

UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE CRAIOVA
ȘCOALA DOCTORALĂ



REZUMAT
TEZĂ DE DOCTORAT

EFICIENȚA ȘI SIGURANȚA APLICĂRII
ELECTROSTIMULĂRII NEUROMUSCULARE MULTICANAL
A MEMBRELOR INFERIOARE
LA PACIENȚII CU DIZABILITATE DE CAUZĂ CARDIACĂ

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC
Prof.dr. Roxana Sanda POPESCU

STUDENT DOCTORAND
Dr. Violeta Luminița DUMITRU

Craiova
2012

CUPRINS

1. INTRODUCERE	3
2. STADIUL CUNOAȘTERII.....	3
3. CONTRIBUȚII PROPRII.....	3
<i>STUDIUL I.....</i>	<i>3</i>
<i>Efectele electrostimulării neuromusculare multicanal (ESNM-mc) a membrilor inferioare asupra parametrilor cardiorespiratori la pacienții cu patologie cardiacă.....</i>	<i>3</i>
<i>(răspunsul cardiorespirator la ESNM-mc).....</i>	<i>3</i>
Obiective.....	3
Material și metodă.....	3
Rezultate. Concluzii.....	5
<i>STUDIUL al II-lea.....</i>	<i>6</i>
<i>Electrostimularea neuromusculară multicanal(ESNM-mc) a membrilor inferioare la pacienții cu dispozitive cardiace electronice implantate (pacemaker).....</i>	<i>6</i>
Obiective.....	6
Material și metodă.....	6
Rezultate.. ..	7
Concluzii.....	7
<i>STUDIUL al III-lea.....</i>	<i>8</i>
<i>Efectele aplicării intensive și de scurtă durată a ESNM- mc a membrilor inferioare la pacienții internați cu insuficiență cardiacă cronică(ICC)</i>	<i>8</i>
Obiective.....	8
Material și metodă.....	8
Rezultate	9
Concluzii.....	10
4. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ	11

CUVINTE CHEIE: insuficiență cardiacă cronică, mușchi scheletic, electrostimulare neuromusculară, stimulator cardiac, toleranță la efort

1. INTRODUCERE:

Teza de doctorat abordează o tematică interdisciplinară. Este propusă o perspectivă diferită și de mare actualitate asupra unei boli cardiace cronice-Insuficiența Cardiacă(ICC)- văzută ca boală sistemică , în care disfuncția mușchiului scheletic este considerată atât „*calea finală comună* ” spre instalarea dizabilității în această boală, dar și structura fundamentală pe care se bazează reabilitarea medicală în cazul acestor pacienți. Electrostimularea neuromusculară multicanal(ESNM-mc) a musculaturii implicate în ambulație este propusă ca alternativă terapeutică pentru creșterea capacității de efort, în cazul pacienților care nu pot realiza antrenamentul convențional bazat pe exercitiul fizic activ.

2. STADIUL CUNOAȘTERII

Partea dedicată „Stadiului cunoașterii” cuprinde o prezentare sintetică a datelor recente din literatura științifică de specialitate cu referire la multiplele aspecte ale lucrării: factorii limitativi ai capacității de efort în Insuficiența Cardiacă Cronică, alterările structurale și funcționale ale mușchilor în ICC precum și factorii care stau la baza acestora, aspecte generale ale electrostimularii neuromusculare(terminologie, concepte fiziologice recente, domenii de aplicare, metodologie), testarea cardiopulmonară la efort, noțiuni generale cu privire la stimulatoarele cardiace și la monitorizarea electrocardiografică continuă.

3. CONTRIBUȚII PROPRII

Partea a doua a tezei, „Contribuții proprii”, are trei direcții de abordare, cuprinzând trei studii clinice independente (care au ca element comun ESNM-mc la pacienții cu afecțiuni cardiace), ale căror rezultate se completează pentru obținerea răspunsurilor finale. Fiecare din studiile efectuate au avut obiective specifice și au folosit grupuri distincte de pacienți .

STUDIUL I.

Efectele electrostimulării neuromusculare multicanal (ESNM-mc) a membrelor inferioare asupra parametrilor cardiorespiratori la pacienții cu patologie cardiacă

(răspunsul cardiorespirator la ESNM-mc)

Obiectivul acestui studiu îl constituie aprecierea „siguranței” aplicării ESNM, prin depistarea eventualelor „efecte adverse cardiace”, prin urmărirea modificărilor unor parametri hemodinamici, respiratori și electrocardiografici în timpul și după aplicarea unei ședințe de ESNM-mc. Dacă ESNM a unei mase musculare mari (cvadriceps, ischiogambieri, triceps sural bilateral) la pacienți cu patologie cardiacă, poate genera un posibil răspuns circulator sistemic inadecvat care să supună pacientul cu patologie cardiacă unui risc de eveniment acut cardio-vascular, a fost întrebarea la care a încercat să răspundă prezentul studiu

Material și metodă.Un număr de 19 pacienți (raport B:F= 7/12) cu vârsta medie de 61,52 ani(SD=17,53) au fost incluși în studiu, după semnarea consimțământului informat. Pacienții participanți la studiu au avut ca diagnostic de boală cardiacă: 1)Boală coronariană ischemică(modificări ECG de ischemie coronariană – clinic manifestă sau asimptomatică) – 3 pacienți; 2)Infarct miocardic sechelar

(undă Q pe traseul ECG) – 3 pacienți; 3) Tulburări de ritm cardiac și de conducere (total: 13 pacienți), 4) HTA – 10 pacienți; 5) Insuficiență cardiacă – 7 pacienți. De menționat că numărul diagnosticelor de boală cardiacă nu corespunde cu numărul de pacienți, deoarece majoritatea pacienților au avut mai mult de un diagnostic de boală cardiacă. Au fost excluși din studiu pacienții: 1) la care medicația pentru boala cardiacă a suferit modificări în ultimele 3 luni, 2) cu o vechime ≤ 3 luni de la un eveniment coronarian acut și 3) pacienții cu afazii severe care făceau imposibilă fie înțelegerea naturii intervenției, fie furnizarea unui feed-back asupra tratamentului.

Etapele studiului au fost:

În prima zi a studiului (precedentă ESNM), fiecărui pacient înrolat în studiu i s-au montat: un dispozitiv de monitorizare tip Holter ECG/24 ore cu 3 canale (*Holter Monitor DL900, Braemar, Inc, Eagan, Mn, USA*), un pulsoximetru și un tensiometru (pentru măsurarea tensiunii arteriale sistolice-TAS și a celei diastolice-TAD). De menționat că a fost aproximată valoarea tensiunii arteriale medii (TAM), după formula binecunoscută: $TAM = T_{diastolică} + 1/3(T_{sistolică} - T_{diastolică})$. Valorile parametrilor hemodinamici și respiratori obținuți în cursul acestei monitorizări au fost considerate și înregistrate ca **”valori de referință”**.

În prima parte a celei de-a doua zile, pacienții au fost supuși unui program de stimulare electrică neuromusculară multicanal, cu o durată de 21 de minute (presetat), la nivelul: mușchiului cvadriceps-drept femural (bilateral); ischiogambierilor (bilateral); tricepsului sural (bilateral). S-a folosit un aparat de stimulare multicanal programabil, cu 6 canale de stimulare simultană (*Megasonic 313, Electromedicarin S.A., Barcelona, Spania*) și 12 electrozi cu dimensiunile de 90/60/2 mm fixați cu benzi de cauciuc prin intermediul unui strat hidrofil. A fost utilizat un program preinstalat cu trei faze de lucru, ce funcționează pe principiul exercițiului fizic propriu-zis: faza 1 (4 minute) – „warming up” (frecvența de 30 Hz), faza 2 (15 minute) – exercițiul fizic propriu-zis – „work” (frecvența de 65 Hz) și faza 3 (2 minute) – relaxare – „relaxation” (frecvența de 3 Hz). Pe toată durata electrostimulării pacienții au continuat să fie monitorizați Holter ECG.

Valorile TAS, TAD, SaO₂ și frecvența respiratorie au fost măsurate la 10 minute în tot acest interval de timp și a fost calculată media valorilor lor. S-a aproximat și valoarea TAM (conform formulei de calcul). Valorile frecvenței cardiace (medie, maximă, minimă) au fost obținute din rezultatele monitorizării ECG continue. Valorile măsurate în acest moment al studiului au fost denumite și înregistrate ca **”valori ESNM-mc”**.

Timp de 1 oră după oprirea ESNM-mc (partea a 2-a a zilei a 2-a), pacienții au continuat să fie monitorizați Holter ECG și au fost măsurate valorile aceluiași parametri, la același interval de timp. Valorile obținute au fost numite **”valori post ESNM-mc”**.

Folosind software-ul monitorului Holter, în fiecare din cele 3 etape ale studiului au fost analizați și comparați între ei următorii parametri electrocardiografici (calculați pe intervale identice de timp):

- număr extrasistole ventriculare (ESV), cuplete, triplete, bigeminism, trigeminism, număr extrasistole supraventriculare (ESSV), trenuri de ESSV (≥ 3) și frecvența cardiacă (medie, maximă, minimă)
- Variabilitatea frecvenței cardiace (VFC) prin anumiți parametri ai domeniului de timp și de frecvență (**RMSSD** ca index al tonusului vagal; **HF** care exprimă modularea parasimpatică și **LF** care poate fi influențat atât de componenta simpatică, cât și de cea parasimpatică (parțial), precum și raportul LF/HF care exprimă balanța simpatic/parasimpatic).

Rezultate. Concluzii.

În acest studiu, aplicarea ESNM a unor mase musculare mari (cum este musculatura implicată în ambulație), nu a afectat major și acut hemodinamica centrală și nu a generat riscuri imediate pentru un pacient cu patologie cardiacă. Toți pacienții au avut răspunsuri cardiovasculare adecvate în cursul aplicației de ESNM-mc și imediat după aceea și nu au apărut semne sau simptome care să necesite întreruperea acesteia. Valorile **TA sistolică, TA diastolică, Tamedie, frecvenței cardiace medii, ale SaO2** și ale **frecvenței respiratorii** nu s-au modificat semnificativ statistic în cursul/după aplicarea ESNM-mc, comparativ cu nivelul de referință. Aplicarea ESNM-mc nu a generat aritmii cardiace și nu crescut numărul aritmiilor ventriculare deja existente. În cursul aplicării ESNM-mc comparativ cu momentul de referință, s-a constatat creșterea parametrilor VFC ceea ce arată o **creștere a componentei parasimpatice** a inervației vasculare și cardiace. Ulterior aplicării ESNM-mc, s-a constatat că există o tendință de **scădere** a componentelor VFC comparativ cu valorile de referință și cu cele din timpul aplicării ESNM-mc, chiar dacă această diferență nu este semnificativă statistic pentru niciunul din momentele studiului. Aceasta denotă o tendință de scădere a controlului parasimpatic asupra cordului, cu predominanța celui adrenergic imediat după sistarea aplicației de ESNM-mc, situație care nu s-a asociat însă cu creșterea numărului de ectopii cardiace sau cu modificări ale parametrilor hemodinamici.

Aceste rezultate, chiar și doar observaționale (fără suport statistic), au implicații clinice importante, impunând monitorizarea pacientului la finalul aplicației de ESNM-mc, cu evaluarea auscultatorie cardiacă și cu măsurarea unor parametri hemodinamici (TA, FC). Recomand acest lucru mai ales la pacienți la care perturbări ale VFC sunt predictibile: insuficiența cardiacă, post IMA, AVC, aritmii cardiace și care au indicații variate de aplicare a ESNM-mc. În același context, la astfel de pacienți, ar fi recomandat ca începerea sesiunii de kinetoterapie (care poate presupune și exerciții izometrice voluntare al căror răspuns cardiovascular este cunoscut), să aiba loc doar după o minimă evaluare clinică a unui astfel de pacient. Aceasta deoarece în practica clinică de reabilitare, asocierea antrenamentului prin ESNM cu cel prin kinetoterapie activă este frecvent întâlnită.

STUDIUL al II-lea

Electrostimularea neuromusculară multicanal(ESNM-mc) a membrelor inferioare la pacienții cu dispozitive cardiace electronice implantate (pacemaker).

Obiectivul studiului îl reprezintă aprecierea (testarea) compatibilității dintre ESNM-mc a membrelor inferioare și dispozitivele electronice cardiace (pacemakere) implantate și identificarea oricărui semn de interferență acută a ESNM cu funcția pacemakerului.

De precizat că acest studiu s-a desfășurat ca un studiu pilot, cu un număr mic de pacienți, nepermițând astfel analize statistice de risc, ci fiind doar un studiu de siguranță individuală în cursul aplicării ESNM-mc.

Material și metodă: Un număr de 10 pacienți (raport bărbați/ femei: 6/4) cu vârste cuprinse între 66-84 de ani, purtători de pacemakere de diferite tipuri (7 pacienți- pacemaker bipolar/ 3 pacienți-pacemaker unipolar) și având variate intervale de timp de la implantare, cu indicații clinice diferite pentru cardiostimularea permanentă, au fost incluși în studiu după semnarea consimțământului informat.

Testarea a fost efectuată în condițiile monitorizării continue a ECG și a tensiunii arteriale, sub supravegherea unui medic cardiolog. A fost folosit modulul de ECG al unui aparat de testare cardiopulmonară de efort (*Quark C12, COSMED SRL - Italia*).

S-a utilizat un aparat de ESNM (*Megasonic 313, Electromedicarin S.A., Barcelona, Spania*), cu electrozi de suprafață, având dimensiunile de 90/60/2 mm, fixați cu benzi de cauciuc la nivelul tegumentului. **Grupele musculare** pe care a fost aplicată ESNM-mc au fost reprezentate de cvadriceps bilateral, ischiogambieri bilateral și triceps sural bilateral. Distanța dintre vârful electrodului bipolar al pacemakerului și cel mai apropiat electrod de suprafață a fost de cel puțin 45 cm (electrodul de la nivelul mușchiului cvadriceps stâng); aceeași distanță a fost măsurată între electrodul de stimulare de la nivelul cvadricepsului stâng și vârful electrodului unipolar.

Fiecărui pacient i s-au aplicat consecutiv 3 protocoale de ESNM la 3 **frecvențe diferite** ale curentului de stimulare, frecvențe considerate reprezentative pentru cele 3 obiective majore ale unui program de ESNM: **8 Hz** - frecvența folosită în programele de ESNM de tip „*warm-up*” și „*relaxare*”, **20 Hz** - frecvența folosită în programele de ESNM de tip „*antrenament de duranță*”, **65 Hz** - frecvența folosită în programele de ESNM de tip „*antrenament de forță*”. Au fost folosite, la fiecare pacient, forma **cu/și fără trenuri de impulsuri** (*burst “on”/burst “off”*), în vederea creșterii variabilității protocoalelor de stimulare. Testarea a fost efectuată fără modificarea nivelului de senzitivitate ventriculară nominal(inițial setat) al pacemakerului. Pacienții au fost monitorizați din punct de vedere al simptomelor clinice și al posibilei disfuncționalități a pacemakerului pe toată durata testării. (ECG, pulsoximetrie, TA). Intensitatea curentului electric a fost crescută progresiv, cu 5mA la fiecare 20 bătăi cardiace, până la intensitatea maximă tolerată sau până la apariția semnelor clinice sau electrocardiografice de inhibiție a pacemakerului. **Tensiunea arterială** a fost măsurată la fiecare 2 minute. S-a monitorizat constant SaO₂. Pentru siguranță, **o monitorizare Holter EKG/24 ore** a fost efectuată tuturor pacienților după procedura de ESNM.

Rezultate. ESNM-mc a fost foarte bine tolerată de către toți pacienții, permițând creșterea progresivă a intensității curentului de stimulare fără apariția niciunui semn clinic de interferență cu activitatea pacemakerului. Monitorizarea frecvenței cardiace, a tensiunii arteriale și a saturației în oxigen nu a arătat modificări clinic semnificative în cursul aplicării unui număr de 41850 impulsuri de stimulare la cei 10 pacienți.

Deși neasociate cu modificări în statusul clinic al pacientului, am identificat pe înregistrările ECG din cursul ESNM-mc, modificări ale traseelor la doi dintre pacienți (purători de pacemaker uni- și bipolar, unicameral, de tip VVIR): scurtarea LRI (*Lower Rate Interval*) la aplicarea ESNM (posibil mecanism de *asynchronous pacing* – VOO, alungirea LRI (*Lower Rate Interval*) prin posibil mecanism de supradetectare (*oversensing*) al activității electrice extracardiace, deficit de captură (*failure to capture*). Comparate cu traseele ECG anterioare aplicării ESNM-mc și cu cele ale monitorizării Holter /24ore ulterioare, modificările ECG apărute în timpul aplicării ESNM-mc par a fi cauzate de procedura de ESNM-mc însăși, astfel că au fost interpretate ca semne de interferență între cele două dispozitive folosite simultan. De precizat că în cazul celor 2 pacienți la care au apărut modificările ECG menționate, stimulatorii cardiace au fost supuse unui control în clinica unde aceste dispozitive au fost implantate, neconstatându-se modificări ale parametrilor inițiali setați ai acestora.

Concluzii. Deși aplicată la distanță de sistemul electronic implantat, ESNM-mc a membrilor inferioare (cu cele 6 protocoale descrise) pare să interfereze cu funcția pacemakerului, chiar dacă aceste interferențe nu au generat modificări hemodinamice și au fost asimptomatice. Mai ales în lipsa acestor simptome „de alertă”, pentru a minimiza riscul de apariție a unor consecințe clinice negative, consider necesare: 1) Evitarea aplicării ESNM-mc pacienților cu defibrilatoare cardiace implantate, 2) Cunoașterea cât mai detaliată a caracteristicilor pacemakerului, mai ales cu privire la polaritatea electrozilor (modul bipolar este mai puțin vulnerabil la interferență în comparație cu cel unipolar) și la pragul de sensibilitate (cu cât este mai ridicat, cu atât probabilitatea de interferență este mai mică), 3) Precauții cu privire la ESNM-propriu-zisă. Astfel, electrozii de ESNM să fie plasați cât mai aproape posibil unul de celălalt, pentru a reduce dimensiunile câmpului electric; folosirea modului „fără trenuri de impulsuri”; în cazul în care se preferă utilizarea modului „burst on”, durata unui „burst” nu trebuie să depășească 3 secunde; 4) Efectuarea inițială a unui „test de siguranță” prin monitorizare ECG continuă în cursul aplicării ESNM (ca în studiul de față), pentru excluderea riscului individual de interferență a ESNM cu funcția pacemakerului

-dacă în cursul testului de siguranță nu apar semne clinice și ECG de interferență, aplicarea ESNM-mc poate fi continuată, sub **supraveghere medicală** și, dacă este posibil, sub **monitorizare ECG continuă**. Dacă aceasta din urma nu este posibilă, se recomandă **monitorizare Holter ECG periodică** pentru că absența interacțiunii dintre ESNM și stimulatorul cardiac în cursul procedurii de testare nu elimină riscul de apariție a acestuia în cazul aplicațiilor ulterioare de ESNM

-dacă în cursul testului de siguranță apar semne clinice și ECG de interferență, recomand evaluarea pacientului în clinica în care dispozitivul de stimulare a fost implantat, cu menționarea tipului de procedură fizică (în cazul de față ESNM- curenți de joasă frecvență), zona de aplicație, precum și durata și frecvența cu care se anticipează ca aceasta să fie aplicată.

Pentru a minimiza riscurile și a putea beneficia **în siguranță** de efectele benefice ale anumitor modalități de fizioterapie, consider necesară abordarea **strict individualizată a pacientului purtător** de stimulator cardiac care se adresează unui serviciu de Reabilitare Medicală în vederea aplicării unor astfel de proceduri. În acest sens colaborarea (în scop consultativ) dintre clinicile de Reabilitare Medicală și Centrele de implant pentru stimulatorii cardiace poate să identifice acei pacienți cu risc real de

expunere la o anumită procedură de fizioterapie și să asigure urmărirea corespunzătoare în cazul acestor pacienți.

Pentru simplificarea acestui proces consultativ am conceput o **“Fișă de evaluare a pacientului purtător de stimulator cardiac, în vederea aplicării unor proceduri de fizioterapie”**(anexa 6), care conține date referitoare la modalitatea de fizioterapie propusă, la anumite caracteristici ale pacemakerului, precum și observațiile medicului cardiolog referitoare la aplicarea respectivei proceduri. Aceasta fișă urmează să fie validată.

STUDIUL al III-lea

Efectele aplicării intensive și de scurtă durată a ESNM- mc a membrelor inferioare la pacienții internați cu insuficiență cardiacă cronică(ICC) .

Acest studiu este primul din România care propune folosirea ESNM ca metodă de creștere a toleranței la efort la pacienții cu ICC care nu tolerează exercițiul fizic activ.

După cunostința autorului studiului de față, acesta este primul studiu din literatură care propune un protocol de aplicare a electrostimularii neuromusculare în două etape la pacientul cu ICC.

Obiectivul prezentului studiu este reprezentat de urmărirea efectelor ESNM-mc a membrelor inferioare la pacienții cu ICC care prezintă limitare de activitate din cauza bolii cardiace, reprezentată de scăderea toleranței la efort. Ipoteza care a stat la baza acestui studiu este aceea că un antrenament de tip *“intensiv”* prin ESNM a membrelor inferioare poate aduce beneficii pacienților cu patologia menționată, în sensul ameliorării unor parametri hemodinamici, a 6mwd și a testelor cardio-pulmonare de efort (CPET), fără a prezenta efecte adverse. Pentru a crea caracterul intensiv al aplicării ESNM s-au folosit:

- Aplicarea simultană, utilizând 6 canale de ESNM, asupra musculaturii implicate în ambulație (membre inferioare)-aplicație de stimulare electrică neuromusculară multicanal (ESNM-mc).
- Durate scurte de ESNM (10 zile, reprezentând aproximativ 75 de minute de electrostimulare/zi, total 12,5 ore de ESNM), crescând astfel complianța la tratament a pacientului. În cazul în care rezultatele așteptate vor fi pozitive, acest tip de terapie ar putea fi recomandat, cu obiectivul de creștere a toleranței la efort și pacienților cu astfel de patologie care sunt internați. Conform legislației în vigoare, durata optimă de spitalizare este de 12 zile - Reabilitare Medicală, 7 zile - Cardiologie, 7 zile - Medicină Internă, 11 zile -Recuperare Medicală Cardiovasculară
- Aplicarea a două tipuri de antrenament prin ESNM (de forță/rezistență și de anduranță) cunoscut fiind faptul că ambii parametri ai performanței musculare sunt afectați de ICC.

Material și metodă. Este un studiu prospectiv randomizat, controlat, desfășurat în Clinica de Reabilitare Medicală a Spitalului Universitar de Urgență Elias.

Criterii de includere:

- Pacienți cu IC simptomatică, stabilă, clasele II-IV NYHA (New York Heart Association); stabilitatea IC a fost definită ca lipsa unor modificări în terapia medicamentoasă, în ultima lună premergătoare includerii în studiu;
- Disfuncție ventriculară stângă documentat ecocardiografic;
- Limitări în activitate în sensul dispneei și fatigabilității la diferite nivele de efort (ca și consecință a IC);

- Pacienți care nu au urmat un program prealabil de reabilitare pentru IC prin exercițiu fizic.

Au fost excluși:

- Pacienți cu semne de IC acută;
- Angină instabilă, infarct miocardic sau aritmie severă cu 3 luni înainte de includerea în studiu;
- Comorbidități respiratorii, neurologice, musculo-scheletale sau vasculare periferice care pot interfera cu efectuarea testului de efort cardio-pulmonar

După semnarea consimțământului informat, au fost incluși în studiu 23 de pacienți. La randomizare, pacienții au fost împărțiți în 2 grupuri de studiu, diferențiate după intensitatea curentului electric folosit la stimulare:

- Grupul ESNM a cuprins un număr de 12 pacienți; aceștia au urmat un program de electrostimulare neuromusculară la nivelul musculaturii membrilor inferioare (bilateral): cvadriceps (bilateral), ischiogambieri (bilateral) și triceps sural (bilateral). Intensitatea curentului de stimulare a fost crescută până la obținerea unor contracții musculare puternice, vizibile, palpabile, la nivelul grupelor musculare menționate;
- Grupul control (GC) a cuprins un număr de 11 pacienți. La aceștia, intensitatea stimulării a fost crescută până la “pragul senzitiv”, definit ca senzație de “furnicătură” fără a produce contracții vizibile, palpabile.

La includerea în studiu și la finalul acestuia, pacienților din ambele grupuri li s-au făcut următoarele determinări:

- Testul de mers de 6 minute (6mwd);
- Determinarea concentrațiilor serice de CK(creatinfosfokinază) și LDH(lacticdehidrogenaza)
- Testare cardiopulmonară de efort (CPET), limitată de simptome cu urmărirea: consumului maxim de oxigen (VO_2 max); pragului anaerob (prag lactat) – *anaerobic threshold*(AT), puterea (Watts) maximă atinsă în cursul efortului; durata exercițiului (secunde); parametrii hemodinamici (frecvența cardiacă de repaus/frecvența cardiacă maximă în cursul efortului, TASrepaus/TASmax, TADrepaus/TADmax)

Pentru ESNM s-au folosit un aparat de stimulare multicanal programabil, cu 6 canale de stimulare simultană (*Megasonic 313, Electromedicarin SA, Barcelona, Spania*) și 12 electrozi cu dimensiunile de 90/60/2mm, fixați cu benzi de cauciuc prin intermediul unui strat hidrofil, la nivelul grupelor musculare: cvadriceps (drept femural) bilateral; ischiogambieri bilateral și triceps sural bilateral.

Aplicația s-a făcut de 2 ori/zi, 5 zile pe săptămână, 2 săptămâni consecutiv. S-au aplicat 2 protocoale de ESNM/zi, dimineață/după amiază. Cele 2 protocoale diferă după frecvența de stimulare (antrenament combinat – pentru forță și rezistență):

- Cu frecvență de 20Hz (antrenament de duranță)
- Cu frecvența de 50Hz (antrenament de rezistență/forță)

Durata unei aplicații a fost de aproximativ 75 minute pentru cele două protocoale de ESNM (total 12.5 ore).

Rezultate. Au fost comparate valorile inițiale ale parametrilor urmăriți(frecvența cardiacă, rezerva cardiacă, TAS și TAD, durata exercițiului, puterea, $VO_{2\text{vârf}}$, prag anaerob, testul de mers de 6 minute- 6mwd, dispneea maximă pe scala Borg, senzația oboseală la nivelul membrilor inferioare pe scala Borg), între cele două loturi negăsindu-se diferențe semnificative statistice ($p<0.05$) între acestea. Aceasta demonstrează că nivelul inițial de fitness cardiorespirator al pacienților era similar în cele două

grupuri. Așadar, la intrarea în studiu, pacienții din cele două loturi aveau grade asemănătoare de dizabilitate din punct de vedere al toleranței la efort.

Au fost găsite corelații negative, semnificative statistic între nivelul clasei funcționale NYHA și valoarea inițială a 6mwd($p=0.048$). O astfel de corelație nu a fost găsită între valoarea clasei NYHA și valoarea inițială a $VO_2\max$ ($p=0.760$). Există o corelație semnificativă statistic între valorile inițiale ale VO_2 și 6mwd($p=0.038$).

Compararea diferențelor dintre valorile finale și inițiale ale variabilelor măsurate, între cele două grupuri de studiu arată modificări semnificative statistic pentru: TASexercițiu($p<0.001$), TADexercițiu($p=0.003$), durata exercițiului($p<0.001$), puterea maximă atinsă($p<0.001$), $VO_{2\text{vârf}}$ ($p<0.001$) și 6mwd($p<0.001$).

Pe parcursul studiului nu au existat cazuri de acutizare a bolii cardiace care să necesite modificări în ceea ce privește tipul medicației sau dozele de administrare ale acestora. ESNM a fost bine tolerată, neexistând niciun caz de leziune cutanată sau musculară în timpul aplicării acestui tip de terapie.

Concluzii. Antrenamentul prin exercițiu fizic activ aduce beneficii considerabile și dovedite pacienților cu insuficiență cardiacă, constituind baza reabilitării medicale în cazul acestora, fiind astfel recomandat în toate ghidurile naționale și internaționale care fac referire la această afecțiune.

La pacienții care, din variate motive(dispnee severă instalată precoce în cursul efortului, afecțiuni neurologice sau musculoscheletale asociate), nu tolerează acest tip de antrenament, cel prin electrostimularea neuromusculară a musculaturii implicate în ambulație, pare a fi o „*punte de legătură*” sau/și o „*alternativă terapeutică*” la antrenamentul prin exercițiu fizic activ. Includerea acestui tip de terapie în tratamentul „*non-farmacologic*” al pacienților cu insuficiență cardiacă care nu pot efectua antrenamentul convențional, poate fi inițiată în spital. Subscriu propunerii lui Smart referitoare la abordarea ulterioară(după externare) a antrenamentului la efort al pacientului cu IC:

- Dacă și când pacientul își ameliorează nivelul de fitness, ca rezultat al ESNM-mc(un posibil criteriu de evaluare fiind reprezentat de scăderea clasei funcționale NYHA, ex. de la IV la III), acesta poate asocia sau înlocui antrenamentul prin ESNM-mc, cu exercițiul convențional la bicicleta ergometrică.

Care ar putea fi „pragul” de $VO_{2\text{vârf}}$ sau de 6mwd care să indice momentul potrivit al tranziției către un exercițiu fizic activ, rămâne încă de cercetat. Același autor propune un prag de $VO_{2\text{vârf}} \geq 10\text{ml/kg/min}$ sau $6\text{mwd} \geq 300$ metri.

Deși rezultatele obținute sunt doar preliminare, studiul de față este primul din România care propune utilizarea ESNM-mc ca metodă de creștere a toleranței la efort la pacienții cu insuficiență cardiacă și al doilea din literatură care utilizează „intensiv” două tipuri de frecvențe de electrostimulare(tetanizante=50Hz și non-tetanizante=20Hz).

Sunt necesare studii viitoare care să confirme aceste rezultate, pentru ca ESNM-mc să fie inclusă în prescripția clinică de rutină în cadrul reabilitării cardiovasculare.

4. BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

1. The Task Force on Heart Failure of the European Society of Cardiology. Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2008. *Eur Heart J* 2008; 29:2388-2442
2. Mc Murray JJV, Adamopoulos S, Anker SD et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure (2012). The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association of the ESC (HFA) and endorsed by the European Society of Intensive Care Medicine (ESICM). *Eur Heart J* 2012; 33:1787-1847
3. Berteanu M, Iliescu A, Dumitru L. Dynamic of protein carbonyls and nitrite in patients with first-ever stroke. *Eur J Clin Invest*, 40 (suppl 1): 3
4. Nicoletti I, Cicoira M, Zanolli I. Skeletal muscle abnormalities in chronic heart failure patients: relation to exercise capacity and therapeutic implications. *Circ Heart Fail* 2003;9:148-154
5. Schiaffino S, Reggiani C. Fiber types in mammalian skeletal muscles. *Physiol Rev* 2011;91:1447-1532
6. Abozguia K ,Phan TT, Shivu GN. Reduced in vivo skeletal muscle oxygen consumption in patients with chronic heart failure—A study using Near Infrared Spectrophotometry (NIRS). *Eur J Heart Fail* 2008;10:653-657
7. Manolescu B, Berteanu M, Dumitru L. Dynamic of some oxidative stress markers in patients with first-ever ischemic stroke. *Free Radical Biology & Medicine*,2009,47 (suppl 1):S63
8. Bighea A. Electroterapia. În „Medicină Fizică, Balneoclimatologie și Recuperare, sub redacția Roxana Popescu, Editura Medicală Universitară Craiova, 2005, ISBN 973-7757-91-2, pag.54-81
9. Popescu R, Bighea A. Curs de Medicină Fizică, Balneoclimatologie și Recuperare Medicală, Editura ACSA, Craiova 1995
10. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of NMES. *Eur J Appl Physiol* 2010, 10:223-224
11. Gregory M, Scott Bickel C. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Phys Ther* 2005,85:358-364
12. Gondin J, Cozzone PJ, Bendahan D. Is high frequency neuromuscular electrical stimulation a suitable tool for muscle performance improvement in both healthy humans and athletes? *Eur J Appl Physiol* 2011. DOI: 10.1007/s00421-011-2101-2
13. Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol* 2010; 110:223-224
14. Nosaka K. Muscle damage and adaptation induced by lengthening contraction. In: Shinohara M (ed). Advanced in neuromuscular physiology of motor skill and muscle fatigue. Research Signpost. Kerala, India 2009,pp.415-435
15. Botter A, Oprandi G, Lanfranco F. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implication for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol* 2011; 11:2461-2471
16. McDonough S. Neuromuscular and muscular electrical stimulation. In: Watson.T(editor). Electrotherapy.Evidence-Based Practice, 12-th ed. Churchill Livingstone, Elsevier, 2008,pag.248
17. Balady GJ, Arena R, Sietsema K. Clinician’s Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation* 2010;122:191-225

18. Ugo C, Giannuzzi P. Role of cardiopulmonary exercise testing in today's cardiovascular prevention and rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev R* 2006 13: 473
19. Electrophysical Agents. Contraindication and Precautions: An Evidence-Based Approach to Clinical Decision Making in Physical Therapy. *Physiotherapy Canada*,2010;62(5):doi:10.3138/ptc.62.
20. Secher NH, Amann H. Human investigations into the exercise pressor reflex. *Exp Physiol* 2012;97:56-69
21. Leite PH, Melo RC, Mello MF. Heart rate response during isometric exercises in patients undergoing a phase III cardiac rehabilitation. *Rev Bras Fisioter* 2012,14(5):383-9
22. Task Force of the European Society of Cardiology and North American Society of Pacing and electrophysiology. Heart Rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. *Eur H J* 1996;17:354-81
23. Dobsak P, Tomandl J, Spinarova L. Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation and Aerobic Exercise Training on Arterial Stiffness and Autonomic Function in Patients with Chronic Heart Failure. *Artif Organs* 2012,36;10: (920-930
24. Epstein et al. ACC/AHA/HRS Guidelines for Device-Based Therapy. *JACC* 2008;51(21):1062
25. Crevenna R, Woltz M, Fialka –Moser Y et al. Longterm transcutaneous neuromuscular stimulation in patients with bipolar sensing implantable cardioverter defibrillators: a pilot safety study. *Artif Organs* 2004;28:99-102
26. Digby G, Daubney ME, Baggs J et al. Physiotherapy and cardiac rhythm devices: a review of the current scope of practice. *Europace* 2009; 11:850-859
27. Lakshmanadoss V, Chinnachamy P, Daubert JP (2011). Electromagnetic Interference of the Pacemakers, Modern Pacemakers-Present and Future, prof.Mithilesh R Das (ed.), ISBN:978-953-307-214-2, InTech, Available from: <http://www.interchopen.com/books/modern-pacemakers-present-and-future/electromagnetic-interference-of-the-pacemakers>
28. Crevenna R, Mayr W, Keilani M et al. Safety of a combined strength and endurance training using neuromuscular electrical stimulation of thighs muscle in patient with heart failure and bipolar sensing cardiac pacemakers. *Wien Klin Wochenschr* (2003);115/19-20; 710-714
29. Dumitru L, Iliescu A, Dinu H. Disability in COPD and chronic heart failure. Is the skeletal muscle the final common pathway? *Maedica* 2013;8(11):206-213
30. Banerjee P. Electrical muscle stimulation in chronic heart failure: an alternative for exercise training? *Curr Heart Fail Rep* 2010;7:52-58
31. Minogue CM, Caulfield BM, Reilly RB. What are the electrical stimulation design parameters for maximum VO₂ aimed at Cardio-Pulmonary rehabilitation? *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2007:2428-2431
32. deAranjoCJS, Goncalves FS, Bittencourt HS. Effects of neuromuscular electrostimulation in patients with heart failure admitted to ward. *J Cardiothorac Surg* 2012, 7:7:124
33. Sbruzzi G, Ribeiro RA, Schaan BD. Functional electrical stimulation in the treatment of patients with chronic heart failure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010 June; 17(3): 254-60
34. Smart NA, Dicberg G, Giallauria F. Functional electrical stimulation for chronic heart failure: A meta-analysis. *Int J Cardiol* (2012), doi: 10.1026/j.ijcard.2011.12.19
35. Sillen MJH, Speksnijder CM, Eterman RMA et al. Stimulation of muscles of ambulation in Patients with Chronic Heart Failure of COPD: A Systematic Review of the English-Language Literature. *Chest* 2009; 136:44-61