesopathy..... | 28 |
| 2.3.4. Tennis Elbow | 28 |
| 2.3.5. Golfer’s Elbow | 29 |
| 2.3.6. Scapulohumeral Periarthritis..... | 29 |
| 3. UPDATE ON LASER THERAPY | 31 |
| 3.1. Physical Principles..... | 31 |
| 3.1.1. Stimulated Emission..... | 31 |
| 3.1.2. Population Inversion..... | 31 |
| 3.2. Properties of Laser Radiation..... | 32 |
| 3.3. Laser Generators | 32 |
| 3.4. Emission Modes | 33 |
| 3.5. Laser Spot Parameters..... | 34 |
| 3.6. Types of Laser Used in Medicine and Surgery | 34 |
| 3.7. Biological Effects of Lasers | 36 |
| 3.7.1. Photochemical Effect..... | 37 |
| 3.7.2. Photothermal Effect..... | 37 |
| 3.7.3. Photomechanical Effect | 37 |
| 3.8. Laser Radiation Action Mechanisms..... | 38 |
| 3.8.1. Primary Action Mechanisms..... | 38 |

| | | |
|-------------------------------------|---|------------|
| 3.8.2. | Cu-Zn-Superoxide Dismutase Photoreactivation..... | 39 |
| 3.8.3. | Photodynamic Action of Endogenous Sensitizers | 40 |
| 3.8.4. | Photolysis of the Nitrosyl Complex of the Heme Group..... | 40 |
| 3.8.5. | Mitochondrial Electron Transfer Activation by Laser Irradiation..... | 41 |
| 3.8.6. | Local Biochemical Activity Alteration | 41 |
| 3.9. | Therapeutic Effects of Laser | 41 |
| 3.9.1. | Anti-inflammatory and Anti-oedematous Effect..... | 41 |
| 3.9.2. | Analgesic Effect..... | 42 |
| 3.9.3. | Biostimulation Effect..... | 42 |
| 3.10. | MLS (Multiwave Locked System) Therapy..... | 42 |
| 3.10.1. | Technical Parameters | 42 |
| 3.10.2. | Action Principles | 43 |
| 3.10.3. | Advantages | 44 |
| PERSONAL CONTRIBUTIONS | | 45 |
| 1. | Working Hypothesis..... | 47 |
| 2. | General Methodology..... | 47 |
| 3. | Study 1 – Use of Infrared Thermography for Soft Periarticular Tissue Condition Examination..... | 49 |
| 3.1. | Objectives..... | 49 |
| 3.2. | Working Hypothesis | 49 |
| 3.3. | Material and Method..... | 50 |
| 3.4. | Results..... | 61 |
| 3.5. | Discussions | 63 |
| 3.6. | Conclusions..... | 64 |
| 4. | Study 2 – Thermographic Analysis of Laser Effect on Tissues..... | 65 |
| 4.1. | Objectives..... | 65 |
| 4.2. | Working Hypothesis | 66 |
| 4.3. | Material and Method..... | 66 |
| 4.4. | Results..... | 66 |
| 4.5. | Discussions | 80 |
| 4.6. | Conclusions: | 81 |
| 5. | Study 3 – Comparison of Anti-inflammatory and Antalgic Effects of Laser Radiation with Different Wavelengths and Powers..... | 83 |
| 5.1. | Objectives..... | 83 |
| 5.2. | Working Hypothesis | 83 |
| 5.3. | Material and Method..... | 84 |
| 5.4. | Results..... | 92 |
| 5.5. | Discussions | 109 |
| 5.6. | Conclusions: | 109 |
| 6. | General Discussions. | 111 |
| 7. | General Conclusions..... | 115 |
| 8. | Originality and Innovative Contributions of the Thesis..... | 117 |
| REFERENCES | | 119 |

Key words: laser therapy, abarticular rheumatism, digital infrared thermography, Multiwave Locked System therapy

REVIEW OF THE CURRENT STATE OF KNOWLEDGE

Soft periarticular tissue conditions are an important cause of morbidity especially among young active individuals.

After circulatory diseases, musculoskeletal diseases are the second most common reason why a patient seeks medical recovery services and the main cause (15% of the cases) of temporary inability to work.(5)

Considering the frequency and socio-economic impact of these conditions, which are actually seen as rather “common”, the most efficient therapeutic means should be identified in order to improve the patient’s quality of life and reduce costs, especially indirect costs.

Different therapeutic methods have been used to alleviate symptoms: general and topical NSAIDs administration, physical therapy, kinesitherapy, local corticoid administration. Among these, only local corticotherapy has proven efficient, but it has many contraindications and adverse effects. Therefore, it is very important to identify a therapeutic means that is both efficient and has as few adverse effects as possible.

Abarticular rheumatic diseases make up a large group of syndromes manifested through pain, stiffness and sensitivity of the musculoskeletal system and neighboring structures, excluding the actual joints. They are characterized by various pathological processes, mostly degenerative and inflammatory, of the periarticular structures: tendons, tendon sheaths, bursas, fascias, ligaments, tendon and ligament insertions on the bone (“entheses”), muscles, aponeuroses, etc.

Here is a classification of abarticular rheumatic diseases depending on their diffuse or localized impairment and on the clinical appearance:

- III. Diffuse abarticular rheumatic diseases: fibromyalgia (fibrositis), myofascial pain syndrome, chronic fatigue syndrome
- IV. Localized abarticular rheumatic diseases: shoulder peri-arthritis, hip peri-arthritis, bursitis, tenosynovitis, enthesitis, carpal tunnel syndrome, tarsal tunnel syndrome, reflex sympathetic dystrophy, Dupuytren’s contracture, Ledderhose’s disease.

Here are the main paraclinical examinations useful for the positive and differential diagnosis of periarticular rheumatic conditions: hematological examination, inflammation tests, immunological tests, synovial fluid examination, muscle and bone biopsy, X-ray examination (standard X-ray, tomography, computerized axial tomography, arthrography, arthroscanner), bone scintigraphy, electromyography, astroscopy, ultrasound scanning (echotomography), nuclear magnetic resonance.

Another method of examination of soft periarticular tissue conditions, which has become increasingly frequent these last few years, is digital infrared thermography, which reveals local inflammation due to temperature increase. Temperature and local vascularization increase may be shown by several scintigraphic techniques. Surface blood flow increase may be revealed by Doppler ultrasound scanning, but the response time is long. Infrared thermography is both fast and non-invasive, which makes it suitable for repeated examinations and extremely useful for clinical studies designed to monitor medicated, surgical or physical therapy.

The objectives of abarticlar rheumatic condition therapy are: pain control, mobility recovery, complication prevention, recurrence prevention.

These conditions are often chronic and treatment-resistant, which is the reason why specialists tried to find therapeutic approaches as efficient as possible. Laser biostimulation is a treatment method with excellent results in abarticlar conditions, but its results depend on the irradiation parameters (power, frequency, wavelength, emission mode, duration).

The relation between high body temperature and this disease has been noticed as early as the beginning of medicine. In 1930, the University of Chicago made public one of the most ancient medical texts – an Egyptian papyrus that dates back to the 17th century B.C., which described the follow-up of the progression of an inflamed and suppurating injury by determining local temperature, which the doctor used his fingers to measure.(7, 8)

Hippocrates was the first to point out the importance of temperature monitoring. He used to diagnose tumors by applying wet mud on the patient's body, and argued that the tumor was in the area where the mud dried faster, while the surrounding areas remained humid.(9)

Temperature and local vascularization increase may be proven by certain scintigraphic techniques. Surface blood flow increase may be revealed by Doppler ultrasound scanning, but the response time is long. Infrared thermography is both fast and non-invasive, which makes it suitable for repeated examinations and extremely useful for clinical studies designed to monitor medicated, surgical or physical therapy.

Beginning with 1970, laser started to be successfully used, first in surgery, then in medical specialties, and it became so common that the term laser therapy was created. The development of this technology and the increasingly richer knowledge of the effect of light on the human body have turned laser into one of the most frequently used forms of physical therapy.

Laser radiation has the following properties: monochromatism, unidirectionality, coherence and brightness.

Lasers may emit continuous radiation (with constant intensity throughout the emission) or pulse radiation (packs of variable frequency pulses).

The laser spot parameters are spot size, power and energy. Spot size is the laser beam distribution area on the target, measured in square centimeters. Spot size is an essential laser-tissue interaction parameter. The increase of the spot size increases the

homogeneity of the laser beam crossing the tissues and diminishes the photon dispersion angle. Thus, spot size increase enhances laser light transmission through the tissues. There are two other important parameters depending on spot size: power density and energy density.

Power is determined by the energy level of the emitted photons. Pulsed emission lasers have a peak and a mean power. *Peak power* is the highest power reached by the pulse. *Mean power* is the mean of the power values of all the pulses emitted within a given time period. *Power density (intensity)* – this unit of measurement measures power on surface unit and is a power/spot size ratio.

Energy is the power emitted within a given time period. *Total energy* indicates the quantity of light administered throughout each exposure. *Energy density* is energy on surface unit. Energy density is the parameter allowing the best interpretation of the protocols of different types of laser therapy.

Laser therapy absorbed by tissues has different types of biological effects: photochemical, photothermal and photomechanical effects.

The effect of low intensity laser, as well as of other light sources such as emitting diodes, is based on different primary photochemical reactions: photoreactivation of Cu-Zn-superoxide dismutase inactivated by the low pH in the hypoxic sites (108); photodynamic action of endogenous sensitizers (“singlet oxygen hypothesis” – some photo-absorbing molecules such as porphyrins and flavins, especially hematoporphyrin, which is also detected in healthy individuals and the level of which may be high in case of disease, may be temporarily converted into photo-sensitizers) (109); photolysis of NO metal-protein complexes leading to NO release and cellular respiration reaction (“NO hypothesis”) (110); redox potential changes and electron transfer acceleration (“redox potential change hypothesis” – photoexcitation of chromophores such as cytochrome-C-oxidase, heme a and a3 molecules influence the redox potential of these molecules and hence the electron transfer rate) (111, 112); changes in the local biochemical activity caused by local chromophore warming (“hypothesis of local transient warming” – when the electrons are excited by photons, a considerable fraction of their energy turns into heat, which leads to a transient chromophore temperature increase.(113)

MLS therapy combines continuous (808 nm, with 1W maximum power) and pulsed (905 nm, with 25 W maximum power) two wavelength (808 and 905 nm) laser emission. The advantage of this combination is improved penetration capacity and a possible increase of the emitted energy. Thus, the pulsed system combines a microcirculation stimulation effect and the advantage of high peak power, despite their low mean energy, and their combination with a continuous laser beam ensures adequate energy intake. The synchronization of the two wavelengths may transfer energy to the cell substrate in a more effective manner than the emission of a single component. Thus, the MLS pulse has better anti-inflammatory, bio-stimulating and analgesic effects than the continuous or pulsed emission used separately or together,

but not synchronized. In addition to having a large spot – 50 mm –, multidiode laser also has the advantage of a wide diode radiation cone divergence (40°).

The MLS pulse is a synchronized combination of two emission modes, namely continuous and pulsed, which results in therapeutic effects belonging to each of these modes. Continuous emission determines an intense anti-inflammatory and anti-edematous effect, being able to stimulate circulation and lymphatic drainage and to interfere with inflammation mediator synthesis and degradation. Pulsed emission acts on pain transmission both in the nociceptors, and in the afferent nerve fibers (due to the depth of action). The resting potential is recovered faster after action potential triggering, which determines cell and nerve fiber stimulation threshold increase and pain feeling diminution. Moreover, simultaneous proprioceptive channel activation (through the A alpha and A beta fibers) causes pain transmission blocking in the Rolando gelatinous substance, which is replaced by a kinesthetic sensation. The analgesic effect is immediate and long-lasting.

The synchronization of the emissions making up the MLS pulse has a great and immediate therapeutic effect both on the inflammatory processes and on the pain symptoms accompanying them. This is due to the fact that the anti-inflammatory and anti-edematous effects of continuous emission, as well as the analgesic effect of pulsed emission are mutually potentiated thanks to emission synchronization. Moreover, the manner of energy transfer through the MLS pulse and marked treatment duration diminution prevent any risk of addiction.

PERSONAL CONTRIBUTIONS

1. Working hypothesis

Digital infrared thermography is an examination instrument that may prove useful both for diagnosing soft periarticular tissue conditions, and for monitoring the effect of various therapies.

Older studies acknowledged the usefulness of thermography when examining most abarticlar rheumatic conditions: sprain, epicondylitis, bursitis, tenosynovitis. In scapulohumeral periarthritits only a thermal activity diminution was detected, which was due to muscle hypotrophy in chronic conditions accompanied by relative joint stiffness. The occurrence of a new generation of thermographic cameras, which allow capturing a wider range of infrared radiations (7.5 – 13 μm), and which enjoy improved sensitivity (0.05°C) and higher resolution (320x240 pixels), should enable specialists to reshape the thermal symmetry definition criteria. It was traditionally thought that the difference between the impaired area and the symmetrical contralateral one should exceed 1°C in order to be considered significant. However, given the improved technical performance of thermovision cameras and hence their

higher resolution, this thermal gradient may be decreased to 0.2-0.3°C. This image resolution improvement may also help to overcome the obstacle represented by the thermographic diagnosis of scapulohumeral peri-arthritis.

Although laser has been used in medicine (physiotherapy) for a long time, there are relatively few studies on its action and effects/efficiency on various conditions. Most studies were conducted on low power laser therapy, and the results concerning articular rheumatic conditions were contradictory. Some studies revealed good laser therapy efficiency as compared to other physiotherapy methods, whereas others invalidated these findings. The purpose of this work was an analysis of the physiological effects of laser on tissues and a comparison between the therapeutic effects of laser therapy with different powers and wavelengths on soft tissue conditions.

2. General methodology

My intention was to conduct prospective studies on patients suffering from soft tissue conditions who came for consultation and treatment at the "Fiziomedica" Medical Center of Iași between 01.01.2010 and 31.12.2013. These studies also included healthy volunteers who constituted both the control group in the assessment of the thermal differences between the various areas of the body of healthy individuals and patients with soft periarticular tissue conditions, and the control group in the research on the local and general effects of laser therapy.

After the clinical diagnosis of articular rheumatic condition had been set, the patients underwent a musculoskeletal ultrasound scan in order to confirm the diagnosis.

A thermogram of the concerned area and of the analyzed contralateral area was conducted in all the subjects, both at the beginning of the study and at regular intervals specific to the design of each study.

A Flir B335 thermovision camera with 320 x 240 pixel infrared sensor resolution, 0.05°C sensitivity and 7.5-13µm spectrum was used to collect thermographic images. All the measurements were done in a special room, at thermal comfort temperature (20°C-24°C), without any sources of radiant heat (lighting by cold light sources), with the measuring space thermally insulated by panels. The patients acclimated in this environment for 15 minutes before the beginning of the examination, the purpose being to reach thermal equilibrium. The images collected were processed by dedicated medical thermographic measurement software.

The ultrasound scans were done using a MyLab 70 ultrasonograph equipped with two linear probes for musculoskeletal ultrasound scans, with frequencies between 6.6 and 10 MHz, and 10 and 18 Mhz, respectively.

The data were statistically processed by the SPSS version 19 data analysis program. The groups were compared using the T-Student test in order to determine

the statistical significance of the findings. $p < 0.05$ was considered the statistical significance threshold.

3. Study 1 – Use of Infrared Thermography for Soft Periarticular Tissue Condition Examination

3.1. Working Hypothesis

This study was aimed at using thermography, which is a non-invasive physiological test consisting of the development of a cutaneous temperature distribution map, to validate the abarticlar rheumatism diagnosis. In soft periarticular tissue conditions, thermography may detect local inflammatory and vasomotor reaction by local temperature increases and/or cutaneous thermal map alterations, relying on the assumption that the principle of thermal symmetry is normally observed.

3.2. Material and Method

769 patients came to the “Fiziomedica” Physiotherapy and Medical Recovery Center of Iasi between 01.01.2010 and 31.12.2013. Based on their anamnesis and physical examination, these patients were diagnosed with soft tissue conditions. In most of them (512 patients, i.e. 67%) the condition was located in the shoulder - PSH.

253 of them met the study inclusion criteria, namely: symptoms suggestive of abarticlar rheumatism set in less than 3 weeks before.

Exclusion criteria: prior or current NSAIDs therapy, local/general corticotherapy or certain conditions for which laser therapy is contraindicated: tumors, infectious cutaneous injuries, areas with bleeding tendencies.

The sex distribution analysis in the study group revealed female preponderance: 149 women (59%) and 104 men (41%), which is significant in the subgroup of patients with coxofemoral periarthrititis and Quervaine tendinitis.

The age distribution analysis in the study group revealed older patients in the scapulohumeral and coxofemoral periarthrititis groups (the mean age was 50 and 59, respectively), and a lower mean age in the Quervaine tendinitis and other tendinitis (knee cap, finger flexor and extensor tendinitis) subgroups, which suggests the involvement of degenerative phenomena in the former category and of overstrain, often work-related, phenomena in latter category.

The patients included in the study underwent physical examinations consisting of soft part ultrasound scanning (in order to validate the diagnosis) and digital thermography.

The thermographies were done in a special room, at thermal comfort temperature (20°C-24°C), without any sources of radiant heat (lighting by cold light sources), with the measuring space thermally insulated by panels. The patients

acclimated in this environment for 15 minutes before the beginning of the examination, the purpose being to reach thermal equilibrium.

The examined areas were the “target areas” of the various soft tissue conditions. The temperature difference from the symmetrical contralateral area was determined. Also, for each patient subgroup, I examined a similar group from the viewpoint of its size and structure (age, sex), made up of individuals who complained of no symptoms in the concerned areas.

3.3. Results

In the control group, the temperature differences between the symmetrical areas ranged between 0°C and 0.4°C, the mean of these differences not exceeding 0.2°C in any of the subgroups (formed depending on the studied concerned area), which meets the standards provided for in literature, according to which there may be a maximum difference of 0.2°C between two symmetrical contralateral areas.

In the scapulohumeral peri-arthritis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0°C and 2.1°C, with a mean value of 0.54°C, i.e. 0.42°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=8.23 \times 10^{-23}$).

In the coxofemoral peri-arthritis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0°C and 0.7°C, with a mean value of 0.32°C, i.e. 0.2°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=0.0016$).

In the Achilles tendon tendinitis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0.8°C and 4.3°C, with a mean value of 2.05°C, i.e. 1.9°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=1.4 \times 10^{-5}$).

In the Quervaine tendinitis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0.2°C and 0.8°C, with a mean value of 0.48°C, i.e. 0.41°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=2.27 \times 10^{-9}$).

In the other tendinitis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0.2°C and 3.7°C, with a mean value of 1.03°C, i.e. 0.91°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=5.78 \times 10^{-5}$).

In the epicondylitis subgroup, the temperature difference between the impaired area and the contralateral unimpaired one ranged between 0.2°C and 2.2°C, with a mean value of 0.59°C, i.e. 0.44°C more than the mean value in the control group, a difference which is statistically significant ($p=1.6 \times 10^{-11}$).

4. Study 2 – Thermographic Analysis of Laser Effect on Tissues

4.1. Aim

Laser therapy causes active hyperemia (blood vessel diameter and permeability increase) in the irradiated tissues. We relied on the hypothesis that the extent of the vasodilation effect of laser therapy depended on the irradiation dose (power, frequency), radiation wavelength and physiological characteristics of the irradiated tissues. Thus, we assumed that the treatment of a well vascularized tissue will have a vasodilation effect, materialized in local temperature increase, better expressed than in poorly vascularized tissues. For the validation of this assumption, I used cutaneous temperature variations determined by digital thermography. I used a group of 20 healthy volunteers in whom I measured the temperature of the concerned areas before and after laser radiation exposure, as well as at regular 30, 60, 90 minute intervals. For all these measurements I calculated both the thermal gradient in the concerned area and in the healthy contralateral one, and the thermal variation for the two areas (difference between the current and initial temperatures) and the difference between the two.

4.2. Material and Method

The group included 20 people, 12 women and 8 men, with a mean age of 29.8 years.

Volunteers were administered laser therapy observing the adequate doses and programs for those soft periarticular tissue conditions (shoulder, elbow, fist, knee, Achilles tendon/plantar fascia insertion).

I measured the cutaneous temperature before, after laser therapy and then at 30, 60, 90 minute intervals, both in the impaired area and in the contralateral healthy area, and I calculated the thermal variation in these areas, as well as the difference between the two thermal variations, as I thought that the latter was the most faithful depiction of the vasoactive effect of laser therapy.

Exposure to laser radiation determined cutaneous temperature increase in the exposed area, as well as in the contralateral area, in the shoulder, elbow and knee. This increase was initially slower, reached its peak after 30 to 60 minutes, and then began to decrease.

In the shoulder, local temperature increases identically in the irradiated area and in the contralateral area immediately after exposure, yet, after 30, 60 and 90 minutes, temperature increase is more marked in the irradiated area. One may also note that the thermal value peak is reached after 30 minutes, and then the temperature begins to decrease, yet, even after 90 minutes, it does not go below the initial values.

If one analyzes the evolution in time of the difference between the thermal rise in the shoulder treated with MLS M6 laser and the thermal rise in the contralateral shoulder, one notes its progressive increase between moment 0 (immediately after treatment completion) and moment 90 (90 minutes after treatment completion). Thus, although both areas become warmer, the thermal rise is more marked in the irradiated area.

In the elbow, local temperature increases slightly after laser therapy, the increase being similar both in the irradiated area and in the contralateral area. After 30 minutes, there is also a similar temperature decrease in both areas, after 60 minutes, the temperature also increases in both areas, although the increase is more marked in the treated area, and after 90 minutes, the temperature decreases in both areas and reaches approximately equal values.

In the hand, temperature increases relatively equally in the irradiated area and in the contralateral area immediately after treatment and after 30 minutes. Then, temperature decreases after 60 minutes, the decrease being more marked in the non-irradiated area. The biggest difference between the recorded temperature variations is reached after 90 minutes.

In the knee, temperature is maintained relatively constant immediately after treatment, then increases after 30 minutes, both in the treatment and in the contralateral areas, the increase being more marked in the treated area. After 60 minutes, temperature begins to decrease and reaches values similar to those before the treatment and even lower after 90 minutes.

A paradoxical effect was detected in the calcaneal area (both in the Achilles tendon insertion and in the plantar fascia insertion) where the thermal values decreased after laser irradiation.

In the Achilles tendon insertion, the value decreases progressively for 60 minutes, when it reaches the lowest temperature, and the decrease is slightly more marked in the laser irradiated area. 90 minutes later, the area begins to warm again, but temperature remains lower in the irradiated area than in the contralateral one.

In the plantar fascia insertion, the value decreases for 30 minutes after exposure, both in the treated and in the contralateral areas. Then, temperature begins to increase in both areas, but the warming is faster in the area not subjected to laser irradiation.

5. Study 3 – Comparison of Anti-inflammatory and Analgic Effects of Laser Radiation with Different Wavelengths and Powers

5.1. Working Hypothesis

In this study I aimed at making a comparison between the therapeutic effects of laser therapy of various powers and wavelengths on soft tissue conditions. For this purpose, we divided the patients into three groups: the patients in the first group underwent a 10-day treatment with MLS laser equipped with a 3000 mW peak power probe, the patients in the second group were laser treated using a MLS laser equipped with a 1500 mW peak power probe, whereas for the patients in the third group I used a LLLT 100 mW power laser. At specific time intervals, the pain level was determined by means of the visual analogue scale (VAS), local temperature (temperature difference with the unimpaired contralateral area) was measured by digital infrared thermography and changes in the concerned areas were detected by ultrasound scanning.

5.2. Material and Method

The study included 253 patients suffering from the following conditions: scapulohumeral periarthrititis, coxofemoral periarthrititis, Achilles tendon tendinitis, Quervaine tendinitis, other tendinitis (“goose foot” tendinitis, finger flexor and extensor tendinitis), epicondylitis, bursitis).

The study inclusion criteria were: symptoms suggestive of abarticlar rheumatism set in less than 3 weeks before.

Exclusion criteria: prior or current NSAIDs therapy, local/general corticotherapy or certain conditions for which laser therapy is contraindicated: tumors, infectious cutaneous injuries, areas with bleeding tendencies.

The sex distribution analysis in the study group revealed female preponderance: 149 women (59%) and 104 men (41%), which is significant in the subgroup of patients with coxofemoral periarthrititis and other tendinitis.

The etiopathogenesis of the periarticular condition was work-related in most cases (jobs that require either repetitive movements or microtraumas: typists, PC operators, musicians for tenosynovitis located in the small hand joints; construction workers for scapulohumeral periarthrititis, knee cap bursitis, epicondylitis). A systemic condition, which is either an etiological factor (rheumatoid polyarthrititis, seronegative spondyloarthrititis, gout, chondrocalcinosis), or a predisposing factor (diabetes mellitus), was detected in 15% of the patients. In 24 % of the cases, the periarticular condition accompanied a degenerative vertebral-peripheral (spondylodiscarthrosis, gonarthrosis, coxarthrosis) condition. Nevertheless, the etiological factor could not be detected in 74 patients (29%), as in these cases the triggering factor was the patient's

exposure to cold or physical exertion, although in a few cases no identifiable precipitating factor was associated.

Among the systemic diseases involved in etiopathogenesis, either as predisposing factor, or as etiological factor, diabetes mellitus was the most common condition – 22 cases, followed by rheumatoid polyarthritis (7 cases) and seronegative spondyloarthritis (4 cases). Chondrocalcinosis was the rarest condition (1 case). I need to point out that periarticular involvement was the first symptom of the disease in two cases of polyarthritis and in one case of spondyloarthropathy.

The patients included in this study were physically examined by ultrasound scan of the soft parts (for diagnosis validation) and by digital thermography. At the presentation time (T0) I defined the level of pain using the visual analogue scale (VAS), the difference in temperature between the area with painful symptomatology and the unimpaired symmetrical one, by infrared digital thermography, as well as by structural changes revealed by ultrasound scanning of tendinitis, tenosynovitis, bursitis phenomena after which the patients were introduced in the physical therapy program consisting, for all groups, of electro-therapy (interferential currents and ultrasounds) and laser therapy, the parameters of which were different in the three groups: in the first group, (G1), I used a MLS laser with peak probe power of 3300 mW (M6), the second group (G2) underwent treatment by a MLS laser with the peak probe power of 1500 mW (M1), and the third group (G3) by LLLT laser with 100 mW power. The treatment parameters were represented by those provided by the default machine programs.

The patients underwent this treatment for 10 days, with a frequency of a session / day. After 5 days of treatment (T1), we performed a new evaluation of the pain and of the cutaneous temperature difference compared to the contralateral symmetrical area. At the end of the treatment (T2) the patients were clinically assessed (VAS) again, by thermography and ultrasound scanning. A last clinical, thermographic and ultrasound assessment was performed 30 days after treatment completion (T3).

The data obtained were statistically processed by the T-Student test, subsequent to which the indexes of p statistical significance were found. We numbered p as the index resulted when comparing G1 (MLS 3300 mW) to G2 (MLS 1500mW), p' the index resulting when comparing G2 (MLS 1500 mW) to G3 (LLLT 100 mW) and p'' the one resulting when comparing G1 (MLS 3300 mW) to G3 (LLLT 100 mW).

Since 1967, more than 100 phase III randomized, double – blind, placebo controlled studies have been published, as a result of more than 1000 laboratory studies that investigated the primary mechanisms and the cascade of secondary effects that contribute to the local and systemic tissue effects.

In this study, using different types of laser therapy, both classical LLLT (830 nm wave length, 100 mW peak power) and MLS therapy (808 nm and 905 nm wavelength) in two versions with different peak powers (1500 mW and 3300 mW, respectively), I noticed the diminution of both pain and local temperature after 5 days of treatment, in all the studied conditions, but depending on the localization of the pathological

process, the analgesic and anti-inflammatory effects varied in the three types of laser therapy. Thus, in the conditions of the very profoundly located soft tissues, high power MLS (3300 mW) offered superior results compared to the other treatment methods. In case of superficially located lesions (Quervaine tendinitis) the analgesic efficiency of MLS therapy is higher compared to laser therapy with one wavelength only, the differences between the two types of MLS therapy being insignificant in all three assessment moments.

6. General conclusions

21. Thermography represents a viable examination method for soft periarticular tissue conditions.
22. The thermal gradient is much higher when serous bursae are also involved in the inflammatory process, with liquid accumulation, the increase of the gradient seems to be directly proportional to the accumulated liquid quantity, but subsequent studies are necessary to establish a correlation.
23. In soft periarticular tissue conditions, occurring around joints served by a well developed surrounding muscular mass (hip, shoulder), the thermal image and temperature difference are not always altered, probably because of the fact that the inflammatory phenomena are covered by the muscle work.
24. In case of shoulder tendinitis related to scapulohumeral periarthritis, when the thermal image is modified, it correlates well with the physical examination and with the ultrasound exploration, being able to offer information about the impaired tendon.
25. In soft periarticular tissue conditions, thermography also helps with the differential diagnosis between a local pain (localized inflammatory process) and a radiant pain (radicular syndromes of different etiologies).
26. Laser therapy triggers the change of skin temperature, both in the irradiated area and in the contralateral one (control).
27. The extent and direction of changes (increase or decrease) depend on the physiological characteristics of the tissues in those areas.
28. The maximum extent of thermal variations is recorded at an interval of 30 – 60 minutes after laser exposure, which suggests that no photo-thermal effect is involved in this phenomenon, although MLS therapy triggers an important energy input, as both high frequencies and powers are used (maximum peak power 3x25W).
29. By laser radiation of the tissues, vasoactive chemical mediators and photochemical laser effect are generated, which are responsible for the temperature variations, both at the level of the exposed area and at the level

- of the contralateral one, considered as control. (motivation of photo-mechanical effect of mls).
30. At the level of the regions with particular vascularization, characterized by the abundance of the arterial-venous anastomoses, a paradoxical effect is noticed, manifested by the decrease of the skin temperature in the exposed area and in the contralateral control area.
 31. Of the three main effects of the laser: photo-thermal, photo-mechanical, photo-chemical, the most important one involved in obtaining the biological effect in case of MLS therapy is the photo-chemical one.
 32. Despite a high emission power, MLS therapy does not create a thermal effect, which guarantees the safety profile, tissue radiation not being able to cause, in these conditions, thermal injuries.
 33. Taking into consideration that MLS laser therapy has no thermal effect, the treatment can also be used in areas with metal implants (osteosynthesis materials), thus, being one of the few methods of physical therapy applicable in these situations.
 34. In soft periarticular tissue conditions, laser therapy (combined with electro-therapy and ultrasound therapy) is efficient both for pain diminution (reduction of VAS score as early as the 5th session) and for inflammation diminution, materialized in local temperature decrease.
 35. Among the three types of laser used in this study, there are differences regarding the wavelength: the 100 mW laser has a 830 nm wavelength, the MLS laser combines two wavelengths, namely 808 and 905 nm, emission mode (continuous for the 808 wavelength, pulsed for 830 and 905 nm), mean power (100 mW, 1500 mW and 3300 mW, respectively).
 36. These differences may be responsible for the different efficiency of the three types of equipments in treating soft periarticular tissue conditions.
 37. In soft periarticular tissue conditions that are located very profoundly, (coxo-femoral periarthrosis) combining the MLS technique with a high power (3300 mW) I was able to achieve superior results in comparison to other treatment methods, as concerns the anti-inflammatory effect. As for the analgesic effect, MLS M6 was superior to the other treatment methods after 5 days of treatment, the differences becoming significant between MLS M1 and LLLT after 10 days of treatment.
 38. In case of surface injuries (Quervaine tendinitis), the analgesic and anti-inflammatory efficiency of MLS therapy is higher than that of laser therapy with a single wavelength, the differences between the two types of MLS therapy being insignificant in all three assessment moments.
 39. Both the anti-inflammatory and analgesic effect depend on the parameters used in therapy (wavelength, power, frequency) and on the structural, anatomical and physiological particularities of the treated tissues.

40. The laser therapy effect is strengthened in time, fact that is demonstrated by the decrease of the VAS score and of the temperature difference between the impaired region and the contralateral one, 30 days after the end of the treatment, as compared to the values recorded at the end of the treatment, considering that the patients did not undergo any other therapy during this period of time.

7. Originality and Innovative Contributions of the Thesis

This paper is the first in Romania and Europe that proposes to use (thermography) as a method of investigation for the diagnosis and assessment of the effects of MLS laser therapy in periarticular soft tissues lesions. At the same time, investigative method was used to locate the exact area to be treated. Thermography performed at the beginning and end of treatment has given the possibility to track the extent of inflammatory phenomena reflected by the difference in temperature between the treated area and contralateral healthy zone.

Infrared thermography is an easy, rapid and non-invasive investigation method, which proved its usefulness as a diagnosing method in soft periarticular tissue conditions, especially for differentiating a local pain from a radiant one, but especially as a tool for monitoring the therapy effect.

Analyzing the thermograms of healthy individuals I found that the main effect of laser therapy is the photochemical effect. The argument for this theory is the following: most of the irradiated areas show a rise in local temperatures in both the irradiated and control zone, but this is not immediate and maximum amplitude of thermal variation is recorded at an interval of 30-60 minutes after laser exposure; and in the distal areas (calcaneal and palmar face of fingers) is a paradoxical effect of lowering the temperature in the area of exposed skin and contralateral control area.

Through infrared thermography, changes to the level of the whole organism could be highlighted, represented by increasing temperature in the areas which have not been exposed to laser radiation. Laser therapy has a systemic effect, whose eventual utility/use in practice will certainly be examined in the future.

This study documents the differences between therapeutic effects arising through the use of three types of laser biostimulation that differ both by the wavelength, but mostly through the emission characteristics (with one or two wavelengths, with varying emission outputs). So in soft tissue injuries located very deep, combined emission with high power (3,300 mW) has provided superior results compared to other treatment modalities. In the case of lesions located superficially, (tendinitis de Quervaine) antalgic efficiency of combined emission is higher compared to laser therapy with a single wavelength, the differences between the two types of laser therapy with combined emission being insignificant in all three assessment times.

All thermographic and ultrasound image records, as well as their interpretation, were performed by the PhD candidate with the technical facilities and necessary competence in these fields.

The demonstrated hypothesis is that the photo-chemical effect is the main effect of all diode type lasers used in physical therapy, the photo-thermal effect being insignificant even when using high emission powers, as well as in the case of MLS therapy (average power 3.3 W, peak power 3X25 W).

I should mention that, although there are relatively numerous studies regarding the LLLT effect on soft periartricular tissue conditions, their results are contradictory (while some proclaim the superiority of laser therapy upon other physical therapy methods, others do not notice any effect) and there are also few studies regarding MLS therapy, although it has been used in the clinic since 2003. With this thesis, I attempt to fill a gap in the research on the efficiency and the clinical effect of the new laser therapy technologies.