

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

TEZĂ DE DOCTORAT

**VALOAREA STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE
PERIFERICE ÎN TRATAMENTUL SINDROMULUI DE
TUNEL CARPIAN ȘI RADICULOPATIEI LOMBARE
COMPRESIVE**

**CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Prof.dr. Mihai Berteanu**

**STUDENT DOCTORAND
Dr. Simona Elena Săvulescu**

**București
2016**

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE CAROL DAVILA BUCUREȘTI

CUPRINS

1. STADIUL ACTUAL AL CUNOAȘTERII

- 1.1. Stimularea Magnetică Repetitivă Periferică..... pag. 3
- 1.2. Sindromul De Tunel Carpian.....pag. 3
- 1.3. Radiculopatia Lombară Compresivă În Context Hdl.....pag. 3
- 1.4. Electrodiagnosticul În Evaluarea Aparatului Neuro – Muscular.....pag. 4

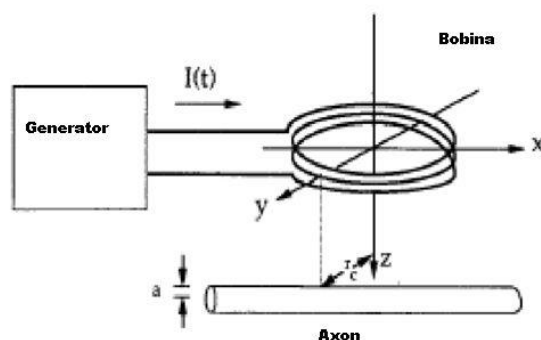
2. CONTRIBUȚII PROPRII

- 2.1. Introducere, Ipoteza Generală, Obiective si Motivațiepag. 5
- 2.2. Studiul I: EFECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL SINDROMULUI DE TUNEL CARPIAN ..pag. 6
- 2.3. Studiul II: EFECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL RADICULOPATIE LOMBARE COMPRESIVE.....pag. 15
- 2.4. Concluzii Generale.....pag. 23
- 2.5. Bibliografiepag. 25

1. STADIUL ACTUAL AL CUNOASTERII

1.1. Stimularea Magnetică Repetitivă Periferică

SMRp este o metodă noninvazivă de stimulare a țesuturilor excitabile ale sistemului nervos periferic cu ajutorul unui curent electric indus de un câmp magnetic variabil în timp (având la bază mecanismul inducției electromagnetice al lui Faraday). Mecanismul de depolarizare membranară este identic cu cel întâlnit în stimularea electrică directă, avantajul SMRp fiind că poate stimula mai profund, câmpul electromagnetic străbătând țesuturile fără fenomenul de atenuare și permițând în acest mod utilizarea unei intensități mai mari de stimulare, fără durere însă.



Mecanismul fenomenului de inducție electromagnetică a lui Faraday

Utilizarea câmpului magnetic pulsat de intensitate mare în scopul reabilitării sau obținerii de beneficii funcționale poartă numele de Stimulare Magnetică Funcțională (FMS). Se utilizează în reeducarea musculară, în reabilitarea respiratorie, reglarea tulburărilor de tranzit intestinal, tulburărilor urinare sau circulatorii. De asemenea, ea poate fi utilă în managementul durerii. Condiția esențială pentru obținerea unei contracții musculare este integritatea fibrelor nervoase, contracția musculară fiind efectul în cazul SMF obținut în urma depolarizării membranei axonale și propagării impulsului electric până la nivelul plăcii neuro-musculare.

1.2. Sindromul De Tunel Carpian

Compresia nervului median la nivelul tunelului carpian este cea mai comună neuropatie de încălcare întâlnită în experiența clinică și se caracterizează printr-o serie de semne și simptome cunoscute drept Sindrom de Tunel Carpian (STC). Deși terminologia română este cea de sindrom de canal carpian, din ce în ce mai des este utilizată în ultimul timp denumirea preluată din nomenclatura anglo-saxonă de STC. Din punct de vedere clinic, STC poate fi ușor confundat cu o radiculopatie C₆-C₇, sau afectare de plex brahial, inclusiv cu afectările mai proximale ale nervului median. De aceea, electrodiagnosticul joacă un rol extrem de important în aflarea unui diagnostic de certitudine. Nu s-a observat însă o corelație foarte mare în literatură între frecvența simptomatologiei clinice și modificările parametrilor studiilor de conducere nervoasă.

1.3. Radiculopatia Lombară Compresivă În Context HdI

Cea mai frecventă cauză de radiculopatie compresivă este în contextul HDL, celelalte cauze de afectare radiculară fiind sub 1% [1].

Termenul de hernie de disc este însă nu foarte bine înțeles, el fiind larg folosit pentru toate modificările de formă și dimensiune ale discului intervertebral.

O serie de definiții au fost date de către Societatea din America de Nord pentru Coloană Vertebrală, Societatea Americană de Radiologie a Coloanei și Societatea Americană de Neurologie [2] după cum urmează:

Hernie de disc – materialul discal este deplasat dincolo de marginile discului și poate fi sub forma unei protuzii sau a unei extruzii.

Protuzia discală – o herniere cu distanța dintre marginile materialului herniat mai mică decât cea dintre marginile discului.

Extruzia discală – o hernie cu distanța între marginile materialului herniat mai mare decât cea dintre marginile discului rămas. Extruzia poate fi sechestrată dacă materialul de disc herniat nu prezintă contact cu restul discului.

Hernia discală cu bază largă – dacă hernia este între 25-50% din circumferință.

Hernia circumferențială – extinderea circumferențială a materialului herniat peste 50% din suprafața lui peste marginile vertebrale.

Există încă o altă clasificare care are ca și criteriu integritatea fibrelor externe ale inelului fibros, herniile fiind catalogate drept conținute sau nu.

Cele mai frecvente radiculopatii se înregistrează la nivelele L₅–S₁ având în vedere că peste 95% din HDL apar la nivelul L₄–L₅ și L₅–S₁ [3,4] iar cea mai predispusă zona discală este cea postero-laterală.

Hernia postero-laterală afectează rădăcina în cavitatea laterală sau preforaminal, iar herniile laterale sau extraforaminale pot afecta radacina la ieșirea din foramen. Cele centrale pot afecta orice componentă a cozii de cal în funcție de nivelul compresiei.

Durerea în HDL poate fi una provocată de compresia mecanică radiculară [5, 6, 7] sau poate fi o consecință a inflamației provocate rădăcinii nervoase [8, 9, 10].

1.4. Electrodiagnosticul În Evaluarea Aparatului Neuro – Muscular

Electrodiagnosticul reprezintă o metodă de analiză computerizată a sistemului muscular și nervos, ce vine în ajutorul medicului specialist pentru obținerea unui diagnostic sau prognostic, după ce anamneza și examenul clinic au fost efectuate.

Termenul corect folosit este cel de Electrodiagnostic, Electromiografia reprezentând doar o parte din investigație și anume examenul de detecție cu ac. În consecință când vorbim de electrodiagnostic ne referim atât la Electromiografie cât și la Electroneurografie.

Importanța acestei investigații este majoră, cu ajutorul ei putând analiza sistemul neuromuscular compus din neuronii motori din coarneau anterioare, axoni, joncțiunea neuro-musculară, fibra musculară, neuronul senzitiv și sistemul nervos autonom, iar prin tehnici speciale și sistemul nervos central[11].

Folosirea acestei metode de diagnostic în mod frecvent în clinicile de neurologie și reabilitare medicală se datorează următoarelor avantaje [12] :

- poate preciza locul leziunii neurologice sau musculare;
- poate furniza date despre tipul și severitatea leziunii (leziune demielinizantă , axonală sau mixtă);
- poate preciza gradul leziunii axonale (neurapraxie, axonotmezis, neurotmezis);
- poate stadializa o afecțiune (stadiul acut, subacut, cronic);
- poate pune un diagnostic și poate monitoriza în timp evoluția bolii (vezi SLA);
- poate formula un prognostic al afecțiunii și se poate folosi în monitorizarea efectelor tratamentului (radiculopatii);
- reprezintă o metodă obiectivă de investigare a sistemului neuro-muscular

2. CONTRIBUȚII PROPRII

Lucrarea de față este structurată în 2 studii mari cu ipoteze și obiective separate. Cele două studii sunt:

1. Studiul I: ***EPECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL SINDROMULUI DE TUNEL CARPIAN***
2. Studiul II: ***EPECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL RADICULOPATIEI LOMBARE COMPRESIVE***

Ipoteza generală:

Plecând de la efectele benefice evidențiate în studii anterioare pe care le are câmpul magnetic pulsat de joasă intensitate asupra organismului uman, lucrarea de față își propune să demonstreze eficiența stimulării magnetice repetitive periferice (sau funcționale cum mai este numită) atât în cazul radiculopatiilor (afectare nervoasă proximală) cât și în cazul sindromului de tunel carpian (afectare nervoasă distală) pentru a putea evidenția modul în care SMRp ajută la vindecarea sau ameliorarea simptomelor leziunilor sistemului nervos în ansamblu, dovedind astfel că și SMF poate avea efecte reparatorii și nu numai un efect excitomotor asupra sistemului nervos periferic asemenea câmpurilor electromagnetice de joasă intensitate.

Este evident că etiopatogenia afecțiunilor sistemului nervos periferic este diversă și vastă, însă în aceasta lucrare ne vom referii la leziuni ce apar ca urmare a unei compresii mecanice așa cum se întâlnește în cele 2 patologii mai sus amintite.

Obiective generale:

1. Stabilirea gradului de eficiență a terapiei prin SMRp în cazul sindromului de tunel carpian;
2. Stabilirea gradului de eficiență a terapiei prin SMRp în cazul radiculopatiei lombare compresive;
3. Se va studia măsura în care terapia prin SMRp poate stimula procesul de regenerare neuronală;
4. Stabilirea unor criterii de recomandare a terapiei prin SMR care să vină în ajutorul medicului de recuperare medicală.

Motivație:

Medicina de recuperare este o specialitate medicală care abordează o condiție de sănătate din punct de vedere holistic. Medicul de recuperare medicală privește o afecțiune din punct de vedere a structurilor și funcției afectate dar se orientează și cum acest modificari de structură și funcție modifică mai departe activitatea individului și participarea așa cum prevede modelul ICF [13]. De aceea, găsirea unei terapii care să vizeze cât mai multe dintre obiectivele propuse în clasificarea ICF ar fi un lucru ideal, iar SMR/SMF ar putea fi o opțiune datorită multiplelor efecte pe care câmpul magnetic pulsat o exercită asupra organismului uman (reparare tisulară, inhibarea durerii, reeducare neuro-motorie).

Domeniul cel mai cercetat în aceasta direcție îl reprezintă de departe SMRt (stimularea magnetică transcraniană) dovadă fiind multiplele studii ce au vizat utilizarea ei în managementul spasticității, durerii neuropate și musculo-scheletale, reeducării neuro-motorii și afecțiunilor psihice (în special depresie și sindroame anxioase) mai ales la pacienții cu AVC. Stimularea magnetică repetitivă periferică/funcțională este un domeniu nou de cercetare iar pacienții care au fost vizați până acum în studii sunt cei ce au suferit un traumatism vertebro-medular .

Studiul I

„EFECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRIILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL SINDROMULUI DE TUNEL CARPIAN”

Ipoteza de la care a plecat demararea acestui studiu a fost că terapia prin SMF ar putea avea efecte pozitive atât asupra simptomatologiei cât și parametriilor electrofiziologici în sindromul de tunel carpian.

Obiective :

- **Obiectiv general:** Evaluarea gradului de eficiență a terapiei prin SMF în sindromul de tunel carpian.
- **Obiective secundare:**
 1. Evaluarea evoluției parametriilor electrofiziologici ai nervului median în urma terapiei prin SMF pentru a observa dacă există semne de regenerare nervoasă.
 2. Evaluarea evoluției simptomatologiei pacienților cu STC în urma terapiei prin SMF.
 3. Evaluarea evoluției funcționalității mâinii în cazul pacienților cu STC ce au primit terapie prin SMF.
 4. Cercetarea mecanismului prin care apar modificările clinice și paraclinice în urma tratamentului prin SMF.
 5. Stabilirea unor criterii de recomandare a terapiei prin SMF în cazul pacienților cu STC care să vină în ajutorul medicului de recuperare, având în vedere lipsa majoră de experiență în acest domeniu.

Motivația

O provocare foarte mare în medicina de recuperare în cazul sindromului de tunel carpian este reabilitarea musculaturii intrinseci a mâinii inervate de nervul median ce poate înregistra un deficit de forță ca urmare a leziunii acestuia la nivelul pumnului. Dificultatea constă în poziționarea și dimensiunea redusă a mușchilor mici ai mâinii, iar mijloacele la momentul actual sunt restrânse, acestea constant în special exerciții terapeutice în cadrul ședințelor de kinetoterapie și electrostimulare musculară cu stilou folosind curenți cu pantă pentru fibrele denervate și curenți dreptunghilari pentru fibrele intacte.[¹⁴] Acest studiu reprezintă o provocare, în literatura neexistând date despre această metodă terapeutică în practica medicală în cazul sindromului de tunel carpian. SMR periferică s-a dovedit însă extrem de utilă în cazul leziunilor postraumatice a plexurilor brahiale, obținându-se în urma tratamentului atât scăderea scorului durerii cât și ameliorarea parametrilor electrofiziologici pe termen scurt și mediu.[¹⁵]

3. Material și metodă

Participanți

Un număr de 17 pacienți (raport B:F = 1/5) cu vârste între 40 și 65 ani au fost incluși în studiu, după semnarea consimțământului informat. Studiul a fost inițial aprobat de Comitetul de Etică al Spitalului Universitar de Urgență Elias și a avut loc în Clinica de Recuperare Medicală a spitalului cu același nume.

Pacienții participanți la studiu sunt cei care s-au adresat laboratorului de electrodiagnostic al Clinicii de Recuperare în vederea efectuării testelor electrofiziologice pentru diagnosticul de sindrom de tunel carpian și cărora le-a fost confirmat acest diagnostic. Aceștia li s-a prezentat opțiunea terapeutică de a folosi câmpuri magnetice de înaltă intensitate pulsate și au fost de acord, începând din acea zi tratamentul după efectuarea ecografiei de nerv median în vederea reconfirmării diagnostice. Au fost înrolați în studiu pacienți cu forme usoare, moderate, severe conform clasificării ecografice^[16]. S-a înregistrat un singur caz de abandon din motive ce nu au ținut de boală sau tratament, 16 pacienți finalizând studiul.

Dintre cei 16 pacienți, 8 au prezentat sindrom de tunel carpian bilateral (16 mâini) iar ceilalți 8 au fost diagnosticați cu afectare unilaterală. În concluzie în studiu au fost înrolate **24 de mâini** cu STC.

Criteria de includere:

- Pacienți cu elemente clinice de STC.
- Pacienți cărora rezultatele studiilor electrofiziologice ale nervului median le-a confirmat diagnosticul.
- Pacienți cărora diagnosticul le-a fost reconfirmat și prin ecografie de nerv median.

Criteria de excludere:

- Persoanele cu forme extreme de STC care prezentau leziune severă a nervului median cu lipsa contracție voluntare în mușchii inervați de acesta.
- Persoane cărora examenul ecografic nu le-a confirmat diagnosticul de STC.
- Persoane vârstnice peste 80 de ani care au în mod normal modificări de parametrii electrofiziologici.
- Persoane diagnosticate cu diabet zaharat sau orice altă polineuropatie.
- Persoanele care pe lângă STC au mai prezentat o altă leziune nervoasă proximală a nervului median sau radiculară (“double crush syndrome”).
- Gravide.
- Persoane purtătoare de pacemaker.

Designul studiului

Studiul a cuprins un singur lot de pacienți diagnosticați cu STC și a fost unul de tip prospectiv, analizând efectele terapiei la începutul și la sfârșitul protocolului.

Metoda

Pacienții înrolați în studiu au fost examinați în prima zi din punct de vedere clinic, funcțional, electrofiziologic și ecografic și li s-au notat anumiți parametri. Le-a fost aplicat începând cu aceeași zi un protocol de tratament utilizând câmp electromagnetic pulsant de înaltă intensitate (SMRp/SMF) ce a durat timp de 10 zile, iar în ultima zi pacienților le-au fost retestați anumiți parametri și introduși într-o baza de date pentru a putea fi comparați cu valorile inițiale.

Ziua 1

Examinarea a presupus o anamneză, un examen clinic de orientare spre diagnostic (semn Tinel, Phalen, testare pense și sensibilitate), un test electrodiagnostic complet al mâinii afectate pentru excluderea unei patologii care să includă și un sindrom de tunel carpian, unul ecografic precum și completarea unor chestionare (PainDetect și Boston). De asemenea pacienților le-a fost testată și forța de prehensiune globală a mâinii cu ajutorul unui dinamometru de mână.

Variabilele înregistrate la acest moment au fost:

- Din testului electrodiagnostic:
 - La SCN – latența Cmap, VCS, amplitudine Cmap și Snap;
 - La EMG – prezența activității spontane, morfologia PUM, tipul traseului la contracția maximală;
- Din chestionare: scorul PainDetect, Scorurile chestionarului Boston: SSF și SSS;
- Din testarea fortei cu dinamometru: forța de prehensiune a mâinii;

Protocolul de tratament:

Câmpul magnetic a fost generat de o bobină Racetrack poziționată pe fața anterioară a pumnului ce a fost fixată cu ajutorul unui braț metalic. Poziția pacientului a fost în șezut cu cotul flexat la 90 grade și mâna sprijinită pe o pernă. Aparatul de stimulare folosit a fost MagVenture MagPro R100.

S-au folosit 1000 impulsuri la o frecvență de 10 Hz, în trenuri a câte 5 impulsuri (total 200 trenuri), pauză între trenuri de 5 s. Timpul total a fost de aproximativ 15 minute, ședintele s-au efectuat zilnic. S-a folosit o intensitate a câmpului emis de aproximativ 50% [17] urmărindu-se o contracție puternică a mușchilor mici ai mâinii inervați de nervul median.

Bobina utilizată a fost de tip eliptic RT-120 Racetrack Coil cu dimensiunea de 90x200x26mm capabilă să stimuleze o arie mai mare atât la nivelul pumnului cât și la nivelul eminentei tenare. Emite impulsuri bifazice iar energia inițial eliberată de bobină la suprafața ei este de 31KT/s. Permite descărcarea a 1500 de impulsuri la 1Hz până la încălzirea ei atâta timp cât temperatura ambientală nu depășește 20 °C.

Ziua 10

Pacienții au fost rugați să completeze sub supravegherea medicilor cele 2 chestionare și s-au notat punctajele, a fost retestată forța de prehensiune a mâinii cu dinamometrul, li s-au repetat testele electrofizilogice de data aceasta numai pentru nervul median.

În vederea atingerii obiectivelor enunțate anterior s-au stabilit trei etape de procesare a datelor ale acestui studiu:

1. Prima etapă a constat în analiza evoluției tuturor parametrilor la nivel de întreg lot în urma tratamentului efectuat.
2. A doua etapă a constat în împărțirea întregului lot în două subloturi în funcție de tipul leziunii nervului median și analiza evoluției parametrilor celor două subloturi .
3. A treia etapă a presupus studierea unor corelații între parametrii înregistrați inițial, la final și între evoluțiile lor cu scopul de a descoperi mecanismul prin care terapia poate ameliora simptomatologia din STC.

4. Analiza statistică

Analiza statistică a datelor colectate a fost realizată utilizând statistici neparametrice. Această alegere a fost făcută deoarece ipoteza normalității (distribuțiile de frecvență în formă de clopot) nu a fost confirmată, astfel că nu au fost îndeplinite condițiile de utilizare a testelor parametrice.

Pentru evaluarea evoluției parametrilor la începutul și sfârșitul tratamentului pentru fiecare lot sau sublot a fost utilizat **testul Wilcoxon** care determina existența semnificației statistice pe baza rangurilor.

Pentru studiul corelațiilor dintre variabilele întregului lot la începutul și sfârșitul studiului s-a folosit **corelația Kendall**, întreaga analiză statistică constituind o adevărată provocare datorită utilizării atât a variabilelor de tip ordinal cât și a celor de tip numeric (cantitativ). De asemenea, s-a utilizat corelația Kendall pentru a verifica rezultatele calculului coeficientului de corelație Spearman calculat în vederea aprecierii corelațiilor între evoluțiile parametrilor.

Pentru studiul corelațiilor între evoluțiile variabilelor am utilizat **coeficientul de corelație Spearman**.

5. Rezultate

Din cei 16 pacienți cu STC înrolați în studiu, 8 dintre ei (50%) au avut afectare bilaterală. Din cele 24 de mâini cu STC, 11 au fost afecțiuni localizate la nivelul mâinii drepte (45%) și restul de 13 au fost la nivelul mâinii stângi (55%).

Au fost înrolate 13 femei (81%) și 3 bărbați (19%).

A.Rezultatele evoluțiilor tuturor parametrilor în întreg lotul

Au fost evaluați parametrii electrofiziologici, scorurile chestionarelor și valoarea forței măsurate dinamometric atât la începutul tratamentului cât și la sfârșitul lui.

Rezultatele parametrilor electrofiziologici

1. Evoluția vitezei de conducere senzitivă

S-a observat o mică îmbunătățire a VCS, dar care este semnificativă statistic (m inițial = 33,96 m/s iar m final = 35,48 m/s, $p = 0,033$) la nivelul întregului lot de pacienți. De menționat că media VCS la final este tot sub limita valorii normale a vitezei de conducere senzitivă pentru nervul median.

2. Evoluția latenței distale a Cmap

S-a observat o mică scădere dar semnificativă statistic a mediei latenței distale Cmap (m inițial = 5,557 ms, m final = 5,326 ms, $p = 0,07$), valoarea finală fiind peste limita superioară a normalului ($N = 4,5$ ms).

3. Evoluția amplitudinii Snap

S-a observat o creștere consistentă și semnificativă statistic a amplitudinii Snap (m inițial = 9,59 μ V, m final = 11,70, $p = 0,03$), valoarea finală a mediei fiind peste limita inferioară a normalului ($N > 10\mu$ V).

4. Evoluția amplitudinii Cmap

S-a observat o creștere nesemnificativă statistic a amplitudinii Cmap (m inițial = 4,28, m final = 4,65, $p = 0,57$) ambele valori fiind în spectrul de valori normale pentru amplitudinea Cmap).

5. Evoluția morfologiei PUM

S-a observat o creștere semnificativă statistic a mediei punctajului morfologiei PUM (m inițial = 0,67, m final = 2, $p = 0,000$) traducând creșterea polifaziei și implicit a procesului de reinervare. Media inițială = 0,67 < 1, traduce absența polifaziei inițiale și implicit lipsa procesului de reinervare activ la începutul studiului.

6. Evoluția punctajului recrutării la contracția maximală

S-a observat o creștere semnificativă statistică a punctajului traseului la contracția maximală (m inițial = 2,25 , m final = 2,67, p = 0,002).

Rezultatele Chestionarului PainDetect

La analiza evoluției scorului PainDetect s-a înregistrat o scădere mare semnificativă statistică a scorului PainDetect (m inițial = 9,58 , m final = 4,58 , p = 0,000).

Rezultatele Chestionarului Boston

Se observă o scădere semnificativă statistică a ambelor scoruri din cadrul chestionarului Boston: pentru scorul SSS (m inițial = 2,21 , m final = 1,55, p = ,000) iar pentru SSF (m inițial = 2,0225 , m final = 1,415, p = 0,000).

Rezultatele dinamometriei

Din analiza statistică a rezultatelor testării dinamometrice la începutul și sfârșitul terapiei observăm o creștere semnificativă statistică a valorii forței musculare la nivelul mâinii (m inițial = 21,972, m final = 27,358, p = 0,000)

B.Rezultatele evoluțiilor tuturor parametrilor în funcție de tipul de leziune a nervului median afectat în STC

Pentru a putea analiza din totalul mâinilor afectate care evoluție este mai satisfăcătoare în funcție de tipul leziunii (demielinizante sau axonale), întreg lotul de mâini afectate a fost împărțit în două subloturi mai mici .

Sublot 1 – La examinarea EMG inițială s-a detectat activitate spontană prezentă (Activitate spontană = 1) și traseu la contracție maximală de tip simplu, intermediar sau interferențial (Recrutare CM = 1, 2 sau 3), rezultate sugestive pentru o leziune de tip **AXONAL**.

Sublot 2 – La examinarea EMG inițială s-a detectat activitate spontană absentă (Activitate spontană = 0) și traseu la contracția maximală intermediar sau interferențial (Recrutare CM = 2 sau 3), rezultate sugestive pentru o leziune de tip **DEMIELINIZANT**.

Sublotul cu leziune de tip DEMIELINIZANT a fost compus din 13 mâini iar sublotul cu leziune AXONALĂ a fost compus din 11 mâini.

a) In sublotul cu leziune DEMIELINIZANTĂ

In sublotul cu leziune demielinizantă a nervului median s-au găsit ameliorări semnificative statistice ale: latenței distale Cmap (p = 0,049), amplitudine Snap (p = 0,046), morfologie PUM (p = 0,002), forța de prehensiune (p = 0,001) ,și a scorurilor PainDetect (p = 0,005) și Boston. (SSS cu p = 0,008 și SSF cu p = 0,003). Viteza de conducere senzitivă și amplitudinea Cmap nu au înregistrat modificări semnificative statistice .

b) In sublotul cu leziune AXONALĂ

In sublotul cu leziune axonală s-au înregistrat ameliorări semnificative statistice ale aceluiași variabile ca în lotul cu leziune demielinizantă cu excepția latenței distale a Cmap. De menționat că în acest sublot s-a urmărit și evoluția traseului la contracția maximală dar fiind faptul că în

leziunile neurologice axonale acesta este mai sărac (punctaj =1 sau 2). Și la acest parametru s-a înregistrat o creștere semnificativă statistic ($p=0.008$).

Pentru a putea compara în mod clar evoluțiile în cele două subloturi s-a calculat variația procentuală a parametrilor (vezi Tabel 1.)

	Leziune demielinizantă	Leziune axonală
VCS	4,6%	4,2%
Latenta Cmap	-2,53%	-4,3%
<u>Amplitudine Snap</u>	20,2%	26,8%
<u>Amplitudine Cmap</u>	7,8%	12,68
<u>Morfologie PUM</u>	285%	133%
<u>Scor PainDetect</u>	-46,4%	-59%
<u>Forța de prehensiune</u>	20%	31,42%
<u>SSS</u>	-29,5%	-30,7%
<u>SSF</u>	-33,2%	-26,37%

Tabel 1. Compararea evoluțiilor parametrilor în cele două subloturi de pacienți.

3.Studierea corelațiilor între parametrii de forță, electrofiziologici și punctajul chestionarelor în vederea evaluării mecanismului ce stă la baza evoluției lor.

Având în vedere rezultatele încurajatoare ale tratamentului prin SMRp în cazul sindromului de tunel carpian s-a încercat studierea mecanismului ce stă la baza acestor îmbunătățiri a majorității parametrilor evaluați prin calcularea într-o primă etapă a corelațiilor între acestia atât la începutul studiului cât și la finalul său.

La momentul inițial s-a identificat o corelație semnificativă statistic între **forță** și:

- punctajul obținut la contracția maximală ($\tau=0,435$, $p=0,010$)-corelație pozitivă
- amplitudinea Snap ($\tau=0,343$, $p=0,020$) – corelație pozitivă și
- SSF ($\tau=0,341$, $p=0,021$) –corelație negativă

, iar la finalul studiului s-au identificat corelații pozitive semnificative statistic între **forța** de prehensiune și :

- VCS ($\tau=0,350$, $p=0,019$)
- amplitudine Snap ($\tau=0,412$, $p=0,005$) și
- amplitudine Cmap ($\tau=0,451$, $p=0,002$).

Atât la începutul studiului cât și la finalul lui au existat :

- corelații mari pozitive semnificative statistic între scorul chestionarului PainDetect și scorurile SSS (inițial $\tau=0,768$, $p=0,000$, final: $\tau=0,584$, $p=0,000$) și SSF (inițial $\tau=0,513$, $p=0,001$, final: $\tau=0,365$, $p=0,020$) din chestionarul Boston

- corelații pozitive semnificative statistic între traseul la contracția maximală și amplitudinea Snap (inițial $\tau=0,523$, $p=0,002$, final: $\tau=0,383$, $p=0,025$) și Cmap (inițial $\tau=0,492$, $p=0,004$, final: $\tau=0,371$, $p=0,030$)

- corelații semnificative statistic între amplitudinile Snap și Cmap (inițial $\tau=0,448$, $p=0,002$, final: $\tau=0,526$, $p=0,000$) , precum și între latența distală Cmap și VCS (inițial $\tau=-0,570$,

p=0,000 , final: $\tau = -0,403$, p =0,010) , confirmând că leziunile au fost demielinizante sau axonale.

Nu au existat corelații între morfologia PUM și ceilalți parametrii electrofiziologici , de forță sau ai scorurilor PainDetect și Boston atât inițial cât și final.

De asemenea s-a încercat detectarea unor corelații de data aceasta între evoluțiile tuturor parametrilor. Acest lucru a fost greu de realizat din punct de vedere a analizei statistice deoarece au fost atât variabile ordinale cât și variabile continue. S-a utilizat corelația Spearman pentru date non-normal distribuite și s-au verificat rezultatele prin corelația Kendall și s-a descoperit :
- o corelație mare negativă între forță și SSS($r = -0,505$, p =0,017)
- o corelație mare negativă între PainDetect și amplitudinea Snap($r = -0,605$, p=0,019).

6. Discuții

Studiul de față “**EPECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETITIVE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL SINDROMULUI DE TUNEL CARPIAN**”, poate avea o valoare deosebită fiind din cunoștințele autorului primul studiu pilot de evaluare a efectelor câmpului electromagnetic pulsant de înaltă intensitate numit și stimulare magnetică funcțională în cazul sindromului de tunel carpian iar rezultate preliminare au fost publicate în reviste de specialitate^{[18][19]}.

În prima parte a studiului s-a analizat efectul terapiei prin SMR asupra întregului lot rezultatele fiind încurajatoare atât din punct de vedere al parametrilor electrofiziologici cât și din punct de vedere clinic exprimat prin creșterea forței de prehensiune și scăderea scorurilor PainDetect și Boston.

În ceea ce privește studiile de conducere nervoasă, au fost sesizate îmbunătățiri mici dar semnificative statistic a mediei vitezei de conducere senzitivă și a latenței distale a Cmap sugerând îmbunătățirea vitezei de conducere globală a nervului median fără a ajunge însă în parametrii normali la finalul tratamentului. În ceea ce privește amplitudinea potențialelor senzitive și motorii, s-a înregistrat o creștere doar a celui senzitiv sugerând creșterea numărului de fibre senzitive posibil printr-un mecanism de stimulare a reparării neuronale. Lipsa creșterii semnificative statistic a mediei amplitudinii Cmap ar putea fi explicată de faptul că media inițială și finală sunt situate în intervalul de referință a valorilor normale iar o îmbunătățire a acestui parametru ar fi mai puțin probabilă.

O creștere remarcabilă și semnificativă statistic au avut-o însă parametrii electromiografici respectiv morfologia PUM și traseul la contractia maximală.

Creșterea mediei punctajului morfologiei PUM traducând creșterea gradului de polifazie este sugestivă pentru activarea procesului de reînnoire care poate avea loc în urma procesului de reparare neuronală la locul leziunii sau de înmugurire colaterală distală din axonii rămași indemni.

Media punctajului pentru traseul la contractia maximală la sfârșitul tratamentului corespunde unui traseu mediu, intermediar, ceea ce se traduce printr-o creștere a numărului de unități motorii ce descarcă sincron și a frecvenței de descărcare a acestora față de momentul inițial.

Ca urmare a evaluării parametrilor electrofiziologici în întregul lot deducem că terapia prin SMF poate stimula procesele reparatorii nervoase ducând la o mai bună conductibilitate nervoasă, o creștere a numărului de fibre senzitive , la creșterea gradului de reînnoire musculară dezvoltând în consecință o forță mai mare de prehensiune în mână afectată. Datorită multitudinii de procese fizice și biomorale implicate în mecanismul extrem de complex al reînnoirii, studii aprofundate și riguros controlate sunt necesare pentru identificarea exactă a mecanismului prin care câmpul magnetic pulsant de înaltă putere poate contribui la acest proces.

Rezultatele evaluării clinice prin măsurarea forței dinamometrice și evaluarea chestionarelor Boston și PainDetect au fost de asemenea extrem de încurajatoare având o semnificație statistică foarte mare ($p=0,000$).

Din analiză statistică a rezultatelor testării dinamometrice la începutul și sfârșitul terapiei s-a observat o creștere semnificativă statistic a mediei valorii forței musculare la nivelul mâinii (m inițial = -21,972, m final = 27,358, $p= 0,000$). Rezultate coroborate cu cele de la testele electrofiziologice sunt încurajatoare și sugerează că SMF ar putea fi o metodă terapeutică cu efecte reparatoare asupra structurilor dar și de îmbunătățire a funcției.

Chestionarul Boston a furnizat date atât despre simptomatologie cât și despre funcționalitate, iar faptul că evoluția mediei celor două scoruri a cunoscut o semnificație statistică mare ($p= 0,000$) nu poate decât să certifice și să întărească rezultatele furnizate de studiile electrofiziologice și dinamometrie. Mai mult, mediile scorurilor SS și SF la finalul tratamentului au fost cu puțin peste limita normală.

Chestionarul PainDetect, construit în scopul de a detecta durerea neuropată, a fost o unealtă utilă pentru monitorizarea în special a evoluției durerii și paresteziilor. Cu toate acestea, deși afectarea neurologică este evidentă în STC, confirmată prin electrodiagnostic și ecografie, scorurile furnizate de acesta nu a încadrat întreg lotul de pacienți tratați că având tipul de durere neuropată (m inițial =9,58, m final =4,5). Putem spune că a constituit o unealtă de monitorizare și cuantificare utilă a simptomatologiei algice, corelată după cum a arătat analiză statistică cu scorurile furnizate de chestionarul Boston, dar nu a putut furniza decât date cantitative nu și calitative în ceea ce privește caracterul durerii în STC.

A două parte a studiului a vizat stabilirea unor criterii de recomandare în funcție de nivelul afectării nervului median în cadrul sindromului de tunel carpian.

Întregul lot de pacienți a fost împărțit în două subloturi pe bază tipului de leziune nervoasă, demielinizantă respectiv axonală, luând ca și criteriu de clasificare prezența sau absența activității spontane și traseul la contracția maximală.

Putem spune că cea mai bună evoluție din punct de vedere :

- al studiilor de conducere, a scorurilor durerii și simptomelor precum și a forței musculare de prehensiune a avut-o populația din sublotul cu leziune axonală.
- al creșterii gradului de polifazie și a îmbunătățirii funcționalității (SSF) s-a înregistrat în populația cu leziune demielinizantă.

În cea de-a treia parte a studiului s-a încercat găsirea unor corelații între parametrii electrofiziologici și celelalte variabile cât și între evoluțiile acestor parametrii la nivel de întreg lot, pentru a explica modalitatea prin care terapia cu câmp electromagnetic pulsat de înaltă putere poate îmbunătăți tabloul clinic și paraclinic în cazul sindromului de tunel carpian.

Un subiect de interes a fost acela de a vedea dacă nivelul forței musculare este corelat cu parametrii electrofiziologici sau cu severitatea simptomelor exprimată prin scorurile PainDetect și Boston (SSS și SSF). Există posibilitatea ca durerea inițială să poată influența dezvoltarea forței musculare iar pentru acest lucru s-au calculat corelații atât la început cât și la sfârșitul tratamentului între acești parametrii. Inițial s-a identificat o corelație semnificativă statistic între forță și: punctajul obținut la contracția maximală, amplitudinea Snap și SSF. La finalul studiului s-au identificat corelații semnificative statistic între forța de prehensiune și VCS, amplitudine Snap și amplitudine Cmap.

După cum a mai fost precizat este o certitudine că traseul la contracția maximală este direct corelat cu valoarea forței musculare dezvoltate ceea ce este pus în evidență de corelațiile la momentul inițial. Faptul că această corelație nu se mai găsește în final se poate datora faptului

că forță musculară nu crește pe bază recrutării mai multor unități motorii, ci poate fi o consecință a creșterii numărului de fibre musculare inervate din cadrul unei unități motorii ca urmare a unei posibile reinervări prin inmgurire colaterală de la axonii idemni. Pentru certificarea acestui lucru sunt necesare studii care să evalueze concomitent amplitudinea și durată PUM pentru a putea concluziona dacă unitățile motorii la finalul tratamentului sunt remodelate având mai multe fibre musculare. Pe de altă parte un argument care să pledeze pentru teoria înmguririi colaterale este corelația finală între forță și amplitudinea potențialului motor și senzitiv (ce exprima numărul de fibre) cu toate ca gradul de polifazie ridicat în final nu a fost corelat cu niciun alt parametru.

Nu a fost găsită o corelație între nivelul inițial sau final al forței musculare și scorurile ce evaluează durerea și paresteziile (PainDetect, SSS) ci doar o corelație cu nivelul de funcționalitate exprimat de SSF la momentul inițial.

Un alt studiu din literatură care a încercat să găsească corelații între semnele și simptomele clinice cu testele electrofiziologice în cazul STC a arătat că semnele clinice și neurografice sunt slab corelate cu deficitul motorii.

Rezultate controversate sunt cele cu privire la corelația pozitivă a forței cu amplitudinea Snap atât la începutul studiului atâta timp cât un studiu condus de Kelly J. ce a urmărit exact variația forței de prehesiune în funcție de nivelul amplitudinii Snap și a arătat că există o corelație negativă între acești parametrii sugerând că „pierderea informației tactile aferente are ca efect creșterea forței musculare”.

Atât la începutul studiului cât și la finalul lui au existat corelații mari semnificative statistic între scorul chestionarului PainDetect și scorurile SSS și SSF din chestionarul Boston sugerând că ambele chestionare sunt utile în diagnosticul clinic al sindromului de tunel carpian. PainDetect oferă date mai mult cantitative față de scorurile chestionarului Boston care furnizează date calitative putând preciza și gradul de afectare funcțională.

În ceea ce privește existența corelațiilor între scorurile chestionarului Boston și parametrii electrofiziologici s-au identificat doar corelații inițiale între SSS/SSF și traseul la contracția maximală sugerând că tabloul clinic ar putea influența recrutarea spațială și temporală a unităților motorii la contracție maximală, fapt ce nu a fost pus în evidență în cazul forței musculare măsurate dinamometric. În alte studii similare, dar pe o perioadă mai lungă de monitorizare în care pacienții cu STC au fost tratați chirurgical și în care s-a urmărit corelațiile între evoluția parametrilor electrofiziologici în special a studiilor de conducere nervoasă și scorurile chestionarului Boston, s-a concluzionat că „nu există o corelație semnificativă între evoluțiile acestor parametrii”. În cazul studiului de față s-a găsit o corelație între evoluția scorului PainDetect și amplitudinea Snap. Aceste rezultate pot fi interpretate cum că ameliorarea durerii este direct proporțională cu creșterea numărului de fibre senzitive.

În ceea ce privește corelația evoluției forței cu evoluția scorurilor ce evaluează durerea și paresteziile (SSS, PainDetect) se observă o corelație semnificativă statistic între evoluția forței și evoluția scorului SSS. Aceste informații sunt sugestive pentru faptul că deși nivelul forței nu a fost inițial corelat cu scorul de durere, evoluția ei a depins de evoluția simptomatologiei algice, odată aceasta ameliorându-se, pacientul putând dezvolta o forță de prehesiune mult mai mare.

7. Concluzii:

- Terapia folosind câmpuri magnetice de înaltă intensitate pulsată este o metodă ușor de folosit și bine tolerată de către pacient care s-a dovedit eficientă din punct de vedere a ameliorării atât simptomelor clinice și funcționalității mâinii cât și din punct de vedere a îmbunătățirii parametrilor electrofiziologici în cazul pacienților diagnosticați cu STC.
- Mecanismul exact prin care terapia prin SMF acționează pentru îmbunătățirea funcționalității dar și a simptomelor nu a fost complet elucidat. O componentă clară care

contribuie la îmbunătățirea forței musculare de prehensiune o constituie ameliorarea durerii. Mecanismul prin care se produce ameliorarea durerii ar fi creșterea numărului de fibre senzitive. Un studiu în care se urmărește evoluția parametrilor electrofiziologici și a forței musculare după tratamentul prin SMF în cazul STC dar în care se recurge la înlăturarea componentei algice înaintea începerii tratamentului, este necesar pentru înțelegerea pe deplin a influenței câmpurilor magnetice de înaltă putere pulsate asupra procesului complex de reabilitare a mâinii.

- Putem spune că cea mai bună evoluție din punct de vedere :
 - al studiilor de conducere, a scorurilor durerii și simptomelor precum și a forței musculare de prehensiune a avut-o populația din subplotul cu leziune axonală .
 - al creșterii gradului de polifazie și a funcționalității (SSF) s-a înregistrat în populația cu leziune demielinizantă.
- Terapia prin SMF poate fi recomandată cu succes în cazul STC atât cu leziune demielinizantă cât mai ales cu leziune axonală, studii suplimentare necesitând a se efectua pentru certificarea pe termen mediu și lung a eficienței acestei terapii, cât și pentru elucidarea pe deplin a mecanismului prin care acționează asupra nervilor și țesuturilor.
- Sunt necesare studii noi, controlate placebo, cu populație bine selecționată în funcție de sex, vârstă, IMC, cu durată mai lungă a terapiei și monitorizare pe termen mediu și lung pentru certificarea efectelor promițătoare pe care terapia prin SMR periferică le are în leziunile de nerv median din cadrul STC. De asemenea folosirea unor noi tehnici de evaluare a forței de prehensiune a mâinii și a penselor folosind senzori de presiune sunt necesare precum și elaborarea unor noi scale de detectare a durerii neuropate specifice pentru sindromul de tunel carpian.

Studiul II

„EFECTELE STIMULĂRII MAGNETICE FUNCȚIONALE ASUPRA PARAMETRILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL RADICULOPATIILOR LOMBARE COMPRESIVE”

1. Introducere. Motivație.

Câmpul magnetic de joasă putere static sau pulsat și curentul electric sunt metode terapeutice ce au fost demult utilizate în tratamentul conservator al durerii radiculare lombare.

Câmpurile electromagnetice de joasă putere și frecvență mare pot fi emise în regim static sau pulsat (PEMF). Un interes din ce în ce mai mare este orientat către terapia electromagnetică pulsata existând studii [20, 21] în care este utilizată ca tratament conservator al durerilor din cadrul radiculopatiilor lombare. Această reprezintă o metodă neinvazivă de tratament a inflamației și durerii, ce nu necesită folosirea de electrozi, cu ajutorul unei energii electromagnetice neionizante și atermice [22, 23]. Experimente in vivo și in vitro au arătat că aceste câmpuri pot avea proprietăți analgezice prin modularea factorilor implicați în semnalizarea durerii și inflamației [24, 25, 26] și ar fi utile ca mijloace auxiliare în tratamentul durerii postoperator [27, 28, 29]. Mecanismul lor de acțiune presupune crearea de microcurenți în țesuturi și stimularea unor procese biologice [30].

Spre deosebire de câmpurile magnetice de joasă putere, cele de putere înaltă cum sunt cele folosite în SMF/SMRp sunt capabile, având la bază fenomenul inducției electromagnetice al lui Faraday, de a produce un curent electric în țesuturile excitabile asemănător celui întâlnit în stimularea electrică directă care se propagă de-a lungul fibrelor nervoase [31].

Avantajul folosirii SMF în tratamentul radiculopatiei lombare este acela că acest câmp electromagnetic de înaltă putere are capacitate de penetrare foarte mare, undă pătrunzând până la nivelul rădăcinii nervoase și stimulând inclusiv structurile nervoase intracanalare și nu doar terminațiile nervoase de la nivelul pielii și mușchilor.

Ipoteza de la care a plecat demararea acestui studiu a fost aceea că utilizarea de câmpuri electromagnetice pulsate de mare putere și cu frecvență joasă poate avea efecte pozitive asupra durerii și regenerării nervoase în cazul radiculopatiei lombare având ca etiologie conflictul disco-radicular.

Obiective:

- **Obiectiv general:** Evaluarea gradului de eficiența a terapiei prin SMRp in radiculopatia lombara compresiva
- **Obiective secundare:**
 1. Evaluarea gradului de eficiența a terapiei prin SMRp in ameliorarea durerii prezente in cazurile de radiculopatie lombara.
 2. Evaluarea gradului de eficiența a terapiei prin SMRp in ameliorarea durerii prezente in cazurile de radiculopatie lombara ca unica terapie sau in combinatie cu metodele clasice fizical-kinetice utilizate in mod current in specialitatea de recuperare medicala
 3. Evaluarea gradului de eficiența a terapiei prin SMRp in stimularea regenerarii radacinii nervoase(afectare proximala) si reinervarea muscularii prin imbunatatind parametrii electromiografici
 4. Stabilirea unor criterii de recomandare a terapiei prin SMRp in cazul pacientilor cu radiculopatie lombara care sa vina in ajutorul medicului de recuperare , avand in vedere lipsa majora de experienta in acest domeniu.

2. Materiale si metodă

Participanți

Un număr de 41 de pacienți (raport B:F = 1 : 2,5) cu vârste între 40 și 65 ani au fost incluși în studiu, după semnarea consimțământului informat . Studiul a fost inițial aprobat de Comitetul de Etică al Spitalului Universitar de Urgență Elias și a avut loc în Clinica de Recuperare Medicală a spitalului cu același nume.

Pacienții participanți la studiu sunt cei care s-au adresat Clinicii de Recuperare a spitalului în vederea efectuării testelor electrofiziologice pentru diagnosticul de radiculopatie lombară și cărora le-a fost confirmat acest diagnostic. S-au adresat atât pacienți neoperati care aveau recomandare de electromiografie pentru a decide sau nu intervenția chirurgicală cât și pacienți operați în urmă cu cel puțin 3 luni, cu dureri restante postoperator, la care se dorea analiza prezenței sau absenței activității de reinervare. Acestora li s-a prezentat opțiunea terapeutică de a folosi câmpuri magnetice de înaltă intensitate pulsate și au fost de acord, începând din acea zi tratamentul după efectuarea unui RMN care să pună în evidența natură compresiva a radiculopatiei. Au fost înrolați în studiu pacienți cu dicopatii lombare Fază III, std 1, 2 și 3. S-au înregistrat 7 cazuri de abandon din motive ce nu au ținut de boală sau tratament, 34 pacienți finalizând studiul. Aceștia au fost împărțiți în mod randomizat în două loturi după cum va fi precizat ulterior.

Criterii de includere:

- Pacienți cu radiculopatie lombară compresivă diagnosticată RMN si EMG.

- Pacienți ce prezentau semne clinice de radiculopatie lombară în momentul examinării și care nu fuseseră supuși unei intervenții chirurgicale.
- Pacienți ce prezentau semne clinice de radiculopatie lombară în momentul examinării la care s-a intervenit chirurgical cu cel puțin 3 luni înainte.

Criteria de excludere:

- Persoane cărora examenul RMN nu le-a confirmat diagnosticul de radiculopatie lombară compresivă.
- Persoane vârstnice peste 80 de ani care au în mod normal modificări ale parametrilor electrofiziologici.
- Persoane diagnosticate cu diabet zaharat sau orice altă polineuropatie.
- Persoanele care pe lângă radiculopatie lombară au mai prezentat o altă leziune nervoasă distală precum sindrom de piriform sau compresia nervului peroneal la nivelul fibulei.
- Gravide
- Persoane purtătoare de pacemaker

Designul studiului

Studiul a fost unul de tip prospectiv randomizat, comparativ între evoluțiile a două loturi de pacienți diagnosticați cu radiculopatie lombară cu sau fără intervenție chirurgicală la nivel lombar, cărora le-a fost aplicată terapie după următoarea schema:

- lotul 1 – pacienții au fost tratați doar prin SMRp ca unică terapie;
- lotul 2 – pacienții au fost tratați prin SMRp și protocolul standard utilizat în clinică pentru tratamentul radiculopatiilor lombare fază III compus din proceduri de fizio și kinetoterapie (CIF, Laser, KT)

Metoda

Toți pacienții înrolați în studiu au fost examinați în prima zi din punct de vedere clinic, electrofiziologic și RMN (în cazul în care nu aveau o examinare recentă) și li s-a notat anumiți parametri, le-a fost aplicat începând cu aceeași zi un protocol de tratament în funcție de lot după cum a fost expus anterior timp de 10 zile, iar în ultima zi pacienților le-au fost retestați anumiți parametri și introduși într-o bază de date pentru a putea fi comparați cu valorile inițiale.

Ziua 1.

Examinarea a presupus o anamneză, un examen clinic de orientare asupra diagnosticului (sensibilitate, ROT, forță musculară segmentară, prezența sau absența sindromului vertebral static și dinamic), un test electrodiagnostic complet la nivelul membrilor inferioare pentru excluderea unei patologii care să includă prezența unei leziuni nervoase distale precum polineuropatia, sindromul de piriform sau compresia nervului peroneal la nivelul fibulei. De asemenea s-a completat chestionarul PainDetect pentru evaluarea durerii și scala analogă vizuală VAS.

Variabilele înregistrate la acest moment au fost:

- Din testul electrodiagnostic: s-a notat prezența sau absența activității spontane de repaus, morfologia PUM, tipul recrutării la contracția maximală.
- Scorul chestionarului Pain Detect și a scalei VAS

Protocolul de tratament :

Pacienții incluși în lotul 1 au primit tratament de SMR cu ajutorul unui câmp magnetic ce a fost generat de o bobina Racetrack poziționată transversal la nivel lombar cu ajutorul unui braț metalic. Poziția pacientului a fost în decubit ventral iar stimularea s-a efectuat cu aparatul MagVenture MagPro R100.

S-au folosit 200 de trenuri a câte 5 impulsuri , pauză între trenuri de 5 s, la o frecvență de 10 Hz a impulsurilor. Timpul total a fost de aproximativ 15 minute, ședințele s-au efectuat zilnic. S-a folosit o intensitate a câmpului emis de aproximativ 50-60% urmărindu-se o contracție ușoară nedureroasă a musculaturii paravertebral lombare. În ceea ce privește scorul VAS pacienții au fost rugați să îl precizeze atât la începutul tratamentului cât și imediat după tratament.

Bobina utilizată a fost de tip eliptic RT-120 Racetrack Coil cu dimensiunea de 90x200x26 mm capabilă să emită camp electromagnetice asupra unei arii mari la nivel lombar stimulând sincron bilateral paravertebral. Aceasta emite impulsuri bifazice iar energia initial eliberată de bobină la suprafața ei este de 31KT/s. Permite descărcarea a 1500 de impulsuri la 1Hz până la încălzirea ei atâta timp cât temperatura ambientală nu depășește 20 grade.

Pacienții incluși în lotul 2 au efectuat pe lângă SMR în care s-a folosit același protocol și un tratament fizic kinetic alcătuit din : CIF, Laser, KT.

Ziua 10.

Toți pacienții au fost rugați să completeze sub supravegherea medicului chestionarul PainDetect și scorul VAS și li s-au repetat testele electrofizilogice de data aceasta numai în miotomul afectat .

În vederea obținerii obiectivelor enunțate anterior întreg studiul a fost împărțit în 3 etape:

1. În prima etapă s-a analizat evoluția parametrilor electromiografici și a scorurilor durerii în cele două loturi ce au primit tratament diferit (SMR / SMR+FKT) și s-au comparat rezultatele.
2. În a doua parte, lotul ce a primit SMR ca unică terapie a fost împărțit în 2 subloturi în funcție de prezența activității spontane la analiza electromiografică, pacienții cu activitate spontană fiind considerați cei cu leziune acută. Au fost monitorizate și comparate evoluțiile celor 2 subloturi.
3. În cea de-a treia parte a studiului, lotul ce a primit SMR ca unică terapie a fost împărțit în 2 subloturi în funcție de statusul operator și s-a urmărit care sublot a răspuns mai bine la tratament.

1. Analiza statistică

Analiza statistică a datelor colectate a fost realizată utilizând statistici neparametrice. Această alegere a fost făcută deoarece ipoteza normalității (distribuțiile de frecvență normal distribuite, în formă de clopot) nu a fost confirmată, astfel că nu au fost îndeplinite condițiile de utilizare a testelor parametrice.

Pentru compararea loturilor la momentul inițial s-a folosit testul neparametric **Mann-Whitney** (distribuția nu este normală, nu putem utiliza test parametric, de genul test t).

Pentru evaluarea evoluției parametrilor la începutul și sfârșitul tratamentului pentru fiecare lot sau sublot a fost utilizat **testul Wilcoxon** care determină existența semnificației statistice pe baza rangurilor.

2. Rezultate

1. În prima parte a studiului au fost comparate rezultatele celor doua loturi ce au primit tratament diferit: SMR / SMR+FKT iar acestea au fost urmatoarele:

Inițial s-au comparat cele doua loturi din punct de vedere a parametrilor electromiografici dar și a scorurilor durerii iar rezultatul testului comparativ neparametric Mann Withney a aratat că nu există diferențe semnificative statistic între cele doua loturi , acestea fiind similare la momentul inițial.

În lotul ce a primit terapie doar prin SMR rezultatele au fost urmatoarele:

- Au fost înrolați 22 de pacienți femei si bărbați, care au suferit sau nu o intervenție la nivelul coloanei lombare cu cel puțin 3 luni în urmă și care prezentau dureri la acest nivel, cu sau fără iradiere.
- S-au înregistrat diferențe mari semnificative statistic a evoluției scorurilor durerii: pentru VAS (m inițial=4,95, m final=1,27, p=0,000) iar pentru PainDetect (m inițial =13,09, m final=7,00, p=0,00).

O diferență semnificativă statistic s-a înregistrat și la evoluția parametrilor electromiografici evoluând gradul de polifazie a PUM prin creșterea scorului morfologiei potențialului de unitate motorie (m initial=0,82 , m final=1,45, p=0,024) și îmbunătățindu-se recrutarea la contracția maximală (m initial=2,29, m final= 2,71, p=0,002).

În lotul ce a primit terapie prin SMR +FKT rezultatele au fost urmatoarele:

- Au fost înrolați 12 de pacienți femei si barbați, care au suferit sau nu o intervenție la nivelul coloanei lombare cu cel puțin 3 luni în urmă și care prezentau dureri la acest nivel, cu sau fără iradiere.
- S-au înregsitrat diferențe mari semnificative statistic a evoluției scorurilor durerii: pentru VAS (m inițial=5,00, m final=1,17, p=0,003) iar pentru PainDetect (m inițial =13,75, m final=6,42, p=0,006)

O diferență semnificativă statistic s-a înregistrat și la evoluția parametrilor electromiografici crescând gradul de polifazie prin creșterea scorului morfologiei PUM (m initial=0,33 , m final=1,83, p=0,005) și imbunanatindu-se recrutarea la cntractia maximală (m initial=2,33, m final= 2,83, p=0,014).

Comparând evoluțiile celor două loturi s-a pus în evidența o ameliorare semnificativă stastistic similară cu lotul ce a primit doar SMR în ceea ce privește durerea și îmbunătățirea traseului la contracția maximală, însă o evoluție net superioară a avut-o lotul ce a primit SMR+FKT, în ceea ce privește activitatea de reinervare exprimată prin punctajul morfologiei PUM, în ultimul lot crescând cu 454% față de lotul cu SMR în care a crescut cu 76,8%.

Parametrii	Lot SMR	Lot SMR+FKT
VAS	-74%	-76%
PainDetect	-46%	-53%
Morfologie PUM	76,8%	454%
Recrutare la CM	23,7%	21,4%

Tabel 2. Analiza comparativă a evoluțiilor celor două loturi în funcție de tratament

2. În a cea de-a două parte a studiului, lotul ce a fost tratat doar prin SMR a fost împărțit în 2 subploturi în funcție de prezența activității spontane și analizată evoluția lor în urmă tratamentului efectuat.

Prezența activității spontane presupune existența unui proces activ de denervare acută, în consecință o leziune axonală acută radiculara.

Înainte efectuării analizei statistice între evoluțiile celor două subploturi acestea au fost comparate folosind testul comparativ Mann-Whitney , neremarcandu-se diferențe semnificative statistic între cele 2 subplotuti la momentul inițial.

Rezultatele obținute de subplotul fără activitate spontană:

- Au fost în total 18 de pacienți femei și bărbați care au fost tratați prin SMR și care la momentul inițial nu prezentau la examenul electromiografic activitate spontană în repaus.

- S-au înregistrat diferențe mari semnificative statistic a evoluției socrurilor durerii : pentru VAS (m initial=5,00, m final=1,39, p=0,000) iar pentru PainDetect (m inițial =13,39, m final=7,17, p=0,000).

O diferență semnificativă statistic s-a înregistrat și la evoluția parametrilor electromiografici crescând gradul de polifazie prin creșterea scorului morfologiei PUM (m initial=0,72, m final=1,39, p=0,046) și îmbunătățindu-se recrutarea la contracția maximală(m initial=2,29, m final =2,76, p=0,011).

Rezultatele obținute de subplotul cu activitate spontană:

- Au fost în total 4 pacienți femei și bărbați care au fost tratați prin SMR și care la momentul inițial prezentau la examenul electromiografic activitate spontană de repaus.

- Nu s-au înregistrat diferențe semnificative statistic a evoluției socrurilor durerii : VAS (m initial=4,75, m final=0,75 , p=0,066) iar PainDetect (m inițial =11,75, m final=6,25, p=0,068).

Diferență semnificativă statistic nu s-a înregistrat la evoluția parametrilor electromiografici deși a crescut gradul de polifazie prin creșterea scorului morfologiei PUM (m initial=1,25 , m final=1,75, p=0,317) și s-a îmbunătățit recrutarea la contracția maximală(m initial=1,75, m final= 2,50, p=0,083).

Comparând evoluțiile celor două subploturi s-a pus în evidența o ameliorare similară în ceea ce privește durerea exprimată prin scorul PainDetect(-46% în subplotul fără activitate spontană față de -47% în subplotul cu activitate spontană) însă mai mare în subplotul cu activitate spontană exprimata pe scală VAS(-84% față de -72%). O creștere a gradului de polifazie s-a înregistrat preponderent în subplotul fără activitate spontană(93% față de 40%) însă recrutarea la contracția maximală s-a îmbogățit mai mult la cei cu leziune acută(43% față de 20%) .

Parametrii	Sublot fără activitate spontană	Sublot cu activitate spontană
VAS	-72%	-84%
PainDetect	-46%	-47%
Morfologie PUM	93%	40%
Recrutare CM	20%	43%

Tabel 3. Analiza comparativă a evoluțiilor celor două subploturi în funcție de prezența activității spontane.

3. În cea de-a treia parte a studiului lotul ce a fost tratat prin SMR a fost împărțit în 2 subploturi în funcție de statusul operator și a fost analizată evoluția lor .

Inițial s-a analizat dacă există diferențe semnificative statistic între parametrii celor 2 subploturi la începutul tratamentului , neremarcandu-se acest lucru.

Rezultatele obținute la subplotul fără intervenție chirurgicală:

- Au fost în total 14 pacienți femei și bărbați care au fost tratați prin SMR și care până la momentul prezentării în clinică nu suferiseră o intervenție chirurgicală pentru patologia lombara actuală.

- S-au înregistrat diferențe semnificative statistic a evoluției socrurilor durerii : pentru VAS(m initial=5,29, m final=1,07 , p=0,001) iar pentru PainDetect (m inițial =11,36, m final=5, p=0,002).

- Diferență semnificativă statistic s-a înregistrat la evoluția parametrilor electromiografici crescând gradul de polifazie prin creșterea scorului morfologiei PUM (m initial=0,71, m final=1,36, p=0,047) și s-a îmbunătățit recrutarea la contracția maximală(m initial=2,07, m final= 2,85, p=0,007).

Analiza rezultatelor în subplotul ce a suferit o intervenție chirurgicală:

- Au fost în total 8 pacienți femei și bărbați care au fost tratați prin SMR și care până la momentul prezentării în clinică suferiseră o intervenție chirurgicală pentru patologia lombara și care prezentau un restant sau o recidiva a durerii postoperator.

- S-au înregistrat diferențe semnificative statistic a evoluției socrurilor durerii : pentru VAS (m initial=4,38, m final=1,63, p=0,20) iar pentru PainDetect (m inițial =16,13, m final=10,50, p=0,012).

- Diferență semnificativă statistic nu s-a înregistrat la evoluția parametriilor electromiografici deși a crescut gradul de polifazie prin creșterea scorului morfologiei PUM (m initial=1 , m final=1,63, p=0,238) și s-a îmbunătățit recrutarea la contracția maximală(m initial=2,25, m final= 2,50, p=0,157).

Comparând evoluțiile celor 2 subploturi s-a observat o ameliorare net mai mare a tuturor parametriilor în subplotul fără intervenție chirurgicală în special în ceea ce privește traseul recrutării la contracția maximală după cum reiese în Tabelul 4.

Parametrii	Sublot fără intervenție chirurgicală	Sublot cu intervenție chirurgicală
VAS	-80%	-63%
PainDetect	-56%	-35%
Morfologie PUM	92%	63%
Recrutare CM	78%	11%

Tabel 4. Analiza comparativă a evoluțiilor celor două subploturi în funcție de statusul operator.

5. Discuții

Studiul de față “EFECTELE STIMULĂRII MAGNETICE REPETIȚIE PERIFERICE ASUPRA PARAMETRIILOR ELECTROFIZIOLOGICI ȘI SIMPTOMATOLOGIEI ÎN CAZUL RADICULOPATIEI LOMBARE COMPRESIVE ”, poate avea o valoare deosebită fiind din cunoștințele autorului printre primele studii de evaluare a efectelor câmpului electromagnetic pulsat de înaltă putere numit și stimulare magnetică funcțională sau stimulare magnetică repetitivă periferică / transcutanată, în cazul radiculopatiei compresive lombare.

Rezultatele studiului arată că terapia prin SMRp la nivelul coloanei lombare este eficientă în tratamentul durerii din cadrul radiculopatiei compresive lombare.

Cele trei faze ale analizei statsitice urmăresc defapt obiectivele studiului enunțate inițial.

În prima parte a studiului s-a urmărit dacă SMR lombara are efect în ameliorarea durerii că monoterapie sau este preferată utilizarea ei într-un program complex de recuperare ce presupune și folosirea altor proceduri. Rezultatele au fost încurajatoare în ambele loturi în ceea ce privește ameliorarea durerii, scorul VAS scăzând cu -74% în lotul cu SMR față de -76% în lotul cu SMR+FKT. Având în vedere că între cele 2 loturi nu au existat diferențe semnificative statistic

la testarea inițială, putem spune că terapia prin SMR poate fi utilizată cu succes ca monoterapie în tratamentul durerii radiculare lombare.

Efectul terapeutic de ameliorare a durerii a fost confirmat și de analiza evoluției scorului PainDetect care a arătat o îmbunătățire ușor mai mare în lotul cu SMR+FKT (-53% față de -46% la lotul cu SMR) rezultat similar cu cel din studiul condus de Radackovic și co. O plus valoare a acestui studiu față de celelalte de acest gen a fost utilizarea electromiografiei pentru a surprinde modul în care sistemul nervos periferic lezat răspunde la SMF. S-a observat o creștere a numărului de faze la analiză calitativă a PUM în ambele loturi însă în lotul de pacienți ce au primit SMR+FKT evoluția a fost fulminantă, numărul de faze crescând cu până la 4,5 ori (454%) față de momentul inițial în timp ce în lotul cu monoterapie s-a înregistrat o creștere de 75%. În ceea ce privește discreta îmbunătățire a traseului la contractia maximală care este totuși semnificativă statistic în ambele loturi (23,7% în lotul cu SMR și 21,4% în lotul cu SMR + FKT), aceasta s-ar putea datora unei mai bune cooperări din partea pacientului în contextul ameliorării durerii, mecanism pus în evidență și în studiul efectuat pe pacienți cu sindrom de tunel carpian, însă față de studiul I al lucrării nu ne putem pronunța asupra unui posibil mecanism de reinervare prin refacere nervoasă și creșterea numărului de unitați motorii având în vedere că studii de conducere proximale nu au fost efectuate.

În cea de-a doua parte a studiului s-a urmărit evoluția a două subploturi în funcție de stadiul bolii și anume: pacienții ce au primit monoterapie SMR și au prezentat activitate spontană la examinarea EMG inițială, însemnând denervare activă, au fost considerați că aparținând subplotului cu leziune acută axonală iar cei care nu au prezentat activitate spontană au fost considerați că având o afectare cronică sau demielinizantă.

Rezultatele au fost încurajatoare în ambele subploturi însă din cauza numărului mic de pacienți în subplotul cu activitate spontană, ameliorările parametrilor de monitorizare a durerii și electromiografici deși consistente, nu au fost semnificative statistic fiind raportate datele doar la 4 pacienți.

În ceea ce privește ameliorarea scorului VAS s-a înregistrat o scădere mai mare a durerii în subplotul cu activitate spontană (-84% față de -72% la cei cu afectare cronică sau demielinizantă) sugerând că terapia prin SMRp este eficientă în toate stadiile de radiculopatie lombară dar în special în fază acută.

Ameliorarea scorului PainDetect a fost însă similară în cele două subploturi scăzând cu -46% în subplotul fără activitate spontană și -47% în subplotul cu activitate spontană.

În ceea ce privește evoluția parametrilor electromiografici lotul fără activitate spontană a înregistrat o creștere mai mare a numărului de faze a potențialului de unitate motorie (93% față de 40% la cei cu leziune acută) cu toate că recrutarea la contractia maximală a fost îmbunătățită mai mult în subplotul cu leziune acută axonală (43% față de 20%).

În cea de-a treia parte a studiului s-a urmărit compararea eficienței terapiei prin SMRp în funcție de statusul operator. Din cei 22 de pacienți tratați prin SMRp la nivel lombar, 14 nu suferiseră nicio intervenție chirurgicală iar 8 dintre pacienți au raportat o intervenție chirurgicală în urmă cu cel puțin 3 luni. Au fost comparate inițial cele două subploturi și nu s-au găsit diferențe semnificative statistic deși semnificația statistică în ceea ce privește scorul PainDetect a fost la limită și anume 0,06.

În ceea ce privește evoluția durerii exprimată pe pe scală VAS, există o îmbunătățire semnificativă a simptomului în subplotul fără intervenție chirurgicală (-80%), mai mică față de cea raportată de o intervenție chirurgicală minim invazivă [**Error! Bookmark not defined., Error! Bookmark not defined.**], dar mai mare față de subplotul în care deja avusese loc actul chirurgical (-63%). Rezultate similare au fost și în ceea ce privește evoluția scorului PainDetect, fiind de asemenea mai bună în subplotul fără intervenție chirurgicală (-56% față de -35% la cei operați) în contextul în care durerea cuantificată în subplotul operat a fost mai exprimată după cum a fost expus anterior.

Dacă ar fi să comparăm modul prin care electromiografia a surprins evoluțiile celor două subloturi la terapia prin SMR, în mod semnificativ distingem o îmbunătățirea la pacienții din sublotul fără intervenție chirurgicală din punct de vedere a gradului de polifazie a PUM (92% față de 63%) și a îmbunătățirii recrutării la contracția maximală (78% față de 11%). De altfel, din analiză statistică observăm că evoluția parametrilor electromiografici deși încurajatoare, nu a înregistrat pragul de semnificație statistică.

3. Concluzii

- Studiul de față poate avea o valoare deosebită fiind din cunoștințele autorului printre primele studii de evaluare a efectelor câmpului electromagnetic pulsant de înaltă putere numit și stimulare magnetică funcțională sau stimulare magnetică repetitivă periferică în lombosciatalgia nespecifică, în cazul de față abordându-se etiologia radiculară compresivă lombară.
- Rezultatele studiului confirmă ipoteza conform căreia SMRp aplicată la nivel lombar în cazul radiculopatiei compresive la acest nivel, este o metodă eficientă în tratamentul durerii și în stimularea procesului de reinervare fără a fi elucidate însă mecanismele prin care acestea au loc.
- Ca și observație generală putem nota că cea mai bună evoluție a scorului VAS s-a înregistrat la pacienții cu leziune acută (activitate spontană), cea mai bună evoluție a scorului PainDetect a fost la pacienții fără intervenție chirurgicală, creșterea gradului de polifazie însemnând stimularea reinervării a fost în populația tratată cu terapie combinată (FKT+SMR), iar contracția maximală a fost cel mai mult îmbunătățită în sublotul fără intervenție chirurgicală.
- Putem concluziona că în cazul radiculopatiei lombare compresive, terapia combinată utilizând SMR periferică și FKT în cazul pacienților cu leziune acută este foarte eficientă și este recomandată înaintea unei intervenții chirurgicale.

Concluzii generale

- Studiul I al lucrării de față reprezintă un pionierat al utilizării SMRp în tratamentul de recuperare al sindromului de tunel carpian vizând o reabilitare globală a mâinii atât din punct de vedere a simptomelor cât și a funcționalității, activității și participărilor așa cum este prevăzut în modelul ICF, în timp ce Studiul II are și el o valoare deosebită în contextul puținelor studii menționate în bazele de date internaționale în acest domeniu.
- SMRp poate fi o metodă terapeutică utilizată cu succes în **tratamentul durerii** exprimate prin scorul VAS sau PainDetect, durere ce are ca origine leziuni ale sistemului nervos periferic întâlnite atât în afecțiunile proximale cât și în cele distale ale SNP.
- SMRp pare să stimuleze procesul de reinervare, proces pus în evidență pe baza examinării electromiografice prin creșterea gradului de polifazie și îmbunătățind traseul de recrutare la contracția maximală atât în leziunile proximale cât și în cele distale ale sistemului nervos periferic. Mecanismul exact prin care acest fenomen are loc nu este elucidat și poate face obiectul următoarelor studii de cercetare în domeniu. Cu toate acestea opinia autorului este că SMRp ar putea stimula procesul de înmugurire distală a axonilor sănătoși cu reinervarea fibrelor musculare denervate, studii histologice fiind necesare pentru confirmarea sau infirmarea teoriei.

- SMPp pare să aibe efecte mai bune în **stimularea procesului de reinervare** în urma leziunilor proximo-distale ale sistemului nervos periferic atunci când este aplicată în stadiile cronice sau în leziunile demielinizante, atunci când nu este prezentă activitatea spontană, cu toate că din punct de vedere a **ameliorării tabloului clinic** sau a celorlalți parametri electrofiziologici o evoluție mai bună a fost înregistrată la pacienții ce prezentau activitate spontană de denervare activă (leziune axonală acută).
- Terapia prin SMRp poate fi o metodă eficientă de tratament atât a simptomelor cât și a leziunii în sine în cazul afecțiunilor compressive ale sistemului nervos periferic, studii suplimentare riguros controlate, pe loturi mai mari de pacienți și care să evalueze și pe termen mediu și lung sunt necesare pentru stabilirea unor recomandări ferme ale acestei terapii.
- In ceea ce privește eficiența terapiei în STC, cu toate că rezultatele au fost încurajatoare, considerăm că sunt necesare studii noi, controlate placebo, cu populație bine selecționată în funcție de sex, vârstă, IMC, cu durata mai lungă a terapiei și monitorizare pe termen mediu și lung pentru certificarea efectelor promițătoare pe care terapia prin SMR periferică a dovedit a le avea în cazul leziunii de nerv median din acest studiu. De asemenea folosirea unor noi tehnici de evaluare a forței de prehensiune a mâinii și a penselor folosind senzori de presiune sunt necesare dar și elaborarea unor noi scale de detectare a durerii neuropate specifice în sindromul de tunel carpian, dat fiind faptul că în acest studiu rezultatele chestionarului PainDetect nu au detectat prezența unei componente neuropate, însă acestea au corelat foarte bine cu celelalte scoruri de evaluare a durerii, paresteziilor și funcționalității furnizate de chestionarul Boston.
- De asemenea un studiu în care se urmărește evoluția parametrilor electrofiziologici și a forței musculare după tratamentul prin SMRp în cazul STC dar în care se recurge la înlăturarea componentei algice înaintea începerii tratamentului este necesar pentru înțelegerea pe deplin a influenței câmpurilor magnetice de înaltă putere pulsate asupra procesului complex de rehabilitare a mâinii.
- Terapia prin SMRp poate fi recomandată cu succes atât în cazul leziunilor demielinizante cât mai ales în cazul leziunilor axonale, studii suplimentare necesitând a se efectua pentru certificarea pe termen mediu și lung a eficienței acestei terapii, cât și pentru elucidarea pe deplin a mecanismului prin care acționează asupra nervilor și țesuturilor.

Bibliografie

- ¹ Della-Giustina DA. Emergency department evaluation and treatment of back pain. *Emerg Med Clin North Am* 17(4,vi-vii, (1999)):877-893
- ² Fardon DF, Millette PC. Nomenclature and classification of lumbar disc pathology. *Spine* (2000),26:E93-E113
- ³ Deyo RA et al. Herniated lumbar intervertebral disc. *Ann Intern Med* 112(8)(1990):598-603,
- ⁴ Spangfort EV. The lumbar herniation: a computer-aided analysis of 2504 operations. *Acta Orthop Scand Suppl* 142(1992):1-95,
- ⁵ Badalamente MA, et al. Mechanical stimulation of dorsal root ganglia induces increase production of substance P mechanism for pain following nerve root compromise? *Spine* 12(6)(1987): 552-555,
- ⁶ Rydevik B, Brown MD, Lundborg G. Pathoanatomy and pathophysiology of nerve root compression. *Spine* 9(1)(1984):7-15,
- ⁷ Rydevik B, Holm S. Pathophysiology of the intervertebral disc and adjacent neural structures. In Rothman RH, Simeone FA editors: *The Spine*, Philadelphia, (1990), WB Saunders
- ⁸ Marshall LL, Trethewie ER et al. Chemical radiculitis: a clinical, physiological and immunological study. *Clin Orthop* 129(1979):61-76,
- ⁹ McCarron RF, Wimpee MW et al. The inflammatory effect of nucleus pulposus: a possible element in the pathogenesis of low-back pain. *Spine* 12(8)(1987):760-764,
- ¹⁰ Saal JS, Francon RC et al. High levels of inflammatory phospholipase a2 activity in lumbar disc herniations. *Spine* 15(7)(1990):674-678,
- ¹¹ Weiss, Lyn D., Jay M. Weiss, and Julie K. Silver. *Easy EMG: a guide to performing nerve conduction studies and electromyography*. Elsevier Health Sciences, 2015: 1-3
- ¹² DeLisa, Joel A., Bruce M. Gans, and Nicholas E. Walsh, eds. *Physical medicine and rehabilitation: principles and practice*. Vol. 1. Lippincott Williams & Wilkins, (2005): 61-105
- ¹³ World Health Organization. International classification of functioning, disability and health: ICF. World Health Organization, 2001.
- ¹⁴ Mihele, Claudia, and Mariana Cevei. "ELECTROTHERAPY IN PERIPHERAL MOTOR NERVE SYNDROM: CUBITAL NERVE, RADIAL NERVE, MEDIAN NERVE/ELECTROTHERAPIA ÎN SINDROMUL DE NEURON MOTOR PERIFERIC: NERVUL CUBITAL, RADIAL SI MEDIAN." *Studia Universitatis "Vasile Goldis" . Seria Educatie Fizica si Kinetoterapie* 4.1 (2015): 91.
- ¹⁵ E.M. Khedr, M.A. Ahmed, E.A.M. Alkady, M.G. Mostafa, H.G. Said- Therapeutic effects of peripheral magnetic stimulation on traumatic brachial plexopathy: Clinical and neurophysiological study; *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, Volume 42, Issue 3,(2013) Pages 111-118
- ¹⁶ POPESCU, Simona, et al. "Conservative treatment for Carpal Tunnel syndrome." *Maedica-a Journal of Clinical Medicine* 3.4 (2008).
- ¹⁷ MacDougall, J. Duncan, Howard Allan Wenger, and Howard J. Green, eds. *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign, Ill.: Human Kinetics Books, 1991.
- ¹⁸ Elena, Savulescu Simona, et al. "Peripheral Repetitive Magnetic Stimulation: A Novel Approach for Hand Rehabilitation in Carpal Tunnel Syndrome-A Pilot Study." *International Journal of Social Science and Humanity* 6.8 (2016): 604.
- ¹⁹ Savulescu, Simona Elena, et al. "ORIGINAL STUDY THE EFFECTIVENESS OF PERIPHERAL REPETITIVE MAGNETIC STIMULATION IN CARPAL TUNNEL SYNDROME."- *ANALELE UNIVERSITĂȚII "DUNĂREA DE JOS" DIN GALAȚI, MEDICINĂ,FASCICULA XVII, no. 1, 2015:37-42*
- ²⁰ Harper, Wayne L., et al. "An open-label pilot study of pulsed electromagnetic field therapy in the treatment of failed back surgery syndrome pain." *International medical case reports journal* 8 (2015): 13.
- ²¹ Oke, K. I., and P. F. A. Umebese. "Evaluation of the efficacy of pulsed electromagnetic therapy in the treatment of back pain: a randomized controlled trial in a tertiary hospital in Nigeria." *West Indian Medical Journal* 62.3 (2013): 205-209.
- ²² Guo L, Kubat NJ, Isenberg RA. Pulsed radio frequency energy (PRFE) use in human medical applications. *Electromagn Biol Med*. 2011;30(1):21-45

-
- ²³ Guo L, Kubat NJ, Nelson TR, Isenberg RA. Meta-analysis of clinical efficacy of pulsed radio frequency energy treatment. *Ann Surg.* 2012;255(3):457–467
- ²⁴ Moffett J, Fray LM, Kubat NJ. Activation of endogenous opioid gene expression in human keratinocytes and fibroblasts. *J Pain Res.* 2012;5:347–357
- ²⁵ Moffett J, Griffin NE, Ritz MC, George FR. Pulsed radio frequency energy field treatment of cells in culture results in increased expression of genes involved in the inflammation phase of lower extremity diabetic wound healing. *The Journal of Diabetic Foot Complications.* 2010;2(3):57–64.
- ²⁶ Rohde C, Chiang A, Adipoju O, Casper D, Pilla AA. Effects of pulsed electromagnetic fields on interleukin-1 beta and postoperative pain: a double-blind, placebo-controlled, pilot study in breast reduction patients. *Plast Reconstr Surg.* 2010;125(6):1620–1629
- ²⁷ Cortes J, Kubat N, Japour C. Pulsed radio frequency energy therapy use for pain relief following surgery for tendinopathy-associated chronic pain: two case reports. *Mil Med.* 2013;178(1):e125–e129
- ²⁸ Hedén P, Pilla AA. Effects of pulsed electromagnetic fields on postoperative pain: a double-blind randomized pilot study in breast augmentation patients. *Aesthetic Plast Surg.* 2008;32(4):660–666.
- ²⁹ Rawe IM, Lowenstein A, Barcelo CR, Genecov DG. Control of postoperative pain with a wearable continuously operating pulsed radiofrequency energy device: a preliminary study. *Aesthetic Plast Surg.* 2012;36(2):458–463
- ³⁰ Thamsborg G, Florescu A, Oturai P, Fallentin E, Tritsarlis K, Dissing S. Treatment of knee osteoarthritis with pulsed electromagnetic fields: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Osteoarthritis Cartilage* 2005; 13: 575–81.
- ³¹ Griskova I, Hoppner J, Ruksenas O, Dapsys K. 2006. Transcranial magnetic stimulation: the method and application. *Medicina (Kaunas)* 42:798–804.