



UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
GRIGORE T. POPA IAȘI

TEZĂ DE DOCTORAT

Conducător științific:

Prof. Dr. POEATĂ ION

Doctorand:

SARDARU DRAGOȘ - PETRICĂ

IAȘI - 2018



UNIVERSITATEA DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
GRIGORE T. POPA IAȘI

REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ NEUROMOTORIE POSTOPERATORIE ÎN HERNIA DE DISC PARALITICĂ

Conducător științific:

Prof. Dr. POEATĂ ION

Doctorand:

SARDARU DRAGOȘ - PETRICĂ

CUPRINS

CAPITOLUL I. ANATOMIA FUNCȚIONALĂ ȘI BIOMECHANICA COLOANEI VERTEBRALE LOMBARE.....	1
I. 1. INVERVAȚIA SPATELUI	1
I. 1. 1. Ramul dorsal toracal.....	1
I. 1. 2. Ramul dorsal lombar	2
I. 1. 3. Ramul dorsal sacral	2
I. 2. MUȘCHII ȘI FASCIA.....	2
I. 2. 1. Fascia toracolombară (FTL).....	2
I. 2. 2. Musculatura	8
I. 3. CONEXIUNI FUNCȚIONALE ÎNTRE DIAFRAGM, MUSCULATURA PELVICĂ, ABDOMINALĂ ȘI PSOAS MAJOR	17
I. 4. ARTICULAȚIILE ȘI LIGAMENTELE. CONCEPTUL DE BARIERĂ LIGAMENTARĂ.....	18
I. 5. CINEMATICA ȘI FORȚELE DE ÎNCĂRCARE. ROL ÎN PROCESELE LEZIONALE DISCALE ȘI ÎN REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ.....	23
I. 6. 1. Flexia – Extensia	24
I. 6. 2. Flexia laterală	25
I. 6. 3. Rotația axială.....	26
CAPITOLUL II.....	28
TEHNICI CHIRURGICALE ȘI DE REEDUCARE FUNCȚIONALĂ NEUROMOTORIE.28	
II. 1. TEHNICI CHIRURGICALE	28
II. 1. 1. Discectomia standard (SD)	28
II. 1. 2. Microdiscectomia.....	32
II. 1. 3. Discectomia Full-endoscopică	33
II. 1. 4. Comparații între efectele clinice ale discectomiei standard și microdiscectomiile minim invazive	33
II. 2. DEFICIENTE FUNCȚIONALE. “FOOT DROP” ȘI INSTABILITATEA FUNCȚIONALĂ LOMBARĂ	34
II. 2. 1. “Foot drop” (piciorul paralitic)	34
II. 2. 1. 1. Nivelul spinal implicat în producerea foot drop	35
II. 2. 1. 2. Diagnostic diferențial.....	35
II. 2. 2. Instabilitatea funcțională lombară.....	36
II. 3. TEHNICI DE REEDUCARE FUNCȚIONALĂ	41
II. 3. 1. Eletrostimularea fibrei nervoase	41
II. 3. 2. Conceptul exercițiilor de stabilizare lombară	45
PARTEA PERSONALĂ.....	47
CAPITOLUL III.....	47

MOTIVAȚIA ȘI OBIECTIVELE STUDIULUI PERSONAL.....	47
CAPITOLUL IV.....	48
STUDIU RETROSPECTIV DESCRIPTIV PRIVIND COSTURILE SOCIO-ECONOMICE ÎN CEEA CE PRIVEȘTE PACIENTUL CU DISCOPATIE LOMBARĂ.....	48
IV. 1. INTROUCERE ȘI OBIECTIVE DE ETAPĂ	48
IV. 2. MATERIAL ȘI METODE.....	51
IV. 3. REZULTATE.....	53
IV. 3. 1. Caracteristici demografice ale pacienților cu hernie discală operată	53
IV. 3. 2. Incidența cazurilor de hernie discală lombară operată	55
IV. 3. 3. Numărul mediu de zile și cost spitalizare.....	55
IV. 4 DISCUȚII.....	59
IV. 5 CONCLUZII	60
CAPITOLUL V	62
BIOFEEDBACK SAU SWITCH ÎN DECLANȘAREA STIMULĂRII ELECTRICE FUNCȚIONALE ÎN REEDUCAREA DEFICITULUI DE MERS FOOT-DROP SECUNDAR SCIATICII PARALITICE.....	62
V. 1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE DE ETAPĂ.....	62
V. 2. MATERIAL ȘI METODE	65
V. 2. 1. Tipul studiului:.....	65
V. 2. 2. Numărul de subiecți.....	65
V. 2. 3. Specificul demografic al loturilor de studiu	65
V. 2. 4. Flowchart-ul studiului.....	70
V. 2. 5. Criterii de includere și excludere în studiu	71
V. 2. 6. Procedurile de evaluare clinică și paraclinică a pacienților.....	71
V. 2. 7. Procedurile de aplicare a electrostimulării funcționale	84
V. 2. 8. Metode de analiză statistică utilizate	103
V. 3. REZULTATE GENERALE.....	107
V. 3. 1 STUDIEREA PARAMETRILOR EVALUATI PENTRU LOTURILE DE STUDIU EMG-FES ȘI SWITCH-FES ÎN COMPARAȚIE CU LOTUL DE CONTROL	107
V. 3. 2. ANALIZA STATISTICĂ INTRALOT PENTRU LOTURILE DE STUDIU EMG-FES ȘI SWITCH-FES	134
V. 4. DISCUȚII.....	157
V. 5. CONCLUZII	170
CAPITOLUL VI.....	172
ASPECTELE DE ORIGINALITATE ȘI PERSPECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT	172
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE:	173
ANEXE.....	187

CAPITOLUL I. ANATOMIA FUNCȚIONALĂ ȘI BIOMECHANICA COLOANEI VERTEBRALE LOMBARE

“Înțelegerea oricărei afecțiuni este legată de cunoașterea intimă a aceluia aspect – anatomic, fiziologic, biochimic - al normalului la care apare deregarea inițială. Din punct de vedere fiziopatologic se poate deci vorbi de un pattern pentru fiecare boală, de a cărei descifrare depinde formularea celei mai bune atitudini terapeutice.”

Arseni C. – Discopatile vertebrale lombare

I. 1. INVERVAȚIA SPATELUI

Nervii cutanați și vasele sanguine ale spatelui pătrund prin musculatura și fascia profundă care învelește musculatura și apoi continuă inferolateral pentru a ajunge la țesutul cutanat. Este important de notat că mușchii din planul superficial și intermediu, care se activează în timpul acțiunii trenului superior și a activității respiratorii, sunt inervați prin ramul ventral al nervilor spinali. Musculatura profundă primește inervația lor motorie de la ramul dorsal al nervilor spinali.

Ramul dorsal al nervilor spinali este în general de dimensiuni mai mici decât cel ventral. Ca o regulă, fiecare ram dorsal se divide într-un ram medial și unul lateral. Ramul dorsal al primului nerv cervical (C1), al patrulea și al cincilea nerv sacral (S4 și S5), și nervul coccygeal (Cx1) sunt excepții de la această regulă. Celelalte ramuri mediale și laterale ale nervilor spinali vor inerva mușchii, dar doar un ram al fiecărui nerv spinal dorsal va deveni cutanat. Care nerv devine cutanat va depinde de nivelul spinal al nervului. În jumătatea superioară a spatelui, ramul lateral rămâne în mușchi și-i inervează, în timp ce ramul medial inervează și mușchii după care continuă spre țesutul cutanat. În partea inferioară a spatelui și în majoritatea zonei fesiere (buttock) ramul medial rămâne în mușchi și-i inervează în timp ce ramul lateral inervează și mușchii după care continuă pentru a se transforma într-un ram cutanat. *Ca și concluzie, nervii cutanați din partea superioară a trunchiului provin din ramuri mediale ale ramului spinal dorsal, în timp ce în zona inferioară acest rol îl joacă ramul lateral [1].*

I. 1. 1. Ramul dorsal toracal

Nervii spinali dorsali se divid toți în două ramuri, medial și lateral. Ramurile cutanate pot coborî până la patru spații intercostale înainte de a deveni ramuri cutanate. De aici înțelegem faptul că ramurile toracice dorsale din zona inferioară pot inerva arii din țesutul cutanat de sub nivelul lor până deasupra crestei iliace. Ca în cazul ramului dorsal cervical, un ram va deveni cutanat după ce va inerva musculatura, în timp ce celălalt ram va rămâne pur muscular. Această modificare va avea loc între T6 și T7.

T1 – T6: În această zonă situația este ca în regiunea cervicală. Ramul medial devine cutanat după ce inervează musculatura intrinsecă, în timp ce ramul lateral rămâne pur muscular. Ramurile mediale inervează și trec printre mușchii semispinalis și multifidus, apoi trec prin romboizi și trapez, fără a-i inerva, pentru a deveni nervi cutanați. Ramurile laterale

își cresc dimensiunile dinspre zona superioară spre cea inferior, trecând printre mușchii longissimus și iliocostalis și înervând restul mușchilor intrinseci.

T7 – T12: În acest segment situația se inversează, ramul lateral al nervului spinal devenind cutanat după ce înervează musculatura intrinsecă, iar cel medial rămâne strict muscular.

I. 1. 2. Ramul dorsal lombar

Nervii dorsali din zona lombară se divid și ei în două ramuri, unul medial și unul lateral și au același model ca și ultimele șase ramuri toracale. Ramurile mediale sunt scurte și se termină în mușchii multifizi pe care-i și înervează, rămânând pur musculare. Ramurile laterale înervează mușchiul erector spinae. Ramurile laterale care își au emergența de la nivelul L1, L2 și L3 devin cutanate după ce străpung aponevroza mușchiului latissimus dorsi și înervează pielea din zona fesieră ajungând până la nivelul marelui trohanter.

Ramurile intermediare au numai o distribuție musculară și înervează fibrele lombare ale mușchiului longissimus, formând aici un plex intersegmentar. Ramul intermedian al rădăcinii dorsale L5 înervează fibrele cele mai inferioare ale mușchiului longissimus, care își au originea de pe procesul transvers al vertebrei L5 și inserția pe aspectul medial al crestei iliace.

I. 1. 3. Ramul dorsal sacral

Ramul medial este mic și înervează mușchiul multifidus.

Ramurile laterale ale rădăcinilor S1, S2 și S3 se unesc împreună și cu ramul lateral al rădăcinii L5 și cu S4 și formează o serie de bucle în zona dorsală a sacrumului. Aceste bucle creează alte serii de bucle, dorsal față de ligamentul sacrotuberos în zona profundă a mușchiului gluteus maximus. Din această zonă se formează două sau trei ramuri gluteale care pătrund prin gluteus maximus pentru a deveni nervi cutanăți de-alungul liniei delimitate de creasta iliacă postero-superioară și apexul coccisului.

I. 1. 3. Ramul dorsal coccygeal

Ramul dorsal coccygeal (Cx1) nu se divide într-un ram medial și unul lateral, ci formează în zona sacro-coccigeană bucle de cordoane nervoase împreună cu ramurile dorsale ale S4 și S5.

I. 2. MUȘCHII ȘI FASCIA

I. 2. 1. Fascia toracolombară (FTL)

Fascia toracolombară deși importantă din punct de vedere anatomic, funcțional și biomecanic în ceea ce privește analiza posturii coloanei lombare, a producerii și influențării durerii lombare joase, dar și a elaborării unor programe de reeducare funcțională ce ține cont de constrângerile biomecanice în stabilizarea coloanei lombare a FTL, a fost și este în continuare, dacă nu ignorată, atunci foarte slab tratată în cărțile de specialitate lipsind cu desăvârșire din compediile de anatomie și biomecanică.

În general fascia este definită ca un țesut conjunctiv compus din fibre de colagen aranjate neregulat, spre deosebire de fibrele de colagen aranjate într-un mod ordonat din cadrul tendoanelor, ligamentelor sau aponevrozelor [2]. Datorită acestei caracteristici, a aranjării iregulate a fibrelor de colagen, fascia are capacitatea de a rezista forțelor tensionale din orice direcție și deasemenea de a încetini diverse țesuturi.

În contrast, tendoanele, ligamentele și aponevrozele datorită aranjării regulate a fibrelor de colagen sunt specializate să reziste unor forțe maximale într-un număr limitat de planuri, făcându-le astfel vulnerabile la forțele de rupere și forfecare din alte direcții [3]. Astfel țesutul aponevrotic diferă de cel fascial în sensul că cel aponevrotic este reprezentat ca un tendon plat compus din fascicule de fibre de colagen distribuite regulat.

După Benjamin et al. țesutul care are fibrele de colagen aranjate într-un mod iregulat ar trebui denumit fascie, în timp ce acele țesuturi care prezintă fibrele de colagen aranjate ordonat, cum ar fi cel prezent în jurul articulației gleznei, ar trebui clasificate ca și ligamente [4].

Fascia este în general clasificată în patru tipuri fundamentale. Primul tip este fascia superficială, aceasta fiind fascia care înconjoară corpul având grosimea în funcție de zona și funcția ei. Exemplu: fața palmară a mâinii și planta au fascia mai groasă. Al doilea tip este fascia profundă sau axială ce înconjoară sistemul musculo-scheletal (fascia toracolombară, apendiculară). Al treilea tip este fascia meningeală care susține sistemul nervos central și este diferit din punct de vedere embriologic față de fascia profundă, făcând parte din acest strat și oasele craniene. Al patrulea tip este fascia viscerală ce susține cavitațile corpului și organele interne. Aceste straturi fundamentale fasciale pot fi imaginatate ca existând într-o serie de tuburi concentrice [5].

Fascia profundă ce învelește sistemul musculo-scheletal este una mai groasă și mai densă în comparație cu celelalte și este deobicei de o culoare albastră-albă. Acest strat al fasciei înconjoară toate oasele, cartilajele, mușchii tendoanele, ligamentele și aponevrozele. Ea se îmbină fără vreo graniță vizibilă pe periost, epimisiumul musculaturii scheletale și peritendonul (țesutul conjunctiv ce înconjoară tendonul) tendoanelor și ligamentelor.

Fascia profundă se împarte în două categorii în funcție de locația sa și anume: fascia care învelește musculatura trunchiului, denumită fascia axială și fascia care învelește musculatura membrelor, denumită fascia apendiculară.

Țesutul fascial care învelește musculatura trunchiului este divizat în funcție de dezvoltarea embriologică a musculaturii, astfel încât avem o *fascie hipaxială* și *una epaxială*. Fascia hipaxială este acel țesut fascial ce învelește musculatura care se dezvoltă anterior de procesele transverse ale vertebrelor și prin urmare sunt inervați de ramul anterior sau primar ventral. Fascia epaxială învelește musculatura care se dezvoltă posterior de procesele transverse vertebrale și își primesc inervația de la ramul posterior sau primar dorsal. Fascia epaxială reprezintă lamina profundă a stratului posterior al fasciei toracolombare [3].

Zona hipaxială a fasciei formează un cilindru mare ce învelește musculatura din cavitatea toraco – abdomino-pelvină. Zona epaxială a fasciei este împărțită în doi cilindri de către procesele spinoase vertebrale (fig. 1. 1). Fascia hipaxială și cea epaxială fuzionează și creează un sept intermuscular ce se inserează de procesele transverse ale vertebrelor.

Musculatura care face legătura între membrele superioare și trunchi (bridging muscles) cum ar fi pectoralis major și minor, romboideus major și minor, trapezius, latissimus dorsi, serratus anterior și serratus posterior este încorporată într-o pătură comună de fascie care se extinde dinspre membre pentru a învăluia torsul. Această pătură fascială se întinde de la prima coastă anterior până la apendicele xifoid și posterior de la baza craniului până pe sacrum [6].

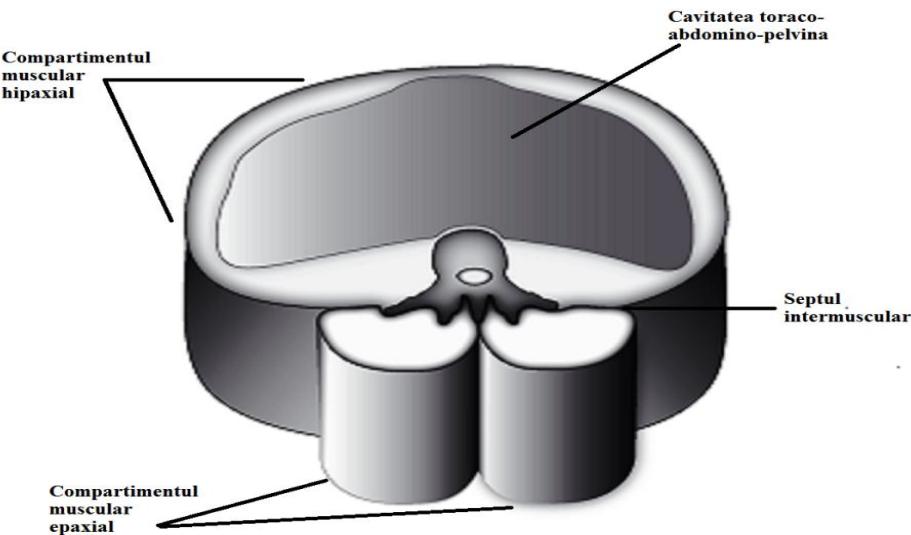


Figura 1. 1 Cilindrul hipaxial separat de cei doi cilindri gemeni ai ţesutului fascial epaxial de către coloana vertebrală. Cele două compartimente sunt separate de un septum intermuscular care în zona lombară devine stratul medial al fasciei toracolombare. Preluat cu permisiune și modificat după Willard [3]

Datorită embriogenezei musculaturii apendiculare, mușchii care se află la baza membrelor se direcționează spre trunchi pentru a căuta puncte de inserție și astfel se formează un “pod” între membrul superior și trunchi; însă ei nu pot pătrunde în fascia musculaturii axiale și formează o pătură comună fascială ce învelește torsul și respectiv fascia musculaturii axiale [7].

Pătura fascială a musculaturii apendiculare formează în zona lombară ceea ce se numește lamina superficială a stratului posterior al FTL. În acest mod mușchii pectoralis major și serratus anterior formează inserții pe coaste și fascia asociată a musculaturii hipaxiale, trapezius și romboideus major și minor iau o direcție oblică spre linia medială, iar latissimus dorsi încalzește corpul din lateral spre linia medială inserându-se în zona toracolombară pe fascia epaxială a musculaturii paraspinale coborând până la creasta iliacă (fig. 1. 2) [8].

Fascia toracolombară este un complex format din mai multe straturi ce separă musculatura paraspinală de mușchii peretelui abdominal posterior cum ar fi quadratus lumborum și psoas major. Pentru aceasta diverși autori au propus două modele; un model format din două straturi și un model format din trei straturi [9, 10].

Diferența dintre ele ar fi că în modelul cu două straturi, cel anterior nu este considerat ca făcând parte din fascie ci este considerat o prelungire a fasciei transversalis de pe peretele abdominal și astfel, neavând legătură cu aponevroza groasă a mușchiului transversus abdominis, nu ar putea transmite tensiunile din urma contracției acestuia către coloană (fig. 1. 3).

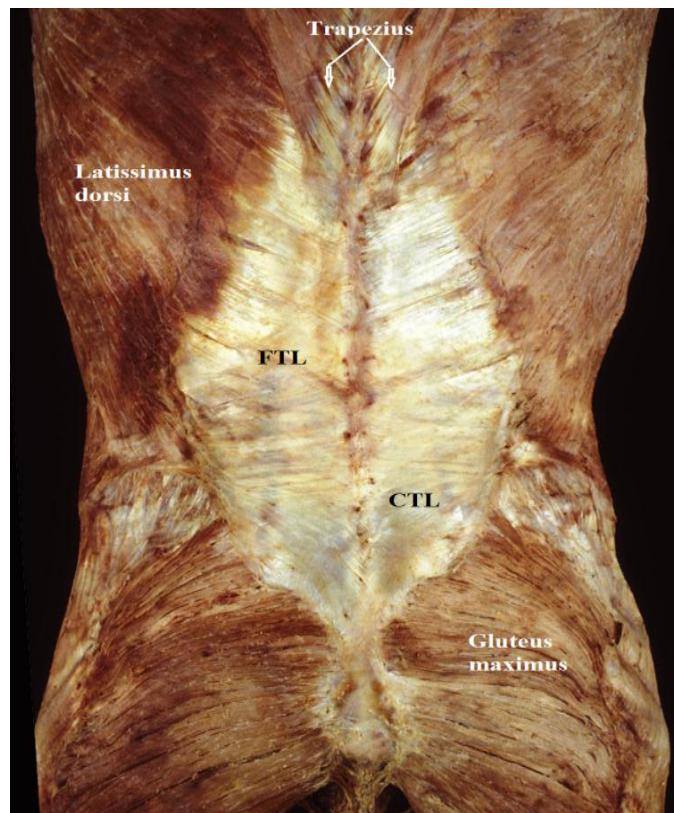


Figura 1. 2 Fascia toracolombară și musculatura vizibilă care contribuie la formarea ei [8].

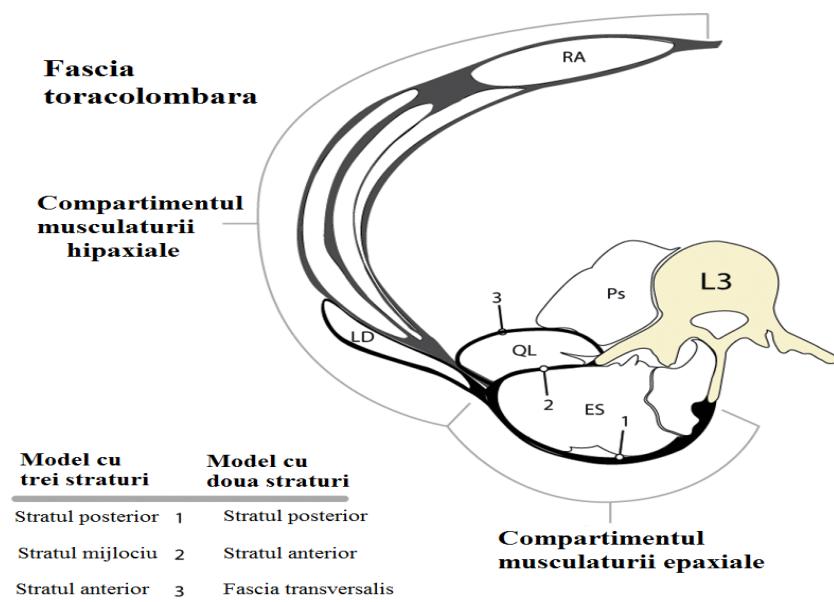


Figura 1. 3 Modele de compartimentare a fasciei toracolombare în literatura de specialitate. ES - erector spinae, QL - quadratus lumborum, Ps – psoas major, LD – latissimus dorsi. După cum se observă mușchiul latissimus dorsi contribuie la stratul posterior al FTL, formând lamina superficială.

Preluat cu permisiune și modificat după Willard [3]

Astfel, FTL este compusă din trei straturi, unul posterior ce se descompune într-o lamină superficială și una profundă, unul medial ce desparte musculatura erector spinae a coloanei de mușchiul quadratus lumborum și în cele din urmă stratul anterior ce desparte mușchiul psoas major de mușchiul quadratus lumborum. Este o subdiviziune a fasciei vertebrale care învăluie musculatura intrinsecă a gâtului și spatelui.

În zona toracică aceasta este relativ subțire și transparentă iar în zona lombară este mult mai groasă. Straturile anterior și mijlociu învelesc mușchiul quadratus lumborum. Straturile mijlociu și posterior învăluiesc grupul muscular erector spinae. Toate cele trei straturi fuzionează lateral de mușchiul quadratus lumborum formând o convergență fascială (lateral raphe – sutura laterală) ce oferă puncte de inserție pentru mușchii: transversus abdominis, oblicul intern și extern abdominal și latissimus dorsi (fig. 1. 4).

Stratul anterior al fasciei toracolombare se situează anterior față de mușchiul quadratus lumborum în regiunea lombară și ventral față de mușchii intrinseci ai spatelui. Se temină medial inserându-se pe apofizele transverse ale vertebrelor lombare. Lateral se unește cu aponevroza mușchiului transversus abdominis.

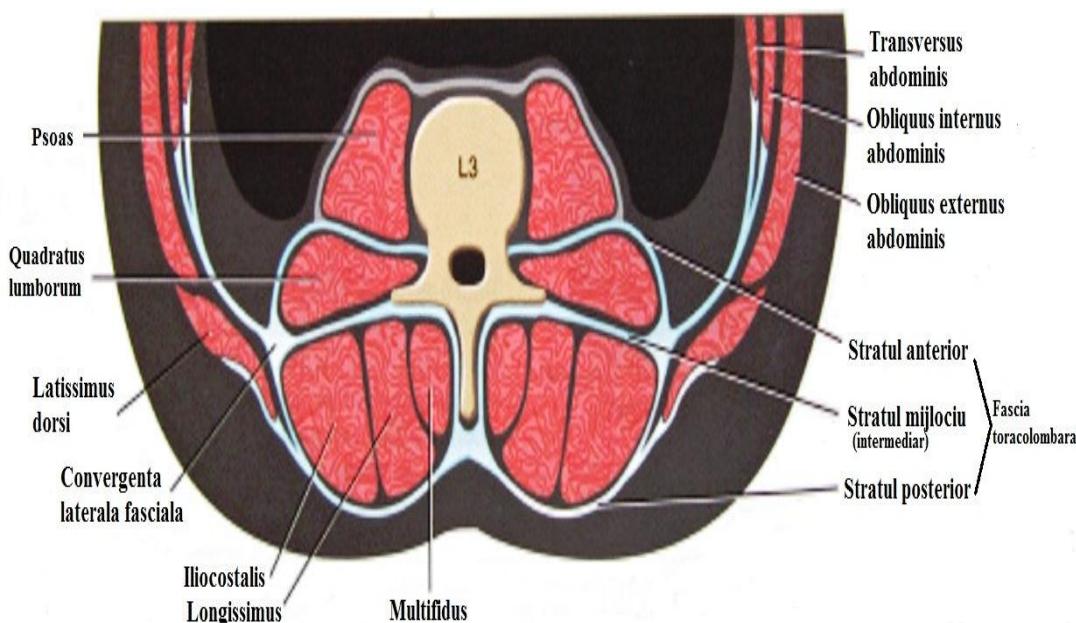


Figura 1. 4. Fascia toracolombară. Secțiune transversală de la nivelul vertebrei L3. Preluat cu permisiune și modificat după Neumann [11]

Între coasta a 12 – a și procesul transvers al vertebrei L1 apare o îngroșare al stratului anterior denumită *ligamentul posterior lumbocostal*.

Stratul mijlociu se formează acolo unde, stratul anterior al fasciei toracolombare se bifurcă pentru a înfășura mușchiul quadratus lumborum. Aceasta se află posterior față de mușchiul quadratus lumborum și anterior față de mușchii intrinseci în zona lombară. Acest strat nu este prezent în zona toracală [1]. Acesta este reprezentat de o bandă groasă formată din fibre de colagen aranjate ordonat astfel așa că stratul ar reprezenta o aponevroză. Este atașat medial de vârfurile proceselor transverse vertebrale lombare, iar lateral se alătură suturii laterale.

Stratul posterior este compus din două foițe, o lamina profundă care învelește musculatura paraspinală și o lamina superficială care se unește cu cea profundă în zona lombară joasă. Lamina superficială a stratului posterior provine în mare parte din aponevroza mușchiului latissimus dorsi. Mușchiul seratus posterior inferior (dințatul postero-inferior) și aponevroza sa foarte subțire se inserează între aponevroza mușchiului latissimus dorsi și (cu predilecție) pe lamina profundă.

Într-o disecție făcută de către Loukas M. and all. s-a observat că lamina superficială în partea inferioară și-ar avea originea din fascia mușchiului gluteus maximus (fesierul mare) și se atașează de structuri mediale cum ar fi procesele spinoase vertebrale sacrale și creasta sacrală. Aceasta fuzionează superior cu aponevroza mușchiului latissimus dorsi și serratus posterior inferior și continua superior cu aponevroza mușchiului trapezius [12].

Lamina profundă a stratului posterior al FTL se îndreaptă în zona craniană dealungul musculaturii paraspinale toracice însă în această zonă este foarte subțire și pe alocuri poate fi pierdută. Se atașează medial de procesele spinoase vertebrale și ligamentele interspinoase iar lateral, de unghierele coastelor.

În regiunea cervicală lamina profundă învelește mușchiul splenius capitis în timp ce se infiltrează în fascia cervicală înconjurătoare, ca în final să se insereze de baza craniului. În regiunea cervicală lamina superficială a stratului posterior al FTL și celelalte straturi, medial și anterior, nu există, ele creânduse de la nivelul mușchiului latissimus dorsi în jos.

Musculatura paraspinală în regiunea lombară este complet împresurată de o aponevroză densă. Partea laterală a acestei aponevrose se extinde superior până la nivelul inferior al vertebrei L3 iar medial formațiunea se extinde cranial spre zona toracală.

Deși această structură este denumită aponevroza erectorilor spinali, mușchiul lombar multifidus este complet acoperit de această structură, iar împreună cu grupul muscular erector spinae se atașează puternic de suprafața interioară devenind astfel o fascie comună.

Toate straturile FTL, inclusiv aponevroza erectorilor spinali, începând de la nivelul vertebrei L5 fuzionează împreună formând o structură foarte groasă ce se atașează lateral de creasta iliacă la nivelul spinei iliace postero-superioare.

Direcția pe care o ia această structură este una caudo-laterală unde fuzionează cu aponevroza mușchiului gluteus maximus și mai spre anterior acoperă ligamentul sacrotuberos (fig. 1. 5). Această structură primește deasemenea o inserție din partea mușchilor biceps femoris, semimembranosus și semitendinosus. Structura ce a fost descrisă mai sus se numește compozitul toracolombar [13].

Stratul posterior al FTL a primit o mai mare atenție în ultimii ani datorită importanței sale în ceea ce primește transferal greutăților și tensiunilor de la trunchi spre membrele inferioare. Vleeming et al. a găsit ca o varietate de mușchi individuali care cauzau deplasări ale stratului posterior al FTL în 10 specimene umane. Lamina superficială era tensionată de către mușchii latissimus dorsi, gluteus maximus și erector spinae.

Lamina profundă era tensionată datorită tractiuni mușchiului biceps femoris. În cele din urma s-a descoperit că tensiunile se transmit către stratul posterior contralateral caudal de L4. Aceste descoperiri au contribuit la o înțelegere semnificativă a anatomiciei funcționale a FTL în ceea ce privește transferul tensiunilor în încărcare de la coloană la membrele inferioare în timpul mersului [14].

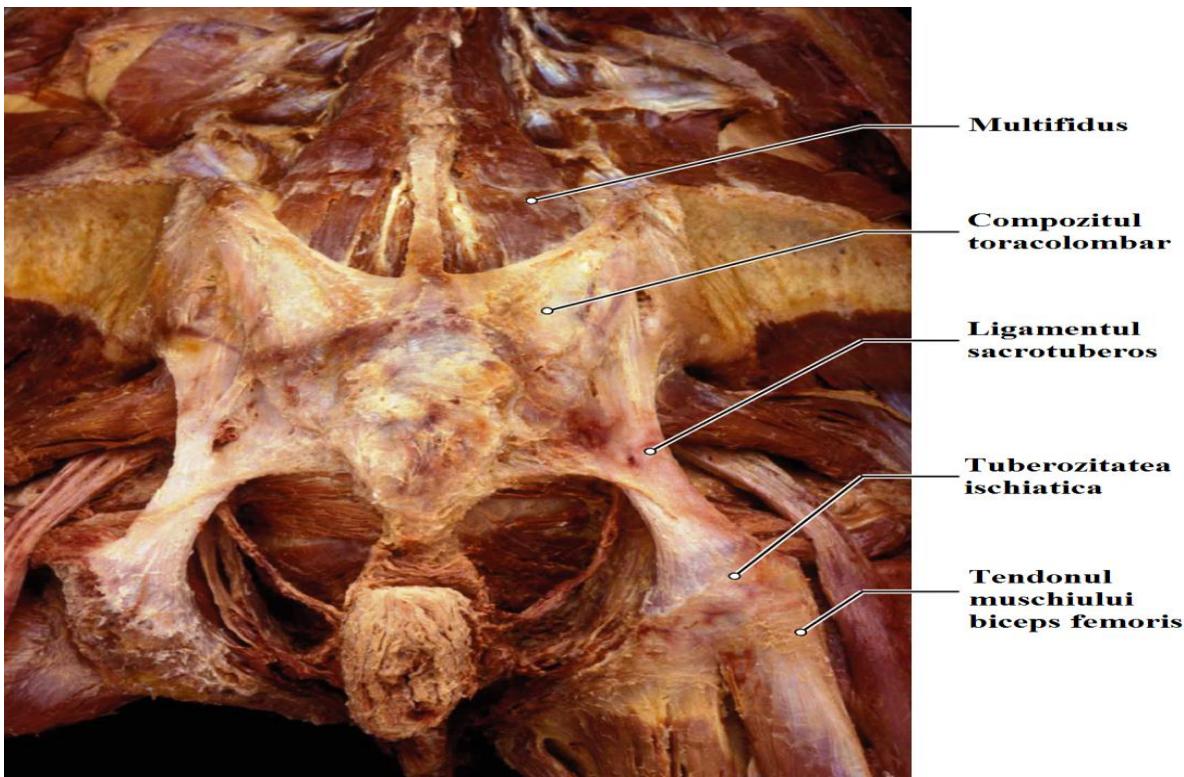


Figura 1. 5. Compozitul toracolombar cu inserțiile sale. Prelut cu permisiune și modificat după Willard [3]

I. 2. 2. Musculatura

Musculatura spatelui este aranjată în trei straturi: stratul superficial, stratul intermediar și stratul intrinsec.

Stratul superficial. Musculatura acestui nivel acționează toți asupra membrului superior și este inervat de către ramul ventral al nervilor spinali. Ei sunt:

- Trapezius
- Latissimus dorsi
- Levator scapulae
- Rhomboideus major
- Rhomboideus minor

Stratul intermediar. Musculatura acestui strat deservește respirația și sunt deosemenea inervați de către ramul ventral. Ei sunt:

- Serratus posterior superior
- Serratus posterior inferior

Stratul intrinsec. Acesta este considerat stratul muscular adevărat al coloanei, iar cu excepția câtorva mușchi intertransversari restul sunt inervați de ramul dorsal al nervilor spinali. Stratul intrinsec se divide și el într-un strat superficial, intermediar și profund.

- a. Stratul superficial include mușchii splenius capitis și splenius cervicis, însă ei nu vor fi tratați în acest capitol nefiind subiectul principal.
- b. Stratul intermediar include grupul muscular al erectorilor spina compus din:

- Iliocostalis (lateral): - lumborum
 - thoracis
 - cervicis
- Longissimus (intermediar): - lumborum
 - thoracis
 - cervicis
- Spinalis (medial): - lumborum
 - thoracis
 - cervicis

Stratul profund ce include următorii mușchi:

- Grupul mușchilor Transversospinalis: - semispinalis
 - multifidus
 - rotatores longus
 - rotatores brevis
- Mușchii segmentari, compuși din: - mușchii intertransverși (intertransversarii)
 - mușchii interspinoși (interspinales)
 - levator costarum

Dintre mușchii din planul superficial și intermediar extrinsec doar latissimus dorsi și serratus posterior inferior vor fi tratați în acest capitol, fiind relevanți pentru mobilitatea și constrângerile mecanice de la nivelul coloanei lombare.

Latissimus dorsi (marele dorsal)

Origine	Insetție	Inervatie	Vascularizație	Acțiune
Procesele spinoase de la T6 la T12, toate cele lombare și prima vertebra sacrală. -partea posterioară a crestei iliace și ultimele 3 sau 4 coaste	Creasta tuberculului mic și sănțul bicipital al humerusului	Nervul toracodorsal (C6 – C8)	Artera toracodorsală	- Extensie -rotație internă (medială) - adducție a brațului. Când ia punct fix pe humerul: - elevația bazinei -flexia laterală a trunchiului În contracție bilaterală ajută la extensia trunchiului

Mușchiul își are originea de pe procesele spinoase ale ultimelor 6 verterebrate toracale, toate verterebrile lombare și prima vertebră sacrală. Se inseră pe verterebratele sacrale și lombare cu ajutorul fasciei toracolombare. Aceasta acoperă musculatura profundă (intrinsecă) a spatelui, și fuzionează cu aponevroza mușchiului oblicul extern.

Latura superioară se extinde de la procesele spinoase ale T6 și T7. Fibrele cele mai laterale formează interdigitații cu cele ale mușchiului oblic extern inferior de originea mușchiului serratus anterior. Superior fibrele musculare converg într-un tendon mare ce se inseră pe humerul. Aproape de tendon mușchiul își primește inervația de la nervul toracodorsal, o ramură a plexului brahial fiind însoțită și de artera toracodorsală.

Serratus Posterior Inferior (Micul dintat postero-inferior)

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Procesele spinoase de la T10 la L2	Ultimele 3 sau 4 coaste pe rebordul lateral	Ramul ventral ai ultimilor nervi toracali (T9 – T12)	Arterele posterioare intercostale	Coboară și posteriorizează coastele. -rotește vertebrele de aceeași parte

Mușchiul *serratus posterior inferior* este considerat ca un mușchi al expirației însă nu există dovezi științifice ale acestui lucru. Defapt unele studii electromiografice au respins această idee, observând totuși un rol mai important în propriocepție [15].

Erector Spinae (erectorii spinali)

1. Iliocostalis (coloana laterală a erectorilor spinali)

Iliocostalis lumborum

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Fascia toracolombară	Rebordul inferior al ultimelor 6 coaste	Ramul dorsal al nervilor spinali	Artere posterioare intercostale, artere lombare	Extensie și flexie laterală a coloanei vertebrale

Iliocostalis thoracis

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Rebordul superior al ultimelor 6 coaste, medial față de inserția lui iliocostalis lumborum	Primele 6 coaste și uneori procesul	Ramul dorsal al nervilor spinali	Artere posterioare intercostale	Extensia coloanei vertebrale

2. Longissimus (coloana mijlocie a erectorilor spinali)

Longissimus thoracis

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Fascia toracolombară și procesele accesoriei ale vertebrelor lombare	Procesele transverse T4 – T12 și ultimele 9 coaste	Ramul dorsal al nervilor psiniali dorsali (T1 – T12)	Arterele posterioare intercostale și lombare	Extensie și flexie laterală a coloanei vertebrale

Longissimus lumborum (longissimus thoracis pars lumborum)

Deși nu este descris în mod normal, un număr de autori acum recunosc o parte lombară a mușchiului longissimus ce se inseră pe procesele transverse lombare [16, 17].

3. Spinalis (coloana medială a erectorilor spinali)

Origine	Insetție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Se intersectează cu longissimus thoracis și provine de pe procesele spinoase ale vertebrelor T11 – L2	Procesele spinoase de la T4 la T8.	Ramul dorsal al nervilor spinali (T1 – T12)	Arterele intercostale posterioare	Extensie și flexie lateral a coloanei vertebrale

Grupul mușchilor *erector spinae* constituie cea mai mare masă musculară a spatelui. Se extinde de la pelvis până la craniu și de la apofizele spinoase, lateral pe unghurile coastelor. Originile sale tendinoase provin de pe sacrum, creasta iliacă, procesele spinoase lombare și de pe ultimele două vertebre toracale. Ţesutul fibros devine muscular în partea superioară a regiunii lombare și se divide în trei coloane distincte: iliocostalis, longissimus și spinalis

Iliocostalis este partea cea mai laterală a erectorilor spinali și este împărțită în iliocostalis lumborum, ilicostalis thoracis și iliocostalis cervicis. *Iliocostalis lumborum* este partea inferioară a mușchiului și se divide în șase sau șapte digitații care se inseră pe rebordul inferior al ultimelor șase coaste. *Mușchiul ilicostalis thoracis* își are originea de pe rebordul superior al ultimelor șase coaste, medial de inserția lui iliocostalis lumborum pe care îl acoperă parțial. *Iliocostalis thoracis* ia o direcție verticală și se inseră pe primele șase coaste prin intermediul unor digitații separate și câteodată și pe procesele transverse ale vertebrei C7. *Mușchiul iliocostalis cervicis* își are originea medială de iliocostalis thoracis pe unghurile primelor șase coaste luând un traiect vertical pentru a se insera pe procesele transverse ale vertebrelor C4, C5 și C6.

Grupul *longissimus* este coloana de mijloc a erectorilor spinali și este compus din *longissimus thoracis*, *longissimus cervicis* și *longissimus capitis*. Mușchiul *longissimus thoracis* își are originea pe fascia toracolombară și pe procesele accesoriale vertebrelor lombare. Se inseră pe vârfurile proceselor transverse ale vertebrelor toracice de la T4 la T12 și de pe ultimele nouă coaste.

Partea cea mai medială a erectorilor spinali sunt mușchii *spinalis* care includ *spinalis thoracis*, *spinalis cervicis* și *spinalis capitis*. Grupul *spinalis* este cel mai mic și cel mai slab definit dintre mușchii erectorilor spinali și nu există în zona lombară. Mușchiul *spinalis thoracis* este cel mai ușor de identificat, însă *spinalis cervicis* este greu demonstrabil ca existent. *Spinalis thoracis* se află medial față de *longissimus thoracis* și au originile parțial fuzionate. Deasemenea își are originea și de pe procesele spinoase de la T11 la L2 și se inseră pe procesele spinoase ale vertebrelor toracale de la T4 la T8 [1].

Transversospinalis (transversospinalii)

Grupul muscular *transversospinalis* se află profund sub grupul *erector spinae* și ocupă locul dintre procesele transverse și cele spinoase ale coloanei. Ca și grup muscular fibrele lor leagă procesele transverse din partea inferioară, printr-o traiectorie verticală, de procesele spinoase superioare și de aici și numele lor de *transversospinalis*. Complexul muscular se compune din: *semispinalis*, *multifidus* și *rotatores*.

Mușchiul *multifidus* se află profund sub mușchiul *semispinalis* în regiunile toracale și cervicale. În regiunea lombară multifidus este cel mai medial dintre mușchii lombari și deasemenea mult mai gros decât în celelalte regiuni. Nu sunt distincții clare între inserții

regionale, astfel mușchiul este descris ca un mușchi întreg. În regiunea lombară este acoperit posterior de către fascia toracolombară și puțin de retinaculum aponevrotic al erectorilor spinali. Retinaculum paraspinal este o pătura de țesut conjunctiv care se construiește cu fibre de la longissimus thoracis în zona medială și iliocostalis lumborum în zona laterală și un mic aport al fibrelor superficiale ale mușchiului multifidus în zona superioară lombări. Retinaculum se inseră pe ilium, sacrum și la procesele spinoase ale vertebrelor lombare și sacrale.

Mușchii multifizi pășesc, de la origine și până la inserție, peste două sau patru vertere. Partea lombară a mușchilor multifizi își are originea pe partea dorsală a sacrumului, spina iliaca postero-superioară, partea profundă a tendonului de origine al mușchilor erector spinae și procesele mamilare. Fasciculele toracale care sunt mai subțiri își au originea pe toate verterebele toracale. Fibrele cervicale își au originea de pe procesele articulare ale ultimelor patru verterebe cervicale. Fasciculele multifizilor au un traiect superior și medial și se inseră pe apofizele spinoase de la L5 până la axis.

Mușchii rotatori se află puțin mai profund decât multifizii și sunt cei mai profunzi mușchi din grupul transversospinalis având și cele mai scurte fibre ce se extind între unul sau două nivele vertebrale. Fiecare mușchi are doar o singură inserție și o singură origine. Aceștia sunt prezenti în zona cervicală, toracală și lombară și sunt împărțiți în două grupe: rotatores longus și rotatores brevis. Fiecare mușchi rotatores longus își are originea de pe procesele transverse, traversează verterebră imediat superioară și se inseră pe apofiza spinoasă a verterebei următoare.

1. Semispinalis thoracis

Origine	Inserție	Inervatie	Vascularizare	Acțiune
Procesele transverse ale ultimelor șase verterebe toracale	Procesele spinoase ale T1 și C7	Ramul dorsal al nervului spinal toracal (T1 – T6)	Artere costale posterioare	Bilateral: - extensia coloanei vertebrale. Unilateral: - rotația coloanei vertebrale către partea opusă

2. Multifidus

Origine	Inserție	Inervatie	Vascularizare	Acțiune
- partea posterioară a sacrumului; - spina iliacă postero-superioară; - la nivel lombar pe procesele mamilare ale vertebrelor; - la nivel cervical pe procesele articulare de la C4 la C7.	Procesele spinoase ale verterebelelor cu 2 sau 4 etaje mai superior	Ramul dorsal al tuturor nervilor spinali	Arterele posterioare intercostale și dorsale, ramurile profunde cervicale ale trunchiului costocervical	Extensie, flexie laterală, stabilizator al trunchiului în timpul rotației. Extensie și mișcare laterală pentru sold. Împreună cu alți mușchi este implicat în stabilitatea intrinsecă a zonei limbopelvice.

Moseley G.L. et al. a observat o funcționalitate diferită între fibrele superficiale ale mușchiului multifidus și cele profunde în timpul mișcării voluntare a membrelor superioare,

deci în timpul stabilizării dinamice a coloanei lombare. Fibrele superficiale ale multifizilor contribuie la controlul orientării coloanei în timp ce fibrele profunde au un rol în controlul mușcării intersegmentare [18].

În investigarea durerii acute lombare, remisiunea simptomelor în subiecții din perioada acută arată că nu există nici o recuperare musculară spontană a multifizilor. Un motiv presupus al recurenței durerii după un alt prim episod acut în zona lombară ar fi acela al lipsei suportului muscular localizat [19]. Într-un alt studiu s-a observant că 80% dintre pacienții suferinți de durere lombară joasă prezintă atrofia musculaturii multifide și durere în membrul inferior [20].

3. Rotatores longus și rotatores brevis

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Pe procesul transvers al vertebrei	Lamina vertebrei imediat superioare (pt. rotatores brevis) și lamina vertebrei situate la două nivele deasupra (pt. rotatores longus)	Ramul dorsal al nervilor spinali	Artere psoteroare intercostale și artere lombare	Rotată coloanei vertebrale

Datorită design-ului mușchilor rotatores brevis și longus fac din aceștia un slab generator de forță și deci un slab contributor la mișările efective de rotații și răsuciri. Acești mușchi au de patru până de șapte ori mai multe fusuri neuromusculare decât multifizii și sunt stimulați de tehnici de terapie manuală mai ales de cele care implică lucrul lor în sfârșit de amplitudine [21]. Putem trage o concluzie sumară că defapt aceștia ar putea juca mai mult rolul de “traducători” de lungime sau senzori de localizare la nivelul articulațiilor intervertebrale, cu alte cuvinte ei au un rol mai mult proprioceptiv decât unul motor de rotație [1]. Mușchii oblici abdominali sunt principalii rotatori ai trunchiului.

După Macintosh et al., nici unul dintre mușchii lombari nu poate fi considerat rotator [22]. În general astfel de mușchi sunt în cel mai bun caz sinergisti ai mușchilor mai mari și mai eficienți. Având în vedere numărul mare de fusuri neuromusculare găsite în acești mușchi în raport cu mușchii de mai mari dimensiuni putem spune că joacă un rol de “monitor kinesiologic” adică organe proprioceptiv [23]. La nivelul coloanei lombare rotatorii ar avea acest rol, în timp ce mușchii abdominali produc rotația funcțională.

Mușchii segmentari ai spatelui

Mușchii segmentari se extind de la o vertebra la alta fără a sari peste niciuna. Acest grup este compus din mușchii interspinales, intertransversarii, levator costarum brevis și rotatores brevis.

1. Levator costarum

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
12 perechi, de la procesul transvers al vertebrelor C7, T1 până la T11	Pe fața externă a coastei inferioare, între tubercul și unghiul coastei	Ramul dorsal al nervilor spinali ale ultimelor vertere cervicale și toracale (C8, T1 – T11)	Artere posterioare intercostale	Ridică coastele, asistă în inspirație, rotește și flexează coloana lateral

Mușchiul *levator costarum* este constituit din 12 perechi ce își au originea de pe procesele transverse și se inseră între tuberculul și unghiul coastei inferioare. Este localizat profund sub mușchii erector spinae. Fiecare are o porțiune scurtă (brevis) ce ajunge la coastă imediat inferior și o porțiune lungă, ce se inseră două coaste mai inferior față de procesul transvers de origine.

2. Interspinale lombar și toracal

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Superior pe spina vertebrei	Inferior pe spina vertebrei imediat subiacentă; nu este prezentă întotdeauna în regiunea toracală	Ramuri dorsale ale nervilor spinali	Arterele posterioare intercostale, artere lombare, ramuri profunde cervicale ale trunchiului costocervical	Extensia coloanei vertebrale

Mușchii *interspinali* sunt bine dezvoltăți în regiunea cervicală și toracală, iar slab dezvoltăți sau chiar lipsind în zona toracală. În zona lombară ei sunt foarte bine dezvoltăți și fac legătura între vârfurile apofizelor spinoase.

3. Intertransversarii lombar și toracal

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Superior pe procesul transvers al vertebrei	Inferior pe procesele transverse ale vertebrei subiacente	Ramurile dorsale ale nervilor spinali, cu excepția celor din zona lombară și joasă toracală care sunt inervați de ramuri ventrale	Artere posterioare lombare și intercostale	Flexia laterală a coloanei vertebrale

Mușchii intertransversari se situează verticamente între apofizele transverse. Ca și mușchii interspinale, acești sunt bine dezvoltăți în zona cervicală și lombară și slab dezvoltăți sau lipsind în zona toracală. În regiunea lombară se găsesc doi intertransversarii pe fiecare parte: unul medial și unul lateral. Capătul medial pornește de pe procesul mamilar al vertebrei subiacente spre procesul accesoriu al vertebrei suprareiacente. Cel lateral trece între cele două procese transverse adiacente.

Mușchii abdominali

Musculatura abdominală își exercită efectul asupra zonei lombare joase și deosebit de mențin un perete corporal între ce trei mușchi plăti abdominali și pătratul lombar.

1. Quadratus lumborum

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Ligamentul ililombar și partea posterioară a crestei iliace	Rebordul inferior al coastei a 12-a și procesele transverse ale vertebrelor L1 – L4	Nervul subcostal, ramul ventral al nervilor spinali lombari 1, 2 și 3 (T12, L1 – L3)	Ramura lombară a arterei iliolumbară	Coboară și stabilizează coasta a 12-a. - Acționează ca un mușchi expirator prin fixarea ultimei coaste și deci stabilizând inserția inferioară a diafragmului. - În contracție concentrică unilaterală flexează coloana

Origine	Insetie	Inervație	Vascularizație	Acțiune
				lombară. - Cu pelvisul fixat și în contracție concentrică bilaterală ajută în extensia lombară.

2. Obliquus externus abdominis

Origine	Insetie	Inervație	Vascularizație	Acțiune
8 fâșii care provin de pe reborul exterior și inferior al ultimelor opt coaste; interdigitații cu mușchiul serratus anterior și latissimus dorsi	Jumătatea ventrală a părții externe a crestei iliace, linia alba. - Marginea inferioară a aponevrozei sale formează ligamentul inghinal	Ramul ventral al ultimelor șase vertebre toracale și primele două ramuri spinale lombare. (T7 – T12, L1, L2)	Arterele epigastrice superioare și inferioare	Comprimă abdomenul, susține viscera abdominală și este activ în expirul forțat. - Prin acțiunea asupra coastelor rotește coloana vertebrală contralateral. - Contrația bilaterală flexează coloana

3. Obliquus internus abdominis

Origine	Insetie	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Fascia toracolombară, 2/3 din partea anterioară a crestei iliace, profund sub obliquus externus, 2/3 lateral de ligamentul inghinal	Cartilajul costal al ultimelor trei coaste și prin aponevroza sa, se prinde de cămașa conjunctiva a dreptului abdominal și de linia alba	Ramul ventral ai ultimilor șase nervi toracali și primele două ramuri spinale lombare. (T7 – T12, L1, L2)	Artera epigastrică inferioară și superioară, artera iliacă profundă circumflexă	Comprimă abdomenul, susține viscera abdominală și este activ în expirul forțat. - Prin acțiunea asupra coastelor rotește coloana vertebrală ipsilateral - Contrația bilaterală flexează coloana.

4. Transversus abdominis

Origine	Insetie	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Partea profundă a ultimelor șase cartilaje costale, stratul medial al fasciei toracolombare, 2/3 anterior a crestei iliace, profund sub mușchiul obliquus internus abdominis	Prin intermediul cămășii fasciale a mușchiului rectus abdominis pe linia alba împreună cu mușchii obliquus abdominis	Ramul ventral al ultimelor șase ramuri ventral, nervii iliohypogastric și ilioinghinal	Artera iliacă profundă circumflexă, artera inferioară epigastrică	Comprimă abdomenul, susține viscera abdominală și este activ în expirul forțat. Este un mușchi cheie în stabilitatea centrală intrinsecă a zonei lombo-abdomino-pelvină

5. Iliopsoas

Este termenul folosit pentru a descrie un cuplu de mușchi ce se inseră cu ajutorul aceluiași tendon pe trohiterul capului femural și este format din mușchiul iliacus și psoas major și minor.

a. Iliacus

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
2/3 superior în fosa iliacă, creasta iliacă, ligamentele sacroiliac anterior, lumbosacral și iliolombar; baza sacrumului	Împreună cu tendonul mușchiului psoas major, pe trohanterul mic, capsula articulației șoldului și pe diafiza femurului	Nervul femural (L2, L3)	Ramul iliac al arterei iliolombare și artera gluteală superioară	Flexor al coapsei. Flexor al pelvisului când coapsa este stabilizată

b. Psoas major

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Suprafețele anterioare și inferioare ale apofizelor transverse vertebrale lombare. - Fața laterală a corpurilor vertebrale și discurilor de la D12 la L5	După ce trece pe sub ligamentul inghinal și anterior față de capsula articulației șoldului se inseră pe trohanterul mic al femurului	Ramuri din plexul lombar ventral (L2, L3, L4)	Ramura lombară a arterei iliolombare	Flexor și rotator lateral (extern) al coapsei. - Acționează asupra coloanei lombare și generează o forță longitudinală (compresie axială) pentru a crește stabilitatea spinală. Minim efect asupra extensiei [24].

c. Psoas minor – este deseori absent și absent bilateral în jumătate dintre subiecți

Origine	Inserție	Inervație	Vascularizație	Acțiune
Părțile laterale ale corpurilor vertebrale și discurilor intervertebrale ale T12 și L1	Linia pectineală și iliopectineală, eminența osului nenumit (coxal)	Ramul ventral al primului nerv spinal lombar (L1, L2)	Ramura lombară a arterei iliolombare	Flexeaază pelvisul pe coloana lombară

6. Diafragm

Este alcătuit dintr-o zonă periferică de origine musculară, *pars muscularis*, și o zonă centrală cu valoare de inserție comună a fasciculelor musculare, *centrum tendineum*. Acesta are trei zone: *pars sternalis*, *pars costalis* și *pars lumbalis*.

Origine	Insetie	Inervatie	Vascularizatie	Acțiune
<p><i>Pars sternalis</i>: se atașează prin două- patru fascicule pe fețele posterioare ale M. Rectus abdominis și a procesului xifoid;</p> <p><i>Pars Costalis</i>: se atașează pe suprafetele interne ale ultimelor șase coaste și cartilajele costale și prezintă interdigitații cu M. transversus abdominis;</p> <p><i>Pars lumbalis</i>: se atașează pe ligamentele arcuate medial și lateral prin intermediul unor crure (crus) ce coboară și se inseră pe fețele anterolaterale ale corpuri vertebrale și ale discurilor vertebrale de la L1 la L3.</p>	<p>Pe tendonul central al diafragmului, ce este reprezentat de fibre de colagen intersudate. Aceste exte localizat spre partea anteroară a toracelui, deci fibrele posterioare sunt mai lungi decât cele anteroare</p>	<p>Nervul frenic (C3 – C5) și ultimii șase nervi intercostali</p>	<p>Arterele frenice inferioară și superioară, art. pericardiofrenică și musculofrenică.</p>	<p>Principalul mușchi inspirator. Menține echilibrul presional toraco-abdominal, făcându-l astfel un mușchi important în stabilitatea intrinsecă a coloanei lombare</p>

I. 3. CONEXIUNI FUNCȚIONALE ÎNTRE DIAFRAGM, MUSCULATURA PELVICĂ, ABDOMINALĂ ȘI PSOAS MAJOR

Studiile recente legate de înțelegerea funcției lumbopelvico-vertebrale și stabilitatea dinamică a coloanei vertebrale lombare au adus noi cunoștințe despre anatomia funcțională regională și deasemenea o creștere a interesului asupra acestei probleme. Stabilitatea coloanei lombare este dependentă de o interrelaționare dintre diafragma toracoabdominală, diafragma pelvică, musculatura peretelui abdominal și psoas major [25]. Prin inserțiile segmentare și legăturile sale dintre diafragm și planșeul pelvin, mușchiul psoas iliac poate comprima axial coloana lombară și astfel să joace un rol important în stabilitatea spinală.

Ligamentul arcuat medial este o continuare a fasciei superioare a mușchiului psoas, ce se continuă superior cu diafragmul. Crura dreaptă și stângă a diafragmului se atașează anterolateral pe corpurile vertebrale ale vertebrelor L1 – L3. Pe ambele părți ale corpuri vertebrale, crura și fascia să se împletească cu mușchiul psoas major și fascia să treacă mai anterior unde se împletească cu ligamentul longitudinal anterior. În partea inferioară fascia mușchiului psoas major devine continuă cu planșeul pelvin. Fascia psoasului deasemenea formează legături cu tendoanele mușchilor transversus abdominis și obliquus externus [26].

Musculatura peretelui abdominal cu diafragma toracoabdominală și planșeul pelvin formează un cilindru. “Acoperișul” acestui cilindru este dat de diafragma toracoabdominală, “podeaua” este reprezentată de planșeul pelvin, iar pereții sunt constituiți de musculatura abdominală și cea paravertebrală; în special mușchiul transversus abdominis și fibrele segmentare din multifizii lombari [27].

Mușchiul psoas major este conectat la diafragm și la planșeul pelvin prin intermediul atașamentelor fasciale. Acest aranjament permite mușchiului psoas ca să acționeze ca o legătură dintre diafragm și planșeul pelvin, ce permite menținerea stabilității în cadrul mecanismului cilindrului lombar. Tensiunea fascială creată de contracția diafragmului,

planșeului pelvin, psoas major și musculaturii abdominale determină o creștere a presiunii intra-abdominale, ceea ce determină la rândul o creștere a rigidității și astfel amplificând stabilitatea spinală.

Tensiunea fascială crescută poate în mod direct să limiteze mișcarea intervertebrală și să determine o compresie segmentară lejeră. Mușchiul transversus abdominis influențează stabilitatea spinală prin intermediul modulării presiunii intra-abdominale sau prin creșterea tensiunii în fascia toracolombară. Hodges și Richardson au arătat că contracția mușchiului transversus abdominis este semnificativ întârziată la pacienții cu durere lombară joasă în cadrul tuturor mișcărilor [28].

În timpul inspirației tensiunea din diafragm crește, rezultând în stabilizarea mai bună a cilindrului. În timpul expirului, diafragmul se relaxează cilindrul devenind astfel mai puțin stabil. Mușchiul transversus abdominis se contractă mai devreme în expirație, se presupune pentru a compensa scăderea stabilității cilindrului presurizat [25]. Coactivarea diafragmului și a musculaturii abdominale cauzează o creștere a presiunii intra-abdominale, în timp ce inspirul și expirul sunt controlate printr-o activitate opozantă dintre diafragm și musculatura abdominală pentru a varia forma cavității abdominale presurizate [29]. Deasemenea diafragmul ar putea crește rigiditatea spinală prin atașamentele fibrelor sale crurale (crus) la nivelul vertebrelor lombare.

I. 4. ARTICULAȚIILE ȘI LIGAMENTELE. CONCEPTUL DE BARIERĂ LIGAMENTARĂ

Ligamentul longitudinal anterior

Ligamentul anterior longitudinal este reprezentat de o bandă de fibre ce formează o sindesmoză ce se extinde pe fața anteroară a corpuri vertebrale de la nivelul occiputului până la sacrum. Se atașează pe porțiunea bazilară a osului occipital, pe tuberculul anterior al atlasului, corpul vertebral al vertebrei axis, pe marginile proeminente ale tuturor corpuri vertebrale și discurilor vertebrări până la nivelul părții superioare a sacrumului.

Ligamentul anterior este compus din fibre superficiale, intermediare și profunde. Fibrele superficiale sunt cele mai lungi și se extind peste patru sau cinci vertebre. Fibrele intermediare se extind peste trei sau patru vertebre, în timp ce fibrele scurte traversează doar de la o vertebră la alta. Pe lângă funcțiile sale mecanice, studiile morfologice au găsit aferențe nervoase, ceea ce confirmă rolul proprioceptive ce asistă în postură, mișcare tonus muscular și reflexe [31]. În general ligamentul anterior longitudinal funcționează ca un limitator al extensiei, pe lângă informațiile proprioceptive pe care le transmite către SNC.

Ligamentul longitudinal posterior

Acesta formează o altă sindesmoză vertebrală și se atașează de partea dorsală a corpuri vertebrali extinzându-se de la nivelul axisului până la sacrum. Se află în interiorul canalului vertebral constituind partea anteroară a acestuia. Este compus din fibre superficiale și fibre profunde. Fibrele superficiale trec peste trei sau patru vertebre în timp ce cele profunde se leagă de două vertebre adiacente.

Nu este atașat ferm de corpul vertebral deoarece venele vertebrobazilare și plexul venos vertebral se situează între el și corpuri vertebrali. Ligamentul posterior longitudinal are dimensiuni mai extinse cranial și mai mici în zona caudală, iar în zona toracolombară este denticulate, fiind larg peste discurile intervertebrale și îngust peste corpurile vertebrale.

Ligamentul posterior longitudinal are în general, pe lângă funcția proprioceptivă, rolul de a limita flexia coloanei lombare și de a proteja dura mater.

Acurile vertebrale sunt și ele conectate prin următoarele ligament:

- Ligamentul supraspinos;
- Ligamentul nucal;
- Ligamentul interspinos;
- Ligamentul intertransvers;
- Ligamentum flavum.

Ligamentum Flavum

Ligamentum flavum leagă lamina a două vertebre adiacente și este prezent de la nivelul axisului până la nivelul primului segment sacral și sunt în număr de două pentru fiecare segment motor. Se întinde de pe suprafața anterioară și inferioară a lamei supracinghioase spre suprafața posterioară și superioară a lamei subiacente. Funcția lor este de a bloca separarea laminelor în momentul flexiei coloanei vertebrale. Fibrele de elastină din care sunt compuse le permit să se întindă și să-și revină la forma initială.

Ligamentul interspinos

Ligamentele interspinoase sunt subțiri și membranoase și conectează apofizele spinoase adiacente, inserându-se pe zona de la rădăcină până la apexul spinoasei. Au funcția de a limita mișcarea de flexie a coloanei vertebrale.

Se intersectează anterior, printr-un țesut conjunctiv, cu ligamentum flavum și posterior cu ligamentul supraspinos. Sunt subțiri și elongate în zona toracală și groase în zona lombară; în regiunea cervicală fiind incorporate în ligamentul nucal.

Ligamentul intertransvers

Ligamentele intertransverse leagă apofizele transverse între ele și funcționează pentru limitarea flexiei laterale a coloanei vertebrale.

Ligamentul supraspinos

Ligamentul supraspinos (fig. 1. 7) este reprezentat de un cordon fibros puternic ce conectează vârfurile proceselor spinoase de la nivelul vertebrei C7 la sacrum. Este compus din fibre superficiale, intermediare și profunde.

Fibrele superficiale cuprind trei sau patru vertebre, fibrele intermediare cuprind două sau trei vertebre, iar cele profunde leagă două vertebre adiacente. Este mai gros și mai larg în regiunea lombară decât în celelalte regiuni, iar în regiunea cervicală împreună cu ligamentul interspinos formează ligamentul nucal [33].

Ligamentul iliolombar

Ligamentul iliolombar este considerat ca fiind cel mai important ligament care restricționează mișcarea la nivelul joncțiunii lumbosacrale și este orientat în plan coronal perpendicular pe articulația sacriliacă. Joacă un rol important în stabilitatea lumbo-pelvină. O observație interesantă este că acest ligament este prezent doar la mamiferele ce asumă o postură erectă [33].

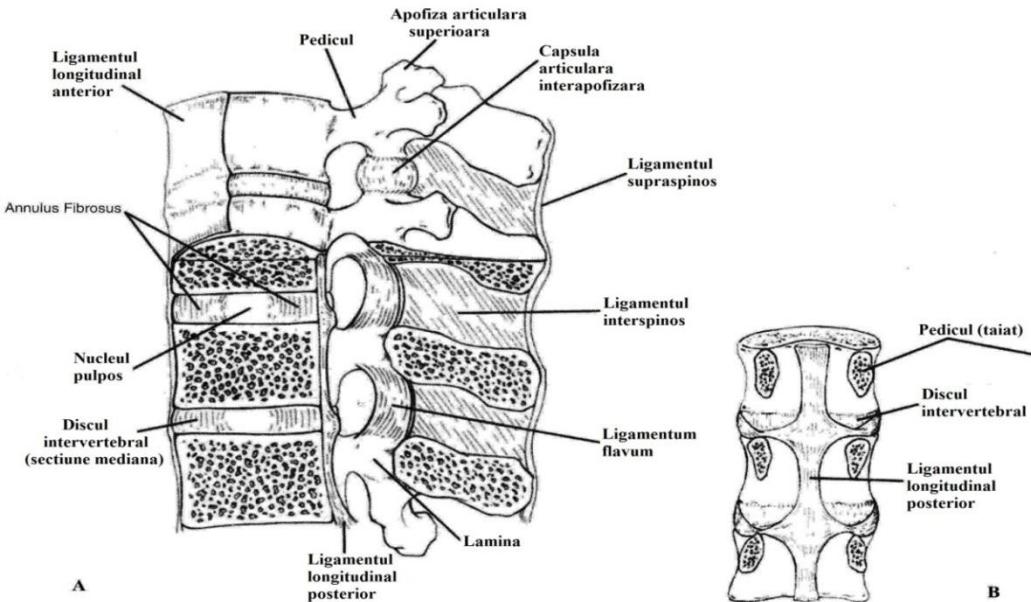


Figura 1.7 Ligamentele coloanei vertebrale. A - Vedere laterală stângă; B - Vedere posterioară arătând ligamentul longitudinal posterior. Preluat cu permisiune și modificat după Walker et al. [32]

La nivelul coloanei vertebrale s-a observat, conform unor studii efectuate, că ligamentele au o mare influență în restricționarea mișcărilor. Astfel, după tăierea ligamentelor longitudinale se observă o marcantă descreștere a rezistenței la flexie, dar în cazul rezecției articulației zygapofizare modificările sunt foarte mici. Aceasta denotă faptul că rezistența la flexie a articulației zygapofizare este data de ligamentul capsular și nu de contactul dintre fețele articulare. În restricționarea mișcării, ligamentele supraspinoase și interspinoase joacă un rol foarte important, dar numai în ultima jumătate a flexiei (tab. I. 1). Aceasta este datorată rigidității variabile a ligamentelor. Ligamentum flavum, care are o elasticitate ridicată, are rol în restricționarea flexiei în prima parte a mișcării, rolul său scăzând odată cu creșterea amplitudinii [34].

Tabelul I. 1 Restricționarea mișcării de flexie și deviația standard (în paranteză) ca urmare a rezistenței opuse de ligamentele vertebrale [34].

Ligamentele vertebrale	Restricționarea mișcării de flexie [%]	
	Flexie redusă	Flexie maximă
Ligamentul supraspinos/interspinos	8% (\pm 5%)	19% (\pm 7%)
Ligamentum flavum	28% (\pm 10%)	13% (\pm 6%)
Ligamentul capsular	25% (\pm 8%)	39% (\pm 8%)

Secționarea ligamentelor; intraspinos, supraspinos, flavum și capsular, duce la creșterea unghiului de flexie dintre două vertebre cu până la 3° . Dacă ne raportăm la întreaga coloană, lipsa suportului ligamentar ar duce la o creștere a instabilității în flexie cu 70° .

Discul intervertebral

Discul intervertebral constituie un tip special de articulație sinartrodială și anume o simfiză. Acesta aderă la suprafețele inferioare și superioare ale vertebrelor adiacente prin intermediul unui strat subțire de cartilaj hialin denumit placă cartilaginoasă care este considerat ca făcând parte din structura discului. Astfel fiecare disc intervertebral este constituit din: plăci cartilaginoase, inel fibros și nucleu pulpos [32].

Inelul fibros este alcătuit din lamele concentrice fibrocartilaginoase care formează circumferința discului. Fiecare lamelă din componența inelului fibros se inseră pe cele două corpuri vertebrale prin intermediul fibrelor de colagen. Inelul este în general compus din 20 de lamele fibrocartilaginoase care se suprapun la un grad de 30° între ele, conferindu-i astfel bune proprietăți elastic. Structura postero-laterală are o conformare mai puțin regulat și este mai săbătire posterior și mai gros anterior, iar acest lucru ar putea fi un motiv pentru care, odată cu vârsta inelul este predispus la prolaps în aceasta zonă [34].

Funcția inelului fibros este de a reține nucleul pulpos, de a absoarbe șocuri de compresie, de a forma o unitate structurală între cele două corpuri vertebrale și a permite o mișcare restricționată între vertebrele adiacente.

Nucleul pulpos este o masă rotundă, de 1,5 – 2 cm diametru, situat nu în centrul discului ci la unirea celor două treimi anterioare cu treimea posterioară, deci puțin dezaxat spre posterior. Această situație se explică prin procesul de creștere a inelului fibros, care se face prin apoiția de noi lamele, mai ales în porțiunea anterioară și laterală, urmând prin aceasta procesul de creștere vertebral. Situația excentrică a nucleului corespunde, de altfel, unor necesități de ordin mecanic, axa mișcărilor coloanei lombare corespunzând unei linii care unește nucleii pulpoși [35].

Nucleul pulpos conține remineșcențele notocordale și are un conținut de 77% apă. Este relativ mai mare la naștere și-și descrește mărimea odată cu înaintarea în vîrstă când cantitatea de proteoglicani din nucleu scade, scăzând și capacitatea de absorbție a apei.

În cinematica coloanei vertebrale nucleul pulpos migrează datorită elasticității inelului fibros și a comportamentului său de gel [36]. Astfel în mișcarea de flexie nucleul pulpos este împins posterior, în extensie spre anterior, în flexie laterală stângă spre dreapta și reciprocă. Practic el se deplasează în zona opusă comprimării (fig. 1. 8) [37].

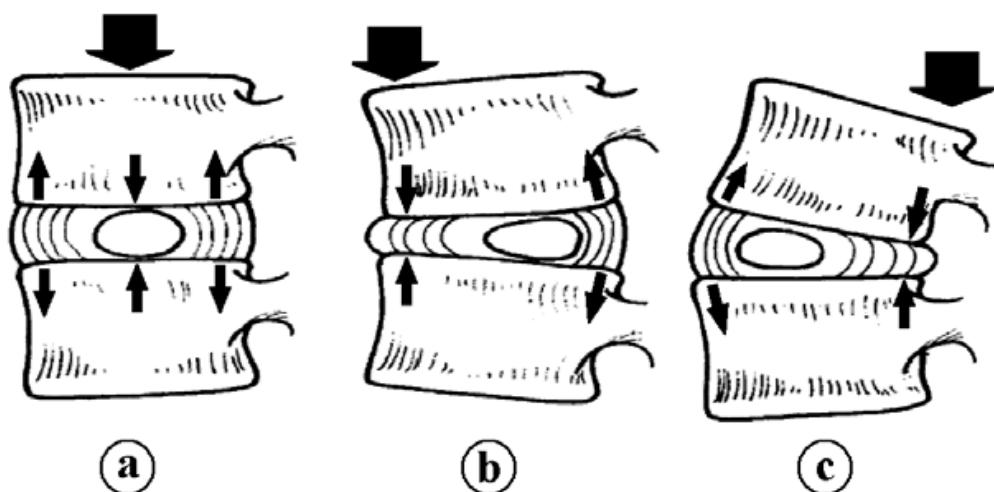


Figura 1.8 Mișcările nucleului pulpos. Preluat și modificat după Cripton P. A. [37]

Plăcile cartilaginoase delimită discul superior și inferior. Aplicate pe suprafețele respective ale vertebrelor adiacente, ele aderă antero-lateral de inelul epifizar. Posterior, unde acest inel lipsește, ele depășesc puțin marginea corpului vertebral. Fasciculele de fibrile unesc nucleul pulpos cu plăcile cartilaginoase, iar fibrele din lamele se continuă cu structura acestor plăci, astfel încât elementele discului sunt excepțional solidarizate între ele. În afară de aderența la inelul epifizar, placa cartilaginoasă și straturile superficiale ale inelului fibros mai

sunt fixate de vertebre prin aşa-zisele fibre Sharpey care unesc inelul fibros al discului cu periostul fețelor antero-laterale ale vertebrei supra- și subiacente [35].

Cartilajul hialin protejează corpul vertebral de presiuni și limitează mișcarea inelului fibros și nucleului pulpos în limitele de mișcare fiziologice. O distrugere a acestuia produce nodulul Schmorl sau hernia intraspongioasă.

Discul intervertebral poate fi o sursă inherentă de durere datorită iritației mecanice și chimice. Acesta este inervat la nivelul părții exterioare a inelului fibros, predominant în zonele laterale și mai puțin în zona posteroară, iar partea anteroară este cel mai slab inervată. Discul intervertebral este inervat de nervul sinu-vertebral (ramura recurrentă meningeală), ramuri ventrale lombare și nervul gri comunicans [38]. Datorită faptului că ramura gri communicans inervează discurile de la diferite niveluri, există posibilitatea ca algia discogenică de la un singur nivel să influențeze mai mult de o singură ramură recurrentă a nervilor spinali.

Au fost găsiți mecanoreceptori în ultimele două spre trei lamele ale inelului fibros și în ligamentul anterior longitudinal. Prezența acestora poate avea o implicare clinică și fiziologică.

Într-un studiu au fost analizate specimene de discuri intervertebrale umane prin tehnici imunohistochimice și s-au găsit în treimea externă a inelului fibros fibre nervoase. La pacienții cu discopatie lombară cronică s-au găsit filamente nervoase ce se extind spre treimea inferioară a inelului fibros și chiar în nucleul pulpos. Aceste fibre nervoase din interiorul discului pathologic și asocierea acestui status cu durerea duc la concluzia spre o funcție importantă a creșterii fibrelor nervoase în interiorul discului pathologic în geneza durerii din cadrul discopatiilor [39].

În alt studiu făcut pe 25 de cadavre adulte au fost analizate diferite modele ale ramurilor communicans. S-a observat că partea posterioară a discului intervertebral și ligamentul longitudinal posterior primeau inervație sinu-vertebrală cu originea de la nivelul ramului transvers profund. Acest lucru sugerează două tipuri de inervație: prima, ce-și are originea direct de la nervii spinali segmentari și a doua, care ajunge la structurile vertebrale prin intermediul nervilor simpatetici nesegmentari. Acest lucru sugerează că acești nervi sunt implicați în propriocepția coloanei vertebrale [40].

Articulațiile zygopofizare (interapofizare)

Articulațiile zygopofizare sunt articulații sinoviale formate prin îmbinarea procesului articular inferior al vertebrei superioare cu procesul articular superior al vertebrei infețioare. Ca toate articulațiile sinoviale prezintă cartilaj articular, membrane sinoviale și o capsulă articulară.

Capsula articulară este laxă, ceea ce permite articulației să conțină 2 ml de fluid. Aceasta este înlocuită anterior de ligamentum flavum și posterior este ranforzată de fibrele profunde ale mușchiului multifidus. Articulația prezintă o mică breșă la polurile inferior și superior, creând un buzunar. Acestea sunt pline cu țesut adipos și sunt conținute de capsula articulară. Între aceste breșe există un mic foramen ce permite pasajul țesutului adipos din și în articulație odată cu mișcarea vertebrelor.

Articulațiile interapofizare au două mari funcții:

Sunt structuri ce suportă greutăți; s-a raportat că articulațiile fațetare pot prelua până la 33% din încărcarea compresivă a corpului, în funcție de postură. Mai mult, rezecția chirurgicală a uneia sau chiar a ambelor articulații duce la instabilitate clinică [41].

Modificări structurale degenerative conduc la schimbări ale distribuțiilor presiunilor. Un factor important care leagă degenerarea spinală și durerea, este procesul de "stress-shielding". Se cunoaște faptul că atunci când un țesut este lezat rezistă mai puțin stresului

mecanic și astfel tinde să fie protejat de țesuturile sănătoase din jur. Astfel de lucru se întâmplă în momentul în care discul intervertebral este lezat iar o parte de presiune este preluată (în exces) de către articulațiile interapofizare [42].

Un studiu efectuat (pe cadavre) de Pollintine et al, prin care simula o încărcare cu o presiune de 2kN coloana în poziție ortostatică a arătat cum distribuția presiunilor este modificată de degenerescența discală. Când discul este normal, arcul neural rezistă la o presiune de 8% iar restul presiunilor sunt împărțite aproximativ în mod egal de partea anteroiară și posterioară a corpurilor vertebrali. Degenerarea severă discală duce la o modificare bruscă ce cauzează ca arcul neural să suporte 40% din greutate în timp ce partea anteroiară a corpului vertebral doar 19% (fig. 1. 9) [43].

Din moment ce sunt articulații, acestea permit sau restricționează anumite mișcări. Inervația masivă a articulațiilor zygapofizare cu aferențe mecanosenzitive și proprioceptive deasemenea susțin ideea rolului lor important în mișcarea lubrosacrală [44]. Când presiunile de tasare intervin, articulații vertebrale, centre de informare proprioceptive (corpusculii Paccini și Rufini din capsula articulară), comandă răspunsul muscular adecvat al erectorilor spinali. Răspunsul segmentului motor la aceste presiuni de tasare declanșând decompresarea discală care poate merge până la presiune negativă; apărând reexpansiune discală prin acțiune musculară.

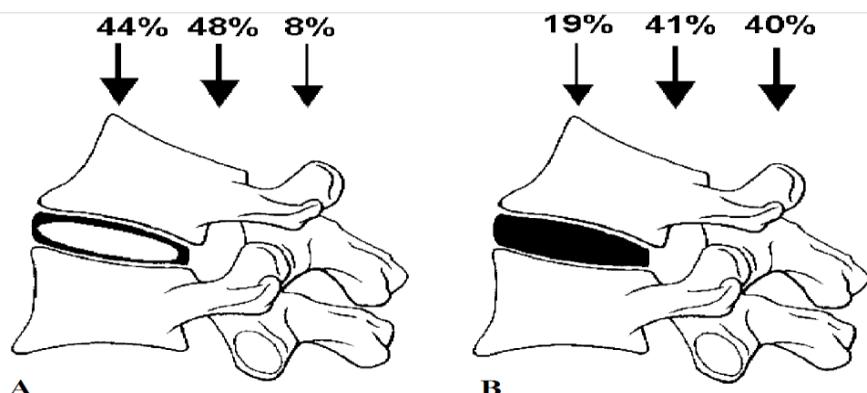


Figura 1.9 Împărțirea presiunilor spinale la nivel vertebral. Procesul de stress-shielding ce arată modificările presiunilor. A - distribuția presiunilor în cazul unei unități motorii normale, B - distribuția presiunilor în cazul degenerescenței discale. Preluat cu permisiune și modificat după Pollintine et. al [43].

Articulațiile fațetare sunt orientate înt-un plan frontal (aprox. 45°) și din această cauză limitează rotațiile axiale dar favorizează mișările de flexie – extensie. În general, ca și segment întreg, coloana lombară se opune torsioniilor și rotațiilor [43].

I. 5. CINEMATICA ȘI FORȚELE DE ÎNCĂRCARE. ROL ÎN PROCESELE LEZIONALE DISCALE ȘI ÎN REEDUCAREA FUNCȚIONALĂ

Datorită flexibilității discului intervertebral, vertebra are șase grade de libertate: rotație și translație în plan transversal, sagital și longitudinal, astfel încât mișcarea produsă în timpul flexiei, extensiei, flexiei laterale și rotației axiale a coloanei este o combinație de mișcări rezultante ale rotației și translației simultane (fig. 1. 10). Translația pe orizontală a discului este în mod normal de 8% din diametrul său, iar rata maxima de torsionare este de 5

– 10%. Depășirea limitelor fiziologice de mișcare care poate duce la alungirea fibrelor de collagen cu mai mult de 4% din lungimea lor de repaus duce la ruperea acestora [45].

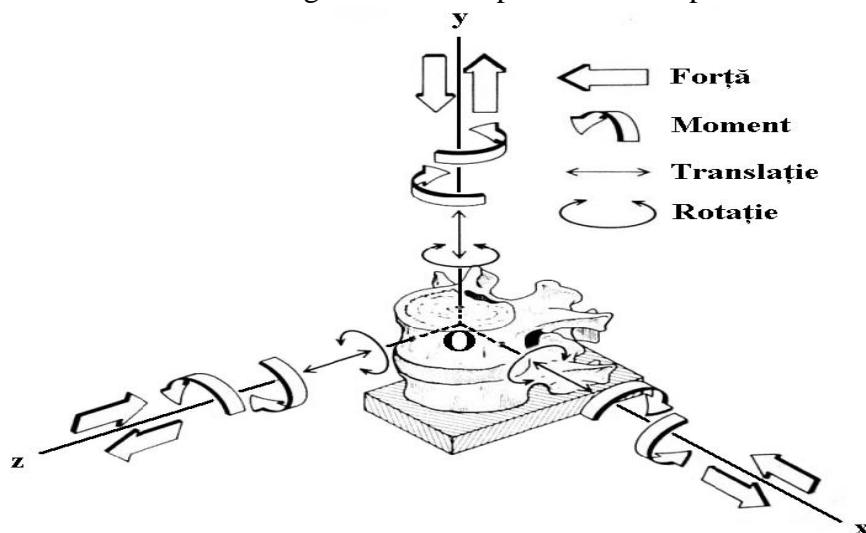


Figura 1. 10 Gradele de libertate vertebrală . Preluat și modificat după Boden S. D. [45]

I. 6. 1. Flexia – Extensia

Flexia

În timpul mișcărilor de flexie partea anterioară a inelului fibros va fi comprimată, în timp ce fibrele posterioare vor fi tensionate. În mod similar, nucleul pulpos va fi comprimat anterior. În timpul flexiei partea posterioară a inelului fibros este întinsă iar nucleul este împins și presat în această zonă, astfel încât combinația dintre întindere și presiune poate duce la o slabire a inelului sau o hernie [46].

Flexia din coloana lombară implică o combinație între o rotație anterioară sagitală (în jurul axei Ox) și o translare anterioară (de-a lungul axei Oz). În timpul rotației sagitale articulațiile zygapofizale se depărtează permitând efectuare mișcării de translare. Mișcarea de translare este apoi blocată de impactul dintre fațeta articulară inferioară a vertebrei superioare și fațeta superioară a vertebrei inferioare (fig. 1. 11). Dacă flexia continuă sau dacă coloana este orizontalizată din sold, suprafața corpurilor vertebrați fiind orizontalizate vor duce la o creștere a forței de forfecare asupra structurilor periarticulare (disc, capsula, ligamente) datorită gravitației.

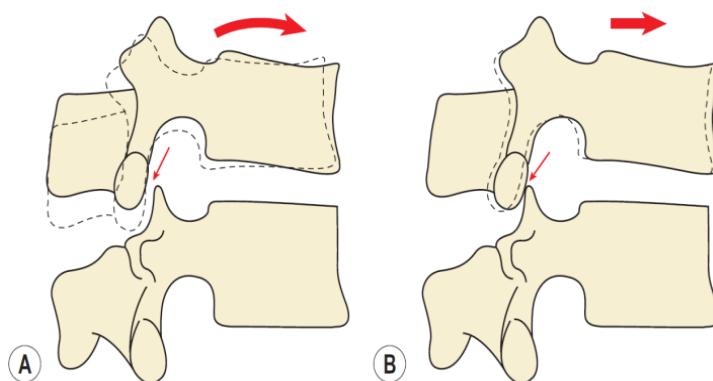


Figura 1. 11 Mișcarea vertebrală în timpul flexiei. A. în timpul rotației sagitale fațetele articulare se îndepărtează. B. translarea este limitată de impactarea fațetei inferioare cu fațeta superioară. Preluat cu permisiune după Bogduk and Twomey [46]

Astfel, forțele implicate în impactarea articulațiilor fațetare (zygapofizare) vor crește pentru a limita translarea vertebrei și a stabiliza coloana lombară. Datorită faptului că articulația zygapofizară are o articulație fațetară curbată, încărcarea nu va fi distribuită egal pe toată suprafața și va fi focusată pe partea anteromedială a fațetei [46].

Mișcarea de rotație sagitală a articulației zygapofizare determină articulația să se deschidă și astfel devine limitată doar de întinderea capsulei articulare; în plus ligamentele situate posterior vor fi și ele tensionate.

Analiza contribuției la limitarea rotației sagitale în coloana lombară a arătat că principalele elemente ce se opun sunt discul intervertebral (29%) și capsula articulară zygapofizară (39%), ligamentele supraspinos și interspinos (19%) având un rol secundar [47].

Extensia

În timpul extensiei structurile anteroare sunt în tensiune în timp ce structurile anteroare sunt într-o primă etapă descărcate și apoi compresate, în funcție de amplitudinea de mișcare (ROM - range of motion). În cadrul mișcărilor de extensie corporile vertebrale vor executa o rotație posterioară sagitală. Fațetele inferioare ale articulației zygapofizare se mișcă inferior și se lovesc de lamina vertebrei inferioare. Odată ce blocajul osos a avut loc, dacă se aplică în continuare presiune, vertebra superioară se va rota axial având ca pivot locul de compactare al procesului articular inferior. Procesul articular inferior se va mișca posterior supraîntinzând și eventual distrugând capsula articulară [48]. Dacă se repetă astfel de mișcări poate apărea chiar lezarea periostului laminei. La locul lovirii dintre fațeta articulară și lamina poate fi strivită între ele capsula articulară, ceea ce poate determina o altă cauză a algiei.

Forțele de încărcare din flexie - extensie

Majoritatea studiilor asupra mișcării spinale și a forțelor de încărcare s-au făcut asupra mișcărilor din plan sagital (flexie - extensie). S-a crezut mult timp că hernia de disc este rezultatul unei singure încărcări excesive. Totuși se pare că producerea herniei de disc este mai mult un proces și nu eveniment singular. Într-un studiu efectuat pe un model spinal porcin s-a arătat că hernia de disc apare cu o oarecare regularitate prin expunerea la cicluri de mișcare în flexie - extensie [49]. Când s-a aplicat și o compresie axială în timpul acestor mișcări de flexie-extensie herniile de disc au apărut cu o frecvență și o severitate mai mare.

S-a determinat că mișcarea în flexie maximă schimbă linia de acțiune a mușchilor longissimus thoracis și iliocostalis lumborum compromițând rolul acestora de a suporta forțele de forfecare anteroare ale coloanei (50). Macintosh el al. a observat că este o mare schimbare a forțele de forfecare în postura de flexie în comparație cu cele din ortostatism. În acest studiu au determinat că forța de forfecare rezultată de mișcarea de flexie s-a manifestat cu predominanță la segmentul L5 - S1.

Într-un studiu in vitro autorii au executat flexii repetitive și s-a observat reducerea capacității coloanei vertebrale de a rezista la mișcările de flexie ca rezultat a flexiilor repetitive. O postură de flexie susținută timp de 5 minute reduce momentul de flexie cu până la 45%. Dacă ligamentele sunt întinse în timpul unei posturi de flexie, aşa cum se întâmplă în așezat sau grădinărit, atunci nu este recomandat ca după această postură să se execute exerciții viguroase deoarece discului intervertebral îi lipsesc în acele momente protecția ligamentară datorită întinderii prealabile [51].

I. 6. 2. Flexia laterală

În momentul flexiei laterale fibrele inelului fibros din partea concavătăii curbei vor fi presate și vor prolaba, în timp ce fibrele de pe partea convexă a mișcării sunt întinse. Fibrele

contralaterale ale inelului fibros și ligamentul contralateral intertransvers se vor opune unor mișcări mai ample.

Flexia laterală la nivelul coloanei se cuplează întotdeauna cu rotația. La nivelul primelor patru vertebre rotația este cuplată cu flexia laterală opusă, în timp ce la nivelul segmentului L5 - S1 rotația este cuplată cu flexia laterală de pe aceeași parte [52].

Mișcarea articulațiilor zygopofizare, din partea concavității coloanei flexate lateral, se face prin alunecarea articulației inferioare a vertebrei superioare caudal peste articulația superioară a vertebrei inferioare. În acest caz mărimea zonei foramenului intervertebral de pe această parte se reduce. Pe partea convexă a coloanei flectate lateral acest lucru produce creșterea diametrului foramenului intervertebral.

Studiile au arătat că flexia laterală determină coactivarea musculaturii trunchiului. Mușchii de pe ambele părți sunt activați pentru a satisface nevoia de stabilizare a coloanei și forței ce trebuie să rotească vertebrele [53]. Ca rezultat a coactivării musculare, presiunile spinale cresc cu până la 25% față de situația în care nu există o coactivare musculară. Tipul de forțe active în această situație de flexie laterală sunt: compresia, forțe de forfecare antero-posteroare și forțe de forfecare laterale. Acest tip de forțe determină, în activitățile zilnice sau la locurile de muncă unde se utilizează astfel de poziții, creșterea riscului de rănire.

I. 6. 3. Rotația axială

În timpul momentului de rotație, rigiditatea torsională este determinată de lamelele exterioare ale inelului fibros și de orientarea articulațiilor zygopofizare. În rotație fibrele inelului fibros vor fi întinse conform cu direcția lor. Având în vedere că sunt dispuse într-un pattern oblic unele față de celelalte (30°) în funcție de direcția forței de rotație unele vor fi întinse iar altele relaxate. La o rotație de 3° încep să apară leziuni microscopice, iar la 12° de rotație are loc falimentul țesutului [46].

La solicitarea de torsiune, discul intervertebral înregistrează o creștere a înălțimii, datorită, în principal, disponerii în rețea a fibrelor de colagen de la nivelul inelului fibros (fig. 1. 12). Această creștere în înălțime determină o scădere a presiunii intradiscale și o absorbție de fluid din exterior [54].

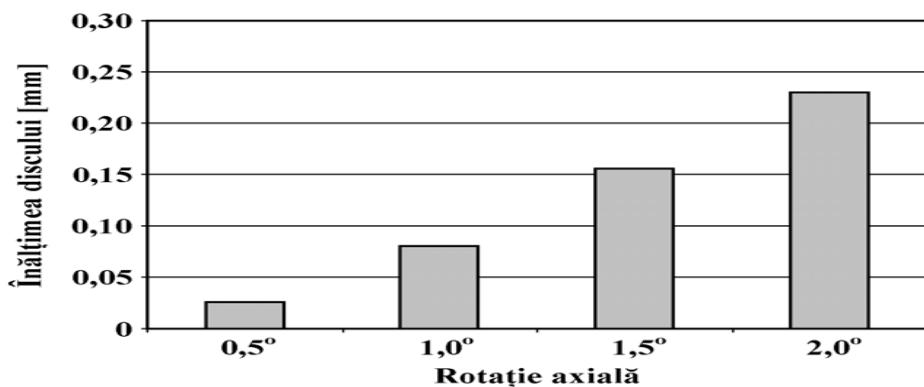


Figura 1. 12 Creșterea înălțimii discului odată cu rotația axială [54]

Odată cu momentul rotației are loc separarea proceselor spinoase iar ligamentele interspinos și supraspinos sunt tensionate. Are loc compactarea fațetelor articulațiilor zygopofizare de pe partea opusă mișcării cauzând comprimarea cartilajului articular cu 0,5mm pentru fiecare grad de rotație, acționând ca un mecanism tampon [46]. Dacă vertebra

continuă să se rotească peste acest punct va pivota în jurul articulației zygopofizare compactate, cauzând o mișcare posterioară și laterală (fig. 1. 13). Combinația de mișcări și forțe care au loc, vor determina creșterea presiunii suportate de cartilajul hialin al articulației zygopofizare, apariția forțelor de torsion și forfecare la nivelul discului intervertebral și tracțiunea capsulei articulației zygopofizare opuse. Discul contribuie cu doar 35% din rezistența totală la rotație.

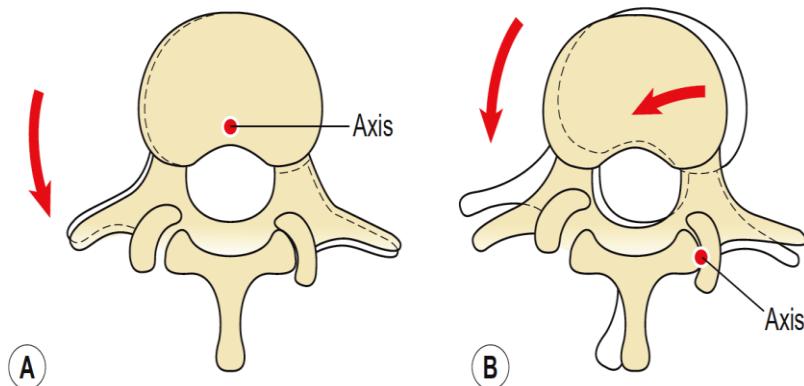


Figura 1. 13 Mișcarea vertebrală în timpul rotației. A - La începutul rotației aceasta se desfășoară în jurul unui axis din 1/3 posterior a corpului vertebral; B - Compactarea articulației zygopofizare opuse determină schimbarea centrului de rotație în jurul articulației. Preluat cu permisiune după Bogduk and Twomey [46]

Torsiunea trunchiului determină presiuni mai scăzute la nivelul coloanei și a musculaturii trunchiului decât mișările de flexie-extensie sau în comparație cu susținerea de greutăți în fața corpului. Cu toate acestea rotațiile axiale sunt un potențial risc pentru leziunile spinale.

Toate mișările, de compresie, de flexie-extensie și flexie laterală sunt generate în timpul mișcărilor de rotație. Coloana flectată și rotată rezistă mai greu la aplicarea de presiunie decât o coloană erectă, astfel crescând riscul lezional [55].

CAPITOLUL II.

TEHNICI CHIRURGICALE ȘI DE REEDUCARE FUNCȚIONALĂ NEUROMOTORIE

II. 1. TEHNICI CHIRURGICALE

Sciatica, o radiculopatie ce apare atunci când una sau mai multe rădăcini nervoase sunt compresate, poate duce la o durere radiată în membrul inferior precum uneori și la deficiete sensitive și motorii. Această afecțiune este determinată de cele mai multe ori de o hernie de disc lombară situată la nivel L4 – L5, urmată de cele de la L5 – S1 și L3 – L4. Alte posibile cauze ale sciaticii pot fi: spondiloza, infecții de diferite etiologii, neoplasmul și afectări vasculare [56].

Discectomia pentru hernia de disc lombară este una dintre cele mai întâlnite operații spinale. În Franța se efectuează 60.000 de discectomii pe an. Principiul de bază al diferitelor tehnici chirurgicale este acela de a elibera compresia rădăcinii nervoase. În ultimii 30 de ani, datorită dezvoltării tehnice al instrumentarului intraoperator s-a permis descreșterea traumei operației prin reducerea mărimiinciziei, ducând la scăderea algiei postoperative, durata spitalizării și timpul operației; determinând o îmbunătățirea a rezultatelor clinice [57].

Resultatele clinice optime necesită nu numai tehnici chirurgicale precise ci și o evaluare precisă a indicațiilor, cum ar fi o bună corelare între evaluările clinice și cele radiologice care să indice compresia rădăcinii nervoase prin hernierea discului ca și sursă a durerii.

Evaluare pre-operativă

Evaluarea clinică trebuie să determine:

- Iстория афекций и продолжительность;
- Степень относительной боли в спине и пояснице;
- Полная оценка мышечной и картографирование любых дефицитов чувствительности, включая зону перинеума;
- История предыдущих операций.

Evaluarea imagistică trebuie să includă:

- Рентгенография для определения состояния позвоночника и таза в передне-задней и боковой проекциях;
- КТ или МРТ не старее 8-10 лет.
- Динамическая телерентгенография спинного мозга, КТ миелография или КТ дисциография в некоторых специальных случаях.

Evaluarea ar trebui să dovedească prezența impingementului rădăcinii nervoase, să evidențieze nivelul hernierii. Teleradiografia este de folos în acest caz pentru a determina numărul vertebrelor lombare, numărând vertebrele toracice și coastele. În 90% din cazuri hernierea este localizată la nivelul L4 – L5 sau L5 – S1 [57].

În cele din urmă trebuie să se analizeze poziția hernierii, care va determina tehnica și abordul chirurgical (Fig. 2. 1). Aceasta poate să fie:

- Постлатеральная (Fig. 2. 1, позиция 1): это наиболее частая, сдавливая рăдăчину нервную в сегменте, где она вовлечена (рăдăчина L5 для уровня L4 – L5);
- Extraforaminală (позиция 2), сдавливая рăдăчину нервную в сегменте выше (рăдăчина L4 для уровня L4 – L5);

- Foraminală (poziția 3) cu posibilitatea comprimării a două rădăcini nervoase L4 și L5 la nivelul L4 – L5.

Prin evaluare trebuie să se determine mărimea și sechestrarea herniei discale sau asocierea acestora cu stenoza osoasă. Dacă herniera este foarte mare, medială, migrată sau asociată cu o stenoza, abordul chirurgical va fi mai extins.

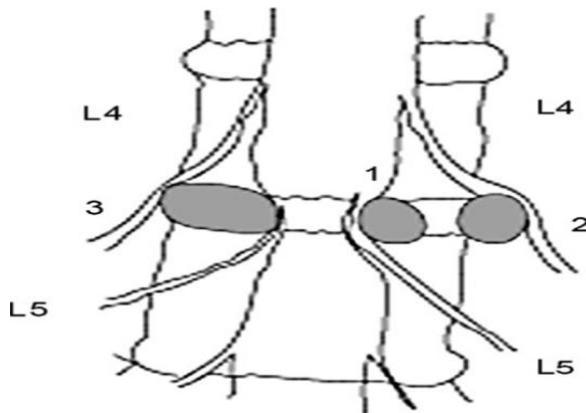


Figura 2. 1 Compresia rădăcinii nervoase după poziția herniei. Preluat cu permisiune după A. Blamoutier [57]

Indicații chirurgicale:

Chirurgia poate fi indicată în următoarele cazuri:

1. Urgențe: - sindromul cauda equine (urgență absolută) [57, 58];
 - sciatica hiperalgică rezistentă la medicație antialgică (morphină) [57];
 - sciatică paralizantă gradată mai mic de 3.
2. Durere reziduală dizabilitantă după 6 – 8 săptămâni de tratament complet medicamentos; un criteriu important ar fi predominanța durerii radiculare mai mult decât cea lombară.

II. 1. 1. Discectomia standard (SD)

Discectomia prin abord posterior unilateral pentru hernia discală posterolaterală

Pasul 1: Instalarea pacientului este un pas important efectuat de către anestezist și medicul chirurg. Pacientul este poziționat genupectoral, cu abdomenul liber și cu pieptul pe un suport confortabil. Capul este în ax cu trunchiul sau puțin rotat lateral, cu ochii liberi și cu capul pe un suport gelatinos. Umerii sunt în abducție la 90° și coatele în flexie la 90°. Plexul brahial și nervul cubital sunt controlate. Această poziție plasează coloana lombară în cifoza deschizând spațiul interlaminar pentru a facilita accesul. Sunt controlate gradul de libertate al abdomenului și absența compresiei a nervului cutanat lateral al coapsei (Fig. 2. 2).

Hipotensiunea este stabilizată la 9 – 10 sistolică, cu o presiune generală menținută la mai mult de 6 ajută la reducerea sângerării.

Incidențe: poziționare greșită, comprimarea nervilor sau a ochilor.

Pasul 2: incizia și expunerea interlaminară. Se palpează procesele spinosoase pentru localizarea spațiului interspinos pentru incizie. L4 – L5 se află caudal iar L3 – L4 se aflăcranial față de linia orizontală ce leagă cele două creste iliace posterioare.

O incizie de 4 – 5 cm este făcută de la un proces spinos la celălalt. Pielea este trasă lateral folosind un retractor Beckman. Aponevroza este incizată folosind un cauter și

mușchiul multifidus este eliberat de pe procesul spinos unilateral folosind o chiuretă Cobb, până când articulația este vizibilă. Mușchiul multifidus este retractat folosind un retractor Taylor sau Williams pe partea laterală a articulației. În acest moment ligamentul flavum (galben) este expus.



Figura 2. 2 Poziția genupectorală a pacientului. După A. Blamoutier, preluat cu permisiune [57]

Controlul fluoroscopic este efectuat. În cazul unor hernii mediale de mari dimensiuni care presează ambele rădăcini nervoase, abordul este bilateral.

Incidente: confuzia nivelului de incizare.

Pasul 3: deschiderea ligamentului flavum și expunerea (evidențierea) herniei discale (Fig. 2. 3). Ligamentul flavum este deschis cu ajutorul unui cuțit chirurgical sau o spatulă fină și tras înapoi folosind un clește ciupitor (punch) Kerrison. Dura mater este expusă și împinsă delicat înăuntru cu o spatulă cu bont spre linia mediană, pentru a observa baza rădăcinii nervoase comprimată. Grăsimea epidurală este lăsată in situ. Se efectuează o laminectomie parțială a marginii inferioare al lamei superioare dacă discul nu este centrat în spațiul interlaminar. La nivelul L1 – L2 sacul dural nu trebuie înclinat (inclined), mai ales dacă este prezent conul medular. În acest caz se efectuează artrectomie totală și reconstructivă pentru a putea avea acces la nivelul discului. În cazul unor hernii neconținute sau voluminoase, se recurge la o crește a spațiului operator pentru o vizualizare mai bună a herniei sechestrare. Se efectuează artrectomie parțială dacă herniei de disc i se asociază și o stenoza osoasă [57].

Incidente: ruptura durei mater în momentul inciziei ligamentului galben (flavum), tentația de a exciza hernia înaintea localizării rădăcinii nervoase.

Pasul 4: eliberarea rădăcinii nervoase și rezecția herniei. Radăcina nervului este eliberată cu ajutorul unei spatule începând din zona radiculară (shoulder) și trecută peste hernie fără a fi tracționată. Sunt cauterizate preventiv cu un forceps bipolar vasele epidurale care împiedică operația. Un retractor este folosit pentru a trage încet (lejer) rădăcina nervoasă către linia mediană. Ligamentul posterior longitudinal este secționat cu o lamă nr. 11. În acest moment de multe ori materialul herniat va extruda spontan. Materialul sechestrat sau nu, se îndepărtează cu un forceps discal de diferite mărimi (2 – 5 mm) și orientări [57].

Forcepsul nu trebuie niciodată introdus mai mult de 3 cm în disc. Discul nu trebuie scos în totalitate fiindcă acest lucru este imposibil și inutil, existând riscul secționării ligamentului longitudinal anterior și deteriorarea vaselor din parte anteroară a coloanei. Prin excizie se îndepărtează o cantitate variabilă de substanță și se oprește atunci când nimic nu se

mai scoate cu forcepsul după două sau trei încercări de tracționare. Chiuretajul plăcilor vertebrale nu trebuie executată deoarece poate determina apariția unei discopatii.

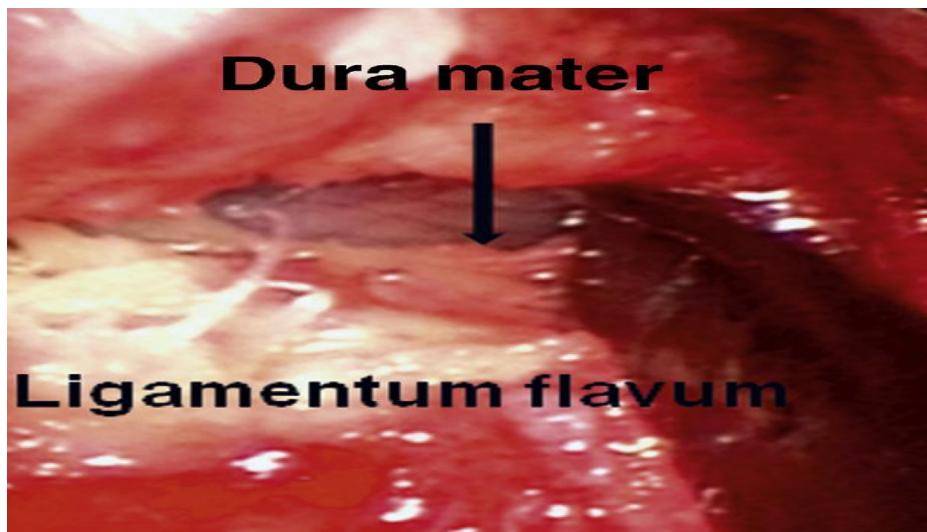


Figura 2. 3 Situl secționării ligamentum flavum (galben). După A. Blamoutier, preluat cu permisiune [57]

Dacă hernia este sechestrată inferior, sechestrarea este îndepărtată pe lângă axila rădăcinii. Dacă acest lucru este imposibil, laminectomia trebuie extinsă astfel încât să alunece fragmentul inferior și să fie îndepărtat fără tracțiune pe axila nervului, lucru care ar induce paralizia.

Dacă hernia este sechestrată superior, atunci se efectuează hemi-laminectomia vertebrei superioare. Nervul emergent superior trebuie verificat și vizualizat înaintea îndepărtării sechestrei (fragmentul sechestrat). Acum se verifică libertatea nervului și a sacului dural prin trecerea și mobilizarea unui cârlig în toate direcțiile. Incidente: tracțiune excesivă în timpul ablației herniei, sângerare epidurală, răni pe vasele mari.

Pasul 5: închiderea sitului și manevrele postoperatorii. După ce se verifică homeostasia și curgerea lichidului cerebro-spinal, se spală cu ser fiziologic. Se recomandă instalarea unui dren Redon care va fi scos când lichidul drenat va scade sub 50 ml. Aponevroza, fascia subcutanată și tegumentul sunt închise cu suturi resorbabile.

Discectomia standard prin abord posterolateral pentru hernierea extraforaminală

Prin această procedură se permite accesul în zona impingementului (conflictului hernie – rădăcină nervoasă) fără destabilizare articulară. Această tehnică poate fi dificilă la nivelul L5 – S1 dacă vertebra L5 este sacralizată sau compactată, dar la restul etajelor vertebrale tehnica nu întâlnește nici o dificultate.

Pasul 1: evaluarea preliminară și instalarea pacientului este aceeași ca în SD.

Pasul 2: incizia și expunerea spațiului intertransvers. În cazul unei hernieri la nivelul L4 – L5 pielea este incizată între apofizele spinoase ale vertebrelor L4 și L5. După trecerea de stratul subcutanat, incizia își modifică locația 2 cm de pe linia mediană pe aponevroza musculară care este incizată pentru a localiza pasajul dintre mușchii multifidus și longissimus (Fig. 2. 4). Se poziționează un retractor tip Beckman, Williams sau Taylor. Se folosește un cauter pentru a desface istmul L4, articulația interapofizară L4 – L5 și mușchiul transvers de

pe L5. Câteodată este necesar să se coaguleze ramura dorsală perforată a arterei lombare cu un forceps bipolar. Fascia ligamentului intertransvers este expusă [57].

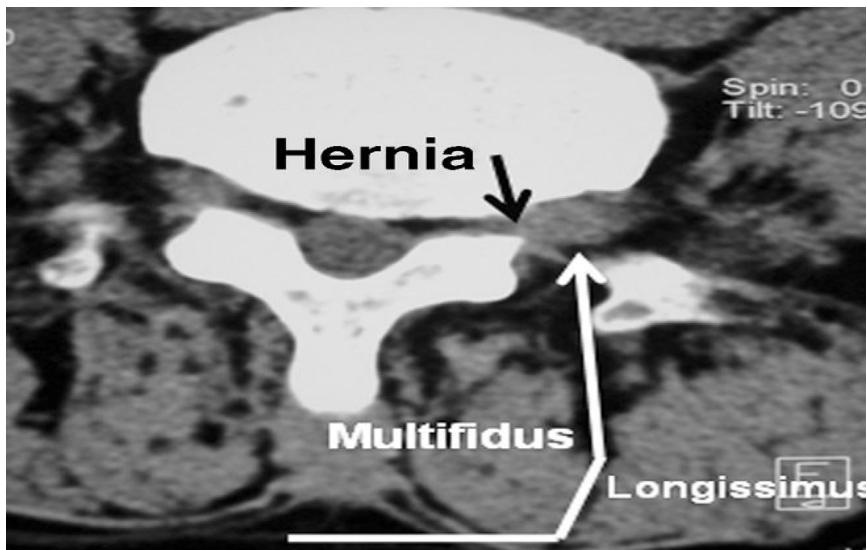


Figura 2. 4 Abordul posterolateral după tehnica Wiltse. Preluat cu permisiune după A. Blamoutier [57]

Pasul 3: deschiderea fasciei ligamentului intertransvers și expunerea herniei. Istmul de la nivelul L4 este pilit sau îngustat cu ajutorul unui clește ciupitor Kerrison. O spatlă cu bont este utilizată pentru a palpa marginea inferioară a pediculului apofizar L4. Fascia ligamentului intertransvers este îndepărtată. Rădăcina nervoasă se regăsește sub pediculul vertebrei L4. Aceasta poate fi complet aplatizată și confundată cu hernia, din această cauză trebuie localizat și urmărit nervul până la emergența sa din foramen. Este foarte important să nu se încerce excizia herniei înainte de a vizualiza foarte bine rădăcina nervoasă și trajectul său [57].

Pasul 4: eliberarea rădăcinii nervoase și excizia herniei. Excizia herniei discale poate fi dificilă datorită gradului de compresie. Ablăția începe preferabil de la nivelul umărului (shoulder) rădăcinei nervoase. Discul nu trebuie neapărat înlăturat mai ales dacă se exclud sechestrarea herniei. La sfârșitul operației este obligatoriu să se verifice canalul și traseul nervului, folosindu-se un cârlig oblic.

Pasul 5: închiderea sitului și manevrele postoperatorii. Procedura este aceeași ca în SD.

Discectomia standard pentru hernierea foraminala

Amândouă abordările descrise mai sus sunt posibile pentru înlăturarea herniei foraminale. Depinzând dacă hernia se extinde către canal sau foramen, abordul Wiltse sau un abord standard posterior cu câteva adaptări pot fi folosite în acest tip de herniere.

II. 1. 2. Microdiscectomia

Această tehnică are nevoie de un microscop pentru a ilumina și magnifica câmpul operator [59]. Pasul 2 diferă de cel al discectomiei standard, celelalte operațiuni sunt similare cu excepția faptului că sunt efectuate sub microscop.

Dupa ce efectueaza o incizie de 3 cm la nivelul pielii și se trece de fascia subcutanată se incizează aponevroza la 1 cm în lateral față de linia mediană. Mușchiul multifidus este îndepărtat de pe procesele spinoase până la articulațiile interapofizare moment în care se introduce speculum – ul și se deschide. Microscopul este plasat cu fața la chirurg și poziționat peste incizie [57].

Discectomie microendoscopică cu canal operativ

Tehnica are nevoie de dilatatori de mărimi diferite și un endoscop dedicat. Cu ajutorul endoscopului Destandau se poate executa aceeași tehnică. Se poate folosi și un endoscop clasic și instrumentarul care se pot introduce cu ajutorul unui speculum cu mai multe canale [57].

Aceste tehnici sunt preferabile în locul tehnicii descrise de Wiltse pentru herniile situate extraforaminal la nivelul L5 – S1, dar poate fi destul de greu aplicată la nivelul L5 atunci când vertebra este compactată. Doar pasul 2 diferă față de SD.

II. 1. 3. Discectomia Full-endoscopică

Abordul este lateral și transforaminal și are nevoie de un instrumentar special. Poate fi efectuată și doar cu anestezie locală. Punctul de incizie este la 12 – 14cm de la linia mediană la un unghi de 20° spre 30°. Endoscopul de 8 mm include un canal pentru introducerea forcepsului, este cuplat la un sistem de irigare pentru a menține câmpul de operație cât mai curat și este poziționat în fața foramenului. Procedura nu este recomandată pentru hernia de disc sechestrată în canal [57].

II. 1. 4. Comparații între efectele clinice ale discectomiei standard și microdiscectomiile minim invazive

După analiza bazelor de date Science Direct, SpringerLink, ProQuest Central și PubMed, incluzând criteriile de căutare “minimally invasive microdiscectomy/standard discectomy/ open discectomy/versus” articolele științifice studiate au dus la concluzia că nu există diferențe semnificative între discectomia standard și microdiscectomia minim invazivă de diverse tipuri, deși unele studii au observat o minimă diferență în ceea ce privește sângearea, și durata spitalizării fiind în favoarea discectomiei microendoscopicice minim invazivă.

Astfel, într-un studiu retrospectiv Wu et al. (2006) a comparat 873 MED cu 358 SD concluzionând că microdiscectomia minim invazivă este superioară celei standard în ceea ce privește zilele de spitalizare, sângearea intraoperativă și reinserarea în cadrul muncii, dar rezultatele clinice ale durerii au fost echivalente (60). Aceleași rezultate le-a obținut și Righesso et al. într-un studiu prospectiv randomizat [61].

Studiul efectuat de Harrington and French a arătat că intervenția minim invazivă a avut o folosire mai mică a medicației analgezice opioide și o spitalizare mai scurtă, dar parametrii perioperatori au fost aceiași și nu au concluzionat că o tehnică este mai bună decât cealaltă [62]. La aceeași concluzie au ajuns și alte două studii (German et al. și Prochet et al.) fără să găsească nici o diferență semnificativă între minim invaziv și microdiscectomia deschisă [63, 64].

În ceea ce privește timpul operator, într-un studiu retrospectiv comparând 25 SD cu 20 MD, Lau et al. a arătat că nu există nici o diferență din punct de vedere statistic între cele

două intervenții; timpul pentru MD a fost de 122,65 minute iar pentru SD a fost de 122,12 minute [65]. Același studiu a găsit timpul spitalizării egal pentru ambele intervenții (3 zile), însă German et al. a arătat că pacienții care au avut o intervenție de tip microdiscectomie minim invazivă au avut durata spitalizării la jumătate față de cei cu microdiscectomie deschisă (0,84 vs. 1,43 zile) [63].

Tehnicile minim invazive au devenit interesante recent bazându-se pe premiza că inciziile mai mici și mai puțin traumaticice asupra țesuturilor cutanate, aponevrotice, musculară și nu în ultimul rând asupra nervului ar permite o recuperare clinică mult mai rapidă și completă. În aceste momente însă studiile prezentate din literatura de specialitate nu aduc nici un argument solid în a susține clar că o tehnică este mai bună decât cealaltă în ceea ce privește outcome-ul clinic. O astfel de lipsă de diferență nu este surprinzătoare deoarece elementul cheie al abordului chirurgical, eliminarea impingementului nervos, este același, variind doar abordul față de structurile nervoase [57].

II. 2. DEFICIENȚE FUNCȚIONALE. “FOOT DROP” ȘI INSTABILITATEA FUNCȚIONALĂ LOMBARĂ

II. 2. 1. “Foot drop” (piciorul paralitic)

În timp ce în practica clinică termenul de „foot drop” se referă în general la slăbirea controlului motor asupra dorsiflexiei gleznei și a halucelui, în literatura de specialitate gradul de slăbire a controlului motor diferă. Deoarece acest lucru ar putea influența prevalența și prognosticul sindromului foot drop, este necesar să se definească termenul de foot drop în contextul severității obiective a parezei musculare [66].

Deși sindromul foot drop poate fi calificat ca o cădere totală sau parțială, o abordare mai bună ar fi aceea de a măsura forța dorsiflexiei gleznei cu ajutorul testingului muscular manual definit pentru prima dată de către Medical Research Council denumit și scala MRC a forței musculare ce cuprinde 6 grade de forță musculară [67]. Aono et al a modificat această scală specific pentru deficitul motor de dorsiflexie luând în considerare atât forța musculară a mușchiului tibialis anterior, cât și unghiul de mișcare a gleznei și a divizat gradul 3 al scalei MRC în două grupe (tab. II. 1) [68]. O serie de autori au definit în studiile lor foot drop ca forță musculară ≤ 3 [69, 70, 71, 68].

Tabel II. 1 Scala ce utilizează Testul muscular manual (MMT) pentru tibialis anterior și mișcarea gleznei

Grad	Explicație
0	Fără contracție în tibialis anterior
1	Mică contracție a tibialis anterior, dar fără mișcare
2	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului, cu gravitația eliminată
3-	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației, dar nu pe toată amplitudinea de mișcare
3	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcare
4	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcare cu o rezistență moderată
5	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcare cu o rezistență normală/maximală

Foot drop (căderea piciorului) definește deobicei o slăbiciune a dorsiflexiei gleznei și a degetelor piciorului și poate fi cauza prezenței unor numeroase cauze clinice. Inabilitatea de a ridica piciorul și respectiv un mers șchiopătat și deficitar conduce în multe cazuri la posibilitatea împiedicării repetitive și respectiv a rănirii rezultând o imobilitate scăzută și o scădere a calității vieții. Numeroase afecțiuni de la diferitele segmente ale coloanei vertebrale pot cauza slăbirea controlului motor pentru dorsiflexia piciorului. Printre numeroasele cauze ale sindromului Foot drop cea mai întâlnită este degenerescența spinală lombară.

Hernierea discală lombară și stenoza canalului spinal sunt cele mai întâlnite cauze degenerative ce pot determina sindromul Foot drop. Într-un studiu implicând 46 de cazuri de foot drop determinate de degenerescența vertebrală lombară, 52% s-au datorat herniilor discale și 35% din cauza stenozei spinale [72]. În alte două serii de pacienți 57% din pacienții suferinți de foot drop aveau hernie discală, iar restul stenoză spinală [73, 74]. Atunci când foot drop se datorează stenozei spinale, semnele radiologice ale unei stenoze pot fi identificate în mod normal la nivelul canalului central și al recesului lateral [69]. Spondiloliza și spondilolistezisul pot determina și ele foot drop dar într-un procent mult mai mic [72, 73]. Alte procese degenerative relatate în literatura de specialitate mai sunt: hematomul și osificarea ligamentum flavum [75, 76], chist lombar [77] și chist pe articulația fațetară [70].

II. 2. 1. 1. Nivelul spinal implicat în producerea foot drop

Foot drop poate fi cauzat de compresia unei singure rădăcini nervoase. Îndiferent de patologiile lombare, segmentul L4/L5 (rădăcina L5) este cel mai implicat în producerea deficitului motor, urmat de segmentul L5/S1 (rădăcina S1 sau L5 în cazul unei hernii discale laterale sau stenoze foraminale). Patologiile de la nivelul L3/L4 sau mai sus duc arareori la foot drop [70, 73]. Leziunile de la nivelul joncțiunii toracolombare, cum ar fi hernia discală sau osificarea ligamentum flavum ar putea comprima cordonul spinal caudal și produce sindromul foot drop. Deși foot drop apare deobicei datorită unei compresii monoradiculare datorate herniei discale lombare, pot fi implicate mai multe niveluri spinale în cazul unei stenoze.

În unele cazuri este destul de dificil în a determina exact nivelul implicat în producerea deficitului motor. Rădăcinile nervoase lumbosacrale parcurg destul de mult canalul spinal și pot fi comprimate în orice moment de-a lungul lor. Spre exemplu, și stenoza foraminată de la nivelul L4/L5 și o hernie de disc laterală de la nivelul L5/S1 pot afecta rădăcina L5. În plus, deși mușchii dorsiflexori sunt inervați de către rădăcina L5, pot exista diferite variații ce pot duce la creșterea dificultății localizării nivelului implicat [78].

Suprapunerea segmentelor motorii și variațiile anatomici sunt doi factori care pot explica de ce în anumite cazuri o altă rădăcină decât L5 poate fi cauza producerii deficitului motor de dorsiflexie. Suprapunerea segmentală se referă la un fenomen comun atunci când fibre de la nivele diferite inervează același mușchi. De exemplu, mușchiul tibialul anterior și extensor halucis longus sunt inervați în 90% din cazuri de către rădăcina L5 iar în restul de 10% din cazuri de către rădăcina S1 [78].

II. 2. 1. 2. Diagnostic diferențial

Deficitul motor de dorsiflexie a piciorului (foot drop) este un simptom comun unei varietăți de tulburări. Din punct de vedere teoretic, toate patologiile care afectează structurile neurologice care sunt implicate în dorsiflexia gleznei, de la creier, măduva spinării, rădăcinile nervoase, plexul lumbosacral până la nervul sciatic pot conduce la foot drop. Din acest punct de vedere este important să se facă diferențierea dintre afectarea centrală și cea

periferică. Implicarea motoneuronilor centrali poate fi dată de diverse formațiuni tumorale, traumatisme, scleroza multiplă sau hernieri cervicale și toracale. Istoricul medical, evaluarea pozitivă a implicării neuronului motor superior, și alte simptome asociate pot ajuta în identificarea unei leziuni centrale [79].

În cazul leziunii de neuron motor periferic, este important în a se diferenția între neuropatia periferică și radiculopatia de cauză spinală. Neuropatiile periferice, cum ar fi traumatismul, compresie externă, entrapment și factori iatrogeni pot determina deficitul de flexie. În cadrul examinării fizice testarea inversiei gleznei este o modalitate importantă de a determina dacă foot drop este determinată de neuropatia peroneală sau de radiculopatie L5. Mușchiul tibialis posterior este un inversor al piciorului și este inervat de către aceeași rădăcină ca și tibialis anterior (L4, 5) dar prin intermediul nervului tibial. În această idee, o neuropatie acută a nervului peroneu nu prezintă probleme de inversie a piciorului, în timp ce aceasta este prezentă la o radiculopatie de L5. O excepție importantă o face diabetul zaharat și pierderea rapidă în greutate ce pot cauza deopotrivă și neuropatie peroneală și foot drop. În mod ocazional neuropatia peroneală poate fi datorată unor presiuni cărora nu li se dă importanță, cum ar fi presiuni externe asociate cu în crucișarea picioarelor sau o postură incorectă [79, 80].

Sunt și alte simptome asociate care ar putea ajuta la determinarea cauzei ca fiind degenerescența lombară. Dacă foot drop apare în contextul unei radiculopatii, este deobicei acompaniată de o durere semnificativă și ahipoestezie de-a lungul dermatomului L5. Dacă apare ca parte a claudicației neurogene și stenoza spinală este deobicei acompaniată de crampe musculare induse de mers și amortegală.

Înaintea apariției deficitului motor de dorsiflexie deobicei își fac simțite simptomele herniei discale și a stenozei spinale cum ar fi: durere lombară joasă, „picioare grele”, radiculopatie, claudicație neurogenă și modificări de sensibilitate. Inversia și eversia se diminuă odată cu sindromul foot drop deoarece mușchii tibialis posterior și peroneus longus sunt inervați de aceeași rădăcina L5 prin intermediul nervului tibial și respectiv nervului peroneal.

II. 2. 2. Instabilitatea funcțională lombară

În primul rând pentru a defini instabilitatea funcțională trebuie să facem diferenția între diferitele modalități de instabilitate care pot apărea la un sistem atât de complex de stabilizare precum cel de la nivelul coloanei lombare.

Pe de o parte vorbim despre instabilitatea radiografică care este diagnosticată și cuantificabilă prin evaluări radiografice de flexie-extensie ale coloanei lombare puse în evidență prin-o translare sagitală mai mare de 3 mm după unii autori [81, 82], 4,5 – 5 mm după alții autori [83, 84], sau în cazuri de rotații mai mari de 15° la nivelurile L1 – L2, L2 – L3 sau L3 – L4, 20° la L4 – L5 sau 25° la nivelul L5 – S1 (84), și pe de altă parte instabilitatea funcțională care poate fi prezentă și cauza durerea lombară joasă (low back pain - LBP) în ciuda absenței oricărei anomalii radiografice [85].

La momentul actual cea mai uzitată definiție a instabilității a fost elaborată de Panjabi et all. (1992) care spune că instabilitatea este “o semnificativă scădere în capacitatea sistemului stabilizator al coloanei de a menține zona neutră intervertebrală între limitele fiziologice astfel încât să nu existe disfuncții neurologice, nici o deformare majoră, și nici o durere incapacitantă” [86]. El introduce deosemenea ideea că toată amplitudinea de mișcare (AM) a coloanei este compusă dintr-o “zonă neutră” (ZN) și o “zonă elastică” (ZE). Zona neutră este partea flexibilă din AM totală în care există o rezistență minimală la mișcarea intervertebrală din partea structurilor intervertebrale datorată laxității lor. Zona elastică se află la marginea AM unde există o semnificativă rezistență din partea structurilor pasive.

Ligamentele, capsula, discul intervertebral sunt supuse unor tensiuni ce necesită o încărcare mai mare per unitatea de deplasare (mișcare). Zona elastică este una de rigiditate crescută unde mișcarea spinală întâlnește o rezistență semnificativă (fig. 2. 5) [86].

Amplitudinea de mișcare în zona neutră este mărită de procesele de degenerare și traumatisme și scăzută în cazul activării musculaturii stabilizatoare sau prin fixatoare externe (artrodeze). Acest lucru este confirmat de un studiu in vitro care demonstrează că indivizii cu modificări degenerative (discartroză) au AM crescută în zona neutră [87]9.

Modelul adus de Panjabi mai introduce ideea că stabilitatea la nivelul coloanei ține de un sistem format din 3 componente inter-conectate: subsistemul pasiv, activ și neural. Subsistemul pasiv este alcătuit din elemente structurale passive (vertebra și ligamentele), cel activ este alcătuit din mușchi și tendoane care pot aplica forțe de corecie la nivel spinal iar controlul acestuia este preluat de un subsistem neural (fig. 2. 6).

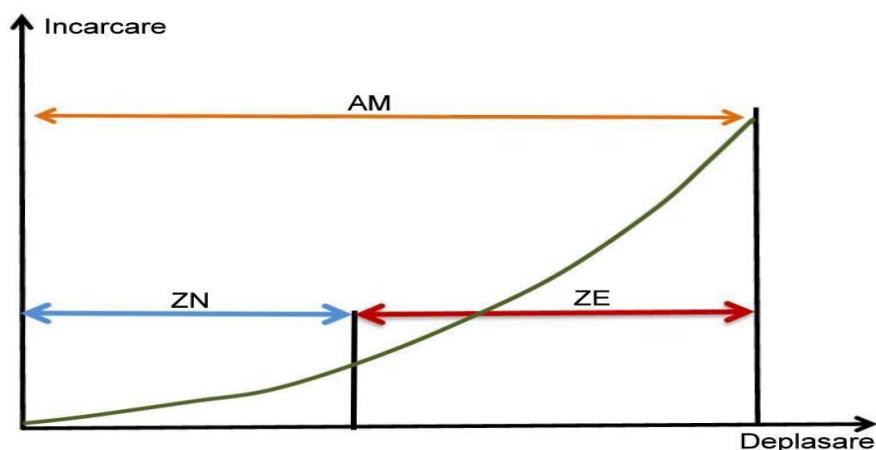


Figura 2. 5 Curba încărcare/deplasare a coloanei nu este liniară. Amplitudinea de mișcare (AM) a coloanei cuprinde inițial o zonă neutră (ZN) cu o deplasare relativă mare la o încărcare scăzută și o zonă elastică (ZE) ce necesită o încărcare mai mare per unitate de mișcare datorită tensiunii capsulare și ligamentare.

Astfel putem avea instabilitate la nivelul coloanei determinată de o disfuncție a oricărui dintre aceste sisteme de stabilizare care se condiționează reciproc. Deci când vorbim de o instabilitate radiografică (mecanică) ne referim la o diminuare sau abolire a capacitații elementelor pasive de a menține stabilitatea în zona neutră, moment în care intervin mecanismele active (mușchii) și de control neural pentru a stabiliza.

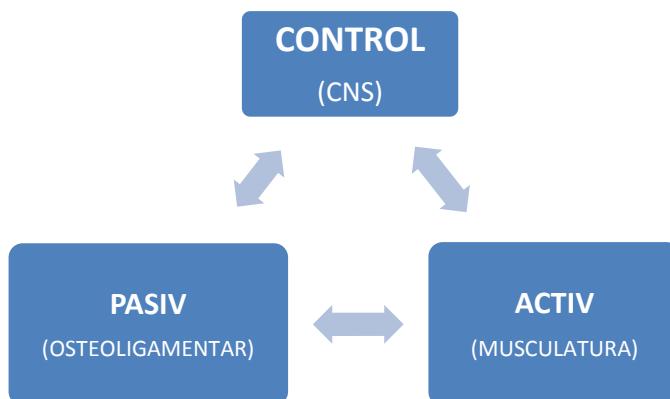


Figura 2. 6 Cele trei subsisteme care în mod normal mențin stabilitatea la nivelul coloanei lombare

Din cele descrise anterior putem conchide că *instabilitatea mecanică* este determinată de o perturbare a stabilizării pasive și o scădere a integrității structurale, iar *instabilitatea funcțională* se referă la o lipsă a controlului neuro-muscular a articulațiilor în timpul activităților funcționale indiferentă la prezența instabilității mecanice. Deoarece controlul neural folosește imputuri kinestezice pentru a coordona funcția de stabilizare musculară, instabilitatea funcțională este un element patologic ce poate fi mult mai bine tratat prin mijloace de mișcare terapeutică (fizioterapie) [88].

Stabilitatea spinală este asigurată de un sistem de stabilizare alcătuit din cele trei subsisteme în strânsă legătură: 1. coloana sau sistemul pasiv, 2. mușchii și tendoanele sau sistemul activ și 3. unitatea controlului central nervos.

În subsistemul pasiv oasele, ligamentele și discurile împlinesc un rol structural intrinsec și controlează direct ZE aproape de părțile extreme ale mișcării normale [89]. Ligamentele, discurile și capsulele articulare conțin mecanoreceptori care acționează ca niște traductori, trimițând o informație continuă propriocepțivă despre presiuni, mișcare și postură de la nivelul fiecărei unități funcționale spinale (UFS) către sistemul nervos central care, la rândul său, răspunde prin creezea unui răspuns corect și coordonat de feedback muscular [90, 91].

Controlul activ este asigurat de către mușchi și tendoane sub controlul SNC asigurând stabilitatea în principal în ZN unde rezistența la mișcare opusă de către elementele pasive este minimă (89). Activitatea musculară este necesară pentru a stabiliza coloana în timpul mișcărilor de aşezare, ridicare și flexie. Fără forțele create de mușchi coloana ar fi foarte instabilă chiar și atunci când vorbim despre o încărcare minimală [92].

Funcția musculaturii profunde unisegmentare diferă de cea a musculaturii superficiale multisegmentare. Datorită faptului că musculatura profundă este de mici dimensiuni și localizați foarte aproape de axele de rotație, mușchii scurți (intertransversarii, interspinoși, multifidul) acționează în principal ca traductor de forte trimițând răspunsuri de feedback către SNC despre mișcarea, încărcarea și poziționarea coloanei. De cealaltă parte mușchii lungi și superficiali având brațele de forte mari față de inserțiile osoase spinale acționează ca principali mobilizatori și stabilizatori [93].

Astfel, mușchii erectoris spinalis și oblique abdominalis produc cea mai mare parte a forțelor de putere necesare în activități de ridicare și respectiv momente de rotație, în timp ce mușchiul multifidus acționează ca un stabilizator dinamic al acestor mișcări [93]. Mușchii obliques abdominis și transversus abdominis sunt în principal mușchi flexori și rotatori ai coloanei lombare însă stabilizează și coloana în același timp creând un cilindru rigid în jurul ei prin creșterea presiunii abdominale și tensionarea fasciei toraco-lombare [94].

S-a demonstrat că mușchiul transversus abdominis este asociat cu controlul presiunii intra-abdominale [29, 95]. Studii recente care au implicat electrostimularea diafragmului la oameni și mușchiul transversus abdominis și diafragmul la porcine confirmă că rigiditatea spinală este crescută prin presiunea intra-abdominală [96, 97, 98].

Tensiunea fascială poate restrictionă în mod direct mișcarea intervertebrală sau să asigure o ușoară compresie segmentară prin intermediul stratului posterior al fasciei toraco-lombare [99]. Un studiu pe preparat porcin in-vivo confirmă faptul că efectul combinat dintre creșterea presiunii intra-abdominale și tensiunea fascială este necesară pentru ca mușchiul transversus abdominis să crească rigiditatea intra-vertebrală și că efectul său mecanic este redus dacă inserțiile fasciale sunt secționate [98].

Mușchiul multifidus are fibrele superficiale distale față de centrele de rotație spinale, au un braț de moment pe extensie și pot controla lordoza lombară [100]. În contrast, fibrele profunde au un braț de moment limitat și astfel o capacitate mică de a extinde coloana [101]. Multifidusul poate controla mișcarea intervertebrală prin producerea de compresie

intervertebrală și controlul forțelor de forfecare [102]. Proximitatea față de centru de rotație spinal determină o compresie intervertebrală cu un minim moment de extensie. El poate deasemenea contribui la controlul mișcărilor intervertebrale prin controlul rotației anterioare și a translației vertebrale sau prin tensionarea fasciei toraco-lombare în momentul extinderii corpului muscular prin contracție. Mai multe studii in vivo și in vitro au probat evidența abilității multifidusului de a controla mișcarea inter-UFS [103, 104].

Sistemul nervos central primește inputuri complexe din partea tuturor articulațiilor, mușchilor și tendoanelor pentru a regla și coordona în timp și spațiu activitatea musculară [89].

În cazul în care apare o distrugere acută sau cronică la nivel ligamentar, discal, capsular și asupra mecanoreceptorilor pe care-i conțin se produc semnale ale sensibilității profunde anormale care se transmit către SNC lucru ce cauzează un răspunz motor alterat cu o coordonare spațială și temporală alterată. La rândul său activitatea musculară alterată crește stresul mecanic asupra structurilor osoase și articulare spinale ce determină apoi un răspuns de feedback anormal la nivelul unității funcționale spinale care este transmis din nou la SNC creând un cerc vicios ce duce în final la inflamații, fatigabilitate musculară și activarea nociceptorilor cu declanșarea unei durerii continue [105].

Schleip et al. sugerează faptul că din moment ce fascia toracolombară conține bogate rețele de corpusculi Ruffini și Vater-Pacini în toate cele 3 straturi, deteriorarea acesteia poate fi implicată în producerea durerii cronice prin stimularea sensivă anormală a SNC. Defapt pacienții cu durere lombară cronică demonstrează o întârziere în răspunsul muscular și un control postural redus în comparație cu subiecții asimptomatici [106, 107].

Diagnosticul instabilității funcționale

Criteriile utilizate pentru a identifica instabilitatea radiologică (mecanică) care necesită o intervenție chirurgicală de stabilizare nu sunt adaptate pentru a detecta instabilitatea funcțională lombară. Acest lucru se datorează faptului că radiografiile de extensie-flexie nu oferă nici o informație despre componente active și neuromusculară ale sistemului de stabilizare, arătând ce se întâmplă doar la nivelul sfârșitului amplitudinii de mișcare (poziție ne-fiziologică) și nu reușesc să determine ce se întâmplă pe parcursul mișcării [108]. Literatura de specialitate arată că instabilitatea funcțională nu pare să fie corelată cu măsurările radiografice iar radiografiile de profil au determinat o rată mare de diagnosticare fals-pozițivă [83, 85, 109].

Un număr de clinicieni au propus mai multe teste pentru a determina instabilitatea de la nivelul intervertebral lombar. Ele au fost incluse în studii pentru a observa procentul de încredere/reproductibilitate inter-testator (intertester reliability) și de specificitate și sensibilitate în determinarea instabilității [110, 111, 112, 113].

Printre acestea cu un procent destul de mare de fiabilitate și utilizate în conjuncție se numără:

- “**Aberrant movement test**”. Este un test calitativ ce evaluează apariția durerii la efectuarea flexiei și apariția durerii la revenirea din flexie. Încrederea în depistare a mișcărilor aberante a fost descrisă ca moderată (kappa 0.60) și cu o specificitate de 90% (68, 98 Confidence Interval - CI) dar cu o sensibilitate de numai 18% (7, 38 CI)
- “**Prone instability test**” (PIT). Este un test de provocare a durerii și evaluează instabilitatea intervertebrală în stare pasivă sau activă a coloanei. Rata de reproductibilitate intertestator a fost descrisă ca fiind mare (kappa 0.87/ 80, 90 CI) de către Hicks et al. (112) și medie (kappa = 0.69) de către Fritz et al. (110), dar cu o sensibilitate de 61% (41, 78 CI) și specificitate de 57% (34, 77 CI).

- “**Passive lumbar extension test**” (PLE). Este un test de provocare a durerii ce evaluează coloana într-o stare pasivă. Senzitivitatea și specificitatea fiind mai mari decât la testul PIT respectiv de 84% (68, 93 CI) și 90% (82, 96 CI) [113].
- “**Hand Held Dinamometry**”. Dinamometria musculaturii coloanei lombare [114].
- “**Oswestry Low Back Pain Questionnaire**”. Este un instrument folosit de clinicieni pentru cuantificarea disabilităților și disfuncțiilor determinate de afecțiunile de la nivelul coloanei lombare și este considerat ca “gold standard” în măsurarea gradului de dizabilitate și de estimare a calității vieții pacienților [115, 116].

La aceste teste clinice se mai adaugă o anamneză

Datorită faptului că diagnosticarea instabilității funcționale este destul de dificilă, literatura de specialitate a încercat corelarea rezultatelor diferitelor teste pentru a obține o regulă de predicție clinică pentru pacienții care pot cel mai probabil profita de pe urma unui program fizioterapeutic de stabilizare funcțională lombară (tab II. 2) [117].

Tabel II. 2 Cea mai bună evidență în a identifica pacienții care vor răspunde la tratamentul prin exerciții de stabilizare

Regula de predictivitate clinică pentru succes cu exerciții de stabilizare: ➤ 67% şanse de îmbunătățire semnificativă cu prezența a 3 din 4 criterii	<ul style="list-style-type: none"> • Testul PIT pozitiv • Prezența mișcărilor aberante • SLR activ la mai mult de 91° • Vârstă mai mică de 40 de ani
---	--

II. 3. TEHNICI DE REEDUCARE FUNCȚIONALĂ

II. 3. 1. Eletrostimularea fibrei nervoase

Proprietățile electrofiziologice ale fibrelor nervoase și muscularare

Toate fibrele nervoase au în esență aceeași structură ce se aseamănă cu un cablu electric izolat. Așa cum a fost descris de către Keynes & Aidley în 2001, în interiorul fibrei nervoase există un cilindru central, format din citoplasmă sau axoplasmă, ce este izolat de un strat exterior și anume membrana nervoasă ce are proprietăți de excitabilitate electrică. Similar, fibrele muscularare sunt încorporate într-o lamină formată dintr-un strat de glicoproteine și colagen, cu o membrană excitabilă electric (sarcolemma) ce conține fluidul intracelular (sarcoplasma) și structurile intracelulare [118]. Membrana celulară joacă un rol important atât în momentul stimulării cât și în repaus. Ea este foarte subțire (70 Å), fiind alcătuită din straturi de albumine și lipide ordonate uniform, ce-i conferă o permeabilitate selectivă [119].

Conducerea unui potențial de acțiune dealungul membranei celulare nervoase sau muscularare este posibilă deoarece există o *diferență de potențial* între fluidul intracelular și cel extracelular. **Potențialul de repaus** este de ordinul a – 90 mV pentru fibra musculară scheletală și – 70 mV pentru motoneuronii periferici. Semnul minus indică faptul că interiorul celulei are un potențial negativ față de cel exterior; această diferență de potențial poate fi modificată prin migrarea ionilor [120].

Fluidele intracelulare și extracelulare sunt într-o stare de echilibru osmotic, ceea ce înseamnă că concentrația ionilor este egală în ambele părți ale membranei. Există totuși o diferență în proporția diferenților ioni din cele două soluții: avem o concentrație mai mare de ioni de K⁺ în fluidul intracelular și o concentrație mai mare de ioni de Na⁺ în fluidul extracelular. În timp ce Na⁺ se află în exteriorul celulei în concentrație de 142 – 145 mEq/l și în exterior de numai 10 – 12 mEq/l, K⁺ prezintă o concentrație extracelulară de 4 mEq/l și intracelulară de 140 – 155 mEq/l [121].

Această diferență este menținută prin mecanismul denumit „pompă” consumatoare de energie, adică printr-o activitate energetică a celulei în care mitocondriile au un rol deosebit de important ca generatori de energie. Prin acest mecanism de „pompă” (descoperit de Hodgkin & Keynes) în care se susține că rolul principal îi revine pompeii de sodiu, se realizează următorul schimb de ioni: expulzarea ionilor de Na⁺ din celulă și acumularea ionilor de K⁺ în interiorul celulei. Evindeță sugerează că raportul dintre expulzarea ionilor de Na⁺ față de influxul de ioni de K⁺ este de 3:2 [122].

Datorită diferenței de concentrație a celor doi ioni de la nivelul membranei celulare în repaus, se realizează o diferență de tensiune (potențial) numită *potențial de membrană*, de repaus sau stabil. Potențialul este datorat polarizării electrice a membranei celulare. Direcția de polarizare este întotdeauna pozitivă în exteriorul membranei, față de interiorul celulei considerat negativ.

Generarea și propagarea potențialului de acțiune

Distribuția inegală de ioni pe suprafața membranei celulare nervoase și muscularare determină baza generării și propagării *potențialului de acțiune*. Celulele nervoase și muscularare sunt excitabile, astă înseamnă că ele sunt capabile să producă un potențial de acțiune după o aplicare a unui stimul prag (threshold) adecvat. *Potențialul de acțiune* este o

modificare reversibilă a potențialului de membrană. Această modificare are o durată de ~ 1 ms pentru celulele nervoase și până la 2 ms pentru unele fibre musculare.

Pentru a stimula un nerv, stimulul trebuie să fie de o intensitate și durată suficientă pentru a determina depolarizarea membranei nervului. Dacă rampa undei este foarte lentă, atunci rata de depolarizare este și ea foarte lentă, deoarece are loc un transfer constant și lent de ioni într-o singură direcție și astfel nu este generat nici un potențial de acțiune. Dacă stimulul este aplicat rapid (undă cu rampă scurtă) și durata fazei este destul de lungă, fibra nervoasă este rapid depolarizată până la pragul de intensitate ce generează potențialul de acțiune. Cu cât stimulul este aplicat mai lent, cu atât este nevoie de o depolarizare mai amplă pentru a atinge pragul de stimulare a fibrei nervoase (Fig. 2. 5) [123].

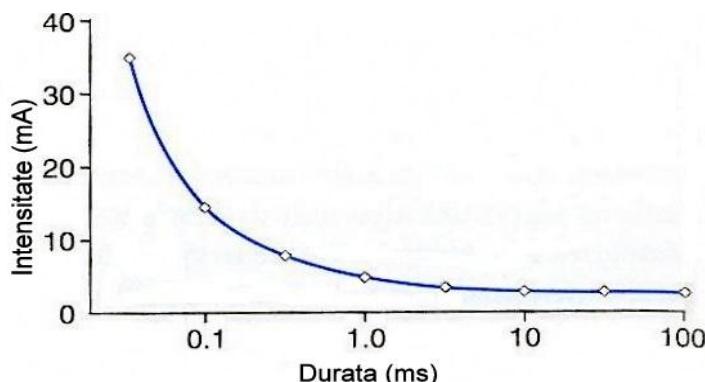


Figura 2. 5 Relația dintre intensitate și timp (strength - duration) a unui stimul necesar pentru a genera un potențial de acțiune în fibra nervoasă motorie. Preluat și modificat după Cramp M. [123]

În urma unei excitații, dacă stimulul depășește, ca intensitate și durată, „valoarea prag”, se declanșează depolarizarea care se divide în două faze:

- Faza a: intrarea ionilor de Na^+ ;
- Faza b: intrarea explozivă a ionilor Na^+ și ieșirea ionilor de K^+ . În urma acestui proces concentrația ionilor de Na^+ depășește concentrația ionilor de K^+ , iar încărcarea electrică interioară atinge +30 mV.

Deci se atinge un potențial de acțiun care crește de la -90 mV la +30 mV rezultând un potențial de acțiune de $(90 + 30) = 120$ mV. Între 0 – 30 mV apare așa-numitul vârf (overshoot). Atingerea valorii de +30 mV declanșează repolarizarea, care prin acțiunea pompei $\text{Na}^+ - \text{K}^+$ face să iasă ionii de Na^+ și să intre ionii de K^+ , astfel refăcând potențialul de repaus (124).

a) Depolarizarea

Stimularea celulei prin agenți chimici și fizici produce o serie de modificări importante

și rapide ale proprietăților și implicit ale potențialului membranei celulare, desfășurate în miimi de secundă. Secvența variațiilor potențialului de membrană din cursul excitației reprezintă potențialul de acțiune al celulei (membranei celulare) [119, 121].

Membrana stimulată devine dintr-o dată permeabilă pentru ionii de sodiu, declanșându-se un flux masiv al acestor ioni dinspre exterior spre interior, curentul de intrare al Na^+ atingând intensitatea de ieșire a ionilor de K^+ .

Permeabilitatea membranei celulare pentru sodiu crește în urma depolarizării, proces în care partea externă a membranei devine negativă, iar cea internă – pozitivă. Cu oarecare întârziere față de fluxul ionilor de sodiu se produce un flux invers al ionilor de potasiu, dar de mai mică valoare. În timpul depolarizării, conductanța membranei pentru sodiu ajunge să fie

de 30 – 40 de ori mai mare decât pentru potasiu, iar viteza de migrare a sodiului ajunge până la de 7 ori mai mare decât cea a potasiului. În aceste condiții, deși ambii ioni sunt încărcați pozitiv, pozitivitatea crește în interiorul membranei față de exteriorul acesteia. Această trecere masivă și rapidă de ioni de sodiu în interiorul celulei este întâlnită în domeniul fiziologiei sub denumirea de „vârf” (OVERSHOOT) [124].

În urma modificărilor rapide de permeabilitate și de concentrație ionică, stimulul cu nivel de prag reduce potențialul de repaus cu 15 mV – 20 mV, care ajunge astfel la o valoare în jur de -65 mV, numită și potențial critic; acesta reprezentând de fapt momentul depolarizării membranei și a declanșării potențialului de acțiune [124].

b) Repolarizarea

Chiar în timpul procesului de depolarizare încep să apară procese care tind să restabilească potențialul de repaus. Aceste procese de revenire la potențialul de membrană se constituie în fază de repolarizare. Are loc o fază de inactivare a mecanismului de transport al sodiului spre interiorul celulei cu reducerea bruscă a conductanței membranei celulare pentru sodiu, al cărui flux revine la valoarea de repaus. În același timp crește permeabilitatea membranei pentru potasiu, care va ieși din celulă cu un flux crescut în intensitate; mișcarea inversă a potasiului determină restabilirea potențialului de membrană la valoarea de repaus [121].

Refacerea potențialului de repaus începe imediat odată cu încheierea fazei de repolarizare membranei celulare. Cu ajutorul „pompei” sodiu-potasiu, Na⁺ suplimentar ieșe din celulă, iar potasiul se reîntoarce în celulă până când potențialul atinge iarăși valoarea de repaus.

Pe durata potențialului de acțiune (în timpul depolarizării) membrana celulară este incapabilă să mai reacționeze la un alt stimul. După un potențial de acțiune, se produc două modificări ce face imposibil pentru nerv de a mai transmite imediat un alt potențial de acțiune. Prima modificare este cea a *inactivării* sau *perioada refractară absolută*. În timpul acestei perioade indiferent de ce stimul de depolarizare are loc din exterior, nu se mai poate produce un alt doilea răspuns regenerativ. După perioada refractară absolută are loc o *perioadă refractară relativă* în timpul căreia pragul de excitabilitate este mai scăzut, acest lucru permitând o excitație locală care cu timpul poate declanșa un potențial de acțiune [123].

Prin măsurările efectuate s-a putut stabili că o fibră nervoasă mielinizată poate conduce cel mult 800 – 1000 impulsuri pe secundă la o stimulare artificială (current electric); dar după scurt timp, la frecvențe atât de mari, perioada refractară absolută (1 ms) crește și frecvența maximă transmisă va scădea. Aceasta este „oboseala” tipică unui sistem care funcționează după legea „Totul sau nimic”. Dimpotrivă cu frecvențe de 50 -100 Hz, fibrele nervoase medulare pot fi stimulate mai îndelung fără a se instala fenomene de oboseală [119].

Producerea excitațiilor reclamă o anumită intensitate a curentului de excitare, care să depășească valoarea prag. În excitare joacă un rol și suprafața membranei stimulate, intensitatea curentului raportată pe unitatea de suprafață realizând *densitatea curentului*.

Curentul de stimulare de o anumită intensitate (I) instalat brusc, este necesar să acționeze o durată de timp (t) determinată pentru a produce depolarizarea membranei - o anumită cantitate de electricitate (Q) fiind necesară pentru declanșarea flusului de ioni; $Q = I \cdot t$.

Cronaxia și reobaza

Parametri electrofiziologici uzuali ce definesc excitabilitatea nervului sunt:

Reobaza – este intensitatea minimă a curentului care poate produce o excitație într-un timp nedefinit. Foarte importantă pentru realizarea excitației adecvate este intensitatea raportată la suprafața membranei - concentrația curentului pe secțiunea de membrană; aceasta este densitatea curentului menționată anterior. Valoarea ei este în funcție de mărimea

electrozilor: la electrozii mici, densitatea este mai mare în timp ce la electrozii mari densitatea este mai mică.

Timpul util. Curentul excitator trebuie să aibă un timp minim necesar transportului unei cantități suficient de mare de energie care să modifice potențialul de repaus la nivelul membranei excitabile. Acest timp minim, în care un curent dreptunghiular cu valoarea reobazei produce excitația de închidere a curentului, se numește timp util. Cu cât intensitatea este mai mare cu atât timpul util este mai mic.

Cronaxia – timpul util minim necesar pentru a produce o excitație minimă cu un curent a cărui intensitate este egală cu dublul reobazei. Valoarea ei este deosebită după diferitele tipuri de fibre nervoase. Fibrele mielinice A, cu o excitabilitate mare, au o cronaxie de circa 0,1 – 0,2 ms; cele mielinice mai subțiri circa 0,2 – 0,3 ms, iar cele amielinice 0,4 – 0,7 ms. Deci cronaxia este invers proporțională cu excitabilitatea nervului.

Ca o regulă generală, nervii de diametre mari (grupul Aα de nervi motori) conduc impulsurile mult mai rapid și au un prag mai scăzut al excitabilității în comparație cu nervii de calibră mic ce conduc durere Aδ (Fig. 2. 6). Astă înseamnă ca pragul excitabilității și viteza de conducere nervoasă a fibrelor motorii pot fi testate fără excitarea fibrelor de transmitere a durerii (123).

În funcție de particularitățile mușchilor striați există 3 grupe de cronaxii:

- Cronaxii scurte = 0,06 – 0,16 ms
- Cronaxii medii = 0,20 – 0,36 ms
- Cronaxii lungi = 0,40 – 0,72 ms

Valorile cronaximetrice ale mușchilor striați sunt diferite după funcția și topografia lor [119]:

- Cronaxia mușchilor cu activitate mai rapidă (fazici, albi sau de reacție) este mai scurtă decât a celor cu activitate mai lentă (tonici, roșii sau de forță);
- Cronaxia este mai scurtă la mușchii flexori decât la cei extensori;
- Cronaxia este mai mică la punctele motorii proximale ale unui mușchi, comparativ cu cele distale;
- Cronaxia musculaturii proximale este mai scurtă decât a musculaturii distale.

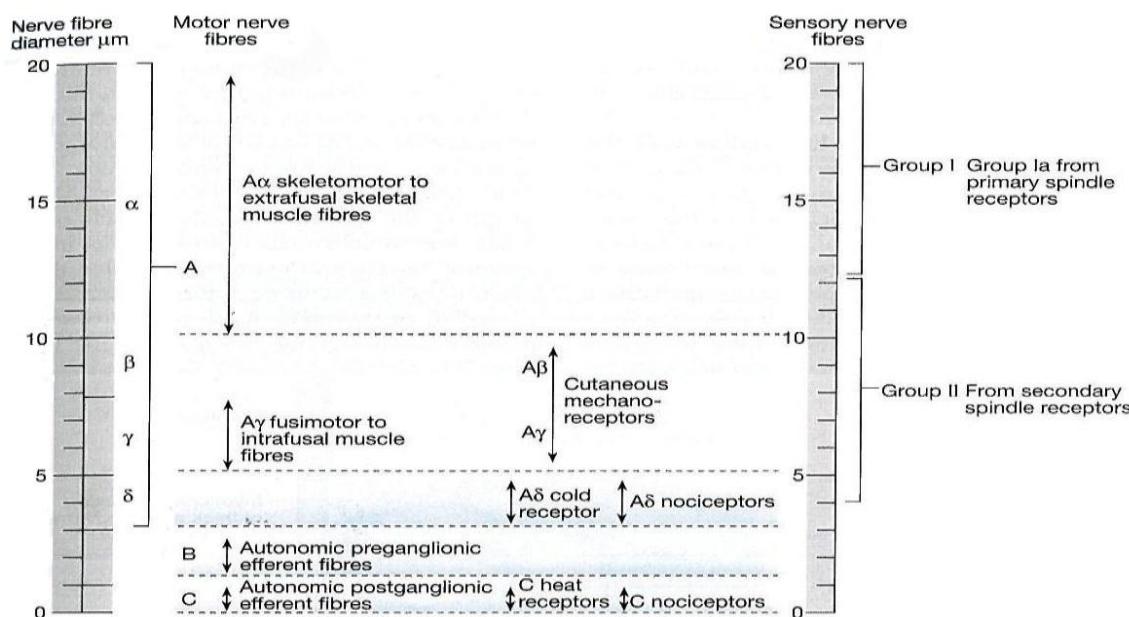


Figura 2. 6 Clasificarea nervilor periferici după dimensiune și conductibilitate nervoasă. Preluat și modificat după Cramp M. [123]

II. 3. 2. Conceptul exercițiilor de stabilizare lombară

Conform literaturii de specialitate conceptul exercițiilor de stabilizare lombară în fizioterapie a fost utilizat cu succes atât în instabilitatea segmentară (mecanică/radiografică) cât și în cazuri de instabilitate funcțională (clinică) dar și în durerea cronică reziduală (125, 126, 127). Cu toate că detaliile programelor de exerciții variază între studii, principiile și reperele științifice rămân aceleași. Conceptul exercițiilor a fost dezvoltat în jurul teoriei disfuncției spinale propuse de Panjabi și pe modelul anatomic și biomecanic al funcției musculaturii trunchiului propus de către Bergmark (89, 128). Modelul propus de Bergmark presupune două sisteme musculare, un sistem global și un sistem local, care controlează mobilitatea și stabilitatea coloanei vertebrale.

Sistemul muscular global este constituit din mușchii fazici sau “motorul principal” ai coloanei cum ar fi rectus abdominis, obliquus externus și iliocostalis lumborum. Acești mușchi mișcă coloana lombară dar nu au nici o inserție pe ea. Sistemul muscular local include musculatura tonică, posturală sau stabilizatoare cum ar fi psoas major, quadratus lumborum, multifidus, obliquus internus și transversus abdominis [128].

Aceste teorii au fost combinate cu cercetări legate de stabilitatea lombară și control și teorii legate de “învățarea motorie” pentru a dezvolta bazele unui model de intervenție progresiv (ex.: “core stabilization” – stabilizare centrală sau “dynamic lumbar stabilization” – stabilizare lombară dinamică) [129, 130, 131].

Exercițiile de stabilizare pun accent pe utilizarea musculaturii stabilizatoare locale (transversus abdominis, obliquus internus și multifidus) pentru a restabili controlul activ și stabilitatea la nivelul trunchiului (132). Obținerea unei stabilități spinale este determinată de un pattern armonios de activare a contracției musculaturii. Stabilitatea segmentelor intervertebrale este în principal obținută prin activarea musculaturii intrinseci sau locale cum ar fi transversus abdominis, multifidus și quadratus lumborum, în timp ce mușchii mai mari și superficiali cum ar fi rectus abdominis, obliquus externus și erector spinae produc o rigidizare adițională [133].

În general conceptul exercițiilor de stabilizare lombară este alcătuit din trei stadii. *Primul stadiu* presupune activarea conștientă și izolată a musculaturii locale. *Al doilea stadiu* implică co-contracția musculaturii locale peste care se suprapune activarea musculaturii extremităților (membrelor). *Al treilea stadiu* presupune integrarea activării sistemului local de mușchi în timpul exercițiilor ce mînează mișcări din timpul activităților de zi cu zi [134].

Stadiul 1

În stadiul 1 ședințele de terapie pun accentul pe poziția neutră a coloanei lombare și activarea corectă a musculaturii intrinseci. Pacienții cu durere lombară joasă cronică sau recurrentă pot avea dificultăți în a-și mobiliza pelvisul independent față de coloana toracală și sold. Sedința inițială implică învățarea de către pacient a mișcărilor de diferențiere pelvică [132].

După ce pacientul este capabil să izoleze mișcarea diferențiată a pelvisului acesta trebuie să învețe să mobilizeze pelvisul pentru a crea poziția neutră a coloanei lombare. Poziția neutră a coloanei lombare poate fi caracteristică fiecărui pacient în parte în funcție de patologie și caracteristici morfologice. Un pacient cu coloana lombară în hiperextensie trebuie să execute o retroversie a pelvisului spre o reducere a extensiei, iar un pacient cu o rectitudine lombară trebuie să creeze o anteducție [132].

După posturarea coloanei în poziția neutră scopul următor este de a reuși activarea musculaturii transversus abdominis și multifizii lombari în această poziție. Pacientul învață să execute manevra denumită “abdominal brace” (corsetul abdominal) în care trebuie să coactiveze mușchii transversus abdominis și multifidus [135, 136]. Terapeutul poate ajuta

pacientul printr-un feedback al activării musculaturii dorite prin palparea musculaturii sau prin utilizarea unui manomentru pentru un feedback presional. La palpare trebuie să se simtă o contracție ușoară și profundă în comparație cu activarea mușchiului externus obliquus care este mai rapidă și superficială. Deasemenea, o umflare a abdomenului și/sau o aplatizare a rebordului costal semnifică o substituție cu mușchiul rectus abdominis [136].

Activarea discreționară a mușchilor transversus abdominis și multifidus trebuie repetată timp de 10 până la 15 minute pe zi și doar în momentul în care pacientul reușește să mențină contracția timp de 60 de secunde se poate trece la următoarea fază [134, 136].

Stadiul 2

În această etapă pacientul învață să mențină co-contracția mușchilor transversus abdominis și multifidus lumborum (“corsetul abdominal”) în timp ce execută mișcări de destabilizare și îngreunare a menținerii “corsetului abdominal”. Antrenamentul mușchiului transversus abdominis poate fi accentuat prin menținerea “corsetului abdominal” în conjuncție cu mișcările membrelor, executarea podului, ortostatism și mers [126]. Celalți mușchi stabilizatori și quadratus lumborum pot fi activați prin poziții de suport orizontal lateral. Această poziție întețește mușchii quadratus lumborum și externus și internus obliquus fără să introducă la nivelul coloanei lombare încărcări compresive mari [130].

Atunci când se are în considerare crearea de exerciții pentru pacienții cu lombalgii trebuie să se aibă în vedere mai mult creșterea rezistenței musculaturii decât creșterea forței ei. În această idee exercițiile ar trebui efectuate zilnic având ca și caracteristică greutăți mici cu repetări multe [130].

În ultima parte a stadiului 2 pacienții ar trebui să repereze poziții și mișcări care produc durere în zona lombară și să le exerseze cu activarea mecanismului de “corset abdominal”. De exemplu, dacă pacientul resimte dureri în momentul mișcării de ridicare din așezat el ar trebui să mențină poziția neutră a coloanei lombare și să activeze “corsetul abdominal” iar pe acest fond să execute așezarea/ridicare, schimbarea greutății de pe un membru pe celălalt și extensia și flexia șoldului și a genunchiului [136].

Pacientul va trece la următorul stadiu atunci când reușește să mențină activat “corsetul abdominal” în timpul mișcărilor funcționale de zi cu zi [134].

Stadiul 3

Etapa a - 3-a a conceptului de stabilizare lombară încearcă transpunerea controlului co-contracției musculaturii din “corsetul lombar” de la nivel activ la nivel subconștient. Sedința de terapie implică exerciții care includ elemente de distragere a atenției. De exemplu, pacientul așezat în ortostatism pe o platformă de echilibru în timp ce încearcă să prindă o mingă [132].

Scopul ultimei etape este de a integra co-activarea musculaturii locale în activitățile recreaționale sau de muncă și ar trebui să fie adaptate nevoilor funcționale și scopurilor pacientului [132 – 136].

PARTEA PERSONALĂ

CAPITOLUL III MOTIVAȚIA ȘI OBIECTIVELE STUDIULUI PERSONAL

Studiul de față reprezintă o acțiune pe care am înțeles că trebuie întreprinsă în urmă cu 5 ani, atunci când căutam modalități de a-mi ajuta pacienții ce se prezintau la serviciul de recuperare medicală cu diverse etiologii de comprimare ale nervilor periferici. În această căutare am accesat mai multe cursuri de supraspecializare pentru reeducarea funcțională a deficiențelor motorii prin care să readuc funcția acolo unde ea dispăruse.

O parte din răspuns l-am primit atunci când am făcut cursul postuniversitar de stimulare electrică funcțională „*The Functional Electrical Stimulation - Single Channel and UpperLimb Course*”. Răspunsul însă nu a venit printr-o concretizare a ceea ce căutam ci printr-un răspuns la o simplă întrebare adresată lectorului. Întrebarea a fost: “- Okay, okay, am înțeles că literatura științifică arată beneficiile nete ale stimării electrice funcționale pentru deficiențele neuromotorii centrale; dar pentru cele ale sistemului nervos periferic?”. Răspunsul a fost o liniște totală. Aici se regăsește motivația principală a acestei lucrări. Întradevăr cercetând literatura de specialitate am observat că la momentul respectiv era prezentă o singură lucrare care studia această problematică, iar aceea sub forma unui studiu pilot.

Decurgând firesc din această motivație, obiectivul major al lucrării de față a fost acela de a observa efectele stimulării electrice funcționale asupra recuperării mișcării de dorsiflexie a piciorului paralitic discogen.

Obiectivele studiului:

- Aplicarea și evaluarea eficienței aplicării stimulării electrice funcționale declanșate prin “switch” calcanean;
- Aplicarea și evaluarea eficienței aplicării stimulării electrice funcționale declanșate prin bio-feedback (EMG);
- Evaluarea statistică a rezultatelor clinice și a particularităților;
- Evaluarea cazuistică pe o durată de patru ani pentru observarea tipologiei apariției herniei discale lombare și dinamica demografică;
- Observarea costului total al unui ciclu complet de intervenție chirurgicală și reeducare funcțională postoperatorie.

CAPITOLUL IV

STUDIU RETROSPECTIV DESCRIPTIV PRIVIND COSTURILE SOCIO-ECONOMICE ÎN CEEA CE PRIVEȘTE PACIENTUL CU DISCOPATIE LOMBARĂ

IV. 1. INTROUCERE ȘI OBIECTIVE DE ETAPĂ

Durerea lombară (low back pain) datorată herniei discale lombare reprezintă în acest început de secol XXI o problemă de management social și a sănătății publice. Chiar dacă discectomia este o procedură relativ comună pentru herniile de disc lombare, în acest moment în România nu există studii efectuate asupra impactului acestei afecțiuni în contextul ei socio-economic.

Spre deosebire de impasul din societatea noastră, în țările vestice ale Uniunii Europene precum și în Statele Unite ale Americii există studii efectuate la cererea companiilor de asigurări și securitate socială pentru a înțelege problema acestei afecțiuni și impactul ei asupra contextului social și al costurilor economice. Această conduită a fost determinată de efortul scăderii împovărării asupra societății.

Datele necesare pentru a se observa dinamica impactului socio-economic sunt luate din literatura științifică străină de caracterul local. Studiile epidemiologice arată că un procent între 75% - 85% din populație va experimenta în timpul vieții cel puțin un episod algic determinat de hernia discală lombară iar biroul de statistică națională al SUA raporta o prevalență între 15% și 20%.

Deasemenea, durerea lombară este cauza cea mai frecventă a absenteismului sau prezenteismului (se prezintă la muncă dar nu dă randament din cauza durerilor) de la serviciu pentru persoanele cu o vîrstă sub 45 de ani, al cincilea cel mai frecvent motiv pentru spitalizare, ocupând totodată locul trei între intervențiile chirurgicale. Aproximativ 2% din întreaga populație dezvoltă diferite forme de invaliditate care-i scoate din interacțiunea socială într-un mod temporar sau cronic [137, 138].

Statistica europeană subliniază că între 10% și 15% din absența de la locul de muncă este cauzată de hernia discală lombară. Prevalența pentru o perioadă de un an a durerii lombare în țările europene se situează între 25 și 45% iar cronicizarea durerii lombare este prezentă la 3 – 7% din populația adultă [139].

O serie de studii retrospective de cohortă cu privire la intervențiile chirurgicale în hernia discală lombară au pus în evidență rezultatele pe termen scurt (6-24 luni) și termen lung (> 24 luni). Astfel pe termen scurt s-a evidențiat o recurență a durerii la nivel lombar sau al membrului inferior după intervenția chirurgicală între 3% și 23%.

Rezultatele pe termen lung au evidențiat o recurență a durerii lombare sau la nivelul membrului inferior între 8% și 22%. Cazurile de recurență a herniei discale la același nivel a fost de până la 13% din cazurile studiate iar rata de reintervenție a fost între 0 și 12,5% (Tab. 3. 1).

Tabel 4. 1 Rezultatele intervenției chirurgicale pe termen scurt și lung, recurențe.

Serii de discectomii studiate	Număr de pacienți	Durere persistentă lombară sau în membrul inferior (%) – perioadă scurtă	Durere persistentă lombară sau în membrul inferior (%) – perioadă lungă	Hernieri recurențe (%)	Rata de reoperare (%)	Număr de discectomii revizuite
Findlay et al. [140], 1998	79	9	16	6,3	0	5
Weber [141], 1983	57	-	20	-	-	-
Williams [142], 1986	903	9	14	4,2	4,2	38
Asch et al. [143], 2002	212	23	-	13	10,8	10
Carragee et al. [144], 2003	180	-	12	8,9	6,1	8
Kim et al. [145], 2007	902	15	-	6,7	4,4	40
Ruetten et al. [146], 2008	178	18	-	6,2	6,2	11
Acharya et al. [147], 2008	259	3	-	3,1	3,1	8
Fakouri et al. [148], 2011	101	8	-	5	5	5
Pappas et al. [149], 1992	654	19	-	4,6	4,6	30
Ambrossi et al. [150], 2009	141	12	-	12	7,8	11
Marquardt et al. [151], 2012	87	-	22	8,0	8,0	7
Chumnanvej et al. [152],	60	-	8	3,3	3,3	2
Garg et al. [153], 2011	55	4	-	1,8	1,8	1
Ahsan et al. [154], 2012	398	15	15	0	0	0
Yorimitsu et al. [155], 2001	72	-	13	12,5	12,5	9
Lubbers et al. [156], 2012	22	-	9	9,1	9,1	2
Matsumoto et al. [157], 2013	344	-	-	10,8	6,4	22
Centralizator		3 – 23%	8 – 22%	0 – 13%	0 – 12,5%	209
Incidență cumulativă						

Într-un studiu recent în care au fost implicați 1191 participanți prin care s-a încercat să se înțeleagă epidemiologia herniei discale lombare, autorii au găsit că vârsta medie era de 41 de ani cu o incidență mai mare la persoanele de sex feminin (57% față de 43%). În plus proporția pacienților care au raportat un absentism mai mare de la locul de muncă a fost în favoarea celor tratați chirurgical decât cei care au urmat un tratament conservator (158, 159).

Există o bună evidență în literatura de specialitate a corelării influenței mediului psihosocial cu modalitatea percepției durerii și dezvoltarea unei afecțiuni cronice (160, 161).

Influența acestor factori ar putea parțial explica de ce discectomia lombară nu a avut întotdeauna succes chiar dacă factorii fiziopatologici au fost înălăturați (162).

Conform cu nomenclatorul North American Spine Society, American Society of Spine Radiology și American Society of Neuroradiology definiția herniei de disc este: “deplasarea localizată sau focală a conținutului discal dincolo de limitele spațiului intervertebral discal”. Această definire arată că o “adevărată” hernie discală este o patologie focală care afectează mai puțin de 25% din discurile intervertebrale (163). Materialul discal herniat poate fi împărțit în mai multe categorii: protruzie, extruzie și sechestrare.

În unele cazuri partea extruzată a discului intervertebral vine în contact cu părți diferite ale sistemului neuronal cauzând printre altele și compresia radiculară nervoasă. Atunci când compresia este importantă poate fi acompaniată de scăderea troficității și funcției nervoase rezultând diminuarea controlului motor. Hernia de disc paralitică datorită deficiențelor funcționale printre care și imposibilitatea de ridicare sau dorsiflexie a piciorului poate determina un ciclu de mers anormal și conduce la vătămări multiple reducând mobilitatea și calitatea vieții subiecților (164).

În privința costurilor economice și sociale, complicațiile herniei discale lombare nu trebuie subestimate. Complicațiile pot include de la recurența afecțiunii până la sciatica hiperalgică, restant functional neuromotor de diverse grade la nivelul membrului inferior (sciatica paralitică) lucru ce poate produce dificultăți serioase în ambulație și interacțiune socială cu riscul ca afecțiunea să devină cronică (165).

În condițiile în care o diversitate de studii clinice arată că pe termen lung tratamentul chirurgical nu este nici mai mult dar nici mai puțin eficient decât tratamentul clasic recuperator sau tratamentul fizioterapeutic, pacientul trebuie evaluat astfel încât să se ajungă la cea mai eficiență decizie în ceea ce privește terapia de urmat pentru diminuarea impactului economic și asupra societății.

Obiective de etapă:

- Evaluarea cazuisticii pe o durată de patru ani pentru observarea tipologiei apariției herniei discale lombare și dinamica demografică;
- Observarea costurilor generale în clinicele de neurochirurgie;
- Observarea costurilor generale în clinicele de recuperare medicală;
- Compararea costurilor în funcție de zilele totale de spitalizare și rentabilitate.
- Observarea costului total al unui ciclu complet de intervenție chirurgicală și reeducare funcțională postoperatorie.

IV. 2. MATERIAL ȘI METODE

Datele cu privire la numărul de pacienți prezentând hernie discală lombară ce au optat pentru intervenția chirurgicală au fost colectate de la două centre spitalicești din zona de dezvoltare Norde-Est a României. S-a optat pentru acest demers în ideea obținerii unor informații mai cuprinzătoare în ceea ce privește dinamica afecțiunii decât dacă s-ar fi preluat datele dintr-un singur centru. Cererea de colectare a datelor privind pacienții investigați și tratați a fost adresată fiecărui centru în parte și aprobată de consiliile de administrație, datele provenind de la departamentele de statistică și informatică al fiecărui spital.

Am luat în considerare două centre spitalicești după cum urmează: Spitalul Clinic de Urgențe "N. Oblu" din Iași (primul centru) și Spitalul Județean de Urgențe din Vaslui (al doilea centru).

Colectarea s-a făcut pentru o perioadă de patru ani consecutivi din 2013 până în 2016. Datorită faptului că am urmărit evidențierea costului combinat dintre intervenția chirurgicală și procesul de reeducare funcțională postoperatorie pacienții au fost selectați atât din secțiile de neurochirurgie cât și din cele de recuperare medicală.

În această perioadă un număr total de 7438 de pacienți au fost investigați și au primit tratament neurochirurgical, iar din aceștia doar 252 de pacienți au fost îndrumați către serviciile de recuperare. Numărul mic de pacienți pe care i-am avut în vedere pe partea de recuperare medicală se datorează faptului că fie pacienții nu sunt dirajați către serviciile de recuperare de către cadrele medicale fie aceștia decid să-și continue reabilitarea în zona privată. Din acest punct de vedere datele noastre sunt limitate, acestea fiind colectate doar din sistemul public de sănătate.

Din datele colectate am evaluat pentru fiecare an separat pentru fiecare departament în parte următoarele caracteristici: numărul total de zile de spitalizare pentru tratamentul chirurgical și tratamentul de recuperare, numărul mediu de spitalizare per pacient, costul total pe departamente, costul mediu pentru o zi de spitalizare, incidența herniilor discale lombare printre afecțiunile neurologice din totalul număr de pacienți internați în secțiile de neurochirurgie.

Metode statistice utilizate în studiu:

Cercetarea fenomenelor studiate a impus necesitatea folosirii unor tehnici și metode variante de analiză statistică. Pentru prelucrarea statistică a datelor din cadrul acestei cercetări s-a folosit softul statistic specializat: **SPSS** (Statistical Package for the Social Sciences) versiunea 20.0, precum și pachetul de programe **Microsoft Office 2016** (Excel 2016 și Word 2016).

Prezentarea și sistematizarea datelor s-a realizat prin intermediul **tabelelor statistic** și a **repräsentărilor grafice**. În funcție de tipurile grupării statistice folosite, rezultatele pot fi prezentate în tabele statistice simple sau cu dublă intrare. Un tabel simplu se folosește pentru prezentarea unei distribuții statistice univariate, iar o distribuție statistică bidimesională se prezintă într-un tabel cu dublă intrare.

Reprezentarea grafică este o metodă de prezentare sub forma unei imagini a datelor unei distribuții. Graficele permit sesizarea elementelor unei distribuții prin prisma unor caracteristici esențiale, fiind utilizate drept mijloc de comparare, de studiere a legăturilor dintre fenomene, ca mijloc de alegere a procedeelor și metodelor de calcul statistic sau ca mijloc de aproximare a unor mărimi statistice.

Datele din tabelele care au reprezentat o distribuție de frecvențe au fost reprezentate grafic, oferind o imagine mai ușor de interpretat, scoțând în evidență diagrama frecvențelor.

Modalitățile de reprezentare grafică utilizate au fost histograma, graficele liniare, graficele de tip plăcintă.

De asemenea, s-au analizate **mediile aritmetice** ale unor variabile. Media aritmetică este un indicator care sintetizează într-o singură expresie cantitativă toate nivelurile individuale ale caracteristicii și exprimă ceea ce este esențial și tipic în evoluția caracteristicii colectivității. Media aritmetică se determină însumând toți termenii seriei și împărțindu-i la numărul lor.

Din punct de vedere economic s-au folosit **indicatori ai costurilor** din spitalele analizate, numărul total al zilelor de spitalizare, indicatori de morbiditate, incidență precum și metoda comparației.

IV. 3. REZULTATE

IV. 3. 1. Caracteristici demografice ale pacienților cu hernie discală operată

Pentru fiecare an am făcut media vârstei pacienților care s-au adresat serviciilor de neurochirurgie și de recuperare medicală. La departamentele de neurochirurgie din ambele centre spătiale pentru anul 2013 media a fost de 48,2 ani, în 2014 de 46,9 ani, în 2015 de 50,1 ani și în 2016 de 46,6 ani. La departamentul de recuperare medicală s-au înregistrat următoarele caracteristici ale vârstei: 2013 – 60,2 ani, 2014 – 59,8 ani, 2015 – 48,5 ani iar pentru 2017 – 43,2 ani (tab. 4. 1).

Tabel 4. 1. Vârsta pacienților cu hernie discală operată pentru fiecare din anii studiați.

Departament	2013	2014	2015	2016
Neurochirurgie	48,2	46,9	50,1	45,4
Recuperare medicală	60,2	59,8	48,5	43,2

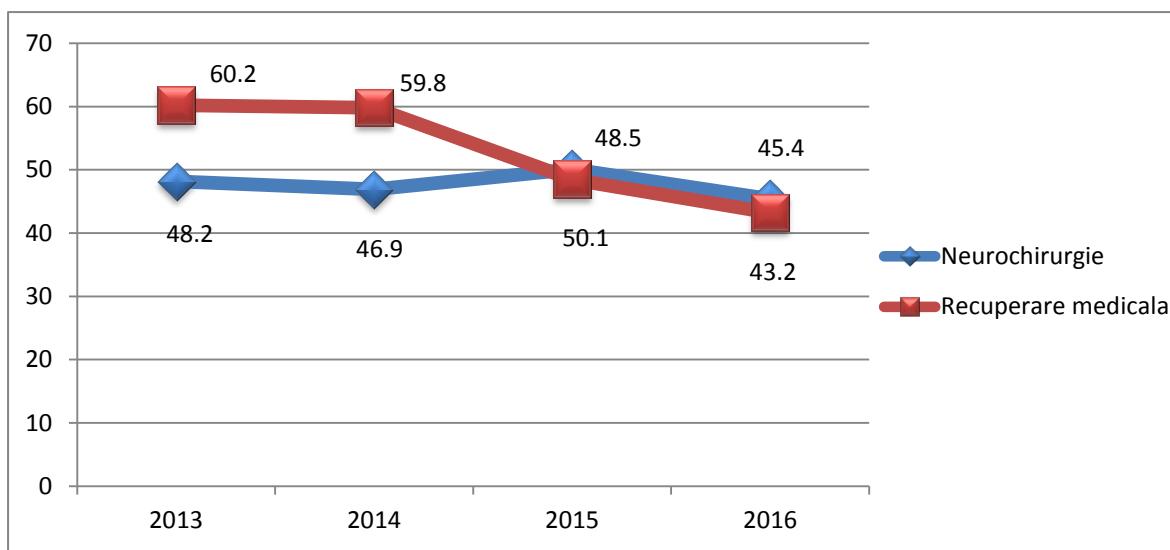


Figura 4. 1. Grafica dinamicii vârstei la pacienții cu hernie discală lombară operată

Din dinamica vârstei pentru pacienții operați de hernie discală lombară se observă faptul că ea este pe o direcție descendentală și se situează la nivelul adultului tânăr în jur de 40 de ani. Acest lucru arată o influență majoră a afecțiunii asupra vârstei categoriei de populație care este în plină activitate și contribuie cel mai mult să sistemul de securitate socială (fig. 4. 1).

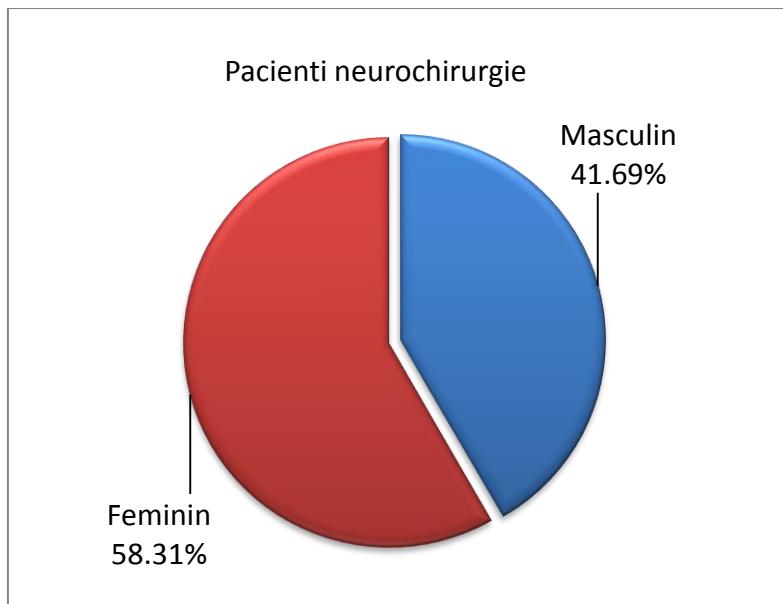


Figura 4. 2. Reprezentare grafică în funcție de sex la lotul de pacienți neurochirurgie

Distribuția pe sexe la cele două loturi a fost omogenă înregistrându-se însă o frecvență ușor mai crescută a cazurilor de sex feminin (fig. 4. 2 și fig. 4. 3).

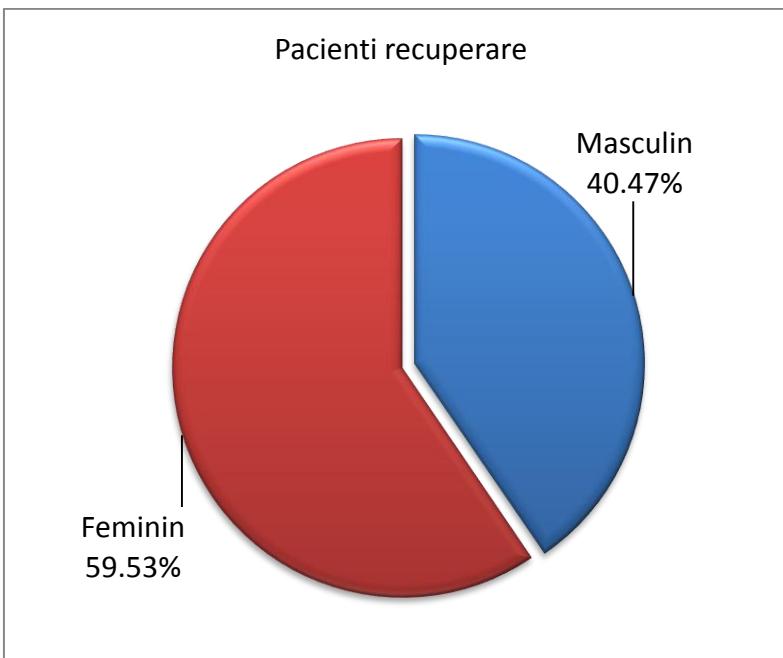


Figura 4. 3. Reprezentare grafică în funcție de sex la lotul de pacienți recuperare

IV. 3. 2. Incidența cazurilor de hernie discală lombară operată

Am calculat din numărul total de cazuri internate la departamentele de neurochirurgie din cele două centre numărul pacienților care s-au adresat cu afecțiunea de hernie discală lombară (fig. 4. 4). Astfel, în departamentul de neurochirurgie de la Spitalul Clinic de Urgențe "N. Oblu" Iași incidența printre pacienții neurologici în 2013 a fost de 31,55% din totalul de pacienți față de 19,60% în cadrul aceluiași departament din Spitalul Județean de Urgență Vaslui. Procentele variază și în anii următori după cum urmează:

- în 2014 s-a înregistrat un procent pentru primul centru de 28,60% versus 51,80% pentru al doilea centru;
- în 2015 s-a înregistrat un procent de 27,01% versus 67,64% pentru al doilea centru;
- în 2016 s-a înregistrat un procent 23,43% versus 78,72% pentru al doilea centru.

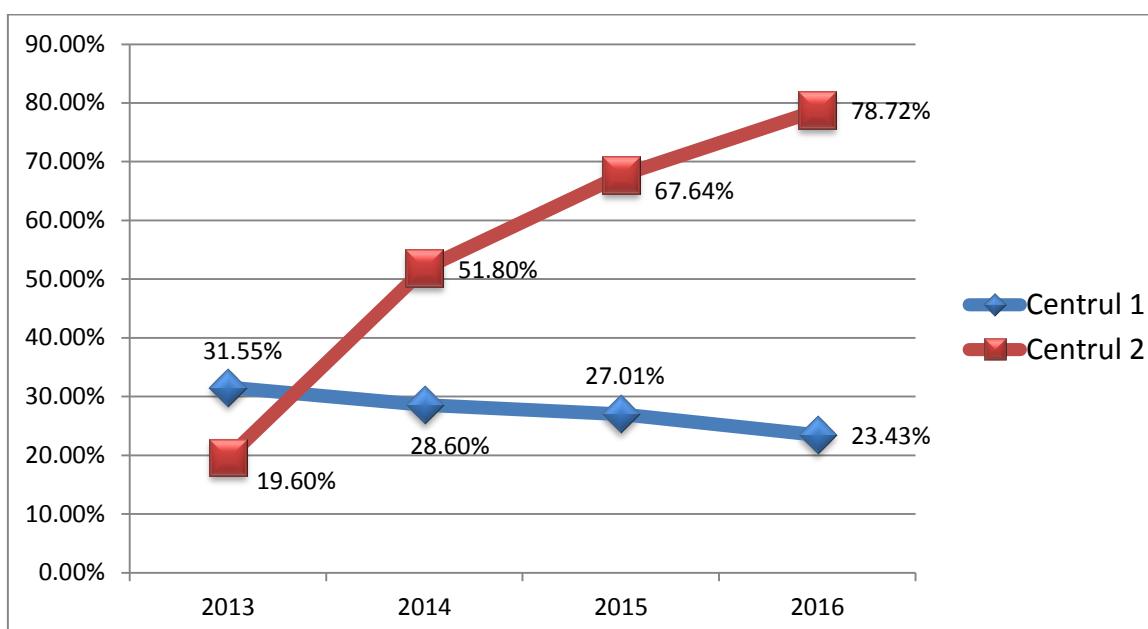


Figura 4. 4. Dinamica incidenței herniilor discale în care s-a intervenit chirurgical

III. 4. 3. Numărul mediu de zile și cost spitalizare

Zilele de spitalizare variază de la un centru la celălalt în funcție de politica administrativă și de dificultatea cazuisticii. În general pacienții sunt internați pe o perioadă medie între 6,84 zile și 10,78 zile. Spre deosebire de serviciul neurochirurgical, în serviciul de recuperare medicală pacienții sunt internați pentru un număr mai mare de zile datorită specificului tratamentului. Datele sunt prezentate succinct în tabelul 4. 2.

Tabel 4. 2. Numărul de zile de spitalizare pentru cele două centre de neurochirurgie și serviciul de recuperare medicală. Cumulul de zile pentru un ciclu total de chirurgie-recuperare

An	Departament Neurochirurgie, Centrul 1	Departament Neurochirurgie, Centrul 2	Recuperare medicală	Total zile: primul centru / al doilea centru
2013	7.29 zile	10.78 zile	9.43 zile	16.72/20.21 zile
2014	7.37 zile	8.40 zile	10.70 zile	18.07/ 19.1 zile
2015	7.26 zile	9.35 zile	11.86 zile	19.12/21.21 zile
2016	6.84 zile	8.27 zile	12.36 zile	19.2/ 20.63 zile

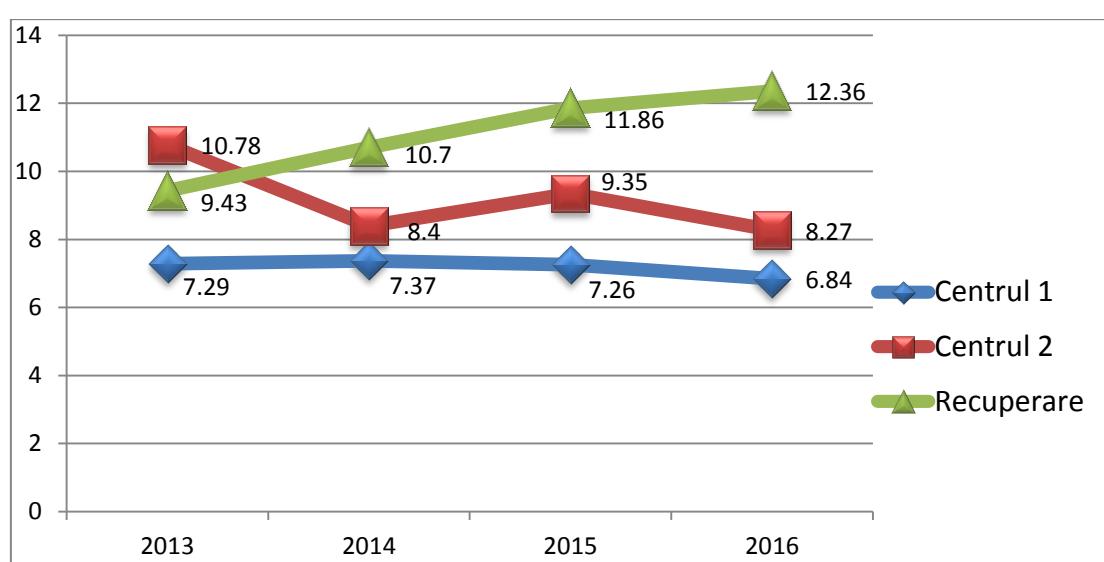


Figura 4. 5. Dinamica numărului de zile de internare pe anii studiați

Un interes major în reinserția profesională și socială a diferitelor categorii de patologii este dat de costul economic. Aceste costuri sunt influențate de patologie, comorbidități, predispoziție la cronicizare a cazurilor și a numărului de investigații paraclinice și a zilelor de spitalizare. Am evaluat costurile cu pacienții din cele două centre de neurochirurgie în comparație cu pacienții care sunt distribuiți pentru serviciile de recuperare medicală.

În primul centru de neurochirurgie costurile tratamentului chirurgical s-au situat astfel:

- În anul 2013 pentru un număr mediu de 7,29 de zile s-au alocat 2700,2 RON.
- În anul 2014 pentru un număr mediu de 7,37 de zile s-au alocat 2800,59 RON;
- În anul 2015 pentru un număr mediu de 7,26 de zile s-au alocat 2758,8 RON;
- În anul 2016 pentru un număr mediu de 6,84 de zile s-au alocat 2800,59 RON.

Evoluția costurilor pentru toți anii studiați este reprezentată grafic în figura 4. 6.

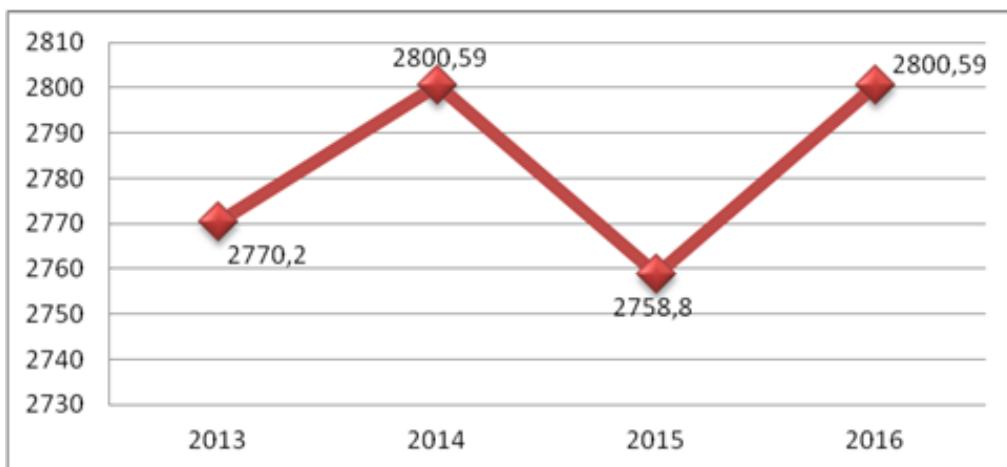


Figura 4. 6. Evoluția costurilor de spitalizare la primul centru de neurochirurgie pentru anii studiați

În cadrul celui de-al doilea centru de neurochirurgie costurile au fost repartizate astfel:

- În anul 2013 pentru un număr mediu de 10,78 de zile s-au alocat 3202,55 RON;
- În anul 2014 pentru un număr mediu de 8,40 de zile s-au alocat 2635,43 RON;
- În anul 2015 pentru un număr mediu de 9,35 de zile s-au alocat 2415 RON;
- În anul 2016 pentru un număr mediu de 8,27 de zile s-au alocat 2070,20 RON.

Evoluția costurilor pentru toți anii studiați este reprezentată grafic în figura 4. 7.

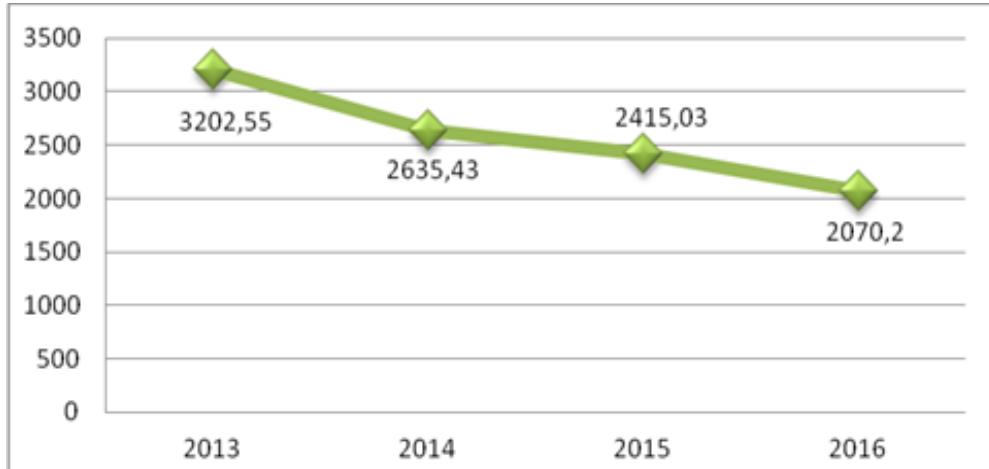


Figura 4. 7. Evoluția costurilor de spitalizare pentru centrul 2 de neurochirurgie pentru anii studiați

Costurile serviciului de recuperare medicală au fost după cum urmează:

- În anul 2013 pentru un număr mediu de 9,43 de zile s-au alocat 1354,62 RON;
- În anul 2014 pentru un număr mediu de 10,47 de zile s-au alocat 2239,62 RON;
- În anul 2015 pentru un număr mediu de 11,86 de zile s-au alocat 2415 RON;
- În anul 2016 pentru un număr mediu de 12,36 de zile s-au alocat 3034,27 RON.

Evoluția costurilor pentru toți anii studiați este reprezentată grafic în figura 4. 8.

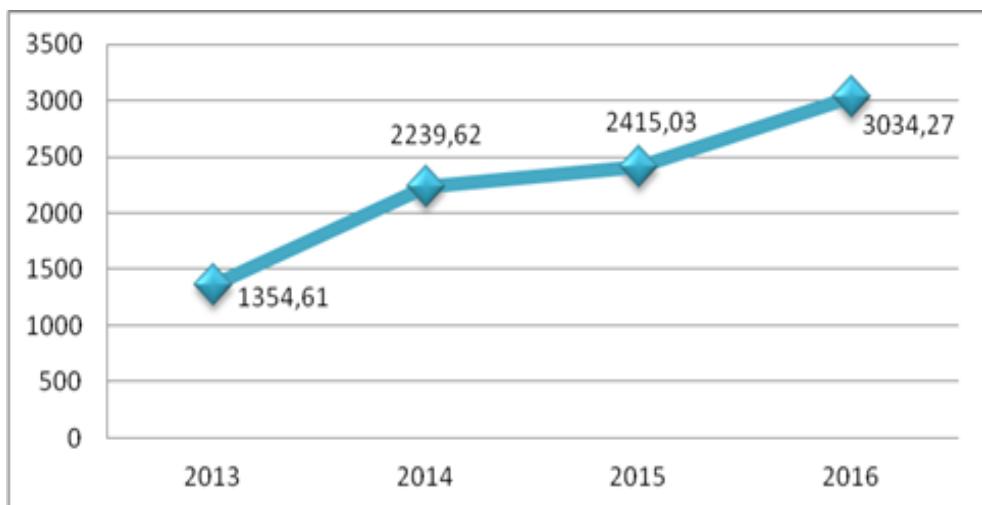


Figura 4. 8. Evoluția costurilor pentru zilele de spitalizare în cadrul centrului de recuperare medicală

Din datele despre numărul de zile mediu de spitalizare preluate de la toate centrele, inclusiv cel de recuperare, și a costului mediu per pacient per număr mediu de zile de spitalizare am putut obține un cost mediu pe zi pentru fiecare din anii studiați (tab. 4.3 și fig. 4.9).

Tabel 4. 3. Costul mediu per pacient pentru o zi de spitalizare

An	2013	2014	2015	2016
Neurochirurgie 1	381,57	379,99	380	409,44
Neurochirurgie 2	296,92	313,4	258,17	257,04
Recuperare medicală	143,56	209,15	218,33	245,32

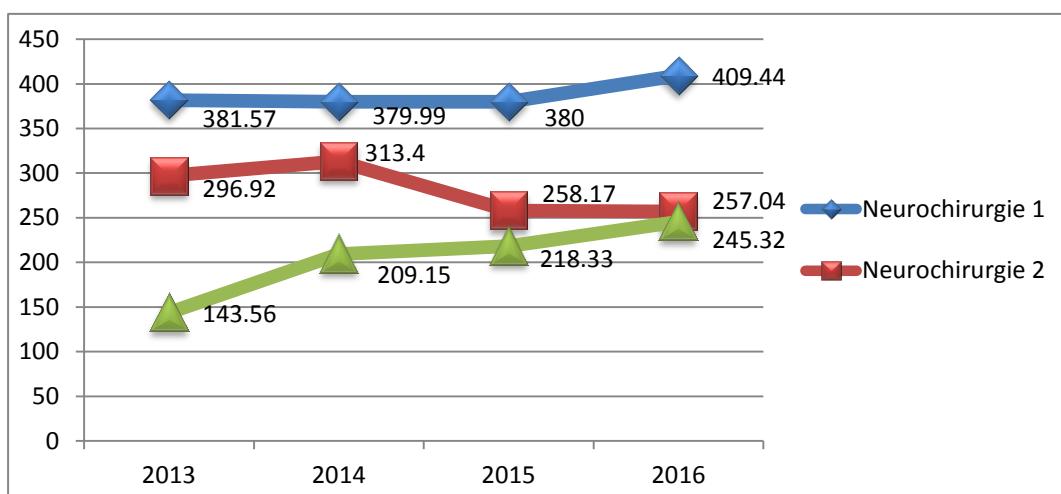


Figura 4. 9. Evoluția costurilor pe zi de spitalizare și tratament

IV. 4. DISCUȚII

În cadrul acestui studiu retrospectiv ne-am propus evidențiem influența herniei discale lombare operate asupra impactului socio-economic. Am colectat date sensibile la acest subiect din două centre spitalicești din regiunea de dezvoltare Nord-Est a României pentru a înțelege dinamica impactului social pe o perioadă de patru ani.

Datele colectate au posibilie limitări datorită faptului că acestea au fost colectate doar de la două spitale regionale care au secția de neurochirurgie. Acest lucru s-a întâmplat datorită unui răspuns negativ dat de alte centre la chestionarea noastră. Am colectat date referitoare la costurile specifice directe ale spitalizărilor pentru intervențiile chirurgicale și recuperarea medicală doar din centrele spitalicești. Acest fapt a dus la o posibilă limitare deoarece nu au fost luate în calcul și costurile adiacente pe care un pacient le are cu investigațiile clinice și paraclinice anterioare internării.

Evaluarea procesului cost – beneficiu al diferitelor categorii de patologii ar trebui luat în considerare de către sistemele de asigurări de sănătate și sociale. Până în acest moment nu am găsit în literatura științifică de specialitate studii care să coreleze problema pacienților cu hernie discala lombară operată cu impactul asupra structurilor sociale specifice României.

Literatura de specialitate internațională arată caracteristicile demografice ale pacienților cu hernie discală lombară. Vârsta medie regăsită este de 41 de ani ceea ce corespunde în linii mari cu studiul nostru, având o vârstă cuprinsă între 46 și 62 de ani, vârsta medie fiind de 47 de ani [166].

Incidența este mai mare la pacienții de sex feminin (58,31%) față de cel masculin (49,61%). Într-un studiu care a evaluat epidemiologia pacienților suferinzi de hernie discală lombară denumit Spine Patient Outcomes Research Trial's (SPORT) (Cummins et al., 2006) persoanele de sex masculin erau mai afectate (57%) față de cele de sex feminin (43%) [167]. Literatura străină arată o rată a afecțiunii mai mare pentru pacienții de sex masculin, rezultat puțin diferit de studiul nostru. Acest lucru l-am putea pune pe seama educației sanitare a populației și a gradului de prezentare pentru diagnosticare a pacienților de sex masculin. Spre deosebire de Europa occidentală caracterul persoanelor de sex masculin din Europa de est este îndreptat spre a suporta durerea și a nu se prezenta pentru luarea în evidență la serviciile de specialitate medicală.

Un număr de studii compară beneficiile tratamentului chirurgical versus tratament clasic de fizioterapie în scopul de a propune cel mai bun plan medical pentru pacienții afectați de hernia discală lombară. Rezultatele au arătat că intervenția chirurgicală oferă o alievare mai rapidă a simptomelor herniei discale lombare. Pe o durată medie și lungă însă aceasta nu oferă beneficii în plus față de tratamentul conservator. Cu toate acestea, o intervenție chirurgicală adaptată și rapidă în cazuri de compresie radiculară cu pierderea controlului motor este de primă intenție [168, 169, 170].

Datele evaluate sugerează faptul că spitalizarea pentru intervenția chirurgicală este mai costisitoare decât tratamentul clasic fizioterapeutic ce implică mai multe zile de tratament. Bineînțeles că dacă se impune intervenția chirurgicală ca o primă intenție terapeutică datorită pierderii de diferite grade a controlului motor, atunci costurile sunt cumulative cu tratamentul recuperator postoperator. Nu doar costurile de spitalizare directe

sunt importante în calcularea impactului social dar și costurile indirecte date de lipsa din câmpul muncii pe perioada intervenției chirurgicale și a tratamentului recuperator fizioterapeutic.

Numărul zilelor în care o persoană, care trece prin tot lanțul terapeutic intervenție chirurgicală – fizioterapie, este social inactivă depinde de cât de corectă a fost decizia medicală și îndrumarea către intervenția cu succes terapeutic. Dacă pacientul este îndrumat doar către tratamentul chirurgical atunci absenteismul de la locul de muncă va fi între 6,84 și 10,78 de zile. Deobicei însă intervenția chirurgicală este urmată de o recomandare către serviciul de fizioterapie ceea ce duce la o creștere a zilelor de tratament până la o medie de 21,2 zile. Cu toate acestea zilele de absenteism pot fi diferite în cazul în care pacienții decid să nu intre direct în câmpul muncii. O altă problemă ar fi cea a pacienților cu hernie discală recurrentă sau care dezvoltă o cronicizare a afecțiunii după intervenția chirurgicală, ceea ce va duce la vizitarea unor servicii de fizioterapie de mai multe ori pe an.

Datele noastre relevă o diferență mare între cele două centre de neurochirurgie în decizia de a primi și trata chirurgical pacienții cu hernie discală. După cum se observă și în **fig. 4. 4** centrul de neurochirurgie din cadrul Spitalului Clinic de Urgență “N. Oblu” Iași are un procentaj în scădere al numărului de pacienți primiți pentru discectomie (31,55% în anul 2013 spre 27,01 % în anul 2016) față de cel de-al doilea centru de neurochirurgie vizat din cadrul Spitalului Județean de Urgențe din Vaslui al cărui procentaj este în creștere în anii studiați (19,60% în anul 2013 spre 78,2% în anul 2016). Acest lucru poate fi parțial explicat printr-un proces mai riguros de selecție a cazurilor care prezintă necesitatea intervenției chirurgicale și respectiv o raționalizare mai bună a deciziei medicale.

Calitatea actului medical poate fi exprimată deasemenea și în legătură cu numărul de zile necesare revenirii postoperatorii. După cum se observă în **tabelul 4. 2** în cazul centrului din Iași pentru fiecare an studiat numărul de zile de spitalizare este în continuă descreștere (de la 7,29 zile în 2013 spre 6,84 în anul 2016) în timp ce pentru centrul din Vaslui se observă o scădere, însă nu la fel de importantă (de la 10,78 zile în 2013 spre 8,27 zile în anul 2016), rămânând o diferență de aproximativ 2 zile de spitalizare. Externarea pacienților poate fi pusă pe seama tehniciilor chirurgicale diferite de la un centru la celălalt.

IV. 5. CONCLUZII

1. Impactul social al herniei discale lombare operate este determinat de numărul de servicii medicale accesate de către pacient, costurile indirecte determinate de absenteismul din câmpul muncii și costurile provenite din inactivitatea socială. Din această cauză este foarte dificil de corelat aceste date pentru a observa costurile finale totale. Totuși aproximarea făcută de către noi constituie o bază de plecare pentru studii mai aprofundate ale casei de asigurări de sănătate (CAS).

2. Pentru a ameliora influența negativă asupra sistemului de securitate socială este foarte important ca specialiștii din domeniul medical să aibă un raționament clinic corect bazat pe evidență științifică disponibilă la ora actuală. Astfel, este imperios necesar să se poată diferenția pacienții în al căror tratament se impune intervenția chirurgicală față de pacienții al căror prognostic clinic evidențiază superioaritatea intervenției printr-un tratament de fizioterapie.

3. Durerea lombară (low back pain) datorată herniei discale lombare reprezintă în acest început de secol XXI o problemă de management social și al sănătății publice.

4. Studiile epidemiologice arată că un procent între 75% - 85% din populație va experimenta în timpul vieții cel puțin un episod algic determinat de hernia discală lombară iar biroul de statistică națională al SUA raporta o prevalență între 15% și 20%.

5. Statistica europeană subliniază că între 10% și 15% din absența de la locul de muncă este cauzată de hernia discală lombară. Prevalența pentru o perioadă de un an a durerii lombare în țările europene se situează între 25 și 45% iar cronicizarea durerii lombare este prezentă la 3 – 7% din populația adultă.

6. Intervențiile chirurgicale în hernia discală lombară sunt urmate pe termen scurt de o recurență a durerii la nivel lombar sau al membrului inferior după intervenția chirurgicală între 3% și 23%. Rezultatele pe termen lung au evidențiat o recurență a durerii lombare sau la nivelul membrului inferior între 8% și 22%. Cazurile de recurență a herniei discale la același nivel a fost de până la 13% din cazurile studiate iar rata de reintervenție a fost între 0 și 12,5%⁷.

CAPITOLUL V

BIOFEEDBACK SAU SWITCH ÎN DECLANŞAREA STIMULĂRII ELECTRICE FUNCȚIONALE ÎN REEDUCAREA DEFICITULUI DE MERS FOOT-DROP SECUNDAR SCIATICII PARALITICE.

V. 1. INTRODUCERE ȘI OBIECTIVE DE ETAPĂ

Foot drop (căderea piciorului) definește de obicei o slăbiciune a dorsiflexiei gleznei și a degetelor piciorului și poate fi datorat prezenței unor numeroase cauze clinice. Inabilitatea de a ridica piciorul și respectiv un mers șchiopătat și deficitar conduce în multe cazuri la posibilitatea împiedicării repetitive și respectiv a rănirii rezultând o imobilitate scăzută și o scădere a calității vieții. Numeroase afecțiuni de la diferitele segmente ale coloanei vertebrale pot cauza slăbirea controlului motor pentru dorsiflexia piciorului. Printre numeroasele cauze ale sindromului Foot drop cea mai întâlnită este degenerescența spinală lombară.

Hernierea discală lombară și stenoza canalului spinal sunt cele mai întâlnite cauze degenerative ce pot determina sindromul Foot drop. Într-un studiu implicând 46 de cazuri de foot-drop determinate de degenerescența vertebrală lombară, 52% s-au datorat herniilor discale și 35% din cauza stenozei spinale [171]. În alte două serii de pacienți 57% din pacienți suferind de foot drop aveau hernie discală, iar restul stenoză spinală [172, 173]. Atunci când foot-drop se datorează stenozei spinale, semnele radiologice ale unei stenoze pot fi identificate în mod normal la nivelul canalului central și al recesului lateral [174]. Spondiloliza și spondilolistezisul pot determina și ele foot drop dar într-un procent mult mai mic [171, 172]. Alte procese degenerative relatate în literatura de specialitate mai sunt: hematomul și osificarea ligamentum flavum [175, 176], chist lombar [177] și chist pe articulația fațetă [178].

Studii prin autopsie au arătat că degenerarea discală este rară până la vîrstă de 30 de ani, după care riscul apariției hernierii crește linear atât la bărbați cât și la femei, deși bărbații au un risc mai mare decât femeile. Între 80 – 95 de ani doar 14% dintre bărbați și 26% dintre femei nu prezintă nici un fel de degenerare discală. În cele 600 de autopsii să observat lipsa herniilor de gradul II și III la vîrstă de 20 de ani, însă la 70 de ani, 90% prezintau hernia de gradul II și III [179]. Într-un studiu ce a implicat 86 de autopsii s-a arătat că probabilitatea de a avea cel puțin o hernie discală până la vîrstă de 64 de ani este aproape de 100%, descoperindu-se semne de degenerare la nivel discal și a articulațiilor zygapofizare și irregularități ale plăcilor cartilaginoase [180].

În majoritatea cazurilor piciorul paralitic apare atunci când nervul sciatic este comprimat la nivelul L4-L5 (rădăcina L5) între 32% și 73%, urmată de comprimarea radiculară la nivel L5-S1, și L3-L4 [172, 178]. Datorită faptului că sindromul foot-drop este văzut ca o problemă serioasă ce subliniază patologia spinală, în procent majoritar cazurile sunt adresate tratamentului chirurgical. Deși intervenția chirurgicală pentru decomprimarea radiculară a fost confirmată în literatura de specialitate ca având efecte imediate benefice asupra recăpătării controlului motor, totuși există un procent de non-răspuns între 21% și 49% [171, 174, 178, 181].

Frecvența apariției deficitelor motorii sau foot drop este de obicei raportată ca o incidență pentru pacienții tratați chirurgical. Opareză ușoară a dorsiflexiei este foarte comună în hernia de disc lombară apărând în aproximativ 50% din cazurile chirurgicale [182]. Scăderea capacității de executare a dorsiflexiei cu sau fără abolirea reflexelor de la nivelul gleznei a fost raportată a fi de 47,5% dintr-o serie de 2504 cazuri de hernie discală lombară [183]. Într-un alt studiu s-a observat un procent asemănător (47,8%) în apariția parezei

mușchiului extensor hallucis longus, deși într-un studiu mai vechi s-a raportat o rată de apariție a deficitului motor de 80% la pacienții tratați chirurgical [184, 185].

Incidența exactă a pacienților suferinți de scăderea controlului motor asupra dorsiflexiei rămâne încă necunoscută și este influențată de tipologia pacienților studiați. Prezența paraliziei complete sau deficitului motor sever a dorsiflexiei gleznei în rândul pacienților operați de herniere discala este estimată la 4, 4 – 6, 4% [186].

Bărbații au o probabilitate de 1,6 ori mai mare de a fi spitalizați în urma unei hernii discale. În ceea ce privește influența mediului profesional în care se desfășoară activitățile zilnice și apariția herniei, se pare că cel mai afectat segment este cel al persoanelor ce duc o muncă manuală, precum: muncitori neclificați, constructori, zidari, mecanici, muncă de întreținere și șoferi [187]. Obezitatea și înalțimea s-au demonstrat a fi predictive pentru apariția sciaticii datorită hernierii discale [188].

La momentul actual, datorită unei cazuistici destul de mici, nici un studiu clinic nu a examinat eficiența tratamentului chirurgical versus tratament nechirurgical, această afecțiune fiind considerată îndeosebi un marker al gravității patologiei degenerative spinale lombare. Într-un studiu retrospectiv incluzând 549 de pacienți cu sciatică s-a observat că recuperarea completă sau parțială a parezei a avut loc aproximativ în mod egal între grupul de pacienți operați și cei tratați conservator, după o urmărire de 7 ani [189]. Deasemenea Weber et al., a raportat după un "follow up" de 1 an că pacienții cupareză musculară datorată hernierii discale lombare nu s-au recuperat mai bine după operație decât după un tratament conservator [190]. Alte studii vin și subliniază aceeași idee precum că tratamentul chirurgical al deficitului motor determinat de hernia discala nu este superior celui nechirurgical conservator [191].

Într-un review din 2012, Sharma et al. a concluzionat că există o lipsă a evidenței științifice pentru a susține ideea că abordul chirurgical îmbunătățește recuperarea parezei discogene. Din acest punct de vedere este foarte important ca după discectomie pacientul să aibă o altă alternativă de tratament al deficitului motor, în cazul în care decomprimarea radiculară nu aduce un beneficiu major [192]. Acest lucru face ca cercetarea de față să fie cu atât mai interesantă pentru domeniul de specialitate.

O problemă importantă în reeducarea neuromotorie a unei paralizii a nervului sciatic determinate de hernia discala lombară este dată de corelația dintre mecanismul compresiunii nervoase, timpul operator de decomprimare și timpul util de stimulare a fibrei nervoase pentru a-și relua funcția. Literatura de specialitate încă nu a lămurit problema timpului intervențional în ceea ce privește stimularea electrică nervoasă în cadrul recuperării medicale și efectele acesteia în funcție de precocitatea sau întârzierea aplicării. Cu atât mai mult cu cât, în fluxul de informații actuale, nu s-au găsit studii efectuate în cadrul clinic ci doar stimulații în laborator pe șoareci [193, 194, 195, 196].

Câteva astfel de studii au subliniat importanța aplicării precoce a electrostimulării și efectul pozitiv în regenerarea axonală. În cadrul protocolului însă s-a folosit o electrostimulare tetanizantă simplă („simple electrical stimulation” – ES) utilizând ca bază curentul de joasă frecvență de tip TENS („transcutaneus electrical nerve stimulation”). Printre efecte enumerăm: creșterea densității și diametrului fibrei nervoase și regenerare axonală.

Pacienții cu sindromul foot-drop indiferent de cauză pot beneficia, în acest moment, de purtarea unei ortize pentru gleznă pentru a-i ajuta la mers și a evita împiedicarea. Unele ortize sunt ușoare și pot încăpea în interiorul încălțamintei pentru a diminua inconveniența. Problema cu aceste ortize imobile este că nu stimulează deloc recuperarea deficitului motor și cu atât mai mult reeducarea funcțională a mersului; acesta din urmă rămânând deficitar și influențând stilul de viață al pacientului.

În ultimii ani s-au dezvoltat aparate, ce pot suplini ortezele statice de stabilizare a gleznei, folosind curenți de stimulare electrică care produc contracții funcționale în sensul că transmit aceste impulsuri în timpul mersului pacientului. Unele aparate declanșează semnalul pe baza deschiderii și închiderii unui întrerupător de tip switch, altele folosesc senzori ce măsoară gradele articulare, iar altele citesc potențialul electric ce se dezvoltă în mușchi acest lucru declanșând semnalul electric. Modul de declanșare influențează și tipul de acțiune al pacientului, unele determină contracție musculară fără nici un aport din partea pacientului la lucru mecanic al mușchilor, altele obligă pacientul să activeze câtuși de puțin, în limita controlului rămas, musculatura. Nu există deocamdată un studiu clinic care să arate cum influențează modul de declanșare a semnalului electric deficitul motor din foot-drop.

Stimularea electrică funcțională (functional electrical stimulation - FES) este o formă de stimulare electrică aplicată în practica fizioterapiei pe un traseu nervos sau punct motor muscular pentru a produce o contracție musculară. Stimularea electrică în faze cheie ale ciclului de mers corectează deficitul de forță musculară necesară ridicării piciorului. Această contracție musculară fiind obținută în timpul unei activități funcționale – cum ar fi mersul în acest caz – are potențialul de a fi asimilată unei engrame motorii normale. Pacientul utilizează această tehnică pentru a executa o mișcare funcțională iar în funcție de severitatea deficitului motor FES poate fi utilizat ca un substituent funcțional [197].

Literatura de specialitate abundă în studii clinice privind utilizarea FES la pacienții cu probleme neuronale centrale cum ar fi scleroza multiplă, Parkinson și atac vascular cerebral (AVC) dar insuficientă în investigarea efectelor asupra regenerării neuronale periferice și a integrării musculare funcționale [198 – 204].

Leziunile de la nivelul sistemului nervos periferic (SNP) au primit o atenție foarte redusă în ultimii ani din partea cercetătorilor în neuroștiințe fiindcă sunt percepute ca având potențial de regenerare intrinsecă. Ideea preconcepută a majorității este aceea că celulele Schwann susțin regenerarea nervului periferic, în timp ce în SNC oligodendrocitele nu o fac [205, 206]. Totuși, după evaluările funcționale a fost documentată o foarte slabă reîntoarcere la funcționalitatea leziunilor de la nivelul SNP [207 - 209].

Doar două studii au evaluat aplicarea FES la nivelul SNP. În primul studiu s-a aplicat electrostimularea pe nervul median după operația de decomprimare a tunelului carpian [210, 211]. În cel de-al doilea studiu s-a utilizat tehnica FES “twitch” (contracții singulare repetitive) într-un caz clinic ce prezenta denervare totală a mușchiului tibial anterior și parțial a musculaturii posterioare a coapsei și a gluteilor. Ambele studii au evidențiat efecte pozitive legate de reinervare și troficitate a nervului, considerând benefică intervenția prin tehnica FES la nivelul SNP.

Studiul actual își dorește să clarifice eventualele efecte terapeutice ale aplicării FES în reeducarea funcțională a deficitului de flexie dorsală a piciorului din cadrul sindromului foot-drop secundar compresiei radiculare lombare.

Obiective de etapă:

- Aplicarea criteriilor de excludere și includere pentru crearea loturilor de tratament;
- Aplicarea și evaluarea eficienței aplicării stimulării electrice funcționale declanșate prin “switch” calcanean;
- Aplicarea și evaluarea eficienței aplicării stimulării electrice funcționale declanșate prin bio-feedback (EMG);
- Evaluarea statistică a rezultatelor clinice și a particularităților ;

V. 2. MATERIAL ȘI METODE

V. 2. 1. Tipul studiului: studiu clinic prospectiv randomizat (simplu, deschis)

V. 2. 2. Numărul de subiecți.

Numărul total de subiecți care au intrat în studiul nostru după aplicarea criteriilor de includere și excludere a fost de 85 pacienți. Studiul s-a desfășurat în regim ambulatoriu la Centrul de Fiziokineterapie și Recuperare Medicală din cadrul Universității de Medicină și Farmacie “Grigore T. Popa” Iași. Acesta s-a desfășurat conform declarației de la Helsinki și cu avizul Comisiei de Etică și Deontologie din cadrul Universității de Medicină și Farmacie “Grigore T. Popa” Iași.

Pacienții au fost alocati în două loturi de studiu după cum urmează:

- **Lotul de studiu FES:**

În cadrul lotului de studiu s-au creat două subploturi pentru aplicarea diferențiată a modalității de transmitere a stimulării electrice funcționale:

- 30 de pacienți în lotul de studiu în care s-a aplicat tehnica de FES declanșată prin bio-feedback (EMG) – denumit mai departe **EMG-FES**.
- 30 de pacienți în lotul de studiu în care s-a aplicat tehnica de FES declanșată prin “switch” calcanean – denumit mai departe **SWITCH-FES**.

- **Lotul martor**

- 25 de pacienți în lotul martor.

V. 2. 3. Specificul demografic al loturilor de studiu

Structura generală a întregului lot de studiu de 85 de pacienți a fost constituită din:

- 46 pacienți de sex masculin, respectiv 54,1% din total.
- 39 pacienți de sex feminin, respective 45,9% din total.

Per ansamblu în tot lotul de pacienți inclusi în studiu găsim mai mulți pacienți de sex masculin decât cei de sex feminin însă fără nici o diferență semnificativ statistică (valoarea Chi pătrat = 0,57, p=0,609) (tab. 5. 1, fig. 5. 1).

Tabel 5. 1. Numărul de pacienți pe diferite sexe

	Frecvență	Procent
1. Masculin	46	54.1
2. Feminin	39	45.9
Total	85	100.0

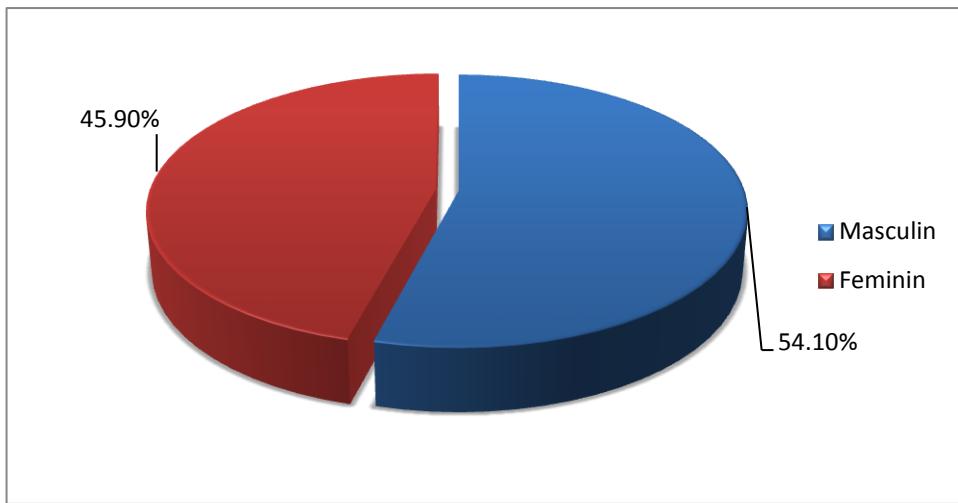


Figura 5.1. Distribuția cazurilor în funcție de sex pe lot total

Lotul de studiu EMG-FES a fost constituit din 30 de pacienți: 18 de sex masculin și 12 de sex feminin, fără să se înregistreze diferențe statistice (Chi pătrat =1,20, p=0,273) (tab. 5. 2, fig. 5. 2).

Tabel 5. 2. Numărul de pacienți pe sexe din lotul EMG-FES

	Frecvență	Procent
1. Masculin	18	60
2. Feminin	12	40
Total	30	100.0

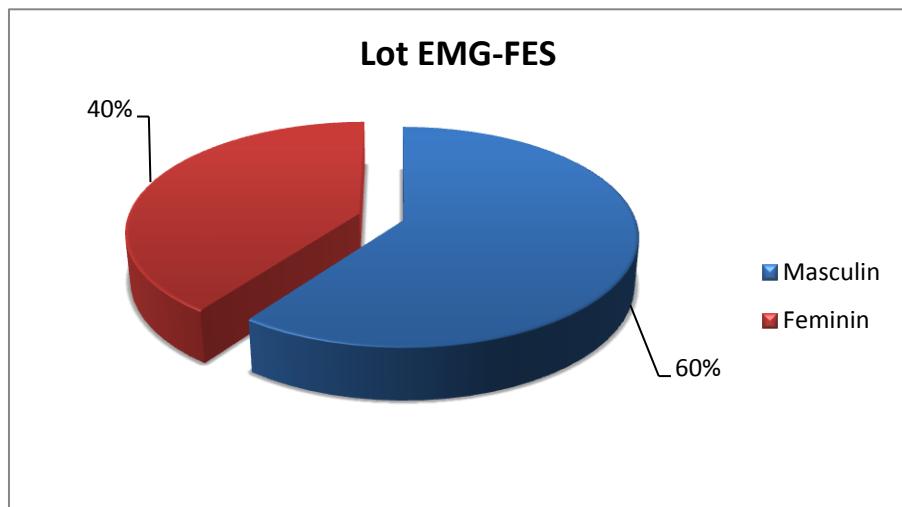


Figura 5. 2. Distribuția cazurilor în funcție de sex pe lotul EMG-FES

În lotul de studiu SWITCH-FES, întâlnim mai mulți pacienți de sex masculin (53,3 %) comparativ cu cei de sex feminin (46,7 %), însă fără a prezenta diferențe semnificativ statistic (Chi pătrat = 0,13, p=0,715) (tab. 5. 3, fig. 5. 3).

Tabel 5. 3. Numărul de pacienți pe sexe din lotul SWITCH-FES

	Frecvență	Procent
1. Masculin	16	53.3
2. Feminin	14	46.7
Total	30	100.0

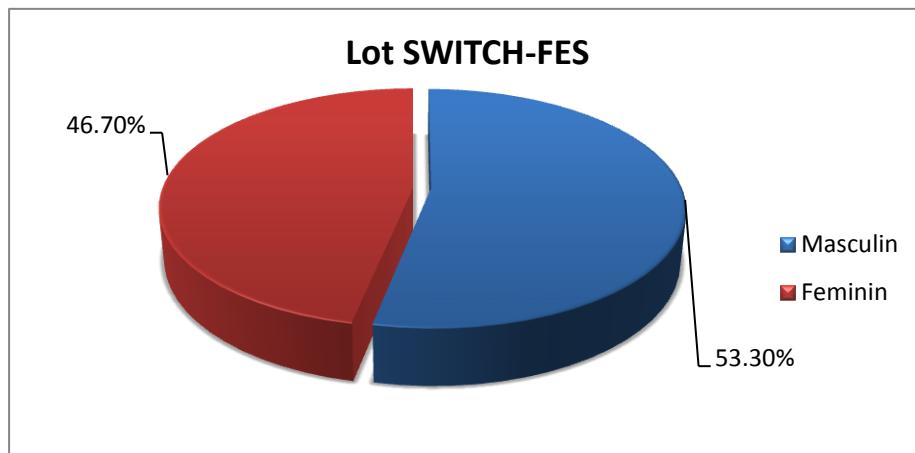


Figura 5. 3. Distribuția cazurilor în funcție de sex la lotul SWITCH-FES

Lotul martor însă mai mulți pacienți de sex feminin (52,0 %) comparativ cu cei de sex masculin (48,0 %), însă fără a înregistra diferențe semnificativ statistic (Chi pătrat = 0,40, p =0,841) (tab. 5. 4, fig. 5. 4).

Tabel 5. 4. Numărul de pacienți pe sexe din lotul martor

	Frecvență	Procent
1. Masculin	12	48.0
2. Feminin	13	52.0
Total	25	100.0

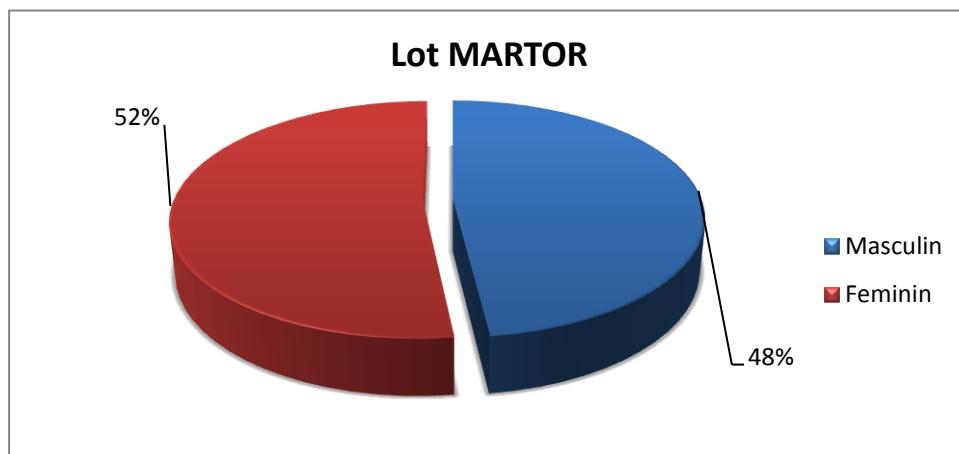


Figura 5. 4. Distribuția cazurilor în funcție de sex la lotul martor

Pe întreg lotul studiat vârsta medie a pacienților a fost de 42,9 ani, vârsta minimă a fost de 28 de ani, iar cea maximă de 61 de ani. Cea mai frecventă vârstă întâlnită este de 40 ani (vârsta modală), iar dispersia ridicată (63,93) sugerează o colectivitate eterogenă și diversificată (fig. 5. 5).

Tabelul 5. 5. Indicatori statistici descriptivi pentru totalul pacienților

N	Valid	85
	Lipsă	0
Media	42.94	
Mediana	40.00	
Modul	40	
Deviația standard	7.99	
Dispersia	63.93	
Minimum	28	
Maximum	61	
Procente	25	37.00
	50	40.00
	75	48.50

Din punct de vedere al vîrstei, loturi studiate nu au prezentat diferențe mari între ele. Vârsta medie pentru lotul EMG-FES a fost de 42,77 ani, pentru lotul SWITCH-FES a fost de 43,60 de ani iar pentru lotul de control vârsta medie a fost de 42,36 ani. Valorile sunt redate în tab. 5. 6.

Tabel 5. 6. Indicatorii statistici descriptivi ai vîrstei pentru cele trei loturi

		Lot EMG	Lot SWITCH	Lot Control
N	Valid	30	30	25
	Missing	55	55	60
Media		42.77	43.60	42.36
Mediana		41.00	41.00	40.00
Mode		40	48	38
Deviația standard		8.464	7.713	8.025
Dispersia		71.633	59.490	64.407
Minimum		28	34	30
Maximum		61	60	58
Procentaj	25	36.75	37.00	36.50
	50	41.00	41.00	40.00
	75	49.25	48.00	48.50
Valoarea p		0.989	0.975	0.992

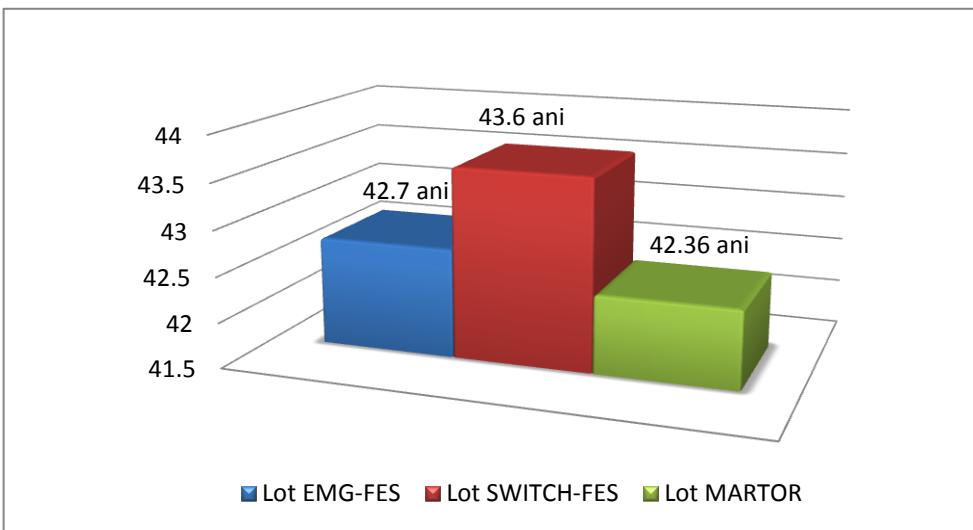
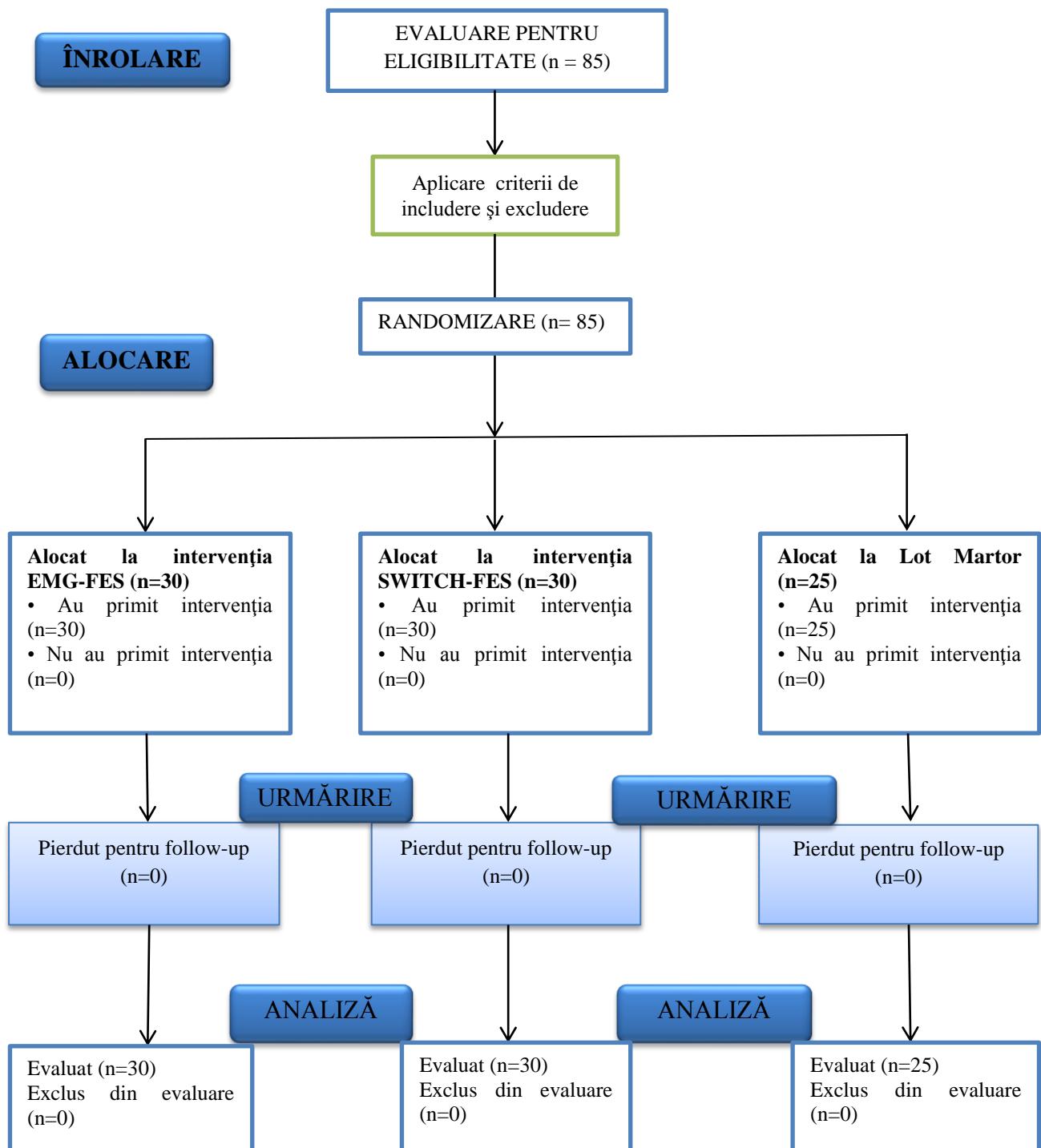


Figura 5. 5. Vârstă medie pe loturile de studiu

Se poate remarcă că după caracteristica de vîrstă diferențele între loturi sunt foarte mici și nesemnificative statistic, ceea ce ne conduce la concluzia că loturile sunt omogene și pot fi comparate între ele.

V. 2. 4. Flowchart-ul studiului.

În ultima perioadă prezentarea studiilor clinice în revistele de specialitate sunt însotite de o schema a parcursului lor. Aceasta are rolul de a arăta succint trecerea participanților prin diferitele etape ale studiului. Un astfel de flowchart agreat de literatura științifică este cel de creat de CONSORT (<http://www.consort-statement.org/consort-statement/flow-diagram>).



V. 2. 5. Criterii de includere și excludere în studiu

În studiul actual au fost selectați optzeci și cinci de pacienți recruatați de la clinicile de neurochirurgie și din secțiile de recuperare medicală din județul Iași. Am luat în considerare doar pacienții cu deficit motor prezent după intervenția chirurgicală deoarece am dorit să excludem factorul de compresie neurală. Am considerat necesar acest demers deoarece am dorit să observăm dacă aplicarea doar a tratamentul FES poate fi utilizat ca ultim moment în reeducarea funcțională neuromotorie a piciorului paralitic.

Pacienții au fost informați cu privire la toate datele studiului și au semnat un consimțământ informat în care s-au descris etapale studiului, durata lui, tehniciile de evaluare și respectiv de tratament (Anexa 1).

Subiecților înscriși în studiul clinic li s-au aplicat următoarele criterii de eligibilitate:

Criterii de includere în studiu:

- Comprimarea radiculară de cauză discală.
- Prezența parezei pe nervul sciatic postdiscectomie.
- Prezența sindromului footdrop.
- Forța musculară pe musculatura dorsiflexoare să fie ≤ 3 .
- Prezența afecțiunii de cel mult 1 an și 6 luni.
- Să aibă capacitatea de a semna consimțământul informat.
- Capacitatea de a se deplasa singuri
- Vârstă ≥ 18 ani

Criterii de excludere:

- Prezența sindromului footdrop de altă etiologie decât cea discală.
- Antecedente de traumatisme vertebro-medulare.
- Antecedente de afecțiuni spinale: inflamatorii, infecțioase.
- Diabet sau alte afecțiuni asociate ce afectează sistemul neuromotor.
- Incapacitatea de a înțelege studiul și de a semna un consimțământ informat.

V. 2. 6. Procedurile de evaluare clinică și paraclinică a pacienților

Evaluarea clinică funcțională a avut loc în cadrul Centrului de Fiziokinetoterapie și Recuperare. Pacienții au fost evaluați de două ori pe parcursul studiului, prima dată la intrare și a doua oară la ieșirea din tratament.

Au fost selectate o baterie de teste funcționale cât și scoruri de evaluare a calității vieții în utilizarea segmentelor cu deficit motor în activitățile zilnice după cum urmează:

1. *Electrodiagnosticul* – utilizat pentru a observa starea de troficitate și rata de regenerare a fibrei nervoase afectate;
2. *Dinamometria* - musculaturii paralitice – utilizată pentru a determina forța musculară și restantul funcțional de forță;
3. *Goniometria* articulației implicate – tehnică de evaluare utilizată pentru a determina gradele mobilității articulare active și restantul funcțional de mișcare;

4. *Oswestry Disability Index* (ODI) – este un instrument foarte important pe care cercetătorii îl folosesc pentru a evalua disabilitatea funcțională permanent a pacienților. Considerat un “gold standard” printre scorurile ce evaluatează restantul funcțional la nivelul coloanei lombare.
5. *Foot and Ankle Disability Index* (FADI) – este un chestionar dezvoltat pentru a evalua limitările funcționale la nivelul piciorului și gleznei.
6. *Numeric Rating Scale* (NRS) – este un instrument unidimensional de evaluare directă a durerii la adulți.

V. 2. 6. 1. Electrodiagnosticul

Evaluarea prin electrodiagnostic a sistemului neuromuscular se referă la structurile morfologice care crează funcționalitatea sa. Unitatea motorie este structura vizată și este compusă din neuron motor, axon, sinapsa neuromotorie (placa neuromotorie) și miofibriile pe care le controlează.

Studiul asupra evaluării conductibilității fibrei nervoase denumite și electrodiagnostic de detecție și stimulare este efectuat prin stimularea unui nerv motor în unul sau mai multe puncte pe traiectul nervos. În acest timp se înregistrează *potențialul de acțiune muscular compus* (compound muscle action potential - CMAP) al unui mușchi inervat de către nervul evaluat [213].

Determinarea electrodiagnosticului este obținut prin aplicarea unor stimuli electrici pentru a depolariza membrana celulară a fibrei nervoase, lucru care produce un potențial de acțiune. Catodul atrage sarcina pozitivă de pe suprafața axolemei, scade potențialul transmembranar și depolarizează nervul ceea ce poate determina potențialul de acțiune. Catodul transmite impulsul electric, acesta fiind orientat distal pentru evaluare de rutină și proximal pentru evaluarea răspunsurilor întârziate.

Parametrii evaluați au fost: viteza de conducere nervoasă motorie (VCNm), latența motorie proximală (PML), latența motorie distală (DML) și caracteristicile CMAP.

Protocolul de stimulodetectie s-a desfășurat după cum urmează:

1. Tegumentul pacientului a fost curățat cu apă și alcool etilic pentru a scădea impedanța tisulară pentru a putea culege biosemnalul cu fidalitate crescută.
2. Pacientul așezat pe masa de tratament în decubit dorsal i-s-au aplicat electrozi de suprafață cu circumferință de 5 cm autoadezivi. Electrozi de suprafață au fost folosiți pentru a culege răspunsul motor la stimularea fibrelor motorii de pe nervul comun peronier. Tehnica utilizată de amplasare a electrozilor a fost după principiul “belly-tendon”. Electrodul activ a fost așezat deasupra corpului muscular al mușchiului testat iar electrodul de referință pe tendonul acestuia. Electrodul de împământare a fost poziționat între punctul de stimulare distal și electrodul de recepție (înregistrare) (fig. 5. 6).

Punctul proximal de stimulare a fost amplasat posterior de capul proximal al osului peronier unde nervul peronier comun se situează mai superficial. Punctul distal de stimulare a fost la nivelul articulației gleznei între tendoanele mușchilor extensor digitorum longus și extensor hallucis longus. Punctul de înregistrare a semnalului a fost situat la nivelul mușchiului extensor digitorum brevis (fig. 5. 7 și fig. 5. 8).



Figura 5. 6. Amplasarea electrozilor în porțiunea distală a membrului inferior pentru culegerea semnalelor (arhivă personală).

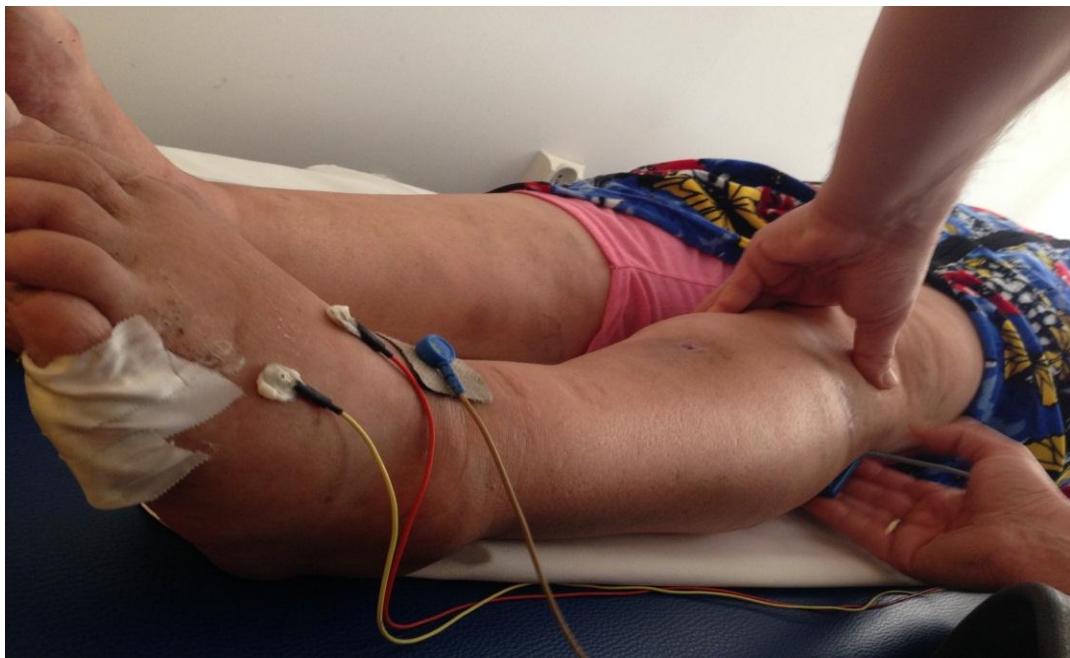


Figura 5. 7. Punctul de stimulare de la nivel proximal. Electrodul de stimulare amplasat postero-lateral de capul osului peronier (arhivă personală).

3. Pentru achiziționarea datelor s-au folosit setări specifice: sensibilitate ($500 \mu\text{V} - 2 \text{ mV}$), gama de frecvență ($20 \text{ Hz} - 5 \text{ kHz}$), baleiere (5 ms/division).
4. Impulsul electric folosit. Deși din punct de vedere teoretic fibrele nervoase cu conducere rapidă au cel mai scăzut prag de stimulare și ar fi putut fi activate eficient prinț-o

stimulare submaximală, distribuția spațială a axonilor determină un grad de excitare neuniform și rezultate neconcludente.

Prin urmare noi am folosit un nivel al curentului care a declanșat o stimulare supramaximală crescând progresiv intensitatea stimулului până când s-a observat o încetare a creșterii amplitudinii CMAP. După acest moment s-a continuat creșterea intensității cu încă 20% - 50% pentru stimularea finală.

Stabilirea latenței CMAP asigură mai departe determinarea maximală a VCNm din moment ce deflecția inițială reflectă activitatea în primele fibre care ajung la punctul motor.

5. Pentru a putea calcula VCNm am utilizat o bandă metrică amplasată direct pe tegumentul pacientului măsurând distanța dintre punctele distale și proximale de stimulare. Prin convenție viteza de conducere este exprimată în m/s și exprimată de formula următoare:

$$VCNm = \frac{Distanța}{PML - DML}$$



Figura 5. 8. Punctul de stimulare de la nivel distal. Punctul distal de stimulare a fost la nivelul articulației gleznei între tendoanele mușchilor extensor digitorum longus și extensor hallucis longus (arhivă personală).

Cu ajutorul electrodiagnosticului am putut observa în studiul clinic efectuat diferite modificări la nivelul comportamentului unităților motorii (UM) și al potențialului de acțiune al UM, al impulsului neuronal ajuns la nivelul plăcii motorii și al capacitatei de control neuronal asupra organului final de acțiune (miofibrile) prin cuplajul de la nivelul plăcii motorii.

Fiziopatologia compresiei radiculare prin hernierea nucleului pulpos cuprinde mai multe modificări la nivelul cuplului neuron-mușchi. Compresia radiculară datorată hernierii nucleului pulpos tinde să fie plasată la nivelul distal al rădăcinii nervoase, proximal de ganglionul dorsal (GD).

Odată cu comprimarea, fibrele mari mielinizate suportă marea majoritate a deteriorării iar gradul de lezare depinde de intensitatea și durata forței compresive. Primele modificări

apărute au fost cele de demielinizare ca efect al compresiunii primare iar la o comprimare mai severă s-au observat pierderi axonale (fig. 5. 9.) [213].

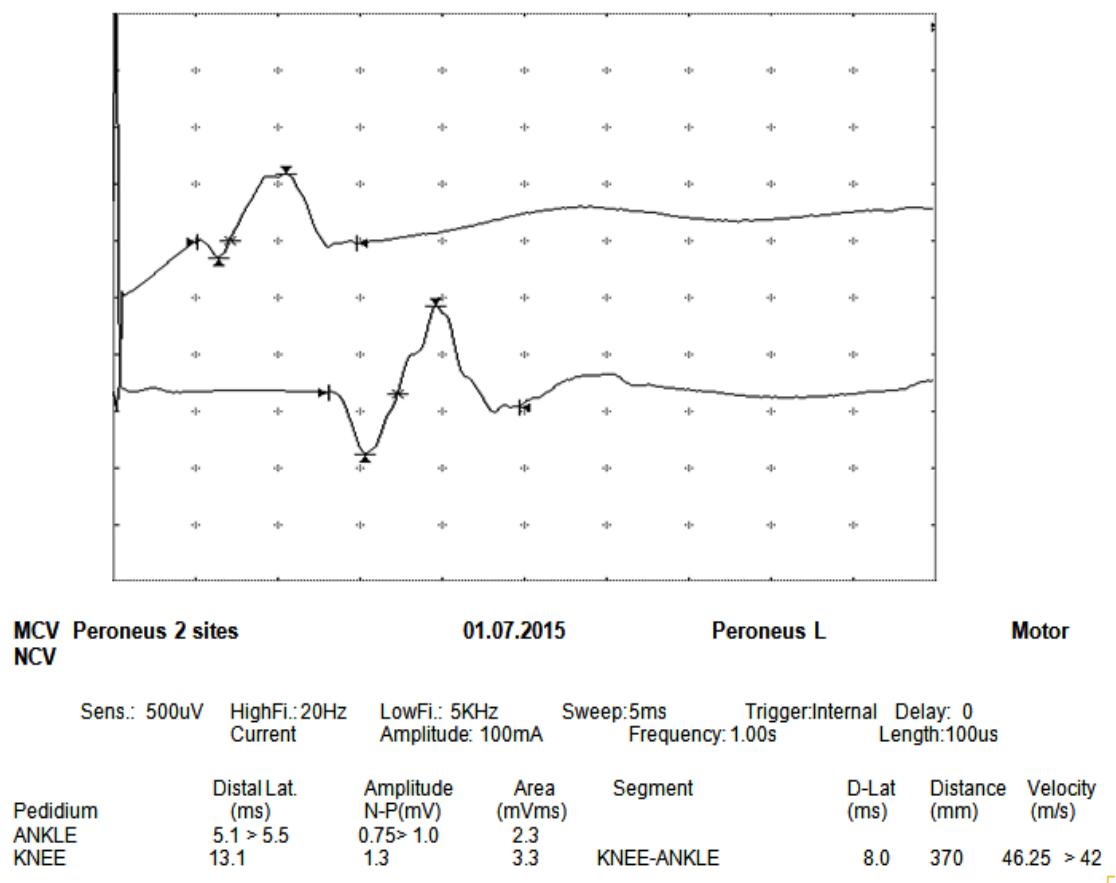
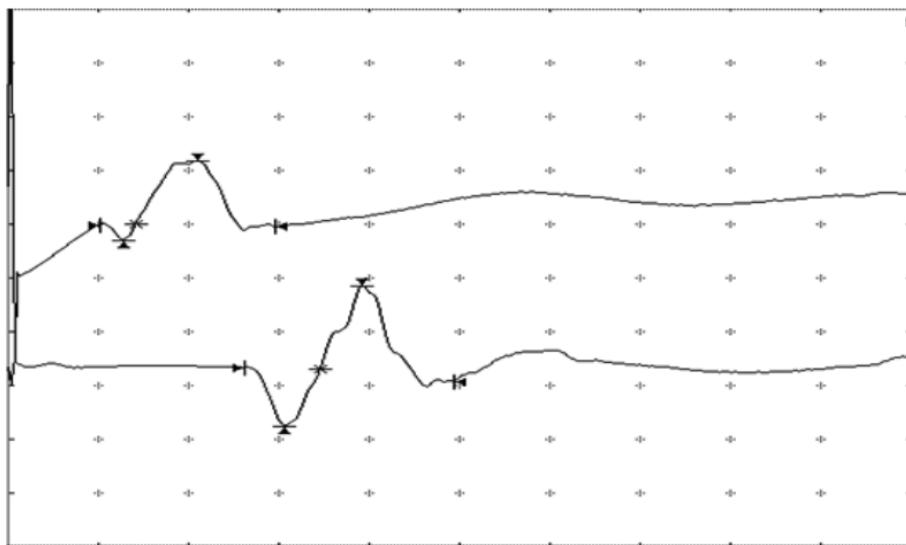


Figura 5.9. Exemplu preluare date și evaluare electrodiagnostic. Pacient 44 ani, hernie discală lombară L4-L5 și L5-S1 stânga. Evaluat electrodiagnostic cu pierdere axonală accentuată pe sciatic popliteu extern stâng (arhivă personală).

În urma compresiei rădăcinii nervului sciatic s-au observat mai multe modificări:

- Scăderea recrutării de miofibrile datorită blocurilor de conducere sau perturbare axonală imediată dată de o comprimare severă (fig. 5.10);
- Comprimările moderate au determinat creșterea impulsurilor neuronale a UM intacți pentru a compensa pierderea axonilor implicați în puterea contractilă.
- Pierdere axonală cu apariția fibrilațiilor musculare.

Reinervarea schimbă arhitectura UM în sensul că teritoriul axonilor care s-au regenerat a crescut pentru a putea controla mai multe miofibrile. Aparatura utilizată produce în urma electrodiagnosticului un grafic cu curbe de nivel și date cuantificabile utilizate mai departe de noi în evaluarea statistică e evoluției pacienților.



MCV Peroneus 2 sites	05.07.2012	Peroneus L	Motor
NCV			
Sens.: 2mV	HighFi.: 20Hz	LowFi.: 5KHz	Sweep: 5ms
	Current	Amplitude: 44mA	Frequency: 1.00s
			Trigger: Internal
			Delay: 0
			Length: 100us
Pedidium	Distal Lat.	Amplitude	D-Lat
ANKLE	(ms)	N-P(mV)	(ms)
KNEE	3.5 > 5.5	1.6 > 1.0	6.5
	10.0	1.6	300
		4.9	Velocity
		4.6	(m/s)
		KNEE-ANKLE	46.15 > 42

Figura 5.10. Evaluare electrodiagnostică. Pacientă 33 ani cu hernie discală lombară L4-L5 stângă. Pierdere axonală moderată și bloc parțial de conducere sciatic popliteu extern stâng (arhivă personală).

V. 2. 6. 2. Evaluarea forței motorii musculare prin Dinamometrie Baseline®

Tehnica bilanțului muscular manual (MMT) utilizată în mod curent aşa cum a fost descrisă de către Medical Research Council este un test executat opunând rezistență directă mușchiului de testat cu ajutorul mâinii ceea ce duce la evaluări subiective ce țin de experiența și sensibilitatea testatorului [212].

Evaluarea forței musculare a fost necesară pentru a corela refacerea conducerii nervoase cu controlul UM asupra miofibrelor. Bilanțul muscular aşa cum este utilizat în clinicele de fizioterapie și recuperare medicală lasă mult de dorit din punct de vedere al datelor științifice utilizabile în sensul că nu poate produce date cuantificabile.

MMT, totuși, este folosit pentru o evaluare clinică rapidă atunci când se dorește elaborarea atât a diagnosticului complet funcțional, cât și la precizarea nivelului lezional. Aceasta are 6 gradații de la gradul 0 unde nu are loc nici un fel de contracție musculară, până la gradul 5 unde musculatura desfășoară activități pe toată amplitudinea și contra unei forțe exterioare, fiecare dintre ele evaluând forța musculară la un anumit nivel funcțional (tab. 5.7.) [214].

Tabel 5. 7. Scala ce utilizează Testul muscular manual (MMT) pentru tibialis anterior și mișcarea gleznei

Grad	Explicație
0	Fără contracție în tibialis anterior
1	Mică contracție a tibialis anterior, dar fără mișcare
2	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului, cu gravitația eliminată
3-	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației, dar nu pe toată amplitudinea de mișcare
3	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcare
4	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcarea cu o rezistență moderată
5	Pacientul poate face inversia și dorsiflexia piciorului contra gravitației pe toată amplitudinea de mișcarea cu o rezistență normală/maximală

Pentru a putea obține date științifice valabile și cuantificabile am utilizat dinamometria de tip “make test” din tehnica denumită “hand held dynamometry” (HHD). În acest scop ne-am deservit de dinamometrul Baseline® aflat în dotarea clinicii (fig. 5. 11.). Aceasta este un dinamometru electronic de tip “push-pull” universal ce detectează diferența de presiune la împingere și/sau tragere redând în format digital forța musculară măsurată în KgF.



Figura 5. 11. Dinamometrul Baseline® “push-pull” utilizat în evaluarea forței dorsiflexorilor (mușchii tibialis anterior, extensor hallucis longus, extensor digitorum longus and peroneus tertius) (arhivă personală).

Modalitatea de evaluare a respectat indicațiile regăsite în literatura de specialitate în utilizarea tehnicii HHD cu ajutorul dinamometrelor manual după cum urmează [215 – 217]:

1. Pacientul a fost poziționat în decubit dorsal astfel încât forța mușchiului de testat să nu fie influențată de forța grăvei; șoldul, genunchiul și glezna în poziția de 0° neutru.
2. Dinamometrul a fost plasat imediat proximal de articulațiile metatarsofalangiene pe partea dorsală a piciorului. Mâna testatorului a fost poziționată proximal de maleole pentru a stabiliza mișcarea gleznei (fig. 5. 12).
3. Din această poziție pacientul a fost rugat să miște piciorul spre dorsiflexie și să exercite forță maximală posibilă la momentul respectiv.
4. Testul a fost repetat de două ori pentru fiecare pacient în parte și s-a înregistrat suma celor două valori.



Figura 5. 12. Evaluarea forței musculare cu ajutorul dinamometrului Baseline® (arhivă personală).

V. 2. 6. 3. Goniometria – evaluarea gradelor de mobilitate activă

Bilanțul articular funcțional folosește goniometria pentru a pune în evidență mobilitatea articulară pasivă cât și activă. Aceasta este folosită pentru a determina atât o poziție articulară particulară, cantitatea totală a arcului de mișcare disponibil la o anumită articulație cât și un restant funcțional de mișcare.

Pentru evaluarea corectă a mobilității unei articulații, în speță articulația talo-crurală în acest caz, testatorul trebuie să aibă cunoștințe aprofundate legate de artrokinematica, osteokinematica cât și planurile de mișcare ale articulației de testat.

Prin evaluarea articulară putem obține date despre mobilitatea pasivă și mobilitatea activă. În cazul nostru fiind vorba despre o pierdere a funcției motorii, deci a controlului și forței musculare care mobilizează segmentele osoase, goniometria a fost utilizată pentru a pune în evidență restantul funcțional al mișcării active, în primă instanță, cât și evoluția amplitudinii de mișcare active (AMA).

Literatura de specialitate specifică parametrii de executare corectă a goniometriei pentru a obține date reproductibile și valide din punct de vedere științific. Astfel, valoarea medie a dorsiflexiei a fost stabilită, atât de American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) cât și de American Medical Association, la 20° de mobilitate [218, 219, 220].

Procedurile de evaluarea AMA a dorsiflexiei de la nivelul articulației talo-crurale au fost următoarele:

1. Datorită faptului că am dorit să punem în evidență restantul de mișcare activă și în același timp evoluția controlului și forței muscularii am optat pentru o poziție de testare în care mișcarea se execută contra forței gravitaționale (FG).

- Astfel, pacientul a fost poziționat în așezat cu articulațiile genunchiului și șoldului poziționate la un unghi de 90°;
- S-a stabilizat tibia și peroneul pentru a preveni mișcarea genunchiului și rotația șoldului;

2. Pacientul a fost rugat să execute mișcarea de dorsiflexie maximă posibilă de la nivelul articulației talo-crurale.

3. Dispozitivul de măsurare a amplitudinii articulare a fost reprezentat de un goniometru standardizat universal din material plastic (fig. 5. 13).

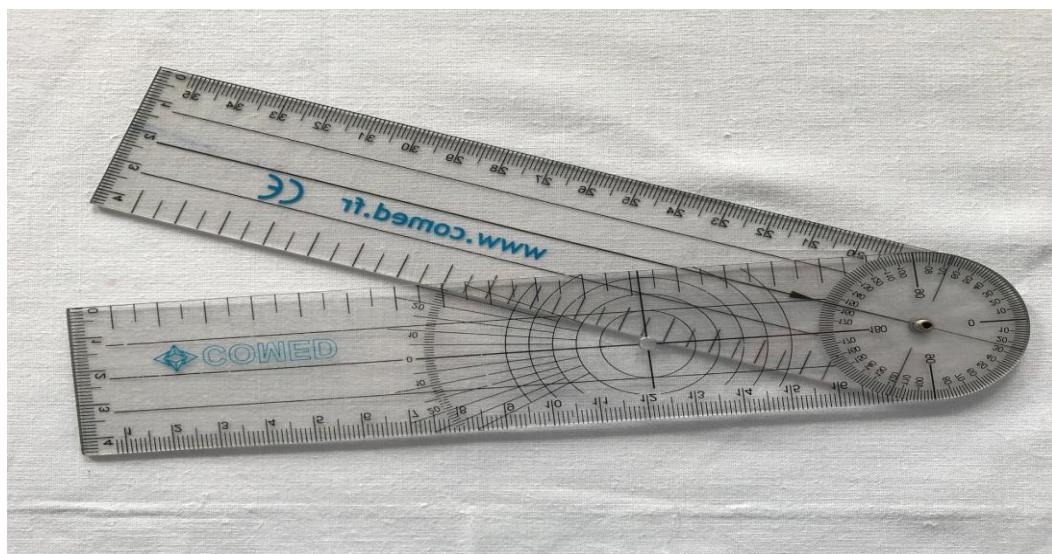


Figura 5. 13. Goniometru universal utilizat pentru măsurarea dorsiflexiei în regim de amplitudine de mișcare activă (arhivă personală).

4. Reperele anatomicice pentru poziționarea goniometrului au fost luate astfel încât să se obțină o cât mai mică eroare în citirea și prelevarea datelor pentru mobilitate. Pot apărea erori în poziționarea instrumentului datorită amplasării goniometrului la nivelul tegumentului.

S-a avut o mare grijă la fiecare evaluare pentru ca amplasarea instrumentului de măsurare să urmeze aceleași repere osoase și nu tegumentare; acestea din urmă putând să-și schimbe poziționarea în funcție de tensionarea tegumentului. Reperele osoase au fost următoarele: *aspectul lateral al maleolei externe, capul peroneului și aspectul lateral al celui de-al cincilea os metatarsian* (fig. 5. 14).



Figura 5. 14. Marcajul reperelor la nivelul tegumentului situate deasupra reperelor osoase utilizate în poziționarea corectă a goniometrului.

5. Goniometrul a fost amplasat după cum urmează:

- centrul goniometrului poziționat deasupra aspectului lateral al maleolei externe;
- brațul proximal a fost aliniat cu linia latero-mediană a osului peroneus. Datorită interpuinerii țesutului muscular pe acest traiect și pentru a evita o eventuală eroare de amplasare a goniometrului s-a trasat o linie între maleola externă și capul proximal al osului peroneu.

- brațul proximal al goniometrului a fost aliniat cu fațeta laterală al celui de-al cincilea os metatarsian (fig. 5. 15). O alternativă la amplasarea brațului distal al goniometrului ar fi fost să se alinieze paralel cu aspectul inferior al calcaneului. Totuși, dacă s-ar fi utilizat a două variantă de poziționare a brațului distal valorile separate de dorsiflexie și plantarflexie ar fi direcțional considerabil față de valorile nominale utilizate în literatura de specialitate.



Figura 5. 15. Alinierea goniometrului la nivelul gleznei pentru a evalua mișarea de dorsiflexie.

V. 2. 6. 4. Scorurile de evaluare funcțională

V. 2. 6. 4. 1 Index de Dizabilitate Oswestry (Oswestry Disability Index - ODI)

Statusul funcțional general al pacienților precum și capacitatea lor de a desfășura activitățile din timpul zilei au fost evaluate cu ajutorul scorului ODI. Acesta este un scor utilizat de către clinicieni pentru a cuantifica dizabilitatea produsă de afecțiunile coloanei lombare și disfuncțiile asociate.

ODI se prezintă sub forma unui chestionar care este completat de către pacient. Conține zece categorii de interes pentru evaluarea statusului funcțional: intensitatea durerii, ridicatul, abilitatea de a se îngriji, abilitatea de a merge, abilitatea de a sta așezat, funcția sexuală, abilitatea de a sta în ortostatism, viața socială, calitatea somnului și abilitatea de a călători [221].

Fiecare categorie conține 6 situații ce descriu diferite scenarii potențiale din viața pacientului legate de categorie. Întrebările sunt punctate de la 0 la 5, în sensul că prima întrebare este notată cu 0 puncte și arată cel mai mic procent de dizabilitate iar ultima cu 5 puncte indicând o dizabilitate maximă. Scorul maxim obținut este de 50, însă acesta se transformă în procentaj pentru a se încadra în categorii de handicap (**Anexa 2**).

ODI este în acest moment considerat ca fiind un “gold standard” în măsurarea gradului de invaliditate și estimarea calității vieții la persoanele cu durere lombară și simptomele asociate [222].

Interpretare scor ODI:

0% – 20% (dizabilitate minimă): Pacientul poate suporta majoritatea activităților zilnice. Nu se indică nici un tratament, cu excepția sugestiilor legate de modul în care să ridice greutăți, postura, activitatea fizică. Pacienții cu activități sedentare pot avea mai multe probleme.

21% - 40% (dizabilitate moderată): Pacientul experimentează durere și probleme la așezat, ridicat greutăți și stat în picioare. Viața socială dificilă, oprirea muncii, îngrijirea personală, somnul și viața sexuală pot să nu fie atât de afectate. Se recomandă tratament conservator.

41% - 60% (dizabilitate severă): Durerea este o problemă majoră și pot avea dificultăți importante la călătorii, îngrijire personală, viața socială și sexuală și somn. Se recomandă o evaluare detaliată.

61% - 80% (handicap): Durerea lombară are un impact asupra tuturor aspectelor vieții. Se recomandă tratament activ.

81% - 100%: Acești pacienți sunt „legați” de pat sau își exagerează simptomele. Se recomandă evaluare completă șimeticuoasă.

puncte totale / 50 X 100 = % dizabilitate (puncte totale împărțite la 50 și înmulțite cu 100 = procent dizabilitate).

Validitate utilizării acestui index de dizabilitate la pacienții din cadrul studiului nostru este data de o bună analiză a literaturii de specialitate în ceea ce privește valorile psihometrice. Astfel: - consistența internă (IC) = .71 - .87, fiabilitatea test-retest (“test-retest reliability”) $r = 0.83 - 0.99$ cu coeficientul de corelare intraclasă (ICC) = 0.84 – 0.94 [223 - 225].

Deasemenea interpretarea scorului ODI trebuie făcută din punct de vedere medical în ceea ce privește diferența minimă clinică importantă (“minimal clinical important difference” - MCID). Acest nou element în evaluarea testelor ce ține de sensibilitatea (“responsiveness”) în a depista schimbarea, arată de la ce punctaj minim înregistrat acel scor indică o îmbunătățire funcțională semnificativă. Astfel literatura științifică indică un MCID destul de variat între 30% și 50 % sau o scădere minima a punctajului între -12 și -18 puncte [226 - 231].

Pacienților li s-a prezentat chestionarul și au primit un instructaj minim necesar pentru a înțelege modalitatea de completare. Astfel aceștia au fost rugați să bifeze afirmația care se aseamănă cel mai mult cu situația lor.

V. 2. 6. 4. 2. Indexul de dizabilitate pentru picior și gleznă ("foot and ankle disability index" - FADI)

Pentru a pune în evidență influența tratamentului aplicat asupra mobilității active a piciorului am folosit un scor de funcționalitate denumit “foot and ankle disability index” – FADI. Spre deosebire de scorul ODI care este aplicabil pentru zona coloanei lombare și a membrului inferior, FADI este un index creat pentru evaluarea limitărilor funcționale specifice nivelului gleznei și piciorului. Acest scor a fost creat de Martin et al. în anul 1999 și evaluatează posibilitatea desfășurărilor activităților de zi cu zi în care pacientul utilizează glezna și/sau piciorul [232, 233].

Scorul FADI este compus din 26 de elemente iar fiecare este notat începând cu gradul 0 – reprezentând imposibilitatea efectuării activității descrise - până la gradul 4 – reprezentând punctajul ce arată efectuarea activității desemnate fără nici o dificultate. Scorul

conține deasemenea o parte ce evaluatează durerea de la nivelul gleznei și al piciorului fiind marcat cu 0 – nici o durere până la un punctaj de 4 însemnând o durere insuportabilă (Anexa 3).

Interpretarea scorului FADI se face în funcție de punctajul adunat pentru fiecare categorie. Punctajul maxim este de 104 puncte, cu cât punctajul este mai mare cu atât pacientul are capacitatea de a utiliza segmentul evaluat mult mai bine în activitățile sale uzuale.

Aria de evaluare: activitățile de zi cu zi, mobilitate funcțională, ciclu de mers, performanță ocupațională, durere, somn și forță musculară. Timp de administrare: 5 minute. Acest scor a fost evalut în literatura de specialitate în ceea ce privește valorile psihometrice: fiabilitatea test-retest ($ICC = .89$), concordanța intra- și intertestator ($ICC = .93$) [234 - 236].

Pentru aplicarea chestionarului FADI pacienții au fost consiliați și li s-a asigurat suportul necesar în vederea înțelegerii și completării corecte.

V. 2. 6. 5. Evaluarea durerii resimțite

În scopul evaluării directe a durerii resimțite am utilizat scala numerică de evaluare a durerii (“numeric rating scale” - NRS). Aceasta este o scală folosită în mod curent pentru a evalua durerea pacienților în diferite condiții clinice fiind foarte ușor de înțeles și de aplicat.

NRS are scopul de a evalua intensitatea durerii la adulți într-o valență unidimensională. În contextul studiului nostru am utilizat scala NRS care cuprinde 11 puncte. [237]. Ea este o versiune numerică segmentată a scalei visuale analoge (“visual analog scale” - VAS) în care respondentul selectează un număr întreg între 0 și 10 care reflectă intensitatea durerii sale.

Formatul utilizat în administrarea la pacienți a acestei scale a constat dintr-un grafic ce descrie o bară orizontală cu indici de la 0 la 10 (fig. 5. 16), 0 reprezentând o extremă a durerii – lipsă ei – iar 10 reprezentând cealaltă extremă – cea mai puternică durere imaginabilă.

Limitările utilizării acestei scale precum și a scalei VAS ar fi date de faptul că răspunsurile sunt subiective la experiența de viață a pacientului în ceea ce privește durerea.

Informații psihometrice: fiabilitate test-retest: $r = .96$, validitate: $CR = 0.86 - 0.95$. Deasemenea literatura de specialitate a evaluat special pentru algile de la nivelul coloanei lombare modificarea pentru MCID, acesta situându-se între 1,5 și 2,2 puncte [231, 238].

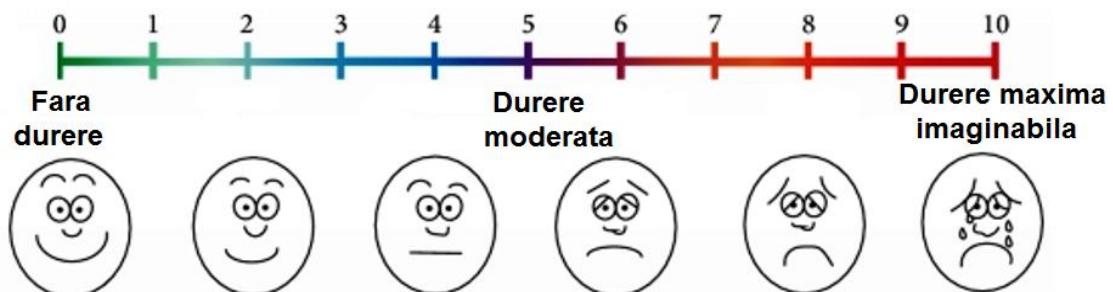


Figura 5. 16. Scala numerică de evaluare utilizată la pacienții cu algii lombare și la nivelul membrului inferior (arhivă personală).

V. 2. 7. Procedurile de aplicare a electrostimulării funcționale

V. 2. 7. 1. Aplicarea electrozilor în cadrul FES pentru modularea mișcării de dorsiflexie

Stimularea electrică funcțională diferă foarte mult față de stimularea electrică normală tetanizantă. Cea din urmă se aplică cu pacientul într-o poziție de relaxare fără ca acesta să fie implicat direct, iar curentul electric produce contracții musculare însă fără ca acestea să poată fi utilizate din punct de vedere funcțional. FES-ul este o tehnică aparte în sensul că aceasta se aplică în timpul unei activități funcționale cum ar fi în cazul studiului nostru în timpul ciclului de mers.

În sindromul foot-drop pacientul are capacitatea diminuată în a ridica vârful piciorului de pe sol în timpul mersului. Pentru a veni în ajutorul pacientului electrostimularea funcțională se folosește de contracția musculaturii dorsiflexoare pentru a crea un mers cât mai apropiat de cel natural.

Modalitatea de a obține cel mai ușor o dorsiflexie este stimularea pe trajectul nervului peronier comun. Aici apare o problemă de ordin tehnic atunci când dorsiflexia determinată de stimulare nu se produce corect în cadrul ciclului de mers.

Dorsiflexia poate fi influențată de următoarele mișcări accesorii și amplitudini articulare:

- Supinația - care poate fi în exces sau insuficientă;
- Pronația - care se poate produce în exces sau insuficientă;
- Dorsiflexia - care poate fi insuficientă pentru a depăși obstacolele apărute la un mers pe teren variat.

În continuare vom descrie procedura utilizată în amplasarea electrozilor pentru transmiterea stimulării. Această poziționare a fost valabilă atât pentru lotul de studiu EMG-FES cât și pentru lotul de studiu SWITCH-FES.

FES s-a administrat la nivelul nervului peronier comun și al mușchilor dorsiflexori cu ajutorul electrozilor autoadezivi percutanați Dura-Stick® de formă rotundă și cu diametrul de 5 cm (fig. 5. 17). Înainte de aplicare zona a fost spălată cu apă caldă pentru scăderea rezistenței la intrarea curentului în țesutul tegumentar cu scopul creșterii conducerii curentului electric în țesut.

Pentru a determina contracția musculaturii care execută dorsiflexia electrozii au fost utilizati în pereche. Astfel electrodul negativ (activ) a fost amplasat peste punctul motor iar electrodul pozitiv a fost amplasat distal la nivelul mușchiului tibial anterior.

În unele instanțe în loc de stimularea directă a nervului motor, aceasta a fost folosită pentru a determina o acțiune reflexă. În cazul nostru exemplul este dat de stimularea nervului peroneu comun pentru reflexul de retragere ("withdrawal reflex"). Dacă acest reflex este determinat cu succes, în urma amplasării corecte a electrozilor, determină o mișcare combinată la nivelul membrului inferior care constă în activarea lanțului triplei flexii; inclusiv dorsiflexia piciorului (fig. 5. 18).



Figura 5. 17. Electrozi autoadezivi tip Dura-Stick® utilizati în aplicarea FES pentru ambele loturi de studiu



Figura 5. 18. Poziționarea obișnuită a electrozilor pentru răspunsul reflexului de retragere. Electrodul activ poziționat peste nervul peroneal comun (immediat sub capul fibulei) iar cel indiferent distal pe mușchiul tibialis anterior.

În practica clinică aplicarea FES trebuie să țină cont de particularitatea anatomică a fiecărui pacient în parte și anume în găsirea poziției perfecte pentru obținerea unei contracții ce poate fi folosită funcțional de pacient în timpul mersului.

Dorsiflexia piciorului a fost obținută prin stimularea nervului peroneal comun și a ramurilor sale. Am ales o poziționare a electrozilor care să formeze un răspuns motor al dorsiflexiei piciorului în funcție de necesarul funcțional al mersului fiecărui pacient în parte. În mod normal nervul peroneal este stimulat acolo unde este cel mai superficial și anume fie unde trece pe lângă capul peroneului sau în fosa poplitee. Pentru modularea răspunsului dorsiflexiei însă electrozii se pot reposiționa pe ramura profundă sau superficială a nervului peronier comun (fig. 5. 19, fig. 5. 20). Electrozii pot fi deasemenea amplasați peste punctul unde nervul intră în mușchi, deobicei peste punctul motor al mușchiului tibialis anterior.

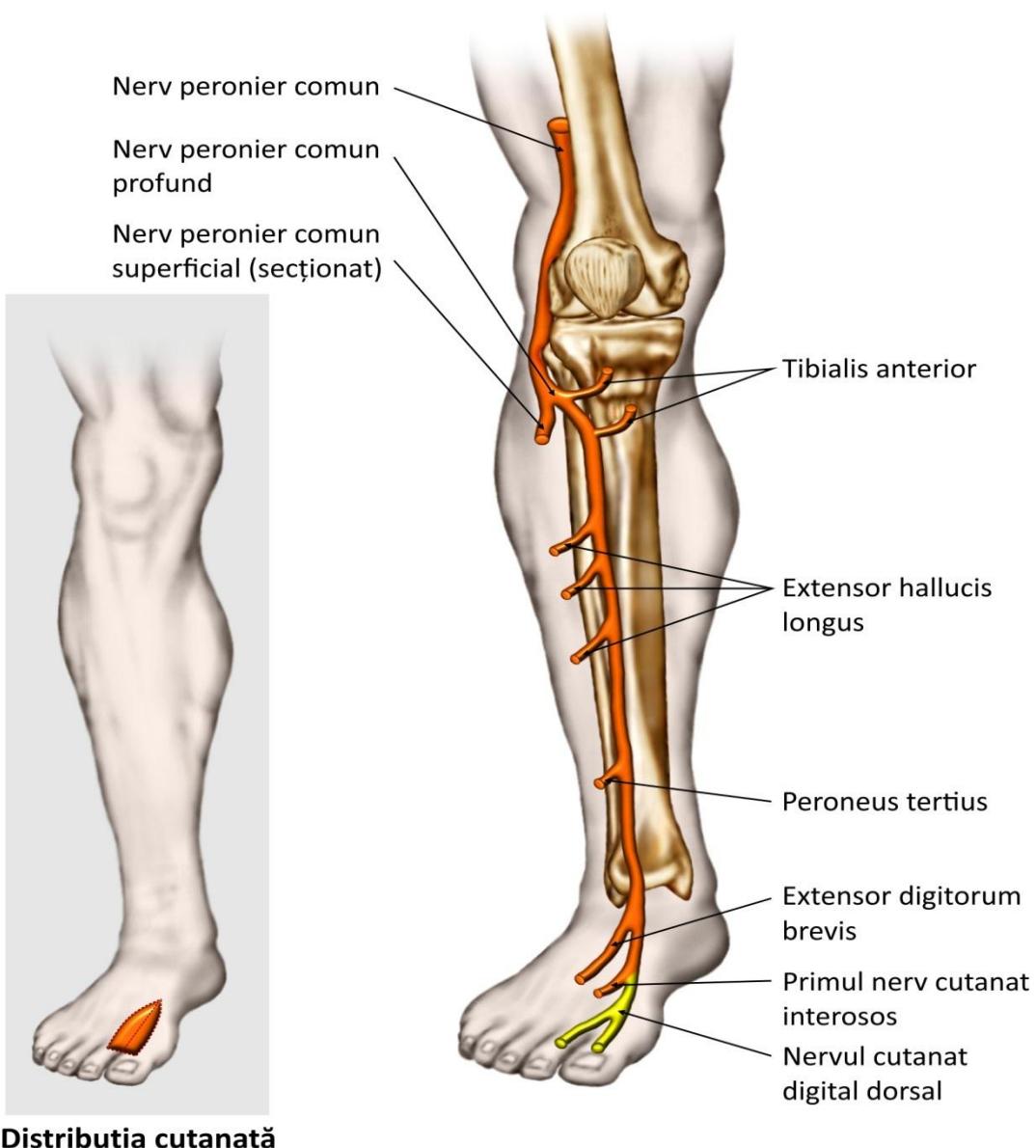


Figura 5. 19. Nervul peronier ramul profund și musculatura inervată în modularea răspunsului funcțional al dorsiflexiei. Stimularea acestuia produce o dorsiflexie combinată în unele cazuri cu inversie puternică. Schemă originală.

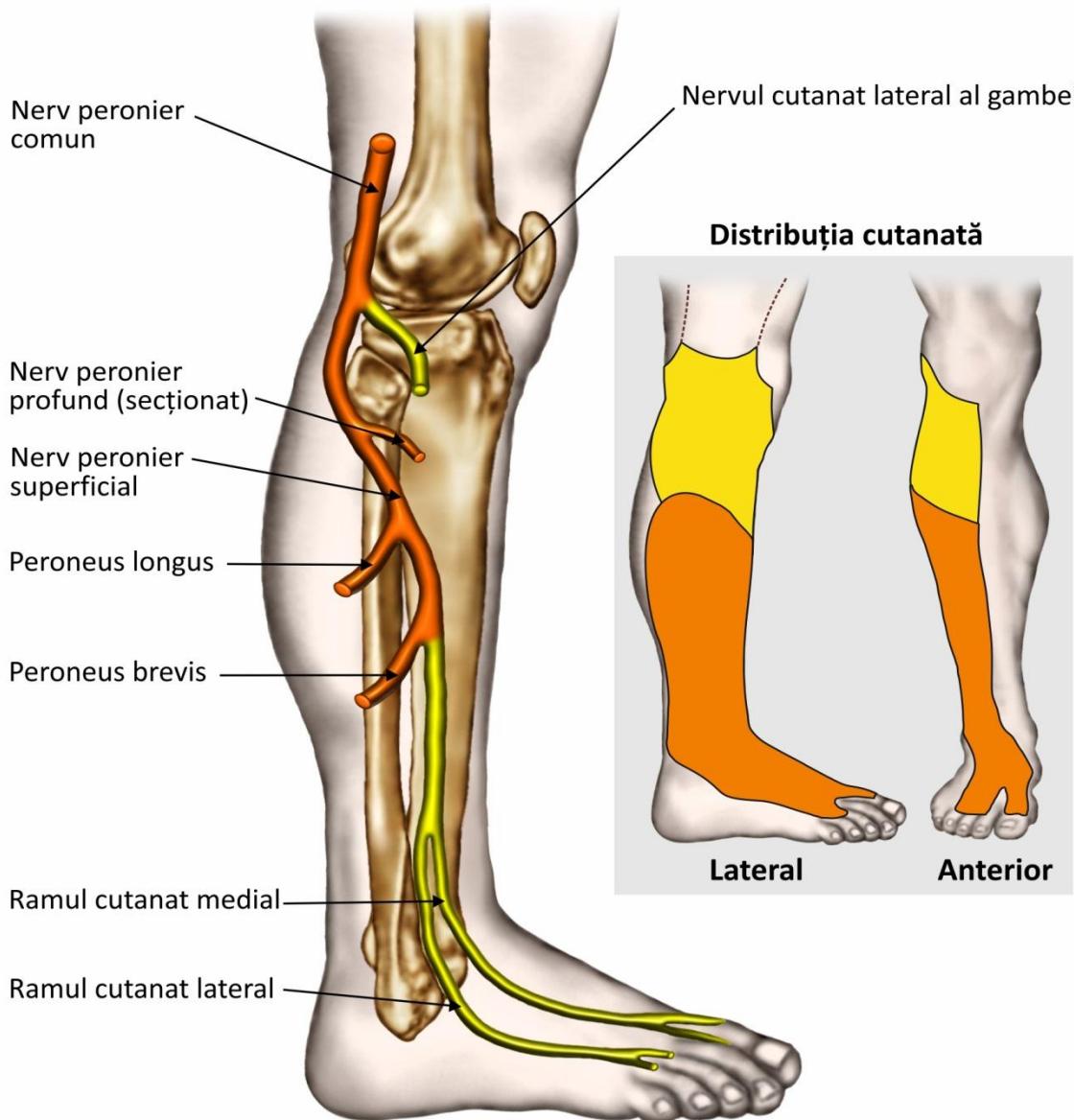


Figura 5. 20. Ramul superficial al nervului peronier comun și musculatura inervată de acesta. Stimularea mai mult a ramului superficial produce o dorsiflexie combinată cu o puternică eversie. Schemă originală

Pentru a modula răspunsul funcțional al dorsiflexiei piciorului în momentul stimulării am folosit următoarele poziționări:

Poziția 1 (standard): electrodul activ a fost amplasat cu partea superioară peste capul peroneului. Electrodul indiferent a fost amplasat peste mușchiul tibialis anterior, evitându-se aplicarea lui peste tibia. Dacă această poziție a produs prea multă eversie în cazul pacientului am repoziționat electrodul activ mai anterior. Dacă s-a produs prea multă inversie am repoziționat electrodul activ posterior și superior față de capul peroneului (fig. 5. 21).

Poziția 2 (inversarea polarității): dacă s-a produs prea multă eversie în poziționarea standard a electrozilor, atunci am recurs la inversarea polarității electrozilor amplasând

electrodul activ pe punctul motor al mușchiului tibialis anterior iar electrodul indiferent pe capul peroneului. În această setare a fost nevoie de o intensitate mai mare a impulsului. Electrodul de pe capul peroneului poate fi ajustat la fel ca în poziția standard pentru a modela răspunsul.

Dacă dorsiflexia s-a produs cu o inversie exagerată atunci am modificat forma de undă din asimetric bifazic în simetric bifazic. Acest lucru a determinat o stimulare egală la nivelul ambilor electrozi producând mai multă eversie decât în poziția 2 dar mai mică decât în poziția standard.

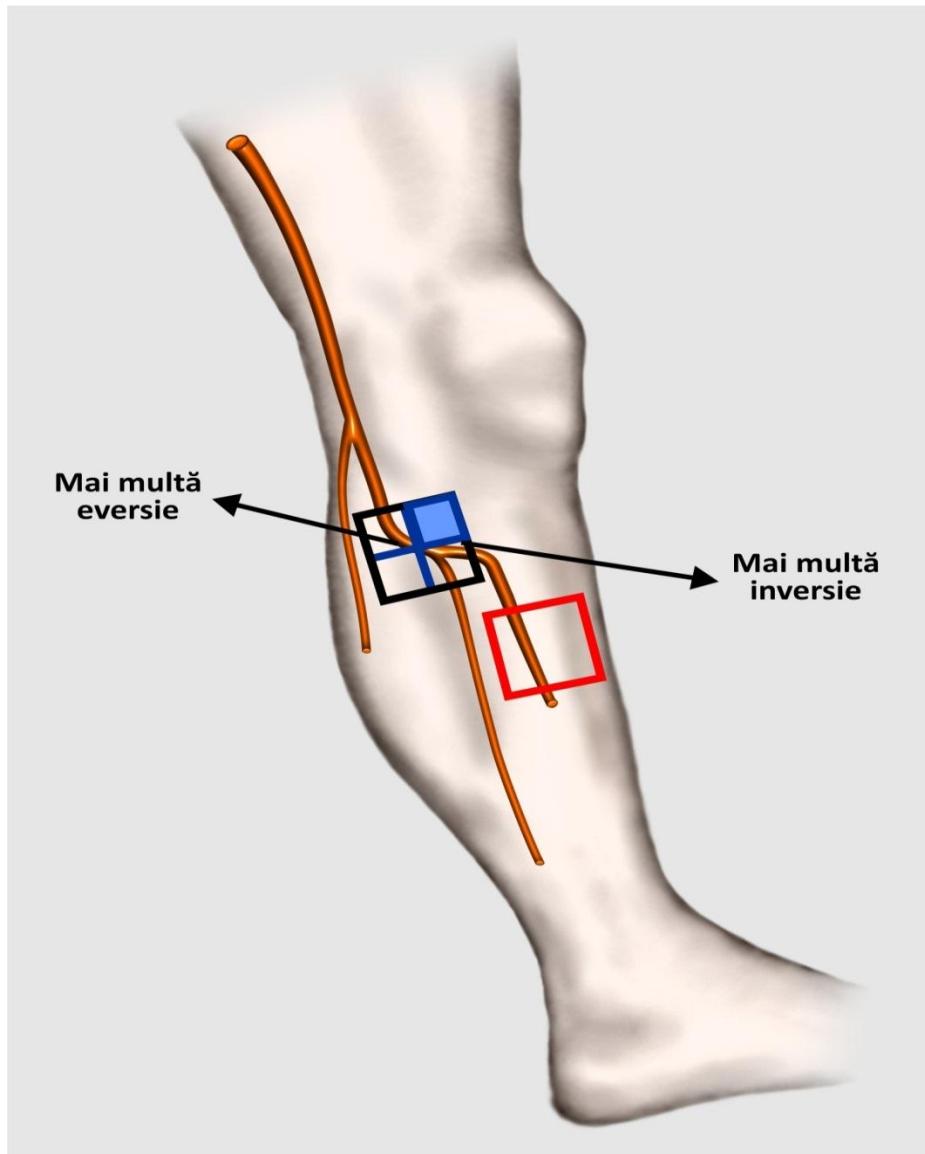


Figura 5. 21. Amplasarea standard a electrozilor. Modificarea în funcție de inversie/eversie. Schemă originală

Poziția 3 (fosa poplitee): atunci când a fost necesar un răspuns mai puternic am amplasat un electrod în zona laterală a fosei poplitee. Se poziționează partea exterioară a electrodului pe tendonul mușchiului biceps femoris.

Am avut grija să nu se poziționeze prea mult în interiorul fosei poplitee pentru a nu stimula nervul tibial (SPI) și astfel să se producă activarea musculaturii tricepsului sural.

Această poziționare poate determina flexia genunchiului datorită recrutării reflexului de retragere (withdrawal reflex).

Reflexul de retragere determină flexia șoldului, genunchiului și a gleznei împreună cu eversia piciorului și rotația externă a șoldului. Cel mai puternic răspuns se obține cu poziționarea electrodului activ în zona poplitee. Dacă acest lucru produce însă prea multă eversie, se inversează polaritatea. Pentru a obține un reflex de retragere cu mai multă dorsiflexie dar mai puțină eversie s-a poziționat unul dintre electrozi mai jos, pe punctul motor al mușchiului tibialis anterior și celălalt în zona poplitee (fig. 5. 22)

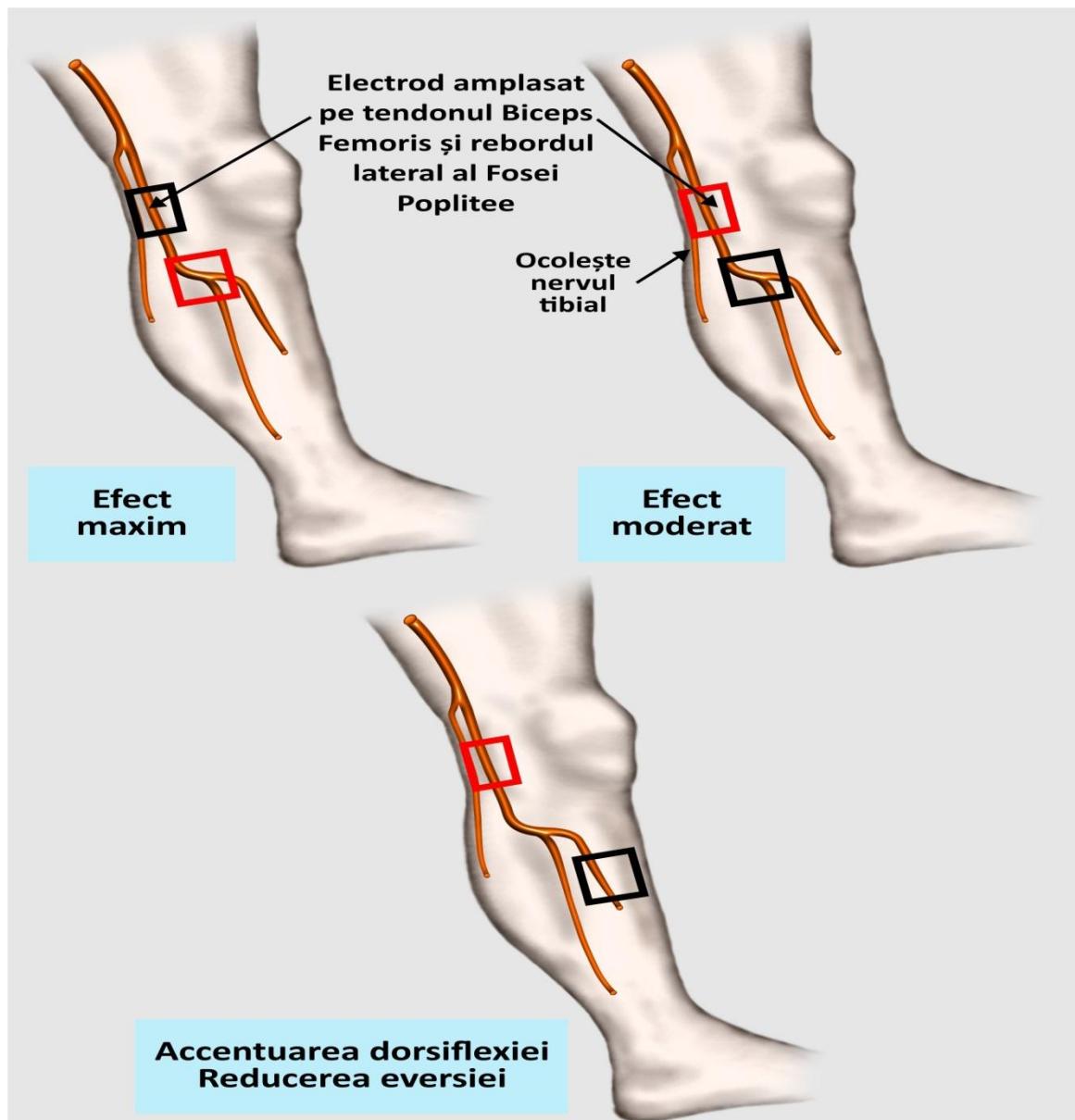


Figura 5. 22. Combinarea electrozilor conform poziției 3. Amplasarea unui electrod în zona poplitee și a celuilalt pe capul peroneului sau pe punctul motor al mușchiului tibialis anterior. Schemă originală

Poziția 4 (stimularea punctului motor): dacă pozițiile anterioare au determinat prea multă eversie s-a stimulat punctul motor al mușchiului tibialis anterior amplasându-se direct

electrodul activ deasupra punctului motor și a electrodului indiferent mai distal. Această poziționare necesită creșterea intensității curentului ceea ce poate fi mai puțin confortabil pentru pacient decât stimularea nervului peroneu comun. Dacă s-a produs prea multă inversie s-au repoziționat fie ambii sau doar unul dintre electrozi lateral, spre mușchii peroneus brevis și peroneus longus (fig. 5. 23).

Ocazional pacienții au experimentat flexia degetelor în timpul mersului. Pentru a obține o extensie mai mare a halucelui s-a deplasat electrodul indiferent mai distal spre punctul motor al mușchiului extensor al halucelui.

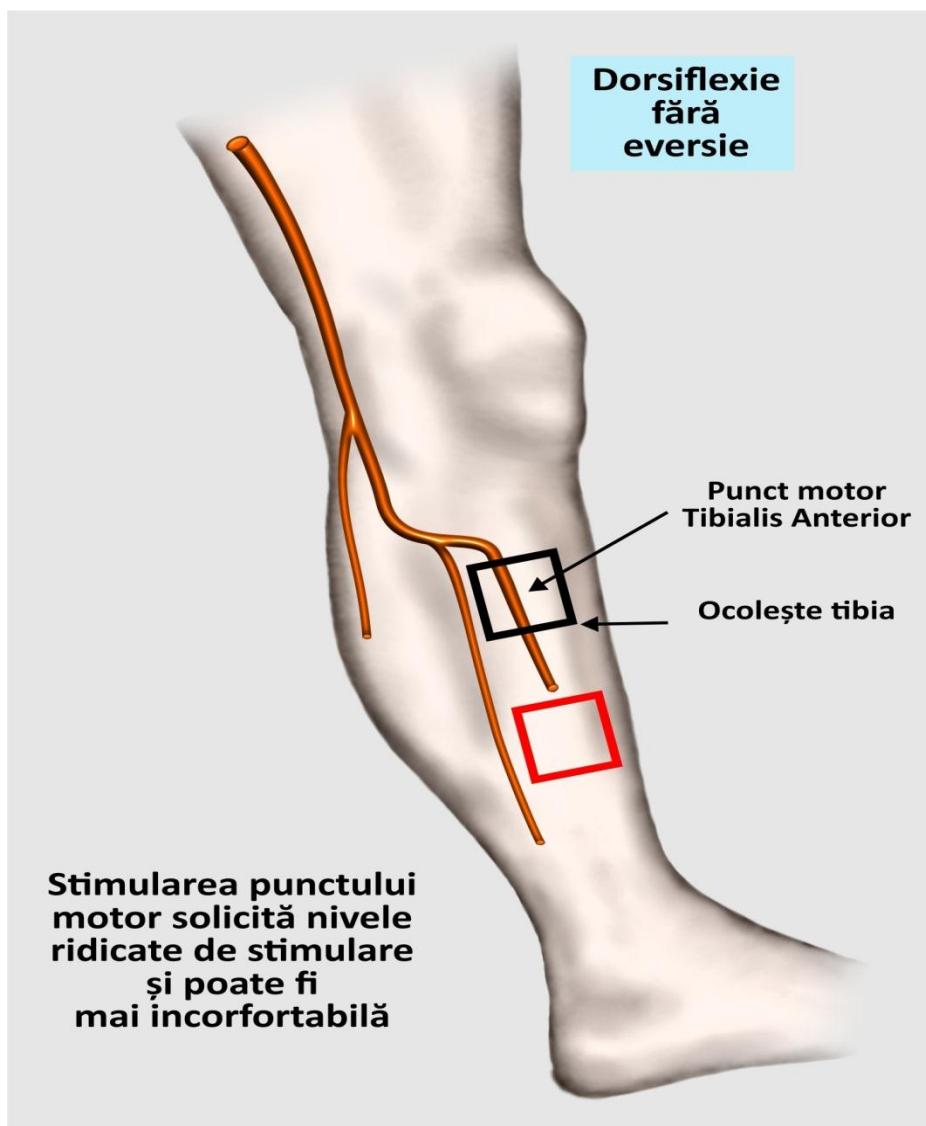


Figura 5. 23. Stimularea punctului motor al mușchiului tibialis anterior. Schemă originală

V. 2. 7. 2. Protocol FES de declanșare a stimulului prin Biofeedback

Lotul de studiu EMG-FES a primit intervenția de stimulare electrică funcțională declanșată prin biofeedback neuromuscular. Sedințele de stimulare au fost în număr de 20 și

s-au desfășurat astfel: 1 ședință în fiecare zi timp de 30 de minute pe durata a 5 zile timp de 4 săptămâni.

Pentru aplicarea stimulului electric în cadrul lotului de studiu EMG-FES s-a utilizat dispozitivul Chattanooga Intelect Advanced Combo® care are în dotare modulul de stimulodetectie sEMG+stim. Stimularea și detecția biopotențialului neuromuscular cu ajutorul modulului sEMG s-a făcut în concordanță cu protocolul intern al dispozitivului realizat de către un circuit integrat (fig. 5. 24).

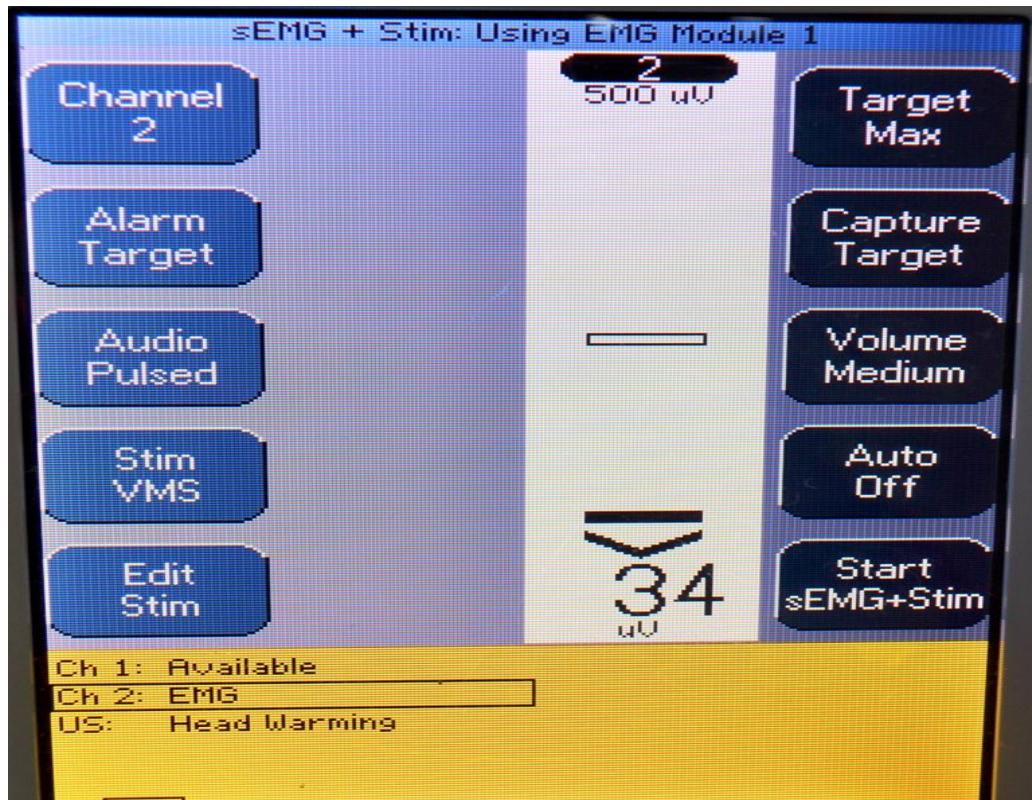


Figura 5. 24. Modulul de stimulodetectie disponibil pe dispozitivul Chattanooga Intelect Advanced Combo în stare latent.

Protocolul utilizat pentru aplicarea stimulării electrice funcționale pentru lotul EMG-FES a cuprins următorii pași:

1. Amplasarea electrozilor.

Dispozitivul utilizează 3 electrozi cu ajutorul cărora realizează achiziția biopotențialului electric de la nivelul musculaturii afectate și în același timp transmite și stimularea electrică. În linii mari amplasarea electrozilor de stimulare a păstrat caracteristica descrisă în capitolul **V. 2. 7. 1. Aplicarea electrozilor în cadrul FES pentru modulararea mișcării de dorsiflexie**. Datorită faptului că modalitatea de declanșare a stimulării electrice funcționale la lotul de studiu EMG-FES se face prin biofeedback, dispozitivul utilizat folosește 3 electrozi în procesul de stimulodetectie.

Pentru achiziția semnalului sEMG am utilizat trei electrozi rotunzi autoadezivi percutanați astfel: catodul amplasat la 1-2 cm mediolateral de capul proximal al peroneului

(înănd cont de particularitățile anatomicice) pe nervul peroneu comun, anodul amplasat distal la nivelul mușchiului tibialis anterior iar electrodul de împământare pe partea distală a mușchiului tibialis anterior (fig. 5. 25).

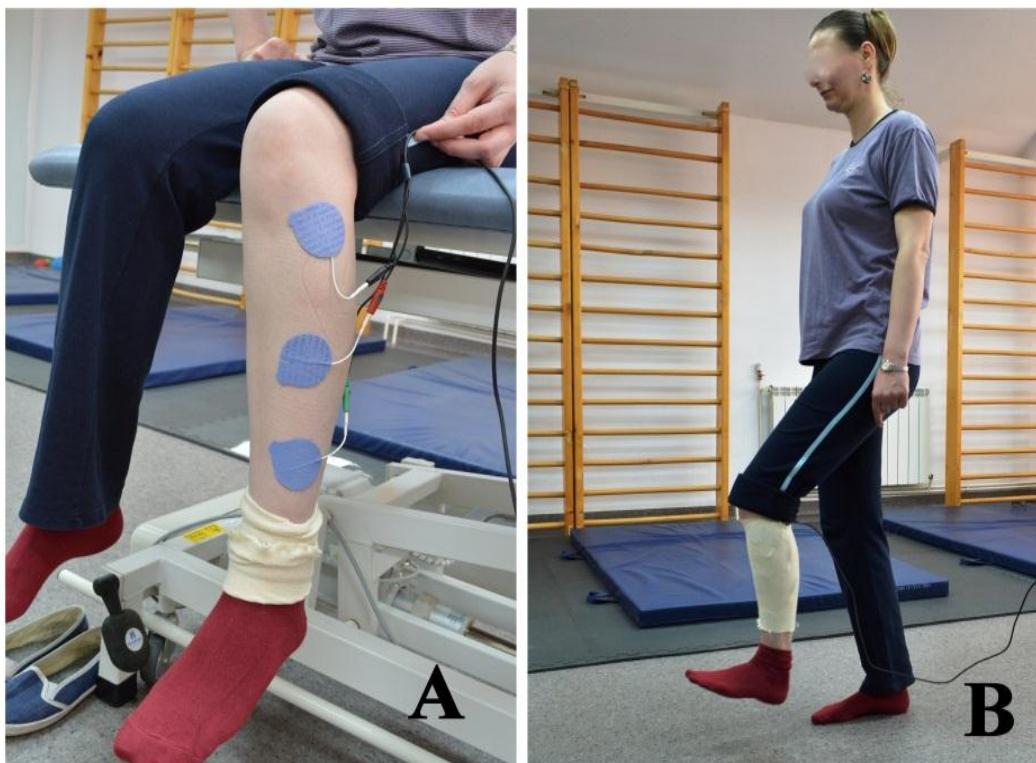


Figura 5. 25. Stimularea sEMG. A - Amplasarea electrozilor specifică pentru declanșarea în timpul ciclului de mers. B – Utilizarea FES declanșat prin biofeedback în timpul ciclului de mers.

2. Achiziția biopotențialului electric de la nivelul musculaturii afectate

Protocolul de stimulare prin biofeedback sEMG se declanșează în timpul ciclului de mers în momentul în care pacientul activează musculatura dorsiflexoare. Pentru a determina momentul declanșării stimулului electric programul dispozitivului are nevoie să înregistreze un prag de declanșare. Acesta a fost determinat după cum urmează:

- S-au montat electrozii în poziția de achiziție a biopotențialului electric de la nivel muscular, pacienții au fost rugați să producă o contracție maximă posibilă în funcție de capacitatele lor funcționale timp de 10 secunde;
- Softwer-ul a identificat automat efortul muscular maximal;
- Evaluarea semnalului sEMG este făcută prin detectarea de tip “peak to peak” și este returnat pe display-ul dispozitivului sub forma unei scale grafice numerice iar valoarea lui este înregistrată în μV (fig. 5. 26).
- Efortul muscular maxim produs de către pacienți se traduce printr-un semnal notat cu 100% din forța de contracție musculară. Nivelul maxim al semnalului captat a fost denumit *prag de declanșare* a stimulației electrice funktionale.

Pacienții în timpul unei ședințe de terapie nu au capacitatea de a dezvolta în timpul mersului același biopotențial la nivel muscular datorită efectului de obosire a unității motorii (UM). Astfel, pentru a evita fatigabilitatea UM am stabilit în primele 5 ședințe nivelul pragului de declanșare a impulsului electric la 50% din valoarea totală, din a zecea ședință valoarea prag a fost crescută la 75% din valoarea totală, iar din ședința a – 15- a valoarea prag a fost de 100% din nivelul de contracție musculară maximă.

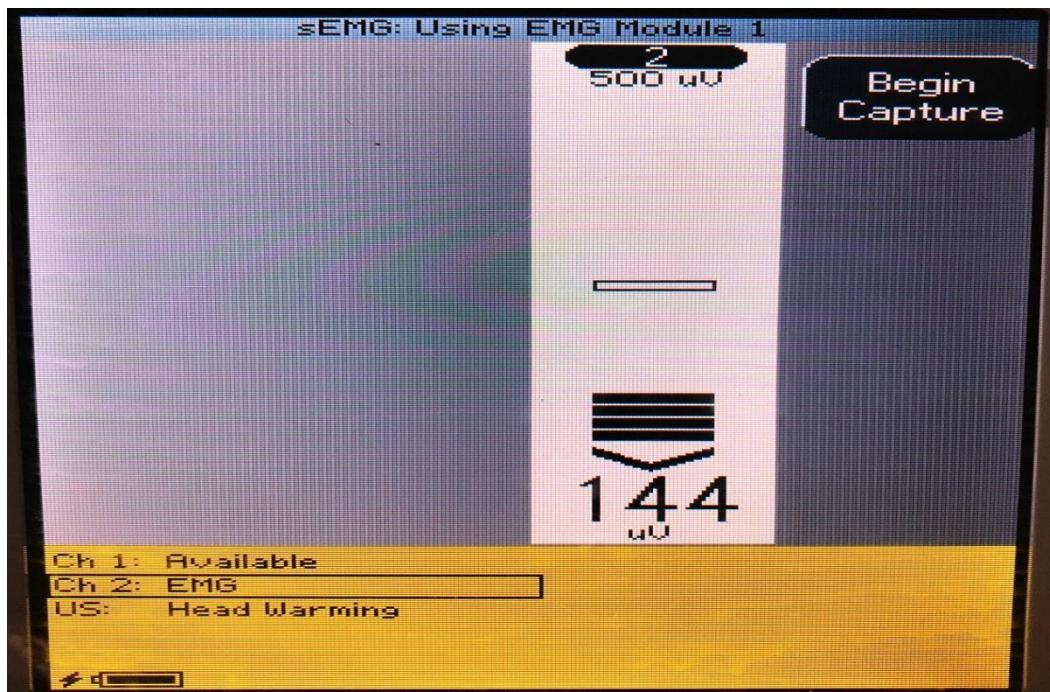


Figura 5. 26. Înregistrarea biopotențialului de la nivel muscular pentru declanșarea FES la lotul de studiu EMG-FES

3. Stabilirea impulsului electric de stimulare pentru modularea mișcării de dorsiflexie

După stabilirea valorii pragului de declanșare s-a procedat la identificarea tipului de curent, precum și al caracteristicilor acestuia. Stimularea a fost efectuată după principiile tipului de curent denumit stimulare nervoasă electrică transcutanată (transcutaneus electrical nerve stimulation - TENS).

Datorită faptului că pacienții au prezentat diferite grade de restant funcțional neuromotor și luând în calcul și specificul anatomic al structurilor implicate curentul a fost modulat astfel:

- stimul de tip simetric bifazic sau asimetric bifazic;
- frecvență între 20 Hz și 60 de Hz;
- lungimea fazelor între 200 ms și 400 ms;
- intensitatea curentului crescută până la nivelul minim la care s-a obținut o contracție continuă din partea mușchiului țintit.

Datorită faptului că am dorit să producem o mișcare continuă funcțională a dorsiflexiei piciorului iar frecvențele de sub 20 Hz produc o mișcare sacadată, am utilizat frecvență minimă necesară, cuprinsă între 40 Hz și 60Hz, care a determinat o contracție suficient de fluidă pentru a putea fi integrată în schema motorie a ciclului de mers.

4. Testarea în repaus a setărilor

După stabilirea valorii prag de declanșare și setarea parametrilor curenților de stimulare s-a procedat la testarea în starea de repaus a pacienților. Astfel, pacientul din poziția așezată a fost rugat să activeze musculatura dorsiflexoare până la nivelul valorii prag de declanșare, moment în care dispozitivul a transmis un feed-back auditiv semnalând atingerea pragului și declanșarea impulsului de stimulare electrică (fig. 5. 27).

În principal dorsiflexia fiind executată în mare măsura de mușchiul tibialis anterior, acesta este ajutat prin declanșarea impulsului electric să rămână activat pe o perioadă de 5 secunde. Acest timp a fost încadrat în ciclul de mers al pacientului.

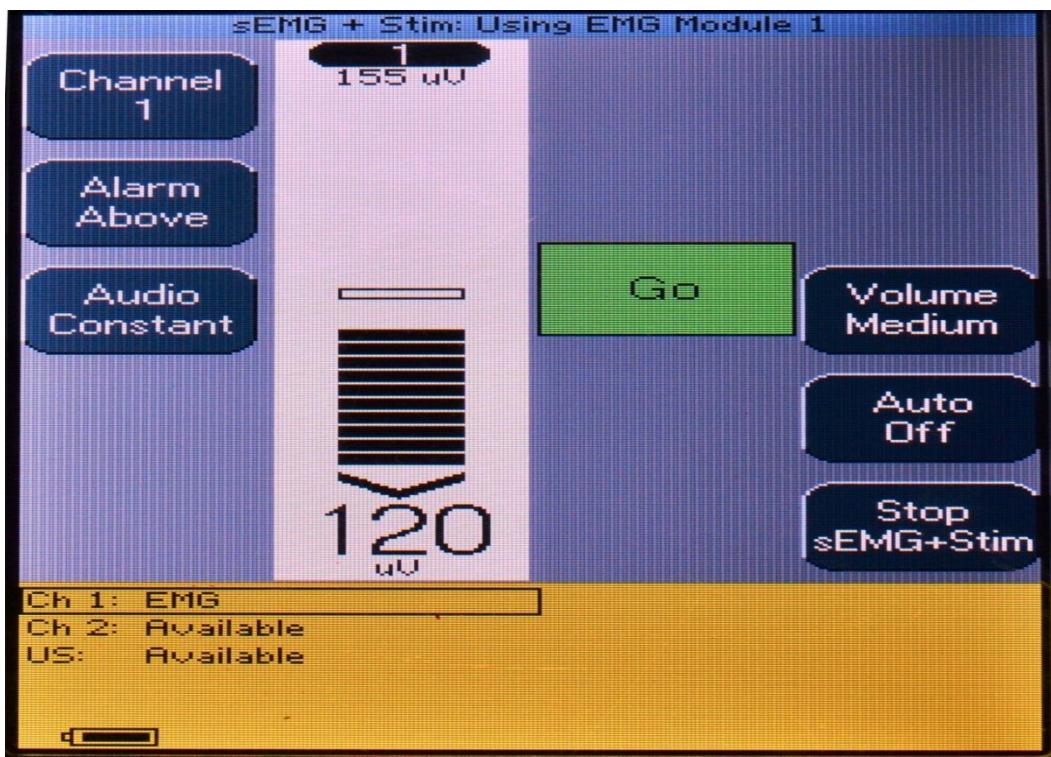


Figura 5. 27. Declanșarea impulsului electric la atingerea pragului de declanșare. Pacientul contractă musculatura până la nivelul pragului de declansare prestabilit. Exemplu: prag prestabilit în acest caz la $155\mu V$.

5. Aplicarea în mers a stimulării electrice funcționale prin declanșare biofeedback

După setarea dispozitivului de electrostimulare funcțională în repaus pacientul a primit indicațiile necesare pentru a putea utiliza dispozitivul în timpul mersului. Electrostimularea funcțională intervine la pacienții cu picior paralitic în anumite faze ale ciclului de mers când vârful piciorului trebuie să elibereze solul. Astfel începând cu faza de prebalans când trebuie activat mușchiul tibialis anterior pentru a executa dorsiflexia, dispozitivul de FES se activează și asistă pacientul la efectuarea mișcării scontate.

Pentru o înțelegere corectă în ceea ce privește controlarea contracțiilor musculare pentru activarea dispozitivului de electrostimulare prin biofeedback și încadrarea acesteia într-un ciclul de mers funcțional pacienților li s-au explicitat fazele ciclului de mers. Ciclul de mers este format din șapte evenimente de mers care delimitizează șapte perioade ale mersului [239].

Mai departe am descris modalitatea de activare a dispozitivului în funcție de evenimentele și perioadele de mers.

Activarea dispozitivului sa produs astfel (fig. 5. 28):

1. Perioada de mers *balans inițial* (*între evenimentele desprinderea piciorului și apropierea picioarelor*): - contracția musculaturii pretibiale anteroare produce nivelul de potențial neuromuscular presetat ce atinge pragul de stimulare pentru a declanșa dispozitivul FES.
2. Perioada de mers *balans de mijloc* (*între evenimentele apropierea picioarelor și verticalizarea tibiei*): - musculatura dorsiflexoare se află activată de impulsul electric primit din faza anteroioară de mers;
3. Perioada de mers *balans final* (*între evenimentele verticalizarea tibiei și contactul inițial*): - Stimularea electrică menține musculatura dorsiflexoare în contracție isometrică;
4. Perioada de mers *răspunsul de încărcare (delimitată de contact inițial și desprinderea piciorului contralateral)*: - Dispozitivul este activ asistând contracția mușchiului tibial anterior ce va avea nevoie să lucreze în regim de contracție excentrică pentru a controla mișcarea de flexie plantară ce va apărea după evenimentul contactului inițial. În momentul contactului inițial musculatura dorsiflexoare lucrează în isotonie concentrică pentru a pregăti călcâiul să vină în contact cu solul.
5. Perioada de mers *sprijinul de mijloc* (*între desprinderea piciorului contralateral și ridicarea călcâiului homolateral*): - musculatura dorsiflexoare este dezactivată în această perioadă a mersului iar potențialul neuromuscular scade sub pragul de declanșare ceea ce determină dispozitivul de stimulare electrică funcțională să se dezactiveze.
6. Perioada de mers *sprijinul terminal* (*între evenimentele ridicarea călcâiului și contactul inițial al piciorului contralateral*): - musculatura dorsiflexoare este dezactivată iar dispozitivul este inactiv;
7. Perioada de mers *pre-balans* (*între evenimentele contactul inițial al piciorului contralateral și desprinderea piciorului*): - musculatura dorsiflexoare este dezactivată iar dispozitivul este inactiv.

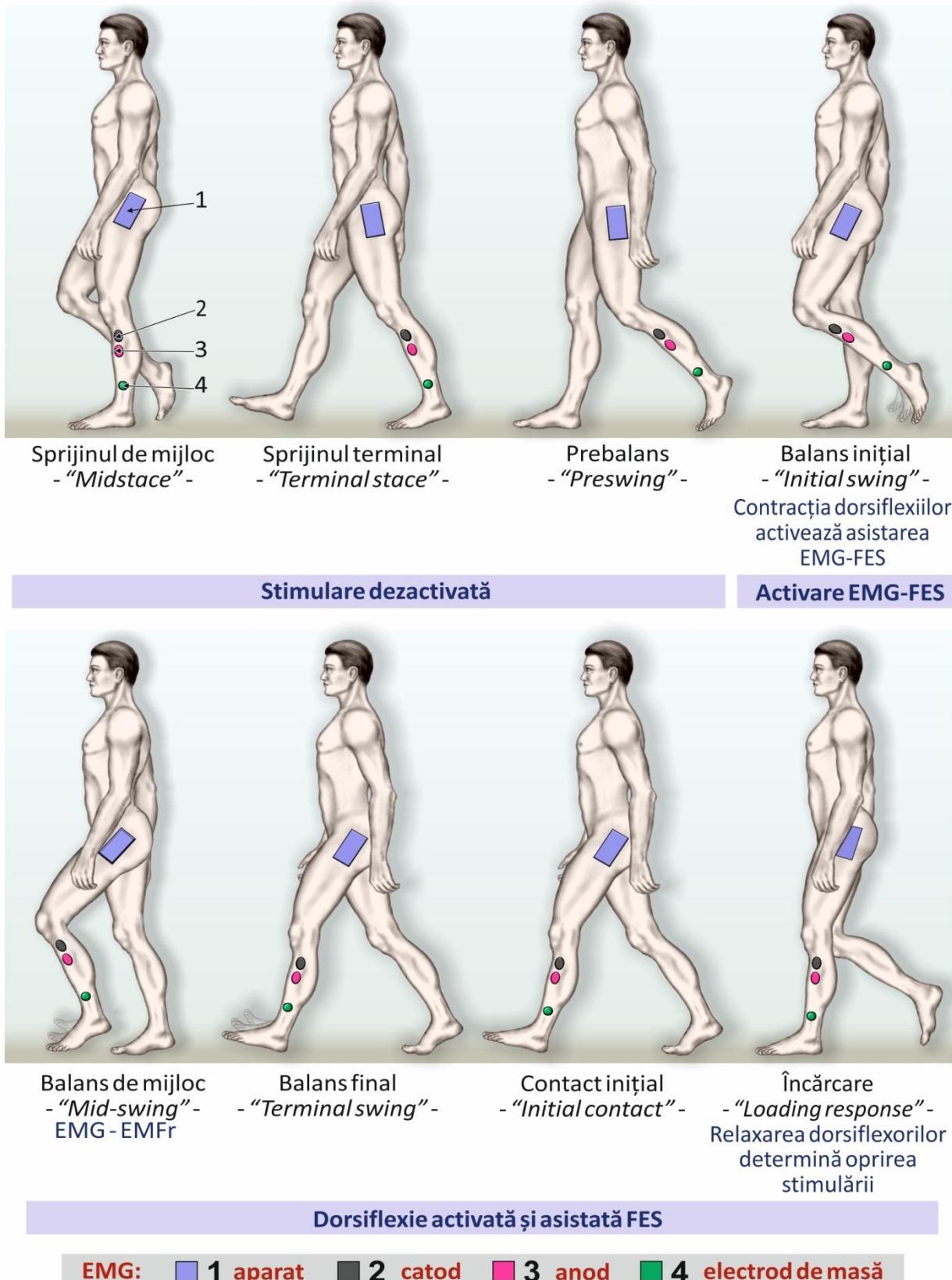


Figura 5. 28. Activarea stimulării electrice funcționale declanșate prin biofeedback în timpul diferitelor faze ale ciclului de mers. Stimularea se activează în momentul denumit *balans initial* și se dezactivează la faza de mers denumită *sprijin de mijloc*, imediat după contactul inițial. Schemă originală.

V. 2. 7. 3. Protocol FES de declanșare a stimulului prin “switch” calcanean

Lotul de studiu SWITCH-FES a primit intervenția de stimulare electrică funcțională declanșată prin intermediul unui dispozitiv ce utilizează un sensor (“switch”) amplasat la nivelul calcaneului. Sedințele de stimulare au fost în număr de 20 și s-au desfășurat astfel: 1 sesiune în fiecare zi timp de 30 de minute pe durata a 5 zile timp de 4 săptămâni.

Aplicarea stimulului electric în cadrul lotului de studiu SWITCH-FES a fost făcută cu ajutorul dispozitivului ODFS - Pace 1.0 (Odstock Dropped Foot Stimulator) - Odstock Medical Ltd. U.K.. Acest aparat este creat special pentru pacienții cu deficiență de dorsiflexie iar declanșarea semnalului de stimulare electrică funcțională se realizează prin închiderea/deschiderea circuitului electric cu ajutorul unui “switch” calcanean (fig. 5. 29).



Figura 5. 29. Dispozitivul ODFS Pace 1.0 utilizat în cadrul lotului de studio SWITCH-FES

Protocolul aplicării stimulării electrice funcționale pentru lotul de studiu SWITCH-FES a cuprins următorii pași:

1. Amplasarea electrozilor:

Amplasarea electrozilor pentru stimulare în cadrul lotului SWITCH-FES urmează caracteristicile generale ce țin cont de specificul anatomic și de modularea răspunsului mișcării de dorsiflexie descrise în subcapitolul **V. 2. 7. 1. Aplicarea electrozilor în cadrul FES pentru modularea mișcării de dorsiflexie**.

Datorită modalității diferite de declanșare a impulsului de stimulare electrică funcțională există diferențe tehnice între cele două dispozitive. În comparație cu dispozitivul

utilizat la primul lot, cel utilizat în lotul SWITCH-FES utilizează un sensor ce se aplică la nivelul călcâiului (fig. 5. 30).

În faza de mers din cadrul ciclului de mers când pacientul a ridicat călcâiul de pe sol, senzorul a depistat diferența de poziție și a transmis semnalul către aparat care a declanșat impulsul de stimulare electrică.



Figura 5. 30. Senzorul calcanean utilizat de dispozitivul ODFS - Pace 1.0 în declanșarea stimuării electrice funcționale pentru lotul de studiu SWITCH-FES.

Electrozii de stimulare au fost aplicăți astfel: catodul la nivelul nervului peronier comun imediat sub capul peroneului iar anodul la nivelul mușchiului tibialis anterior. Senzorul pentru declanșarea stimulării electrice funcționale a fost amplasat la nivelul călcâiului. Pentru o mai bună acomodare și un mers cât mai natural acesta a fost introdus în încăltăminte utilizatorului. (fig. 5. 31).

2. Stabilirea impulsului electric de stimulare pentru modularea mișcării de dorsiflexie

După momentul amplasării electrozilor de transmitere a impulsului electric și a senzorului calcanean în încăltăminte pacientului, s-a procedat la identificarea tipului de curent, precum și al caracteristicilor acestuia. Stimularea a fost efectuată după principiile tipului de curent denumit stimulare nervoasă electrică transcutanată (transcutaneous electrical nerve stimulation - TENS).

Caracteristicile curentului de stimulare cum ar fi intensitatea, frecvența și lungimea fazei de stimulare au fost modulate după necesitățile fiziole funcționale ale fiecarui pacient. Pentru a putea compara influența celor două modalități de stimulare, acestea au fost similare cu valorile utilizate în cadrul lotului de studiu EMG-FES:

- stimul de tip simetric bifazic sau asimetric bifazic;
- frecvență între 20 Hz și 60 de Hz;
- lungimea fazei între 200 ms și 400 ms;
- intensitatea curentului crescută până la nivelul minim la care s-a obținut o contracție continuă din partea mușchiului țintit.

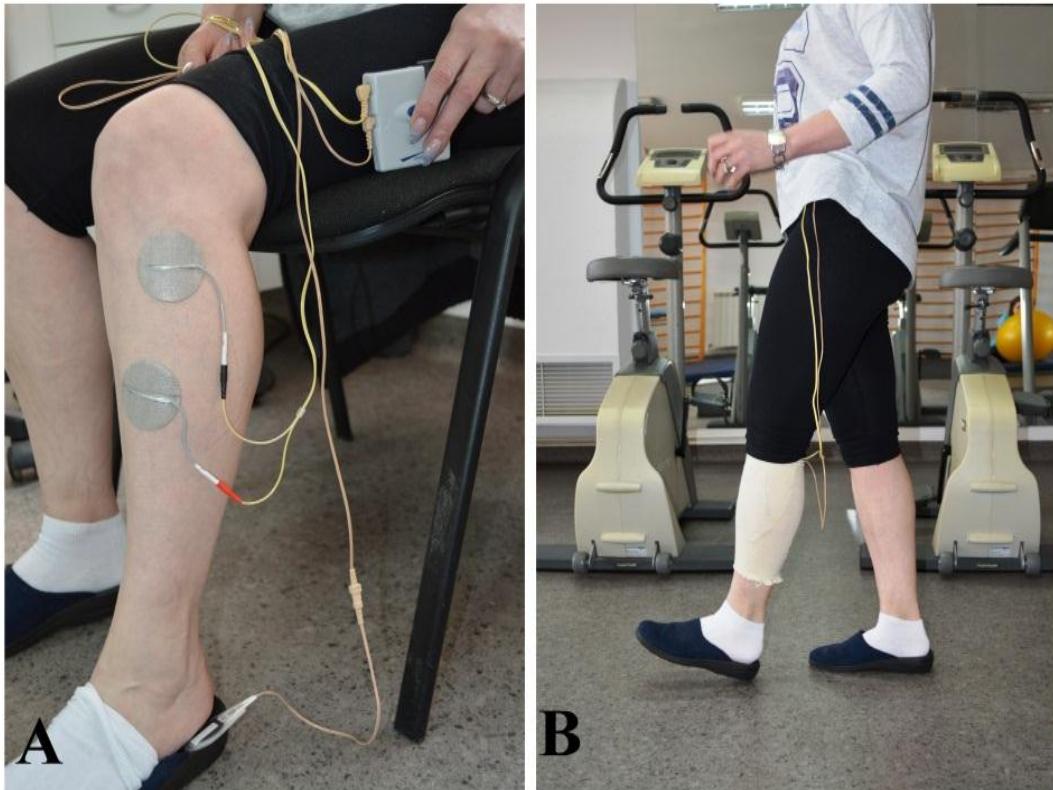


Figura 5. 31. Stimularea declanșată prin “switch”. A - Amplasarea electrozilor și a senzorului calcanean specifică pentru lotul SWITCH-FES. B – Utilizarea FES declanșat prin “switch” în timpul ciclului de mers.

Dispozitivul ODFS Pace 1.0 dispune de o anvelopă a curentului electric ce permite modularea curentului din punct de vedere funcțional. Astfel, în evenimentul de mers denumit *contact initial* în care pacientul atinge solul cu călcâiul senzorul nu oprește brusc stimularea musculaturii dorsiflexoare ci scade treptat intensitatea. Acest lucru se traduce în schema motorie de mers prin asistarea piciorului în mișcarea de revenire din dorsiflexie pentru ca fața plantară să nu lovească brusc solul (fig. 5. 32).

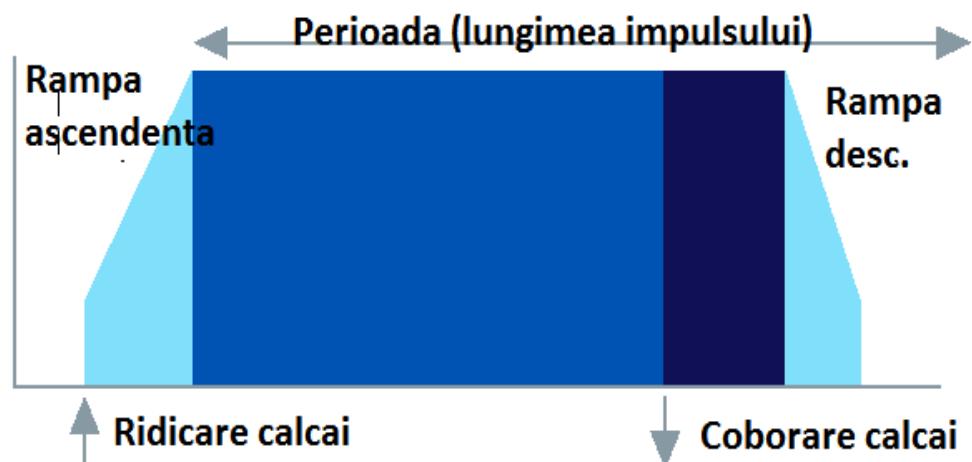


Figura 5. 32. Anvelopa impulsului electric utilizat de către dispozitivul ODFS-Pace 1.0

Datorită specificului declanșării impulsului în cadrul envelopei curentului de stimulare prezentă la dispozitivul ODFS-Pace 1.0 acesta prezintă și o rampă ascendentă și una descendente: - Rampă ascendentă ce poate fi setată între 0 și 200 ms; - Rampă descendente între 0 și 2000ms.

ACESTELE AU FOST UTILIZATE ÎN ATENUAREA MIȘCĂRILOR DE RIDICARE ȘI COBORÂRE A PICIORULUI ÎN CICUL DE MIȘCARE DORSIFLEXIE-PLATARFLEXIE.

3. Testarea în repaus a setărilor dispozitivului ODFS – Pace 1.0

Al treilea pas în protocolul de stimulare este reprezentat de testarea în repaus a setărilor ce țin de amplasarea electrozilor de stimulare, a senzorului calcanean și a setărilor curentului de stimulare. Acest pas este important pentru a pune în evidență funcționalitatea setărilor și bineînțeles pentru a evita eventualele erori din timpul ciclului de mers al pacienților.

Aparatul dispune de un buton special pentru testul în repaus. În timpul testului s-a transmis la nivelul musculaturii dorsiflexoare a gambei impulsul curentului deja modulat. În această etapă se setează intensitatea minimă necesară pentru a obține o mișcare de dorsiflexie funcțională ce poate fi integrată în ciclul de mers. Intensitatea semnalului apare pe display-ul aparatului în valori ce reprezintă un procent din totalul de intensitate (fig. 5. 32).



Figura 5. 33. Test în repaus a dispozitivului ODFS – Pace 1.0

4. Aplicarea în mers a stimulației electrice funcționale prin declanșare “switch”

După setarea dispozitivului de electrostimulare funcțională în repaus pacientul a primit indicațiile necesare pentru a putea utiliza în timpul mersului. Electrostimularea declanșată prin “switch” intervine la pacienții cu picior paralitic în fazele de mers când călcâiul eliberează solul.

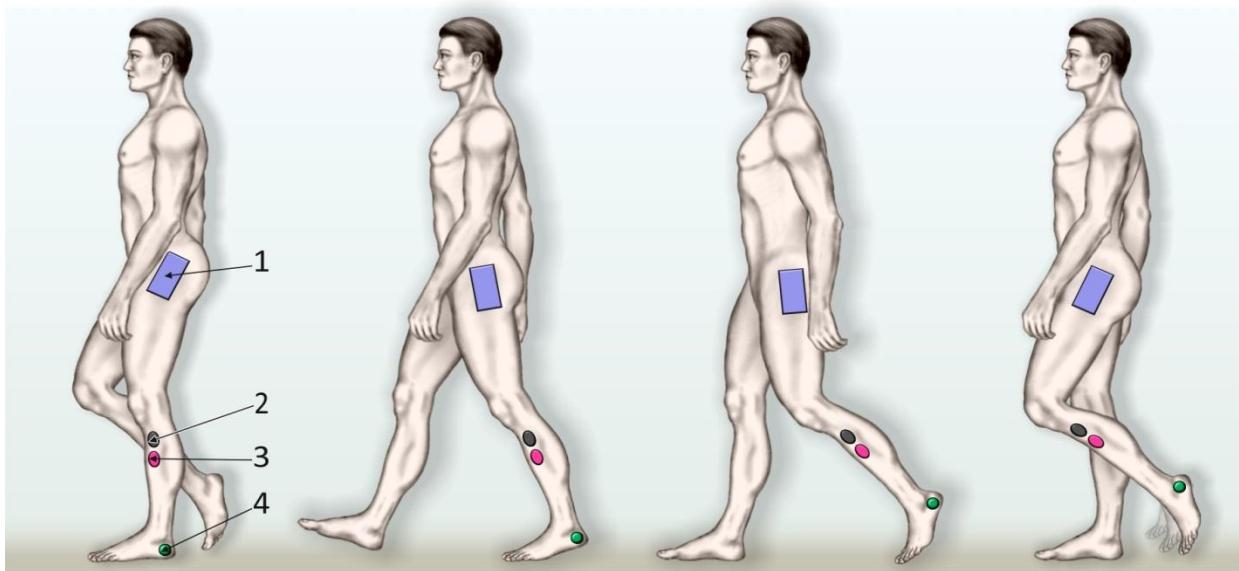
În comparație cu declanșarea prin biofeedback, cea prin "switch" nu este influențată de capacitatea pacientului de a tensiona prin contracție musculatura dorsiflexoare. Acest tip de declanșare face ca dorsiflexia să devină o mișcare pasivo-activă adică cu un nivel mult mai scăzut în implicarea activă a pacientului în determinarea contracției musculare.

Declanșarea se produce în faza în ciclul de mers denumit *sprijin terminal*. În acest moment are loc contactul inițial al piciorului contralateral și ridicarea călcâiului homolateral. Odată cu ridicarea călcâiului de pe sol, senzorul de la nivelul călcâiului depistează mișcarea iar dispozitivul de FES se activează. În acest moment s-a transmis impulsul de stimulare electrică ce asistă pacientul în efectuarea mișcării funcționale.

Mai departe am descris modalitatea de activare a dispozitivului în funcție de evenimentele și perioadele de mers.

Activarea dispozitivului s-a produs astfel (fig. 5. 34):

1. Perioada de mers *sprijinul terminal* (*între evenimentele ridicarea călcâiului și contactul inițial al piciorului contralateral*): - rularea piciorului și ridicarea călcâiului de pe sol determină scăderea presiunii de la nivelul călcâiului. Acest lucru duce la închiderea circuitului ceea ce face ca dispozitivul să trimită în periferie stimulul electric pentru activarea contracției musculaturii dorsiflexoare;
2. Perioada de mers *pre-balans* (*între evenimentele contactul inițial al piciorului contralateral și desprinderea piciorului*): - musculatura dorsiflexoare continuă să fie stimulată de curentul primit de la dispozitiv atât timp cât senzorul de la nivel calcanean nu este presat;
3. Perioada de mers *balans inițial* (*între evenimentele desprinderea piciorului și apropierea picioarelor*): - musculature rămâne activă asistată de dispozitivul FES;
4. Perioada de mers *balans de mijloc* (*între evenimentele apropierea picioarelor și verticalizarea tibiei*): - musculatura dorsiflexoare se alfă activată și rezistă isometric la orizontalizarea piciorului;
5. Perioada de mers *balans final* (*între evenimentele verticalizarea tibiei și contactul inițial*): - la sfârșitul balansului final al membrului inferior atunci când are loc contactul inițial între calcaneu și sol senzorul este presat între acestea și comandă aparatului de stimulare electrică funcțională să înceteze stimularea;
6. Perioada de mers *răspunsul de încărcare* (*delimitată de contact inițial și desprinderea piciorului contralateral*): - Dispozitivul este dezactivat;
7. Perioada de mers *sprijinul de mijloc* (*între desprinderea piciorului contralateral și ridicarea călcâiului homolateral*): - dispozitivul de asistare FES este dezactivat până la următorul pas.



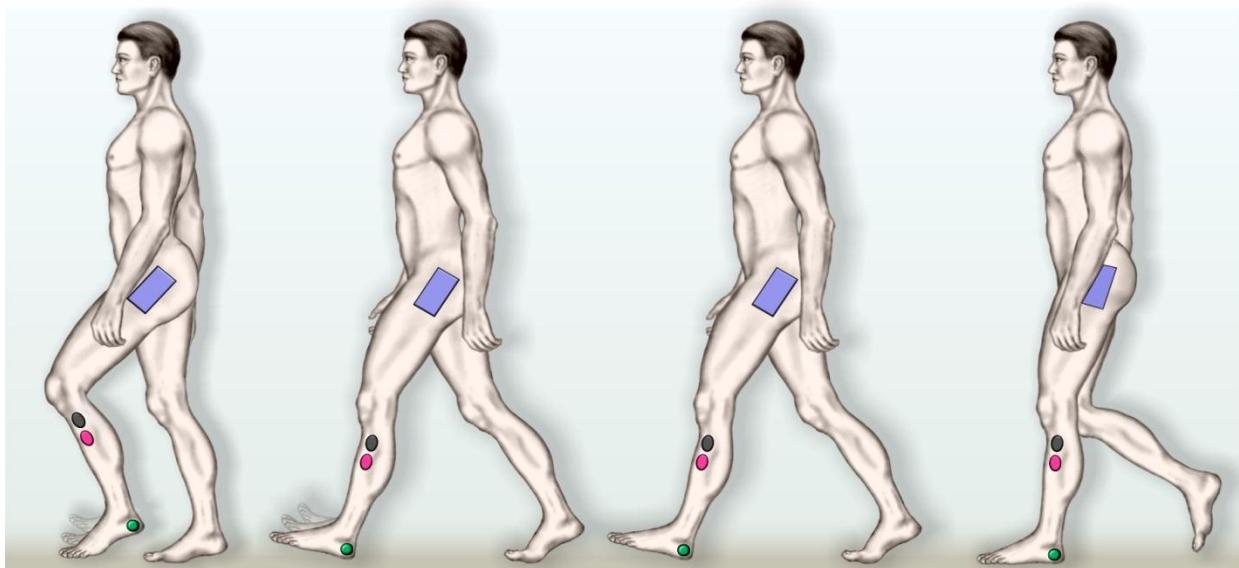
Sprijinul de mijloc
- "Midstance"-

Sprijinul terminal
- "Terminal stance"-
Sprijinul terminal
"Switch-ul" depistează
ridicarea călcâiului

Prebalans
- "Preswing"-

Balans inițial
- "Initial swing"-

Dorsiflexie activată și asistată FES



Balans de mijloc
- "Mid-swing"-

Balans final
- "Terminal swing"-

Contact initial
- "Initial contact"-
Contactul călcâiului cu
solul oprește stimularea
până la următorul pas

Încărcare
- "Loading response"-

Dorsiflexie activată și asistată FES

Switch: ■ 1 aparat ■ 2 catod ■ 3 anod ■ 4 senzor

Figura 5. 34. Activarea stimulării electrice funcționale declanșare prin "switch" în timpul diferitelor faze ale ciclului de mers. Stimularea se activează din faza de mers *sprijin terminal* și se dezactivează la *momentul contactului inițial*. Schemă originală.

V. 2. 8. Metode de analiză statistică utilizate

Cercetarea diferitelor fenomene studiate a impus necesitatea folosirii unor diverse tehnici și metode de analiză statistică. Pentru prelucrarea statistică a datelor din cadrul acestei cercetări s-a folosit softul statistic specializat: **SPSS** (Statistical Package for the Social Sciences) versiunea 20.0, precum și pachetul de programe **Microsoft Office XP**.

Tehnicile și metodele de analiză statistică folosite sunt următoarele:

1. Prezentarea și sistematizarea datelor se realizează prin intermediul tabelelor statistice și a reprezentărilor grafice.

În funcție de tipurile grupării statistice folosite, rezultatele pot fi prezentate în **tabele statistice simple sau cu dublă intrare**.

Un tabel simplu se folosește pentru prezentarea unei distribuții statistice univariante, iar o distribuție statistică bidimesională se prezintă într-un tabel cu dublă intrare. În cazul seriilor cu variabile exprimate numeric tabelul cu dublă intrare se numește și *tabel de corelație*, iar în cazul seriilor cu variabile exprimate atributiv (nominație) *tabel de asociere*.

Reprezentarea grafică este o metodă de prezentare sub forma unei imagini a datelor unei distribuții. Graficele permit sesizarea elementelor unei distribuții prin prisma unor caracteristici esențiale, fiind utilizate ca mijloc de comparare, de studiere a legăturilor dintre fenomene, ca mijloc de alegere a procedeelor și metodelor de calcul statistic sau ca mijloc de aproximare a unor mărimi statistice.

2. Analiza indicatorilor tendinței centrale ai unei distribuții, exprimă tendința generală a unei variabile de a se grupa în jurul unor valori semnificative cum ar fi media aritmetică, mediana, modul (dominantă), quartilele etc.

- **media aritmetică** este un indicator care sintetizează într-o singură expresie cantitativă toate nivelurile individuale ale caracteristicii și exprimă ceea ce este esențial și tipic în evoluția caracteristicii colectivității.

- **mediana** este o mărime de poziție care împarte seria de valori în două părți egale: jumătate din unități au valori mai mari decât mediana, iar cealaltă jumătate au valori mai mici.

Mediana nu ia în considerare toate mărimile pe care le iau valorile caracteristicii analizate, fiind mai puțin influențată de valorile extreme și mai stabilă la fluctuațiile de selecție.

- **modul (dominantă)** exprimă valoarea dominantă ca frecvență care se întâlnește într-o colectivitate. Putem afirma că modul reprezintă cazul cel mai tipic din seria întâlnită.

3. Indicatorii varianței (dispersiei) utilizați pentru aflarea modului în care diversele rezultate individuale se repartizează în jurul unei valori centrale a distribuției, prin măsurarea gradului total de împrăștiere a variabilelor colectivității, ceea ce permite cunoașterea mai profundă a particularităților de manifestare ale fenomenelor medicale.

Se includ aici următorii indicatori:

- **amplitudinea varianței**, calculată ca diferență între cele două valori extreme, cea mai mare și cea mai mică. Acesta indicator este unul incomplet deoarece nu indică și distribuția frecvențelor. De aceea pentru completarea acestui indicator se utilizează abaterea individuală (deviația standard) care reprezintă diferența fiecărei variante a caracteristicii de la nivelul mediu al ei.

- **abaterea medie liniară** măsoară abaterile tuturor variantelor caracteristicii față de medie și se calculează ca o medie aritmetică a valorilor absolute ale abaterilor variantelor

caracteristicii față de media acestor variabile. În mod practic ea caracterizează colectivitatea analizată sub aspectul gradului ei de omogenitate.

- **dispersia (varianța)** exprimă gradul de dispersie al colectivității și se calculează ca medie aritmetică a pătratelor valorilor individuale față de media lor.

- **abaterea standard (abaterea medie pătratică)** se calculează ca medie pătratică a abaterilor individuale, adică prin extragerea rădăcinii pătrate din dispersie. Datorită faptului că este calculată ca o medie pătratică, abaterea standard reflectă într-o măsură mai mare influența factorilor aleatori comparativ cu ceilalți indicatori statistici. Acest lucru se explică prin aceea că abaterile extreme prin ridicare la pătrat au o influență mai mare decât cele intermediare, care sunt mai apropiate de valorile medii.

- **coeficientul de variație** este o mărime relativă a dispersiei și se calculează ca raport procentual între abaterea medie liniară și media aritmetică. Deoarece coeficientul de variație este o mărime relativă care nu este dependentă de natura unităților de măsură, el permite compararea și aprecierea gradului de dispersie pentru două sau mai multe colectivități.

4. Caracterizarea și măsurarea legăturilor ce se stabilesc între diferențele fenomene colective se realizează cu ajutorul **metodei de regresie și de corelație**. Pentru măsurarea intensității legăturii dintre două sau mai multe variabile se folosește coeficientul **de corelație Pearson** notat cu r . Acest coeficient poate lua valori cuprinse în intervalul $[-1; +1]$, iar interpretarea sa este următoarea:

- o valoare pozitivă a coeficientului indică o variație direct proporțională între variabile, adică valorilor mari ale uneia dintre variabile tind să le corespundă tot valori mari ale celeilalte variabile;

- o valoare negativă a coeficientului indică o variație invers proporțională între variabile, adică valorilor mari ale uneia dintre variabile tind să le corespundă valori mai mici ale celeilalte variabile;

- cu cât coeficientul de corelație este mai apropiat de 1 în valoare absolută, cu atât corelația este mai puternică, iar cu cât coeficientul de corelație se apropie de 0, cu atât corelația este mai slabă.

Analiza de regresie studiază legătura de cauzalitate dintre o variabilă dependență și una sau mai multe variabile independente, prin intermediul unei ecuații de regresie. Rezultatele unei analize de regresie sunt următoarele:

- coeficienții (parametrii) de regresie, care arată cu cât se modifică variabila dependență în urma modificării cu o unitate a uneia dintre variabilele independente;

- coeficientul de corelație multiplă r^2 , care arată procentajul din variația variabilei dependente care este explicat de influența variabilelor independente;

- valoarea testelor de semnificație pentru coeficienții de regresie (dacă parametrul de regresie al uneia din variabilele independente nu diferă semnificativ de zero, atunci variabila respectivă este redundantă).

5. Testarea ipotezelor statistice este un procedeu prin care se poate respinge sau se poate accepta o ipoteză asupra unui parametru sau unei distribuții. O ipoteză statistică este o presupunere asupra unei distribuții, a uneia sau mai multor variabile sau asupra parametrilor unei distribuții. Ipoteza pe care dorim să o testăm se numește *ipoteză nulă* H_0 , prin care se admite că nu există diferențe între valorile comparate și este, de fapt, ipoteza pe care dorim să o infirmăm.

Ipoteza pe care dorim să o dovedim a fi adevărată este *ipoteza alternativă*, notată cu H_1 și care se va accepta doar dacă prin regula de decizie se va respinge ipoteza nulă.

Probabilitatea maximă cu care se poate risca o eroare este **pragul (nivelul) de semnificație (p-value)**. În general se folosește un nivel de semnificație de 5 % (respectiv de 0,05), prin care se garantează cu o probabilitate de 95 % (respectiv 0,95) că decizia adoptată

este cea justă. Astfel, se afirmă că ipoteza H_0 a fost respinsă la un nivel de semnificație de 0,05, deci există o probabilitate de eroare de 5 % și un nivel de încredere de 95 %.

Regula de decizie în cazul parametrului Sig: dacă valoarea Sig. este mai mică decât nivelul de semnificație ales de noi, atunci se respinge ipoteza nulă și se afirmă că între cele două valori există o diferență semnificativă; în caz contrar se acceptă ipoteza nulă, adică nu există diferențe semnificative.

Cel mai utilizat test statistic este **testul Student (testul t)** care vizează compararea mediilor a două populații. Formele testului t sunt:

- **testul t univariat (one sample t test)** se utilizează pentru a compara un eșantion cu o populație pentru care cunoaștem doar media;

- **testul t bivariat pentru două eșantioane independente (independent sample t test)** se folosește pentru demonstrarea unor diferențe semnificative între mediile a două eșantioane independente;

- **testul t bivariat pentru două eșantioane perechi (paired samples t test)** se utilizează pentru demonstrarea unor diferențe semnificative între mediile a două eșantioane independente sau perechi.

Distribuția t Student este utilizată pentru eșantioanele mici (pentru serii cu mai puțin de 30 de observații). În acest caz, în care se încadrează și analiza noastră, distribuția mediilor nu este normală, iar estimările precedente ale mediei și abaterea tip nu sunt acceptate.

În cazul eșantioanelor cu efectiv mic apar diferențe. Problema a fost rezolvată de matematicianul englez Gosset. El a arătat că, în acest caz, valorile parametrului t obținute pentru diferite eșantioane cu același număr de observații $n < 30$, se distribuie urmând o lege numită “distribuția Student”, care diferă de curba normală.

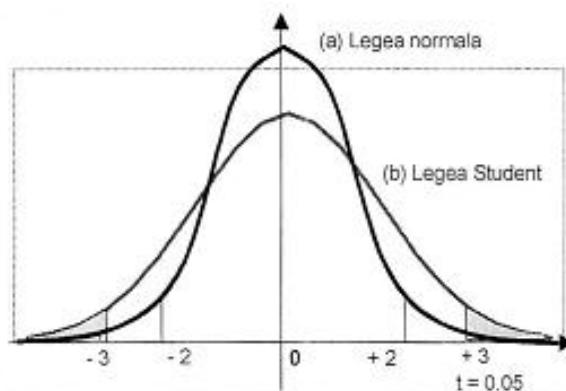


Figura 5.35. Legea normală și legea Student

Nu există o singură distribuție t , ci o familie de distribuții t corespunzătoare diferitelor valori posibile pentru cele n observații, cu $n < 30$, ale eșantionului studiat.

Curbele reprezentative ale acestor distribuții t sunt din ce în ce mai aplatizate, și prin urmare valorile parametrului t sunt cu atât mai mari, cu cât numărul de observații este mai redus.

Parametrul t variază deci în funcție de n , și este cu atât mai mic cu cât mărimea eșantionului se apropie de efectivul limită $n = 30$. Plecând de la această valoare a lui n , distribuția parametrului t se confundă practic cu o curbă normală Gauss-Laplace.

6. Analiza de varianță unifactorială (ANOVA) utilizată pentru a testa semnificația dintre mediile măsurate pe mai mult de două grupuri independente. Analiza de varianță descompune varianța sau dispersia colectivității studiate în două componente:

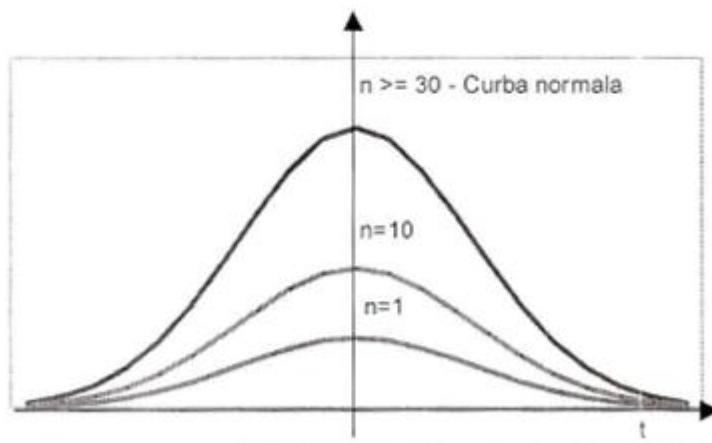


Figura 5. 36. Curbele pentru diferite valori ale parametrului t

- *varianța inter-grupuri* cauzată de diferențele existente între mediile grupurilor din populația totală care sunt studiate;
- *varianța intra-grupuri* care ne arată cât de dispersate sunt, în medie, valorile individuale ale variabilei în cadrul fiecărui grup

Testul Fisher de analiză a varianței se folosește în cadrul analizei ANOVA, de comparare a mediilor mai multor eșantioane. Dacă distribuțiile nu au aceeași deviație standard, atunci se poate utiliza testul neparametric Kruskal-Wallis, bazat pe analiza rangurilor atribuite.

Alte **teste neparametrice** folosite sunt: testul binomial în cazul variabilelor categoriale care pot lua două valori, testul Chi pătrat (χ^2) pentru variabilele calitative care au mai mult de două categorii sau testul de comparare Wilcoxon, atunci când numărul de elemente diferă în seriile respective.

Dacă există o diferență semnificativă între dispersiile celor două seturi de date (spre exemplu între lotul martor și lotul de studiu) pentru o anumită variabilă, aspect verificat prin **testul Bartlett**, atunci compararea mediilor diverselor variabile se face cu ajutorul **testului Kruskal-Wallis**.

V. 3. REZULTATE GENERALE

V. 3. 1 STUDIEREA PARAMETRILOR EVALUAȚI PENTRU LOTURILE DE STUDIU EMG-FES ȘI SWITCH-FES ÎN COMPARAȚIE CU LOTUL DE CONTROL

V. 3. 1. 1. Rezultate statistice comparative între lotul de studiu EMG-FES și lotul de control

Prin tehnici statistice aplicate seriilor de valori ale testelor de evaluare funcționale s-au pus în evidență următoarele caracteristici ale lotului de studiu EMG-FES în comparație cu lotul de Control (tab. V. 8)

Tabel V. 8. Evaluarea comparativă a valorilor medii dintre lotul EMG-FES și lotul de control

Evaluare funcțională	Lot	Mean	N	p value
VCN (m/s)	EMG-FES	-.9200	30	=0.746
	Control	-.8400	30	
CMAP Distal	EMG-FES	-.4240	30	<0.001
	Control	-.1172	30	
CMAP Proximal	EMG-FES	-.4456	30	<0.001
	Control	-.1196	30	
Dinamometrie	EMG-FES	-4.1600	30	
	Control	-2.3600	30	=0.039
Scor ODI	EMG-FES	15.3000	30	
	Control	10.2800	30	<0.001
Dorsiflexie	EMG-FES	-5.0400	30	<0.001
	Control	-2.6000	30	
Scor FADI	EMG-FES	-13.8800	30	<0.001
	Control	-6.4800	30	
Scor NRS	EMG-FES	3.2400	30	<0.001
	Control	2.5600	30	

După aplicarea evaluării statistice asupra diferențelor medii ale tuturor parametrilor evaluati încăainte și după tratament am obținut următoarele rezultate:

La analiza statistică comparativă pentru loturile EMG-FES și de control, diferențele cu o valoare semnificativ statistică au fost înregistrate la următorii parametri de evaluare funcțională: **CMAP distal**, **CMAP proximal**, **Dinamometrie**, **scor ODI**, **Dorsiflexie**, **scorul FADI** ($p<0.001$) și **Dinamometrie** ($p<0.05$).

În cazul parametrului VCN diferențele care apar între valorile anterioare și posterioare tratamentului au raportat valori nesemnificative din punct de vedere statistic ($p=0.746$).

Evaluarea vitezei de conducere nervoasă – VCN:

Seriile de valori ale parametrului VCN au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 37):

- în lotul EMG-FES valorile VCN au variat în intervalul 44,17 m/s (38,00m/s - 52,00 m/s) și 44,87 m/s (40,00 m/s - 53,00 m/s) cu o dispersie între 18,21 respectiv 14,94;
- în lotul de control valorile VCN au variat în intervalul 41,00 m/s (33,00 m/s - 51,00 m/s) și 41,84 m/s (34,00 m/s - 52,00 m/s) cu o dispersie între 16,00 respectiv 14,64.

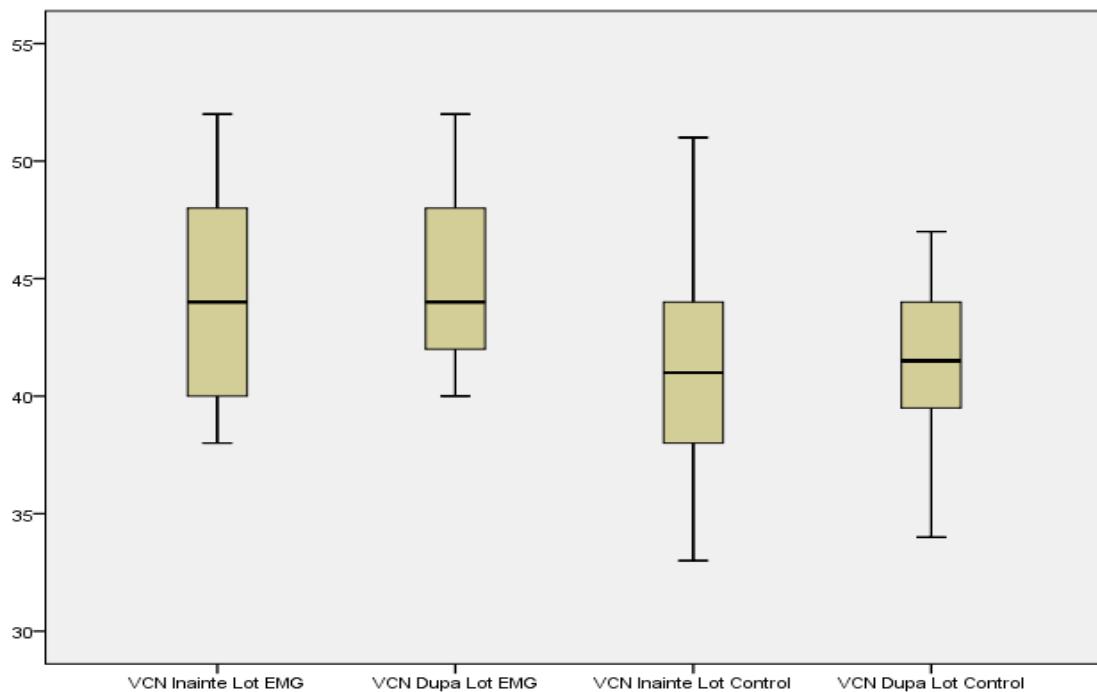


Figura 5. 37. Intervalul seriilor de valori al parametrului VCN pentru cele două loturi

În cazul parametrului VCN pentru lotul EMG-FES diferența medie între VCN înainte și după tratament a fost de -0,920, iar în lotul de control diferența medie a fost de 0,840 - fără semnificație statistică (**p=0,746**) (fig. 5. 38).

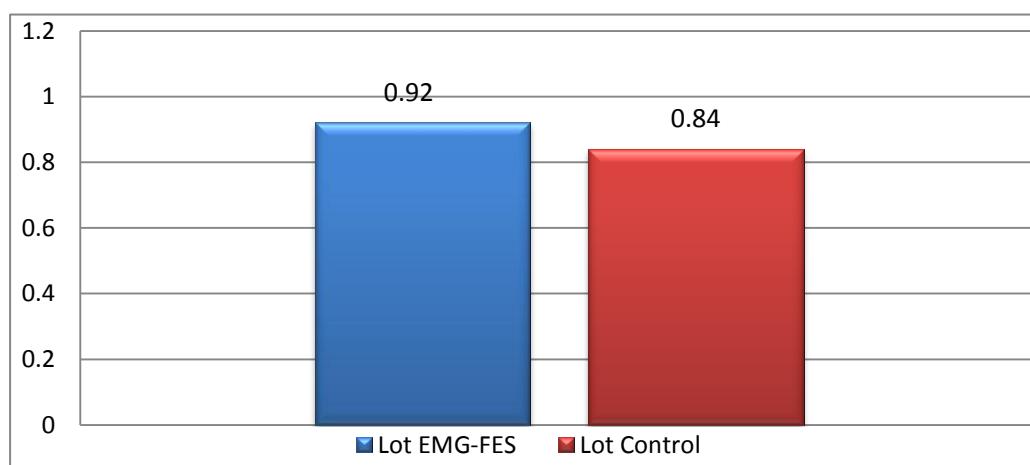


Figura V. 38. Valorile diferenței medii ale parametrului VCN înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului CMAP distal:

Pentru seriile de valori ale parametrului CMAP Distal, pe loturi de studiu, s-au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 39):

- în lotul EMG-FES valorile CMAP distal au variat în intervalul 1,45 mV (0,21 mV - 2,40 mV) și 1,88 mV (0,29 mV - 2,96 mV) cu o dispersie între 0,202 și respectiv 0,230;
- în lotul de control valorile CMAP distal au variat în intervalul 1,62 mV (0,89 mV - 2,40 mV) și 1,74 mV (1,00 mV - 2,50 mV) cu o dispersie între 0,19 și respectiv 0,20.

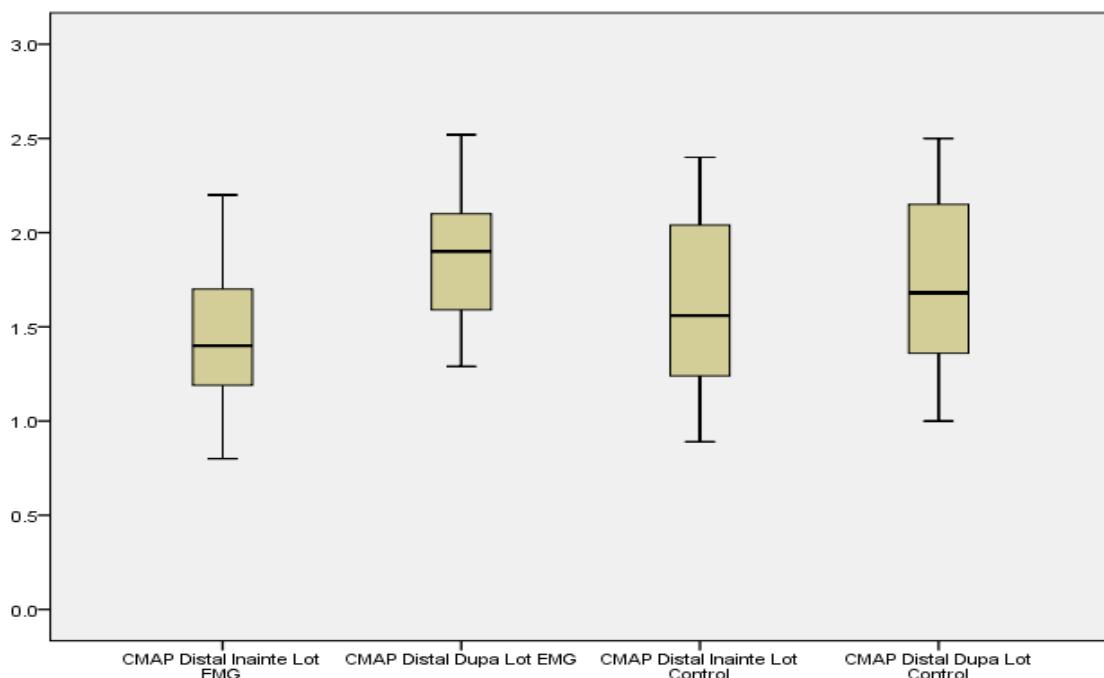


Fig. 5. 39. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP distal pentru cele două loturi

În cazul parametrului CMAP Distal la nivelul lotului EMG-FES diferența medie pentru CMAP Distal înainte și după tratament a fost de -0,4250, iar în lotul de control diferența medie a fost de -0,1172. Această diferență a fost semnificativă statistic (**p < 0,001**) (fig. 5. 40).

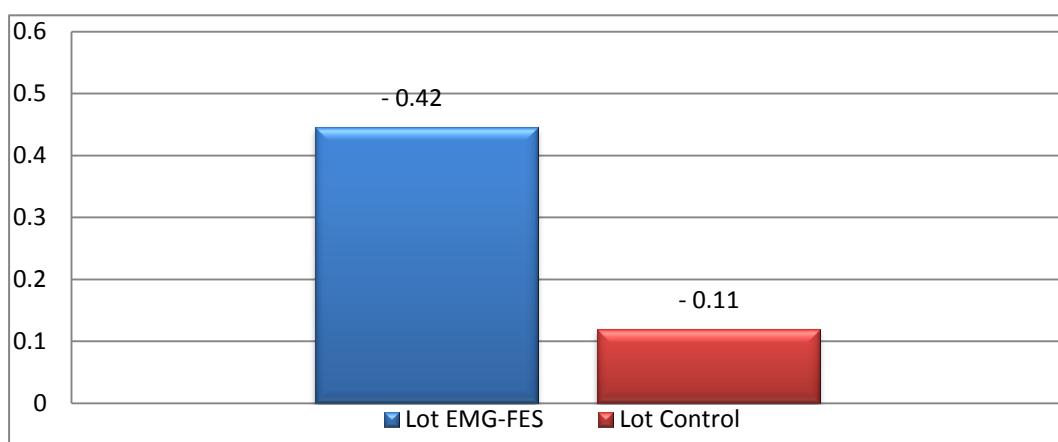


Figura 5. 40. Valorile diferenței medii pentru parametrul CMAP Distal înainte și după tratament

Evaluarea parametrului CMAP proximal:

Seriile de valori ale parametrului, pe loturi de studiu, au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 41) :

- în lotul EMG-FES valorile CMAP proximal au variat în intervalul 1,08 mV (0,13 mV - 2,10 mV) și 1,53 mV (0,19 mV - 2,64 mV) cu o dispersie între 0,168 respectiv 0,194;
- în lotul de control valorile CMAP proximal au variat în intervalul 1,32 mV (0,65 mV - 2,10 mV) și 1,44 mV (0,75 mV - 2,20 mV) cu o dispersie între 0,16 și respectiv 0,16.

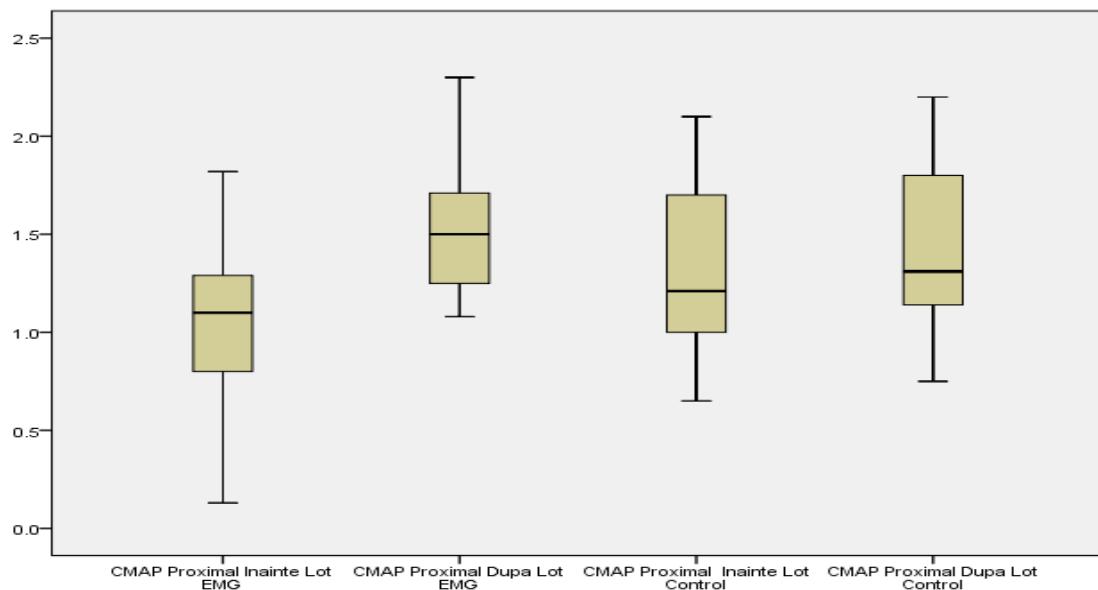


Figura 5. 41. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP distal înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului CMAP proximal pentru lotul EMG-FES diferența medie pentru CMAP proximal înainte și după tratament a fost de - 0,4456, iar în lotul de control diferența medie a fost de - 0,1196. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) adică diferența din cadrul lotului EMG a fost semnificativ mai mare decât în cadrul lotului de control (fig. 5. 42).

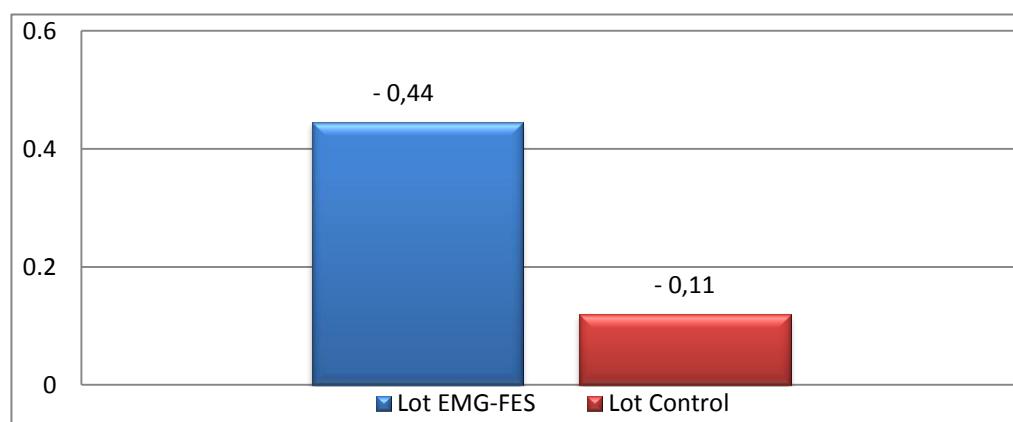


Figura 5. 42. Valorile diferenței medii pentru parametrul CMAP proximal înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului **Dinamometrie**:

Seriile de valori ale parametrului dinamometrie, au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5.43)

- la lotul EMG-FES valorile au variat în intervalul 10,90 kgF (8,00 kgF - 18,00 kgF) și 15,07 kgF (11,00 kgF - 23,00 kgF) cu o dispersie între 6,576 respectiv 9,720;
- la lotul de control valorile parametrului au variat în intervalul (5,00 kgF - 21,00 kgF), cu o valoare medie de 12,44 kgF și o dispersie de 14,34, și în intervalul (10,00 kgF - 22,00 kgF), cu o valoare medie de 14,80 kgF și o dispersie de 11,917.

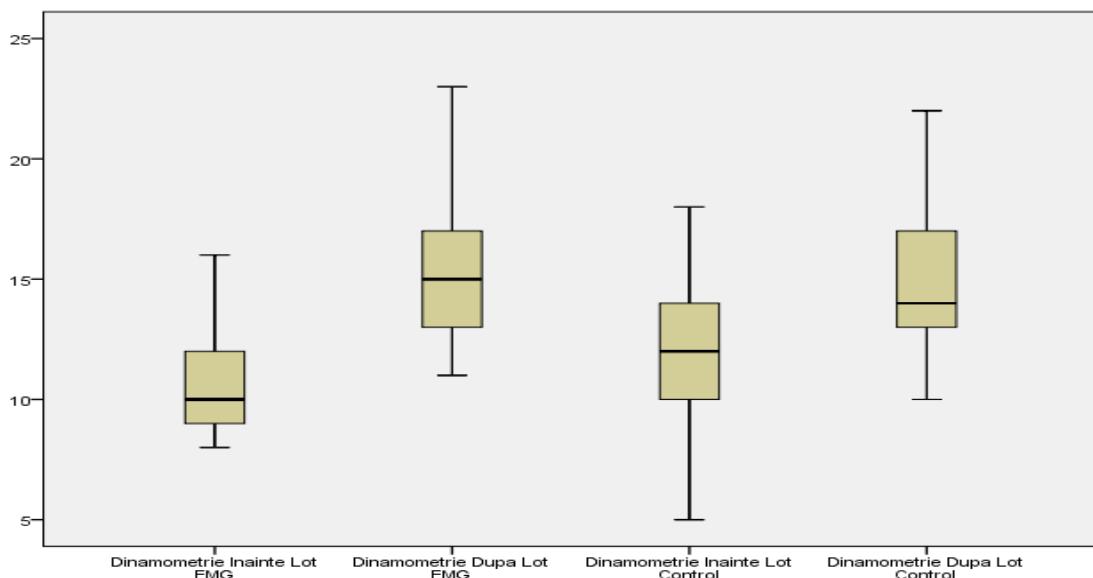


Figura 5. 43. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dinamometrie înainte și după tratament pentru cele două loturi

Pentru parametrul Dinamometrie în lotul EMG-FES diferența medie pentru înainte și după tratament a fost de -4,160, iar în lotul de control diferența medie a fost de -2,360 Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) adică diferența medie a Dinamometriei din cadrul lotului EMG-FES a fost semnificativ mai mare decât diferența medie din cadrul lotului de control (fig. 5. 44).

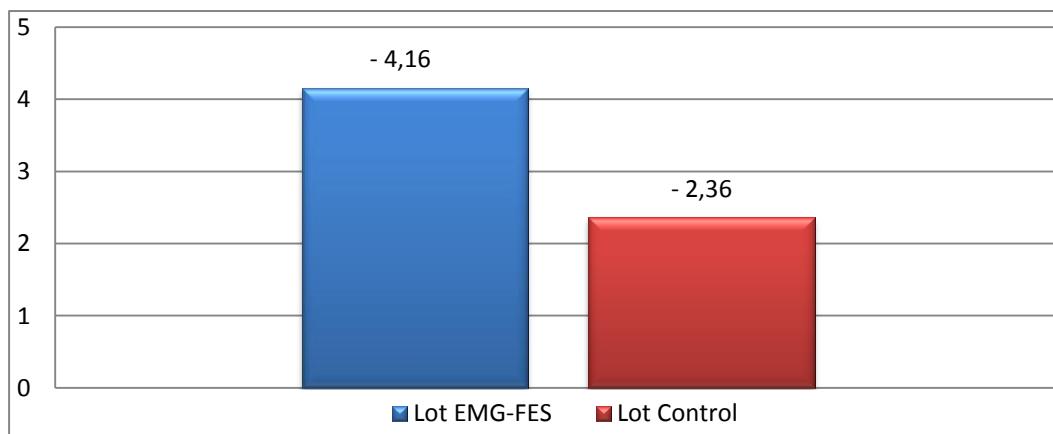


Figura 5. 44. Valorile diferenței medii pentru parametrul Dinamometrie înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului **Dorsiflexie**:

Seriile de valori ale acestui parametru au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 45):

- în lotul EMG-FES valorile dorsiflexiei s-au situat în intervalul $8,63^\circ$ ($4,00^\circ - 12,00^\circ$), cu o dispersie de 4,79, și $13,67^\circ$ ($9,00^\circ - 17,00^\circ$) cu o dispersie de 4,09;
- în lotul de control valorile s-au situat în intervalul $10,28^\circ$ ($5,00^\circ - 14,00^\circ$), cu o dispersie de 4,24, și $12,88^\circ$ ($8,00^\circ - 17,00^\circ$) cu o dispersie de 4,86.

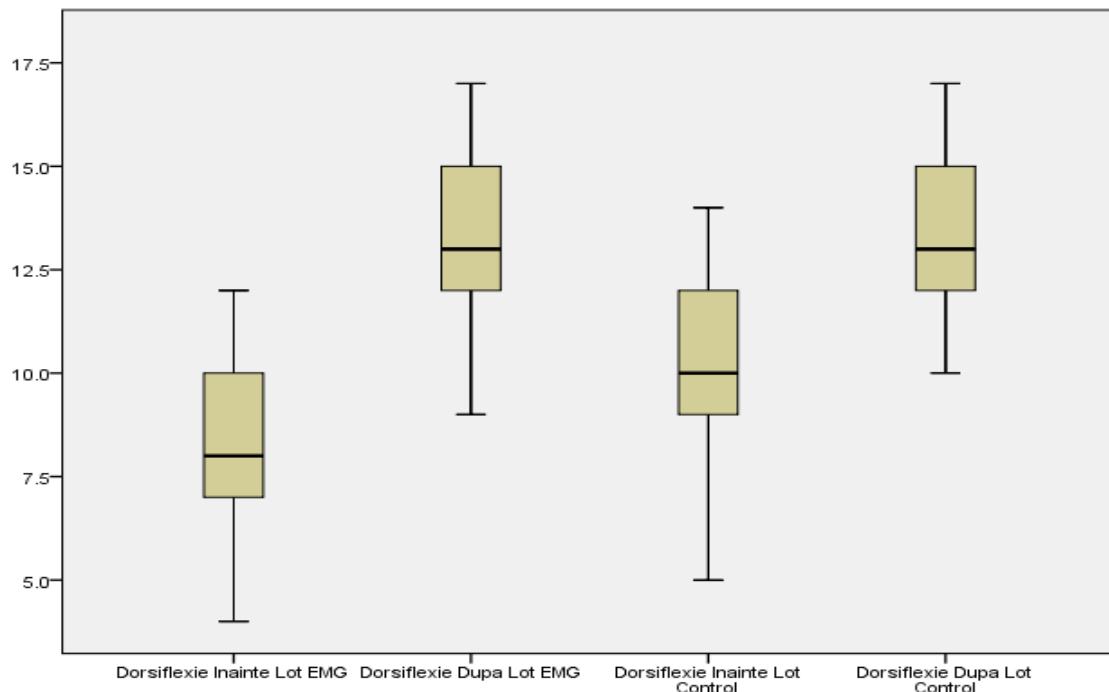


Figura 5. 45. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dinamometrie înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul dorsiflexiei la lotul EMG-FES diferența medie între Dorsiflexie înainte și după tratament a fost de $-5,03$, iar în lotul de control diferența medie a fost de $-2,60$. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) (fig. 5. 46).

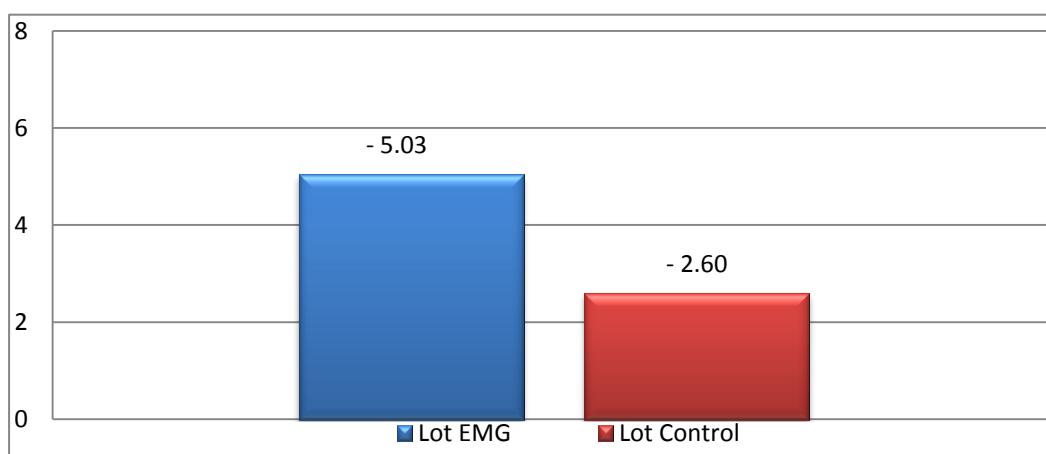


Figura 5. 46. Valorile diferenței medii pentru parametrul Dinamometrie înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului „Oswerty Disability Index” – ODI:

Seriile de valori ale parametrului „Oswerty Disability Index” au fost următoarele (fig. 5. 47):

- în lotul EMG-FES valorile scorului ODI s-au situat în intervalul (22,00 - 58,00), cu o valoare medie de 38,67% și o dispersie de 52,23, iar după tratament s-a situat în intervalul (10,00 - 40,00), cu o valoare medie de 23,37% și o dispersie de 43,75;
- în lotul de control valorile s-a situat în intervalul (26,00 - 60,00), cu o valoare medie de 39,28% și o dispersie de 68,29, iar după tratament s-au situat în intervalul (16,00 - 52,00), cu o valoare medie de 29,00% și o dispersie de 86,66.

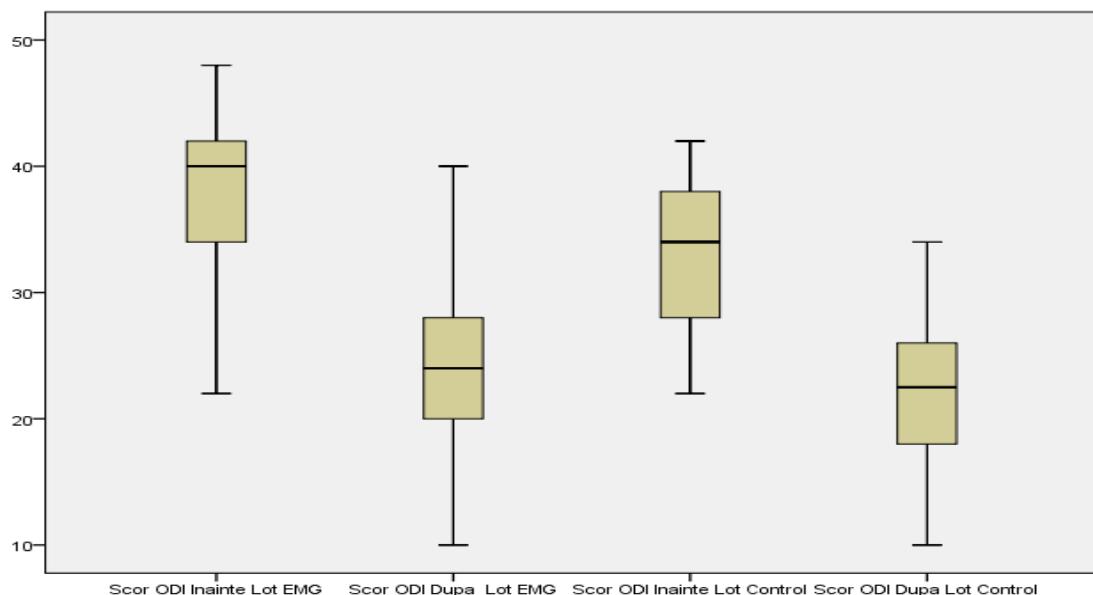


Figura 5. 47. Intervalul seriilor de valori al parametrului ODI înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului ODI în lotul EMG-FES diferența medie între ODI înainte și după tratament a fost de 15.30, iar în lotul de control diferența medie a fost de 10.28. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) (fig. 5. 48).

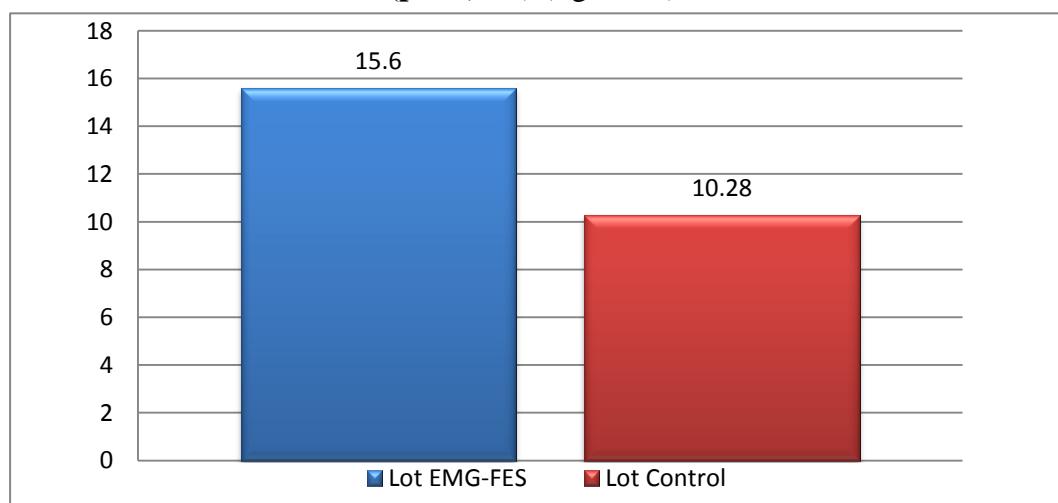


Figura 5. 48. Valorile diferenței medii pentru parametrul ODI înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului “Foot and Ankle Disability Index” - FADI

Seriile de valori ale parametrului FADI au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 49):

- în lotul EMG-FES valorile parametrului FADI s-au situat în intervalul (30,00 - 65,00), cu o valoare medie de 51,47 și o dispersie de 109,43, iar după tratament s-au situat în intervalul (42,00 - 80,00), cu o valoare medie de 65,30 și o dispersie de 116,35;
- în lotul de control valorile parametrului s-au situat în intervalul (41,00 - 66,00), cu o valoare medie de 52,84 și o dispersie de 57,47, iar după tratament s-au situat în intervalul (45,00 - 74,00), cu o valoare medie de 59,32 și o dispersie de 75,81.

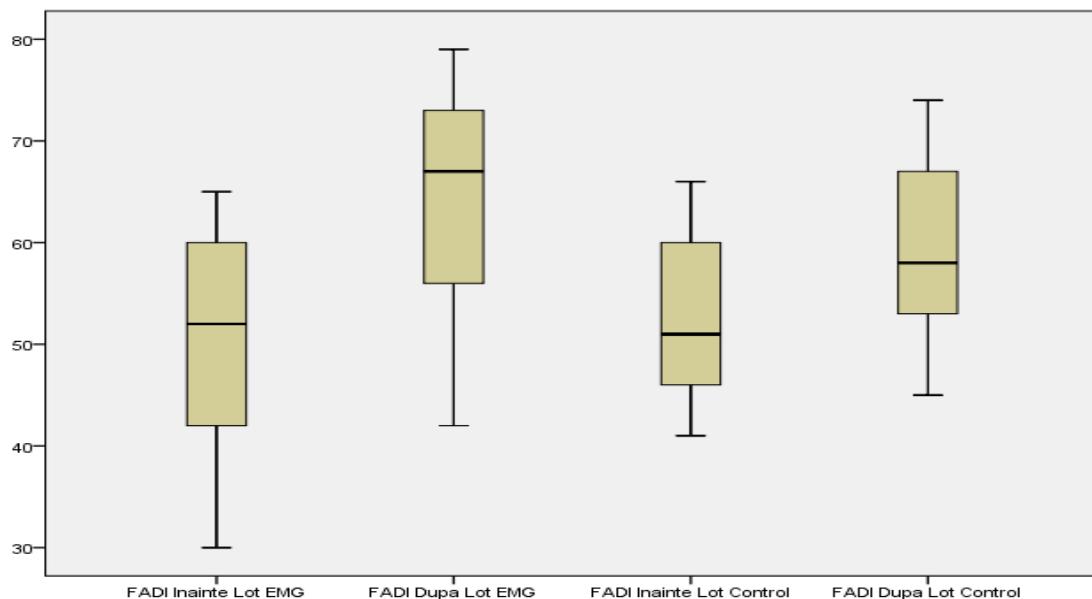


Figura 5. 49. Intervalul seriilor de valori al parametrului FADI înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul scorului FADI în lotul EMG-FES diferența medie între FADI înainte și după tratament a fost de -13,83, iar în lotul de control diferența medie a fost de -6,48. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) (fig. 5. 50).

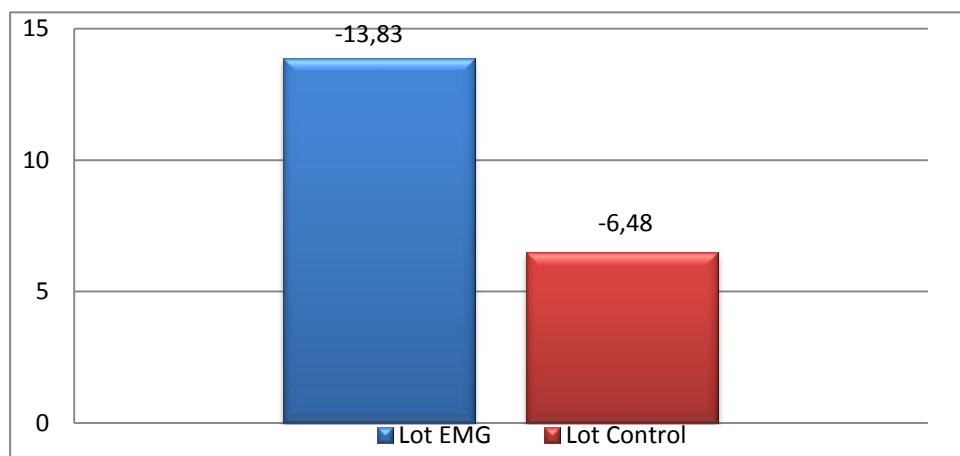


Figura 5. 50. Valorile diferenței medii pentru parametrul FADI înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului „Numeric Rating Scale”- NRS

Seriile de valori ale parametrului NRS au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 51):

- în lotul EMG-FES parametrul NRS s-a situat în intervalul 5,73 (4,00 - 7,00) și 2,47 (1,00 - 4,00) cu o dispersie de 0,75 respectiv de 1,08;
- în lotul de control parametrul NRS s-a situat în intervalul 4,80 (3,00 - 7,00) și 2,30 (0,00 - 4,00) cu o dispersie de 1,33 respectiv de 1,32.

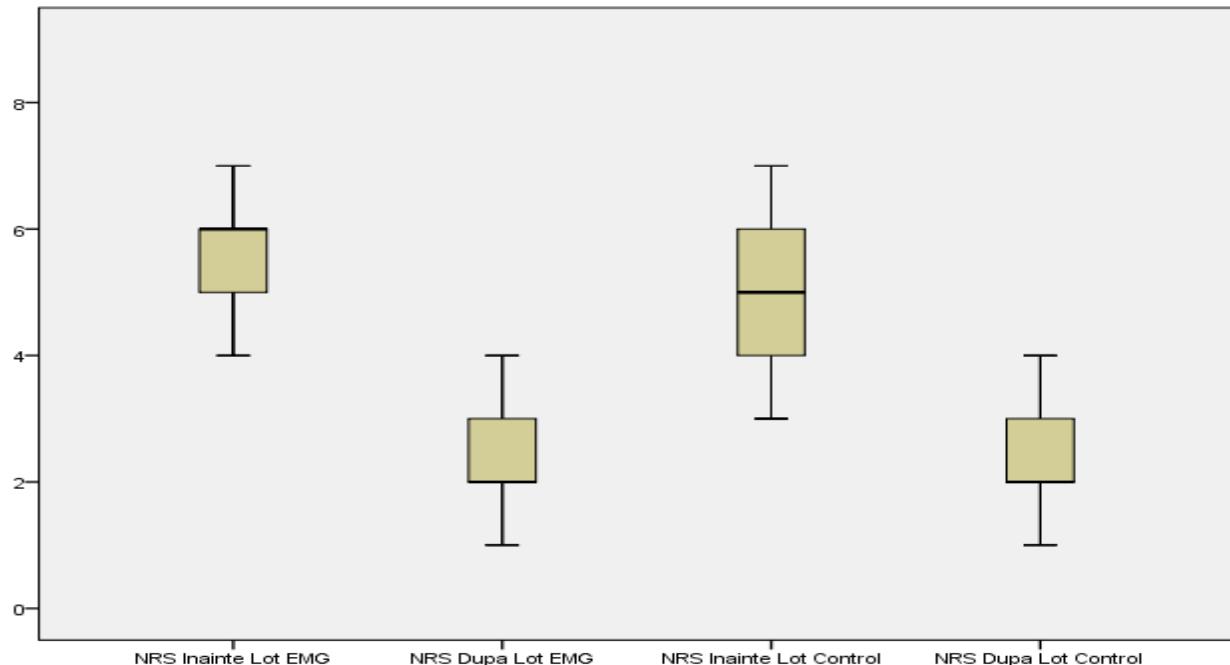


Figura 5. 51. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dinamometrie înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului NRS în lotul EMG-FES diferența medie între NRS înainte și după tratament a fost de 3.24, iar în lotul de control diferența medie a fost de 2.50. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p<0,001$) (fig. 5. 52).

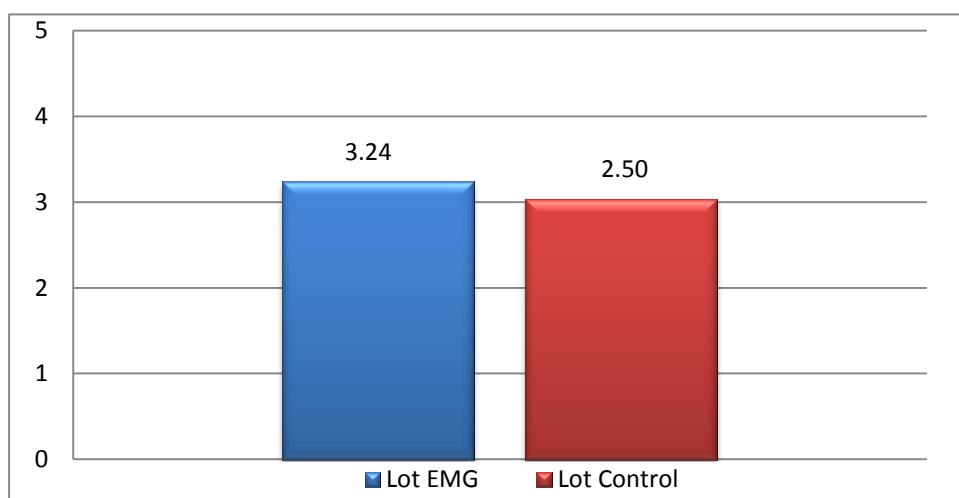


Figura 5. 52. Valorile diferenței medii pentru parametrul FADI înainte și după tratament pe loturi de studiu

V. 3. 1. 2. Rezultate statistice comparative între lotul de studiu SWITCH-FES și lotul de control

Prin tehnici statistice aplicate seriilor de valori ale testelor de evaluare funcționale s-au pus în evidență următoarele caracteristici ale lotului de studiu SWITCH-FES în comparație cu lotul de Control (tab. V. 9)

Tabel V. 9. Evaluarea comparativă a valorilor medii dintre lotul SWITCH-FES și lotul de control

Evaluare funcțională	Lot	Mean	N	p value
VCN (m/s)	SWITCH-FES	-.5160	30	=0.207
	Control	-.8400	30	
CMPA Distal	SWITCH-FES	-.2992	30	<0.001
	Control	-.1172	30	
CMPA Proximal	SWITCH-FES	-.3540	30	<0.001
	Control	-.1196	30	
Dinamometrie	SWITCH-FES	-2.0800	30	=0.374
	Control	-2.3600	30	
Dorsiflexie	SWITCH-FES	-2.9200	30	=0.175
	Control	-2.6000	30	
Scor ODI	SWITCH-FES	11.5333	30	<0.05
	Control	10.2800	30	
Scor FADI	SWITCH-FES	-10.3667	30	<0.001
	Control	-6.4800	30	
NRS	SWITCH-FES	3.0400	30	=0.083
	Control	2.5600	30	

După aplicarea evaluării statistice asupra diferențelor medii ale tuturor parametrilor evaluati încăainte și după tratament am obținut următoarele rezultate:

La analiza statistică comparativă pentru loturile SWITCH-FES și de control, diferențele cu o valoare semnificativ statistică au fost înregistrate la următorii parametri de evaluare funcțională: **CMPA distal**, **CMPA proximal**, **scor FADI** ($p<0,001$) și **scor ODI** ($p<0,05$).

În cazul parametrilor VCN ($p=0,207$), Dinamometrie ($p=0,374$), Dorsiflexie ($p=0,175$) și scorul NRS ($p=0,083$) diferențele care apar între valorile anterioare și posterioare tratamentului au raportat valori nesemnificative din punct de vedere statistic.

Evaluarea parametrului VCN:

Seriile de valori ale parametrului VCN au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 53):

- la lotul SWITCH-FES parametrul VCN s-a situat în intervalul 45,41 m/s (38,00 m/s - 58,00 m/s), și 45,97 m/s (40,00 m/s - 58,00 m/s) cu o dispersie de 23,13 respectiv 21,96;
- la lotul de control parametrul VCN s-a situat în intervalul 41,00 m/s (33,00 m/s - 51,00 m/s), și 41,84 m/s (34,00 m/s - 52,00 m/s) cu o dispersie de 16,00 respectiv de 14,64.

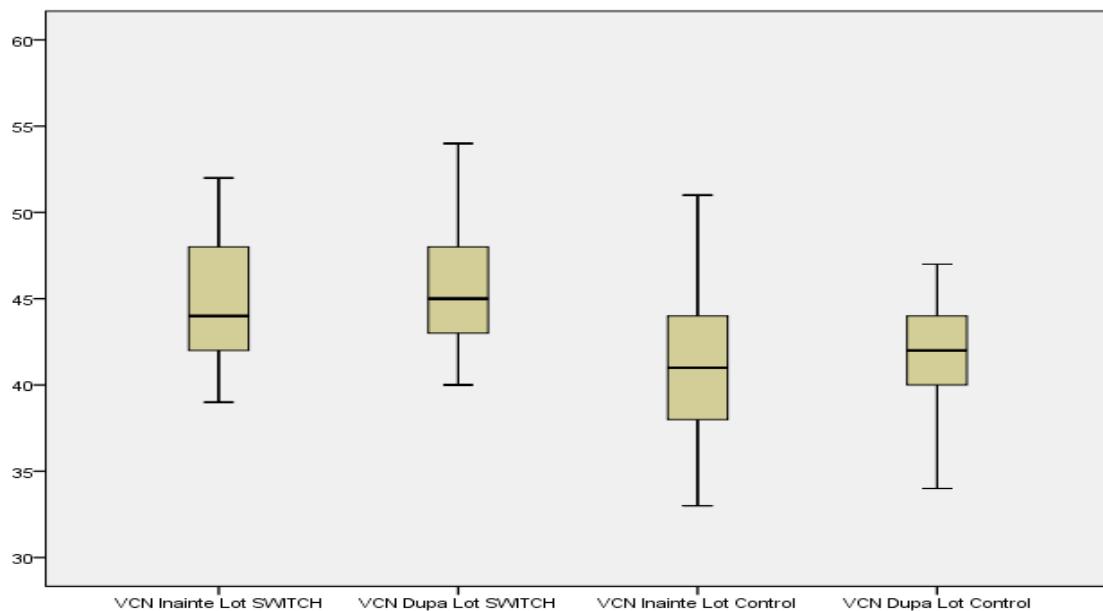


Figura 5. 53. Intervalul seriilor de valori al parametrului VNC înainte și după tratament pe loturi

În cazul VCN în lotul SWITCH-FES diferența medie între VCN înainte și după tratament a fost de 0,5160, iar în lotul de control diferența medie a fost de 0,840. Această diferență nu a fost semnificativ statistic ($p=0,207$) (fig. 5. 54).



Figura 5. 54. Valorile diferenței medii pentru parametrul VCN înainte și după tratament pe loturi de studiu

Evaluarea parametrului CMAP distal:

Seriile de valori ale parametrului CMAP Distal au evidențiat următoarele aspecte (fig. 5. 55):

- în lotul SWITCH-FES parametrul CMAP distal s-a situat în intervalul 1,48 mV (0,8 mV - 2,38 mV) și 1,77 mV (1,19 mV - 2,63 mV) și o dispersie de 0,16, respectiv de 0,15;
- în lotul de control parametrul CMAP Distal s-a situat în intervalul 1,62 mV (0,89 mV - 2,40 mV), și 1,74 mV (1,00 mV - 2,50 mV), și o dispersie de 0,19, respectiv de 0,20.

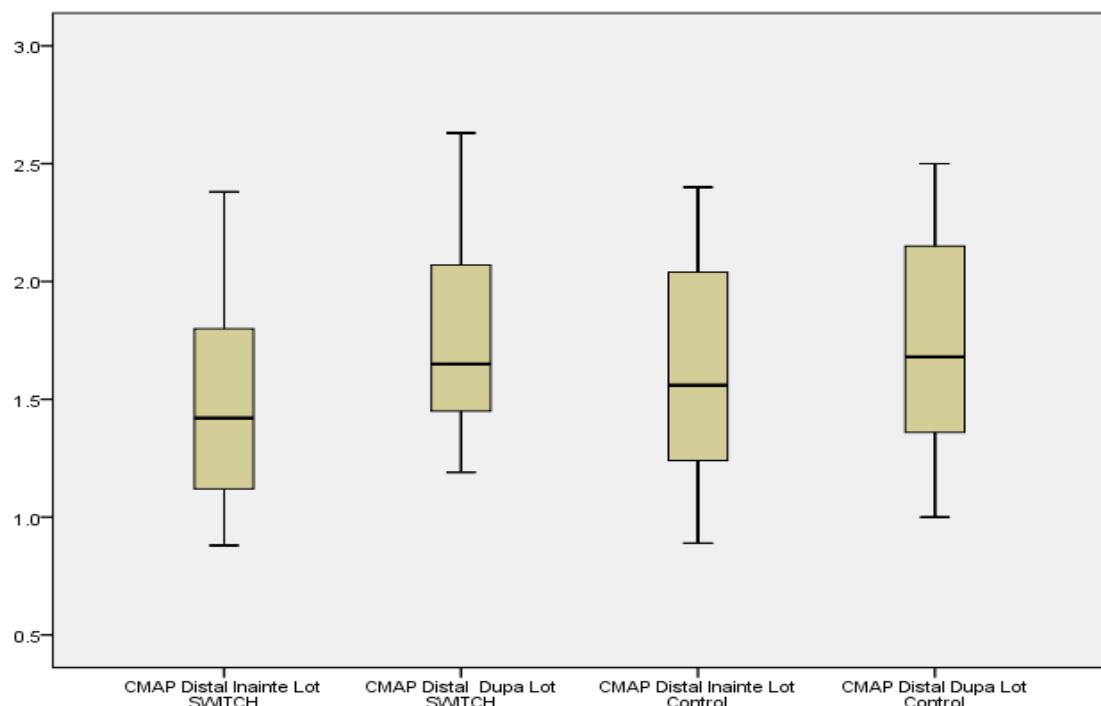


Figura 5. 55. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP distal înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu SWITCH-FES valorile diferenței medii ale parametrului CMAP distal au fost semnificativ mai mari (0,2992) comparativ cu cele înregistrate la lotul de control (0,1172) (**p < 0,001**) (fig. 5. 56)

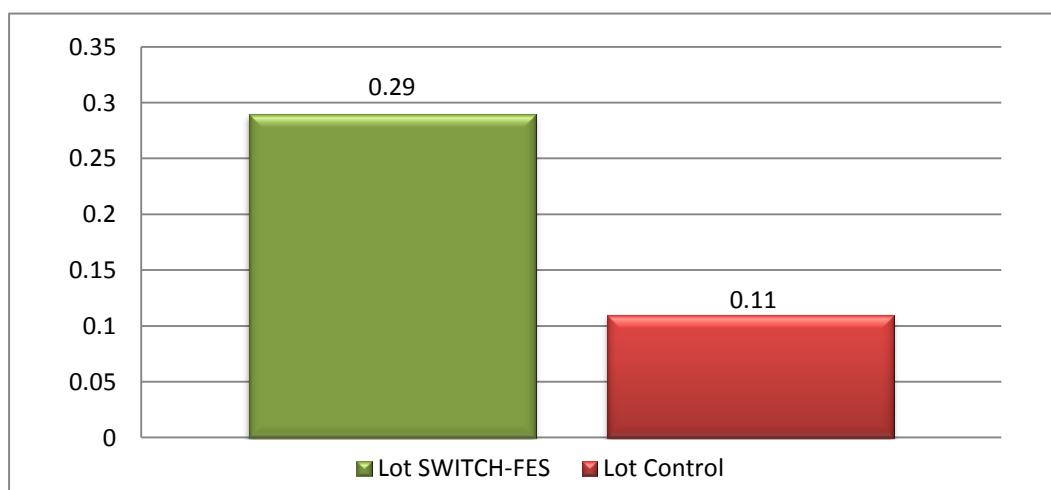


Figura 5. 56. Valorile diferenței medii pentru parametrul CMAP distal înainte și după tratament

Evaluarea parametrului **CMAP proximal**:

Seriile de valori ale acestui parametru au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 57):

- în lotul SWITCH_FES valorile s-au situat în intervalul 1,11 mV (0,46 mV - 1,98 mV), și 1,45 mV (0,85 mV - 2,24 mV) cu o dispersie de 0,13 respectiv de 0,12;
- în lotul de control valorile s-au situat în intervalul 1,32 mV (0,65 mV - 2,10 mV) și 1,44 mV (0,75 mV - 2,20 mV) cu o dispersie de 0,16, respectiv de 0,16.

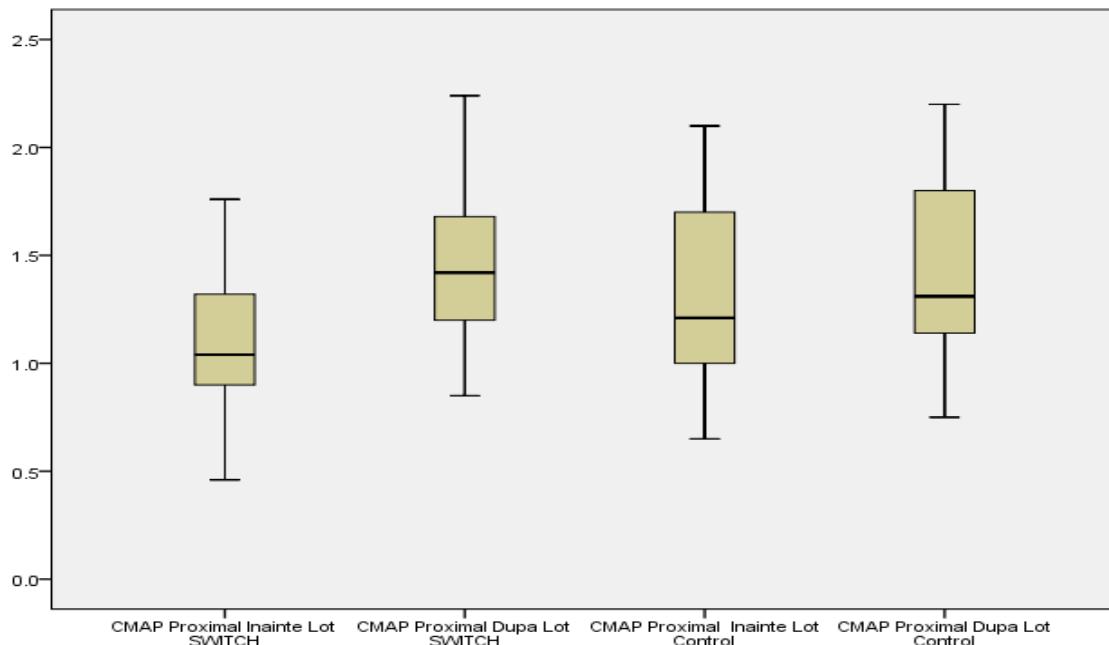


Figura 5. 57. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP proximal înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu SWITCH-FES valorile diferenței medii ale parametrului CMAP proximal au fost semnificativ mai mari (0,3540) comparativ cu cele înregistrate la lotul de control (0,1196) (**p < 0,001**) (fig. 5. 58)

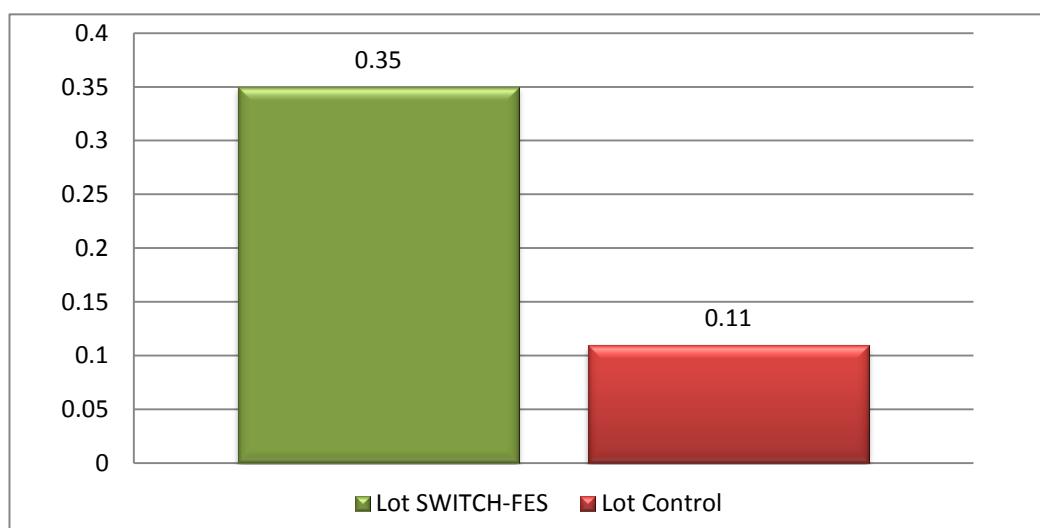


Figura 5. 58. Valorile diferenței medii pentru parametrul CMAP proximal înainte și după tratament

Evaluarea parametrului **Dinamometrie**:

Seriile de valori înregistrate au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 59):

- la lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul 12,93 kgF (5,00 kgF - 25,00 kgF), și 15,03 (7,00 kgF - 28,00 kgF) cu o dispersie de 17,30, respectiv de 17,55;
- la lotul de control valorile s-au situat în intervalul (5,00 kgF - 21,00 kgF), cu o valoare medie de 12,44 kgF și o dispersie de 14,34, și intervalul (10,00 kgF - 22,00 kgF), cu o valoare medie de 14,80 kgF și o dispersie de 11,917.

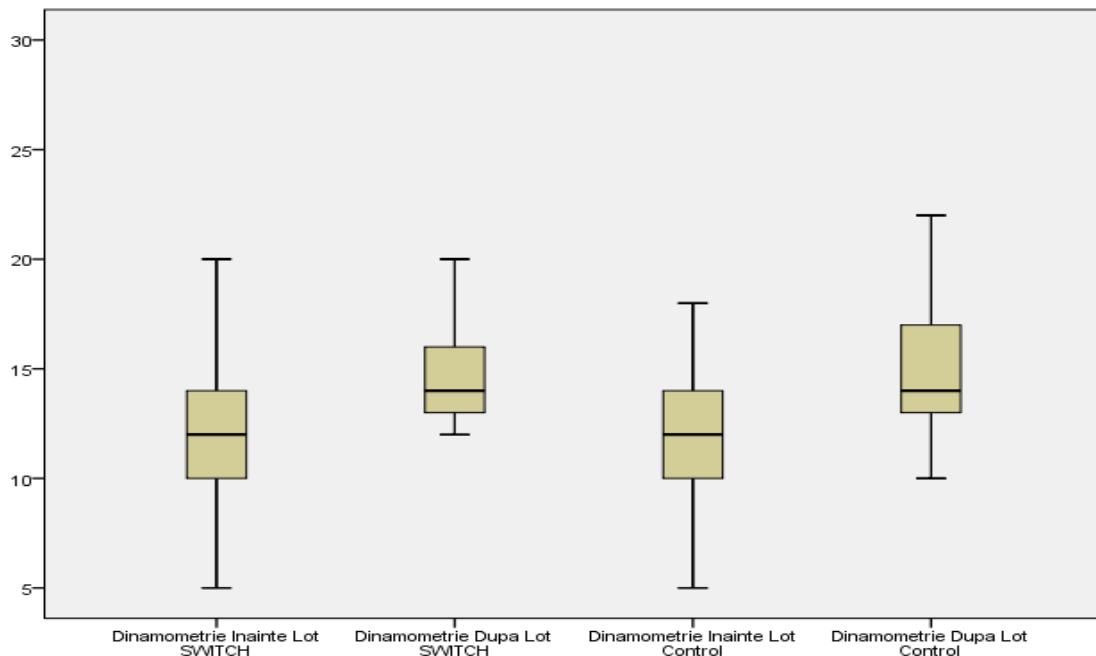


Figura 5. 60. Interval seriilor de valori al parametrului Dinamometrie înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul Dinamometriei în lotul SWITCH-FES diferența medie înainte și după tratament a fost de 2,08, iar în lotul de control diferența medie a fost de 2,36. Această diferență nu a fost semnificativă statistic ($p = 0,374$).

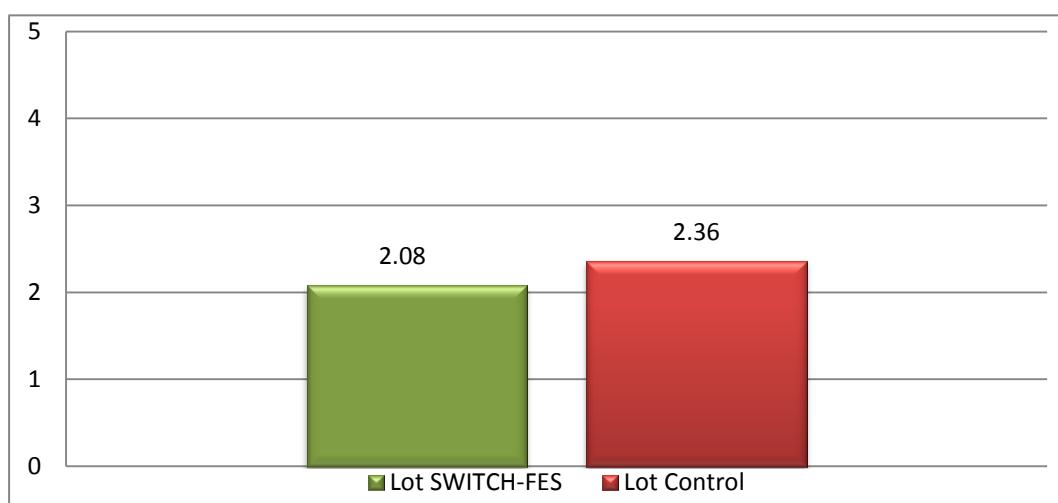


Figura 5. 61. Valorile diferenței medii pentru parametrul CMAP proximal înainte și după tratament

Evaluarea parametrului „Oswertiy Disability Index” – ODI:

Seriile de valori ale parametrului Scor ODI au fost următoarele (fig. 5. 62):

- în lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul 33,50% (22,00 - 42,00) și 21,97% (10,00 - 34,00) cu o dispersie de 32,46, respectiv de 33,62;
- în lotul de control valorile s-au situat în intervalul 39,28% (26,00 - 60,00) și 29,00% (16,00 - 52,00) cu o dispersie de 68,29, respectiv de 86,66.

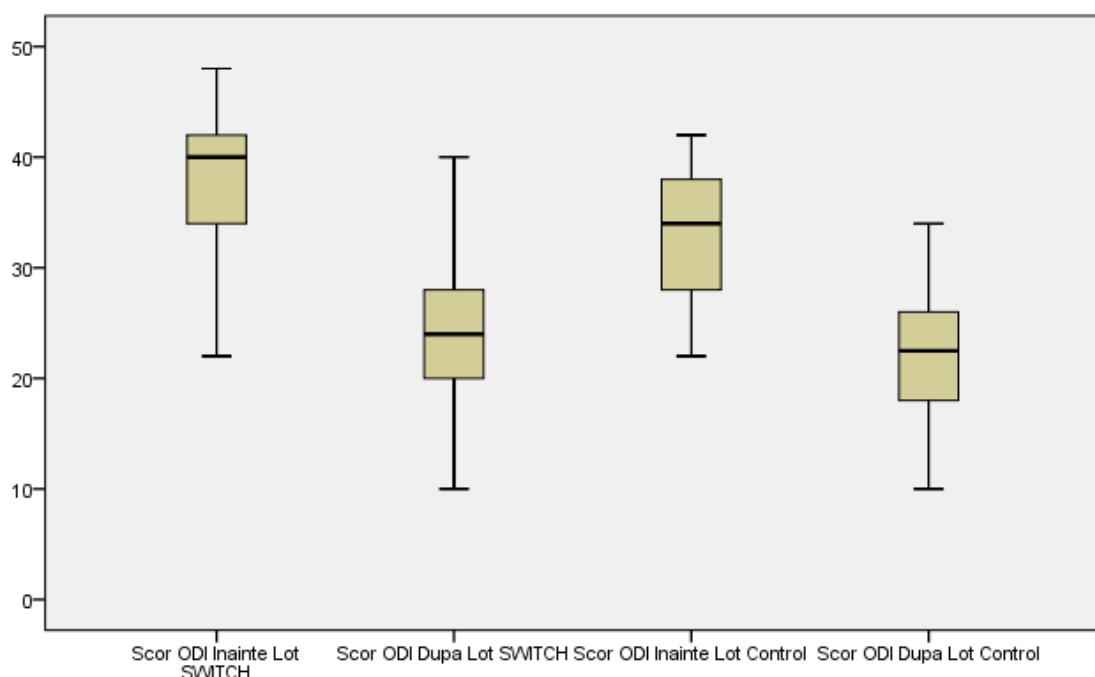


Figura 5. 62. Intervalul seriilor de valori al parametrului ODI înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului ODI în lotul SWITCH diferența medie între ODI înainte și după tratament a fost de 11,53, iar în lotul de control diferența medie a fost de 10,28 ($p<0,05$) (fig. 5. 63).

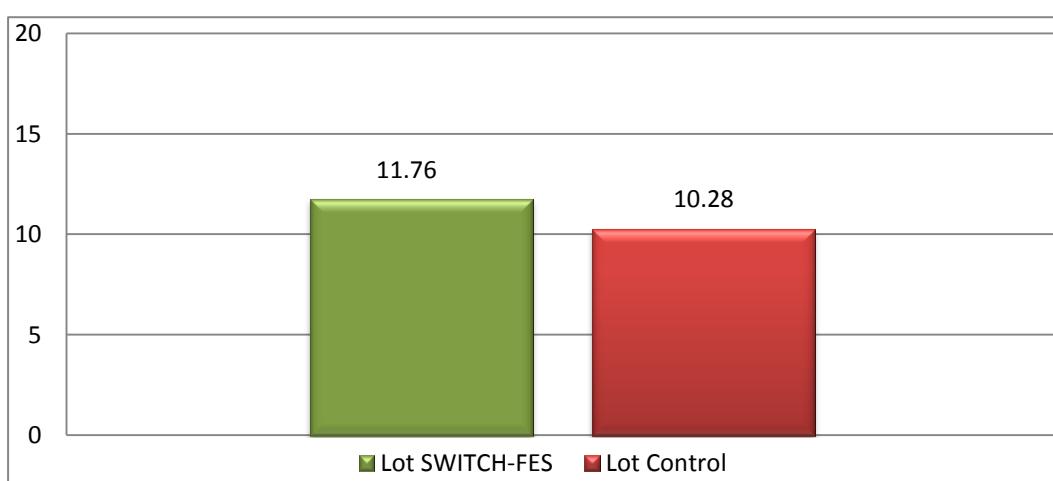


Figura 5. 63. Valorile diferenței medii pentru parametrul ODI înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului Dorsiflexie:

Seriile de valori ale parametrului Dorsiflexie au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 64):

- în lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul $10,03^\circ$ ($5,00^\circ - 14,00^\circ$), și o dispersie de 4,24, și în intervalul $12,97^\circ$ ($8,00^\circ - 17,00^\circ$) și o dispersie de 4,0;
- în lotul de control valorile s-au situat în intervalul $10,28^\circ$ ($5,00^\circ - 14,00^\circ$) și o dispersie de 4,24 și în intervalul $12,88^\circ$ ($8,00^\circ - 17,00^\circ$) și o dispersie de 4,86.

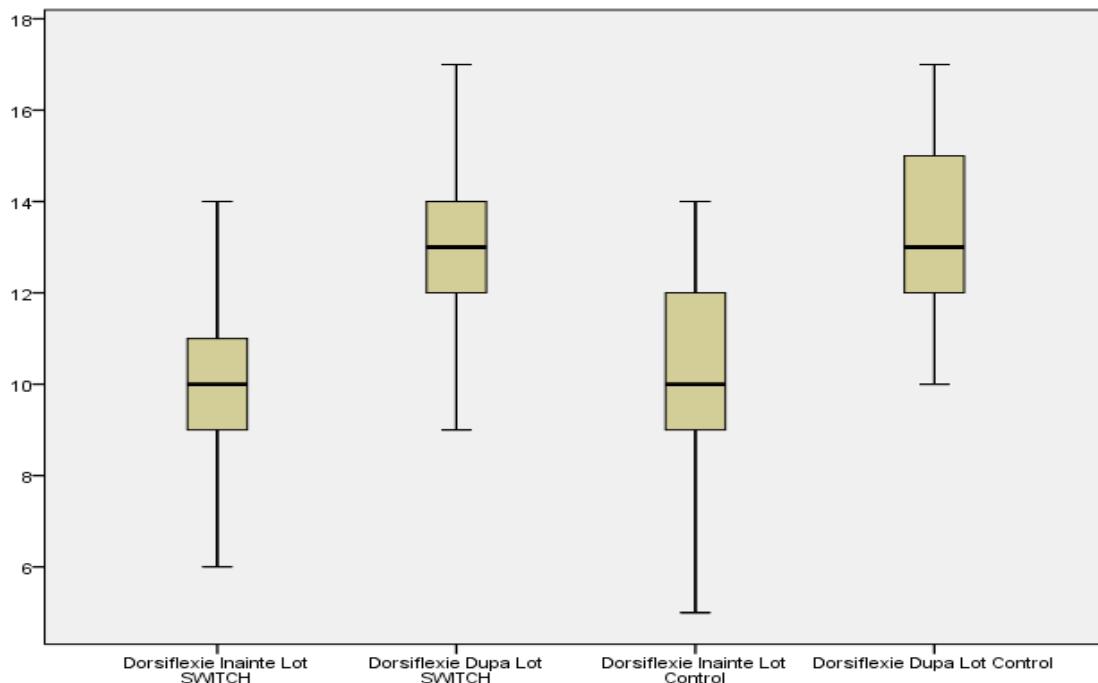


Figura 5. 64. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dorsiflexie înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul Dorsiflexie în lotul SWITCH diferența medie între Dorsiflexie Înainte și Dorsiflexie după a fost de 2,92, iar în lotul control diferența medie a fost de 2,60. Această diferență între loturi a fost mică și nu a fost semnificativă statistic ($p = 0,175$) (fig. 5. 65).

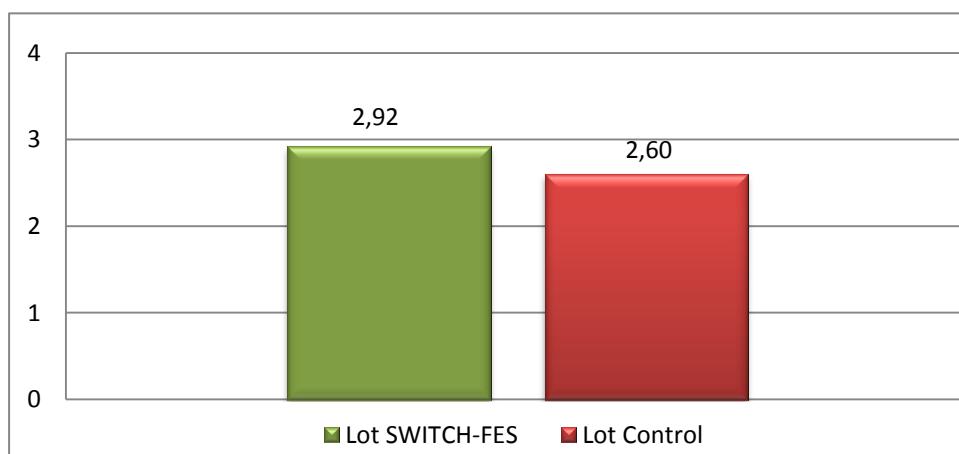


Figura 5. 65. Valorile diferenței medii pentru parametrul Dorsiflexie înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului “Foot and Ankle Disability Index” – FADI:

La seriile de valori pentru parametrul FADI s-au evidențiat următoarele caracterisctici (fig. 5. 66):

- în lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul 50,37 (34,00 - 68,00), și 60,73 (44,00 - 79,00) cu o dispersie de 65,96, respectiv de 68,47;
- în lotul de control valorile s-au situat în intervalul 52,84 (41,00 - 66,00), și 59,32 (45,00 - 74,00) cu o dispersie de 57,47, respectiv de 75,81.

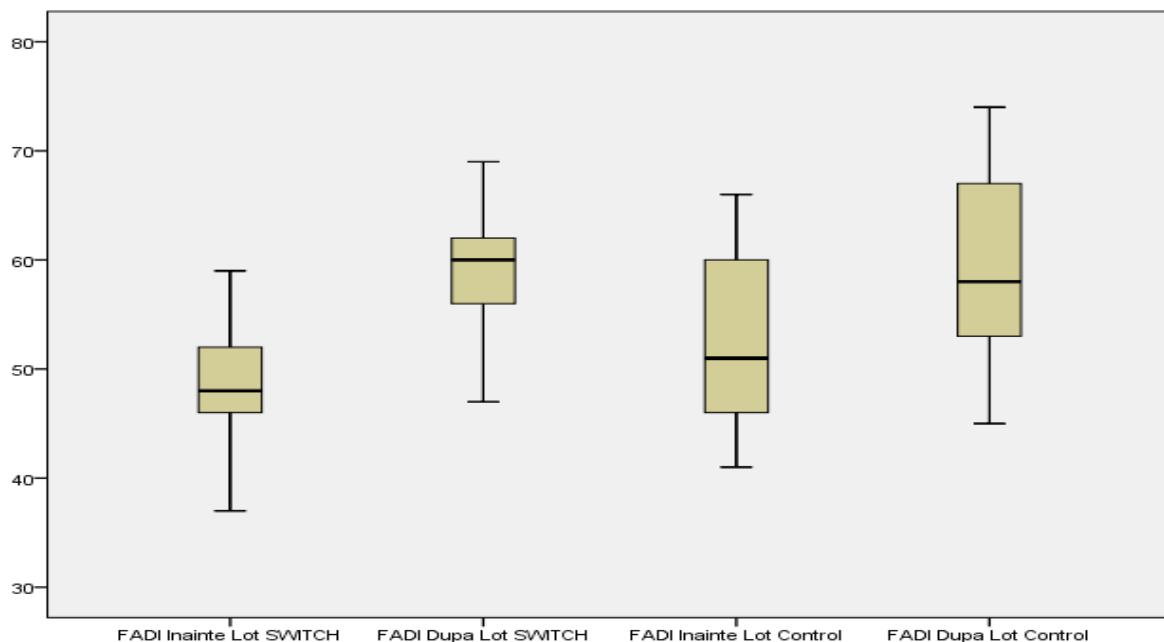


Figura 5. 66. Intervalul seriilor de valori al parametrului FADI înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului FADI în lotul SWITCH-FES diferența medie înainte și după tratament a fost de 10,36, iar în lotul de control diferența medie a fost de 6,48. Această diferență a fost semnificativă statistic ($p < 0,001$) (fig. 5. 67).

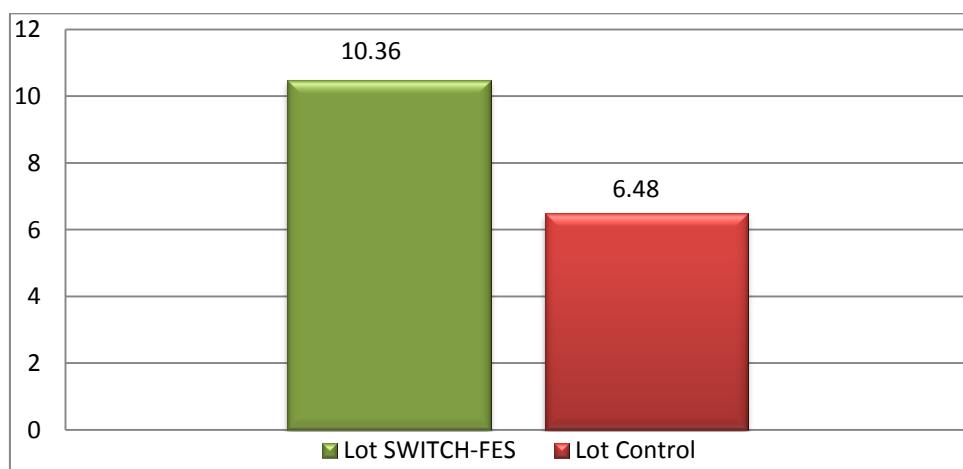


Figura 5. 67. Valorile diferenței medii pentru parametrul FADI înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului NRS:

Seriile de valori ale parametrului NRS au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 68):

- la lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul 5,48 (4,00 - 7,00) și 2,44 (1,00 - 4,00) și o dispersie de 0,76, respectiv de 0,84
- la lotul de control valorile s-au situat în intervalul 4,80 (3,00 - 7,00), și 2,30 (0,00 - 4,00) și o dispersie de 1,33, respectiv de 1,32;

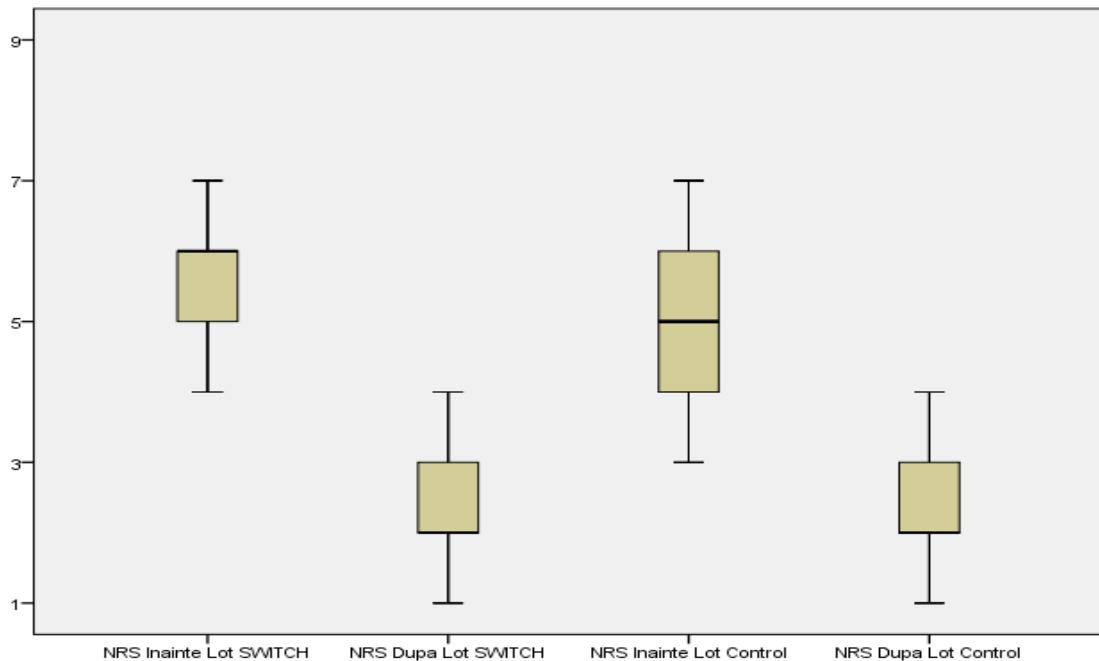


Figura 5. 68. Intervalul seriilor de valori al parametrului NRS înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului NRS în lotul SWITCH-FES diferența medie înainte și după tratament a fost de 3.04, iar în lotul de control diferența medie a fost de 2.56. Această diferență nu a fost semnificativă statistic ($p=0,083$) (fig. 5. 69).



Figura 5. 69. Valorile diferenței medii pentru parametrul NRS înainte și după tratament pe loturi

V. 3. 1. 3. Rezultate statistice comparative între lotul de studiu EMG-FES și lotul de studiu SWITCH-FES

Prin tehnici statistice aplicate seriilor de valori ale testelor de evaluare funcționale s-au pus în evidență următoarele caracteristici ale lotului de studiu EMG-FES în comparație cu lotul de studiu SWITCH-FES (tab. V. 10).

Tabel V. 10. Evaluarea comparativă a valorilor medii dintre lotul EMG-FES și lotul SWITCH-FES

Evaluare funcțională	Lot	Mean	N	p value
VCN (m/s)	EMG-FES	- .7000	30	0.669
	SWITCH-FES	- .5633	30	
CMPA Distal	EMG-FES	- .4303	30	<0.001
	SWITCH-FES	- .2937	30	
CMPA Proximal	EMG-FES	- .4457	30	<0.001
	SWITCH-FES	- .3430	30	
Dinamometrie	EMG-FES	-4.1667	30	<0.001
	SWITCH-FES	-2.1000	30	
Dorsiflexie	EMG-FES	-5.0400	30	<0.001
	SWITCH-FES	-2.9200	30	
Scor ODI	EMG-FES	15.3000	30	<0.001
	SWITCH-FES	11.5333	30	
Scor FADI	EMG-FES	-13.8333	30	<0.001
	SWITCH-FES	-10.3667	30	
NRS	EMG-FES	3.2667	30	0.364
	SWITCH-FES	3.0400	30	

După aplicarea evaluării statistice asupra diferențelor medii ale tuturor parametrilor evaluati încăainte și după tratament am obținut următoarele rezultate:

La analiza statistică comparativă pentru lotul de studiu EMG-FES și lotul de studiu SWITCH-FES, diferențele cu o valoare semnificativ statistică au fost înregistrate la următorii parametri de evaluare funcțională: **CMPA distal**, **CMPA proximal**, **Dinamometrie**, **Dorsiflexie**, **scor ODI și scor FADI** ($p<0.001$).

În cazul parametrului de evaluare funcțională VCN și a scorului NRS la evaluarea comparativă a loturilor de studiu, diferențele care apar între valorile anterioare și posterioare tratamentului au raportat valori nesemnificative din punct de vedere statistic ($p>0.05$).

Evaluarea parametrului VCN:

Seriile de valori ale parametrului VCN au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 70):

- în lotul EMG-FES valorile s-au situat în intervalul (38,00 m/s - 52,00 m/s), cu o valoare medie de 44,17 m/s și o dispersie de 18,21, și în intervalul (40,00 m/s - 53,00 m/s), cu o valoare medie de 44,87 m/s și o dispersie de 14,94;
- în lotul SWITCH-FES valorile s-au situat în intervalul (38,00 m/s - 58,00 m/s), cu o valoare medie de 45,41 m/s și o dispersie de 23,13, și în intervalul (40,00 m/s - 58,00 m/s), cu o valoare medie de 45,97 m/s și o dispersie de 21,96;

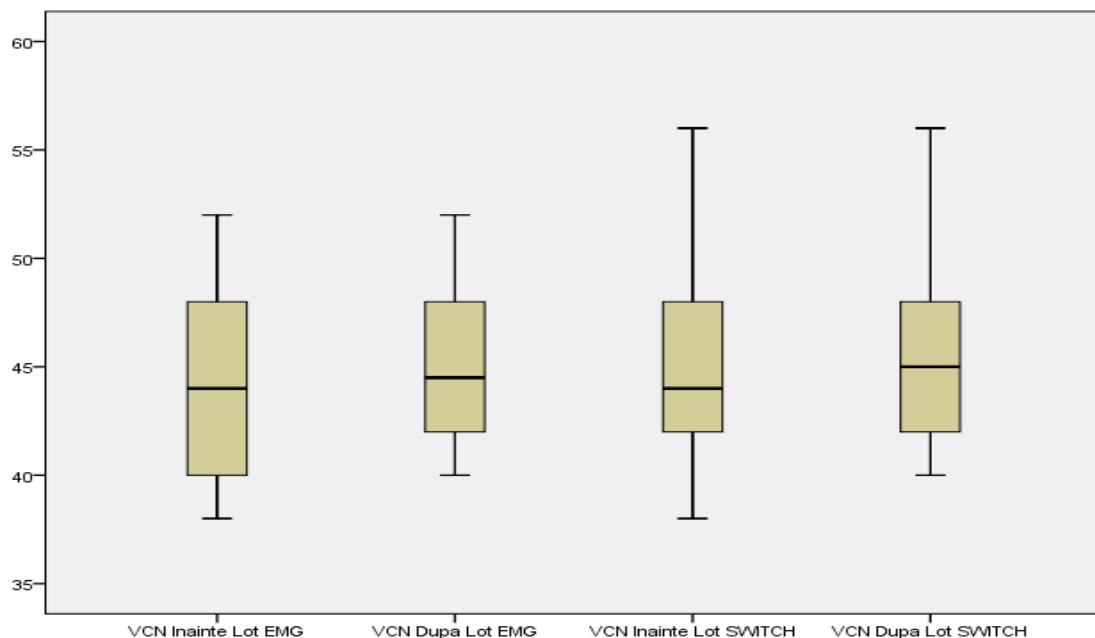


Figura 5. 70. Intervalul seriilor de valori al parametrului VCN înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul parametrului VCN în lotul EMG-FES diferența medie între VCN înainte și după tratament a fost de 0,700, iar în lotul SWITCH-FES diferența medie a fost de 0,5633. Această diferență nu a fost semnificativă statistic ($p=0,669$) (fig. 5. 71).



Figura 5. 71. Valorile diferenței medii pentru parametrul VCN înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului CMAP distal:

La seriile de valori ale acestui parametru pentru lotul EMG-FES comparativ cu lotul SWITCH-FES s-au evidențiat următoarele aspecte (fig. 5. 72):

- în lotul EMG-FES valorile s-au situate în intervalul 1,45 mV (0,21 mV - 2,40 mV), și 1,88 mV (0,29 mV - 2,96 mV) cu o dispersie de 0,202, respectiv de 0,230;
- în lotul SWITCH-FES valorile s-a situat în intervalul 1,48 mV (0,8 mV - 2,38 mV), și 1,77 mV (1,19 mV - 2,63 mV), cu o dispersie de 0,16, respectiv de 0,15;

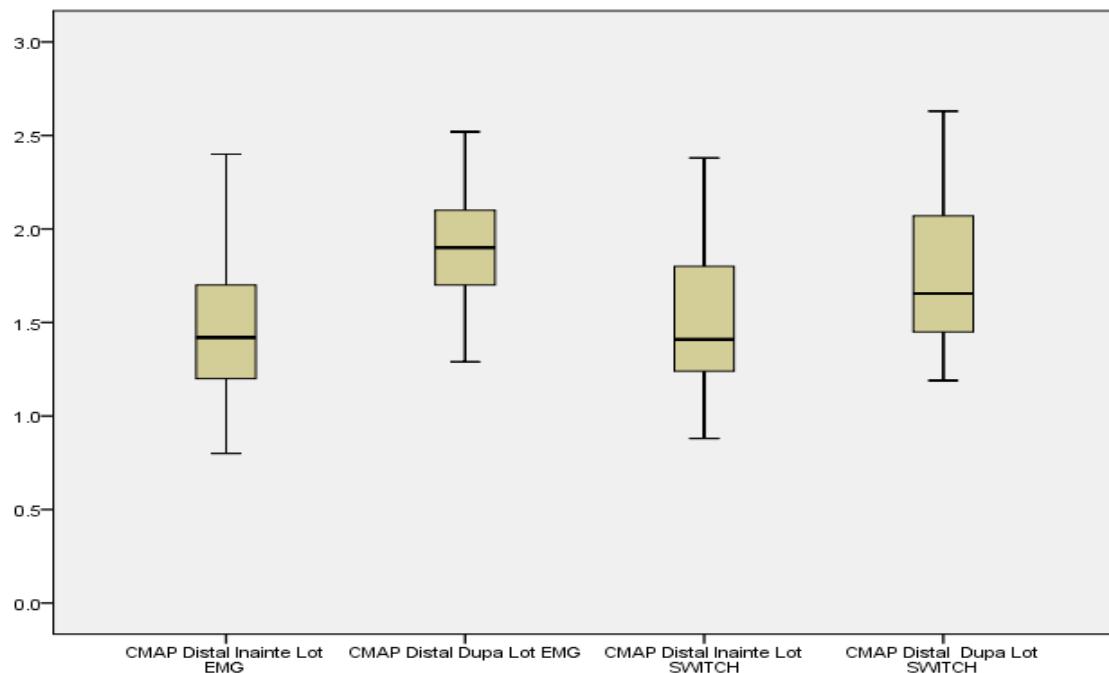


Figura 5. 72. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP distal înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu EMG-FES, valoarea diferenței medii a parametrului CMAP distal (0,4303) a fost semnificativ mai mare decât valoarea diferenței medii pentru lotul de studiu SWITCH-FES (0,2937) (**p < 0,001**) (fig. 5. 73).



Figura 5. 73. Valorile diferenței medii pentru parametrul VCN înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului CMAP proximal:

Seriile de valori ale acestui parametru au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 74):

- în lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul 1,08 mV (0,13 mV - 2,10 mV), și 1,53 mV (0,19 mV - 2,64 mV), cu o dispersie de 0,168, respectiv de 0,194;
- în lotul SWITCH-FES valorile medii s-au situat în intervalul 1,11 mV (0,46 mV - 1,98 mV), și 1,45 mV (0,85 mV - 2,24 mV), cu o dispersie de 0,13, respectiv de 0,12;

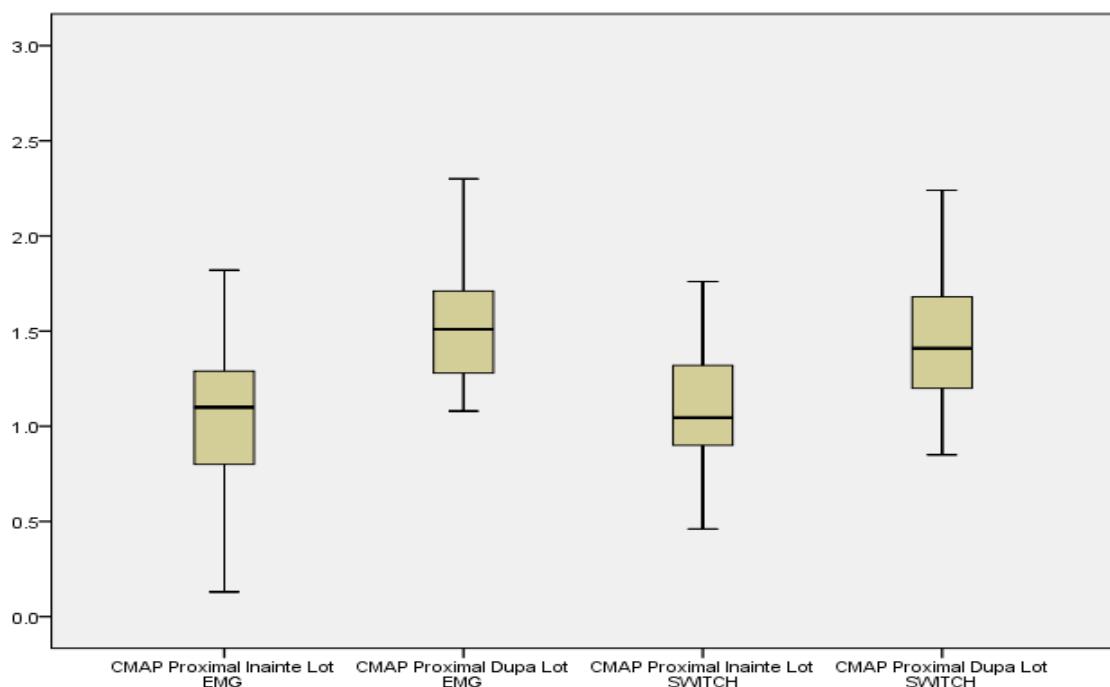


Figura 5. 74. Intervalul seriilor de valori al parametrului CMAP proximal înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii a parametrului CMAP proximal (0,4457) a fost semnificativ mai mare comparative cu cea înregistrată la lotul de studiu SWITCH-FES (0,3430) ($p < 0,001$) (fig. 5. 75).

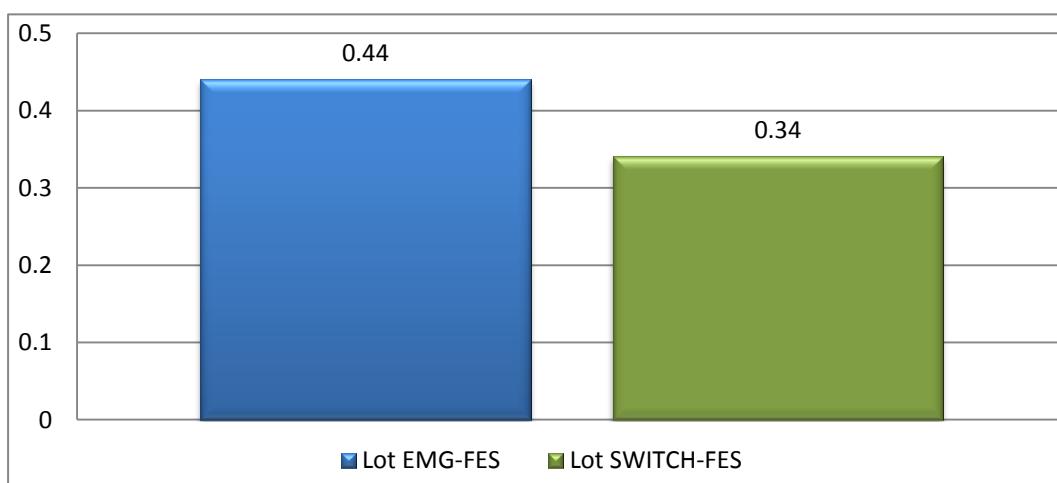


Figura 5. 75. Valorile diferenței medii pentru parametrul VCN înainte și după tratament pe loturi

Evaluarea parametrului **Dinamometrie**:

Seriile de valori ale acestui parametrului au prezentat următoarele aspect (fig. 5. 76):

- în lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul 10,90 kgF (8,00 kgF - 18,00 kgF), și 15,07 kgF (11,00 kgF - 23,00 kgF), cu o dispersie de 6,576, respectiv de 9,720;
- în lotul SWITCH-FES valorile medii s-au situat în intervalul 12,93 kgF (5,00 kgF - 25,00 kgF), și 15,03 kgF (7,00 kgF - 28,00 kgF), cu o dispersie de 17,30, respectiv de 17,55;

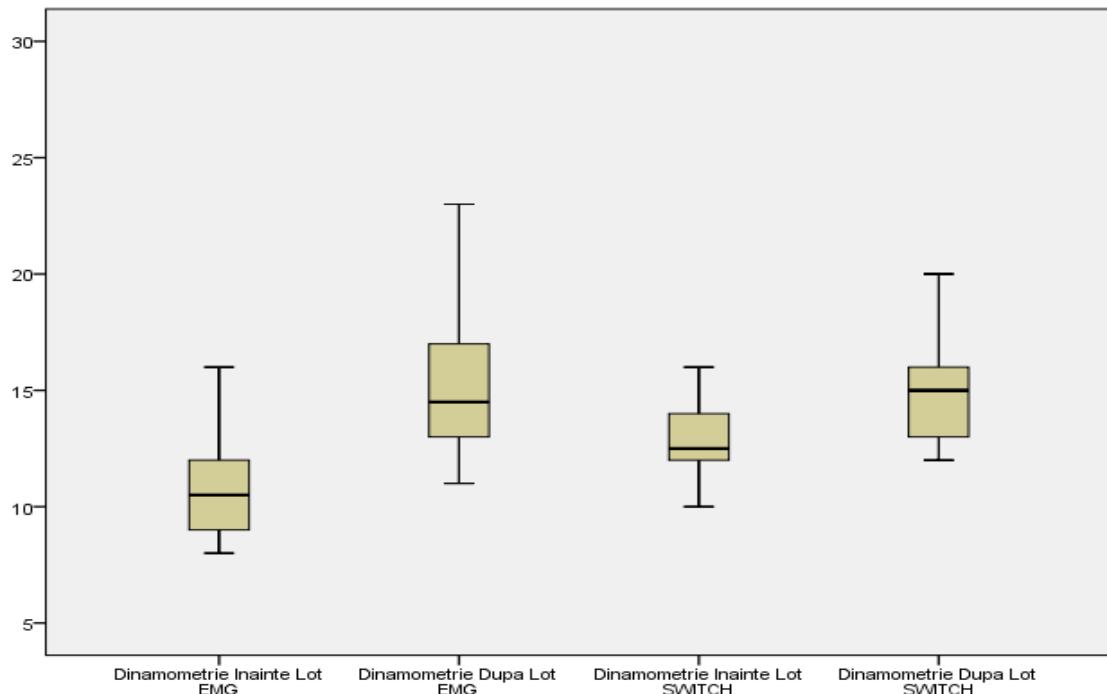


Figura 5. 76. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dinamometrie înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii pentru parametrul Dinamometrie (4,166) a fost semnificativ mai mare comparativ cu cea înregistrată la lotul de studiu SWITCH-FES (2,10) ($p < 0,001$) (fig. 5. 77)

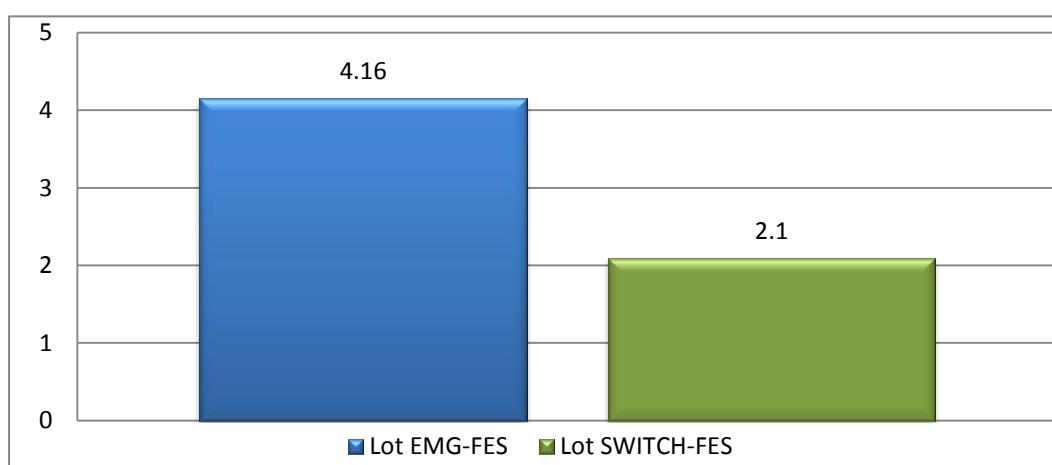


Figura 5. 77. Valorile diferenței medii pentru parametrul Dinamometrie înainte și după tratament

Evaluarea parametrului „Osworthy Disability Index” – ODI

Seriile de valori ale acestui parametrului au prezentat următoarele caracteristici (fig. 5. 78):

- în lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul 38,67% (22,00 - 58,00), și 23,37% (10,00 - 40,00), cu o dispersie de 52,23, respectiv de 43,75;
- în lotul SWITCH-FES valorile medii s-au situat în intervalul 33,50% (22,00 - 42,00), și 21,97% (10,00 - 34,00), cu o dispersie de 32,46, respectiv de 33,62;

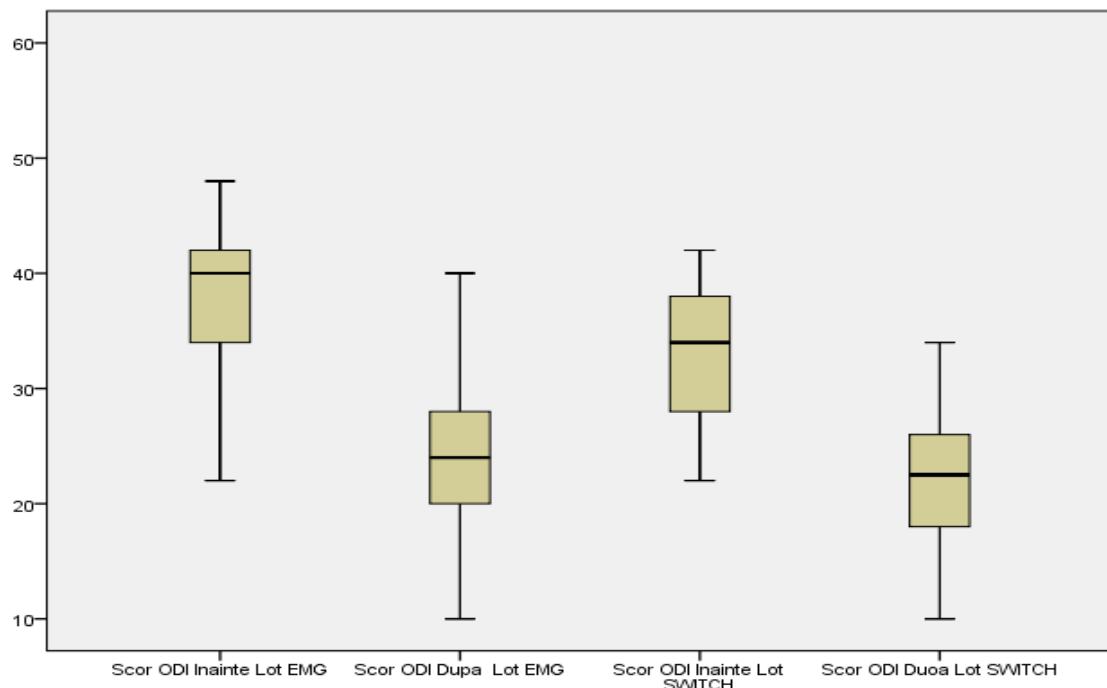


Figura 5. 78. Intervalul seriilor de valori al parametrului ODI înainte și după tratament pentru cele două loturi

În cazul lotului de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii a parametrului ODI (15.30) a fost semnificativ mai mare comparative cu cea înregistrată la lotul de studiu SWITCH-FES (11.53) ($p < 0,001$) (fig. 5. 79)

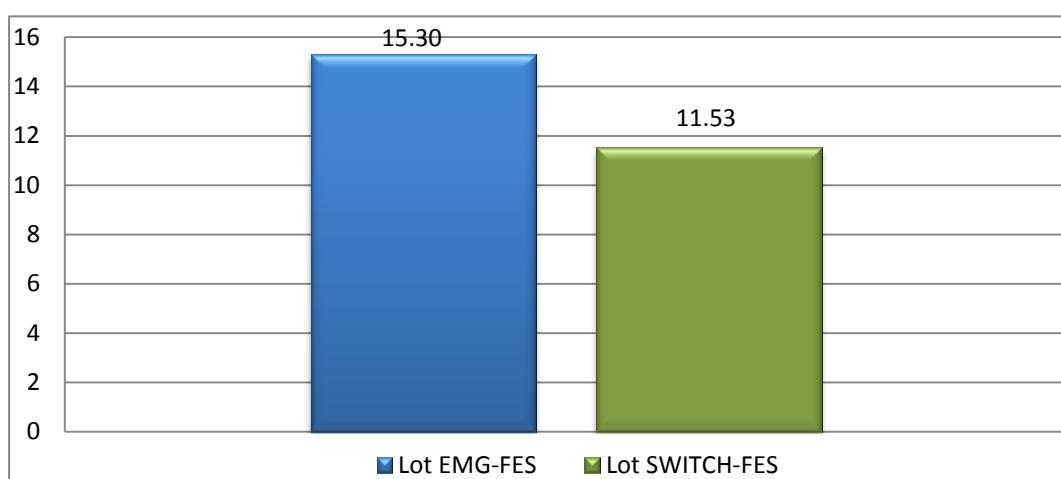


Figura 5. 79. Valorile diferenței medii pentru parametrul ODI înainte și după tratament, pe loturi

Evaluarea a parametrului **Dorsiflexie**:

Seriile de valori înregistrate pentru acest parametru au prezentat următoarele aspecte (fig. 5. 80):

- la lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul $8,63^\circ$ ($4,00^\circ - 12,00^\circ$) și intervalul $13,67^\circ$ ($9,00^\circ - 17,00^\circ$), cu o dispersie de 4,79, respectiv de 4,09;
- la lotul SWITCH-FES valorile medii s-au situat în intervalul $10,03^\circ$ ($5,00^\circ - 14,00^\circ$) și $12,97^\circ$ ($8,00^\circ - 17,00^\circ$), cu o dispersie de 4,24, respectiv de 4,0;

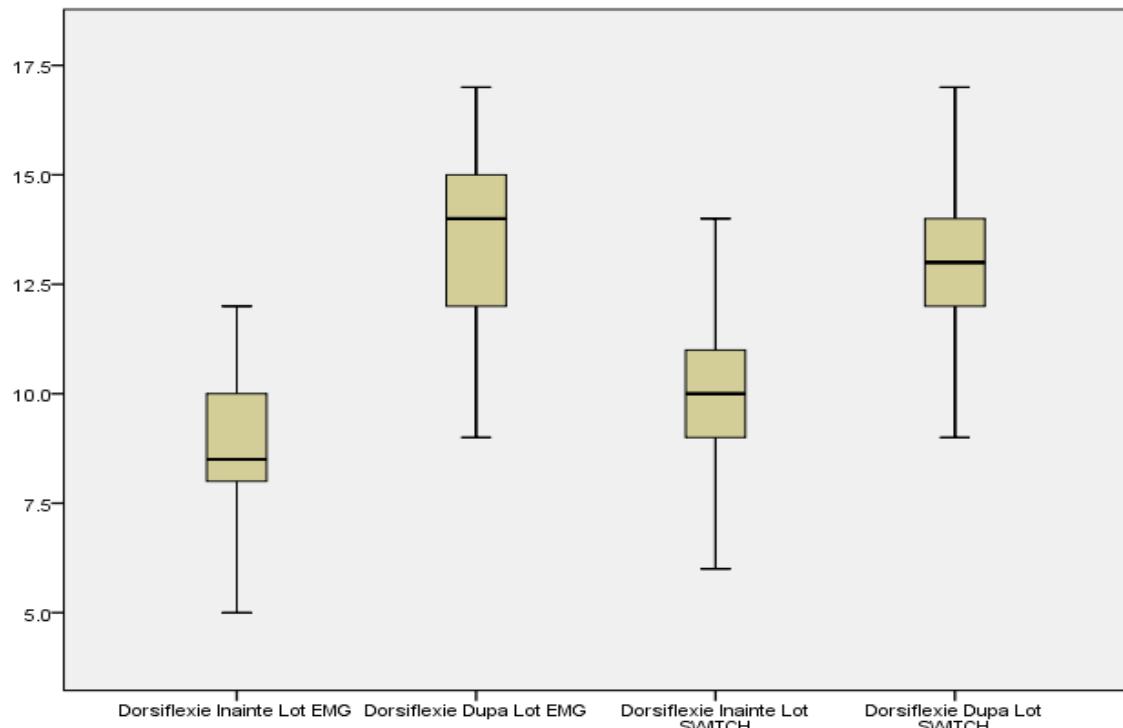


Figura 5. 80. Intervalul seriilor de valori al parametrului Dorsiflexie înainte și după tratament pentru cele două loturi

Pentru lotul de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii la parametrul Dorsiflexie (5,03) a fost semnificativ mai mare decât valoarea diferenței medii din cadrul lotului de studiu SWITCH-FES (2,93) ($p < 0,001$) (fig. 5. 81).

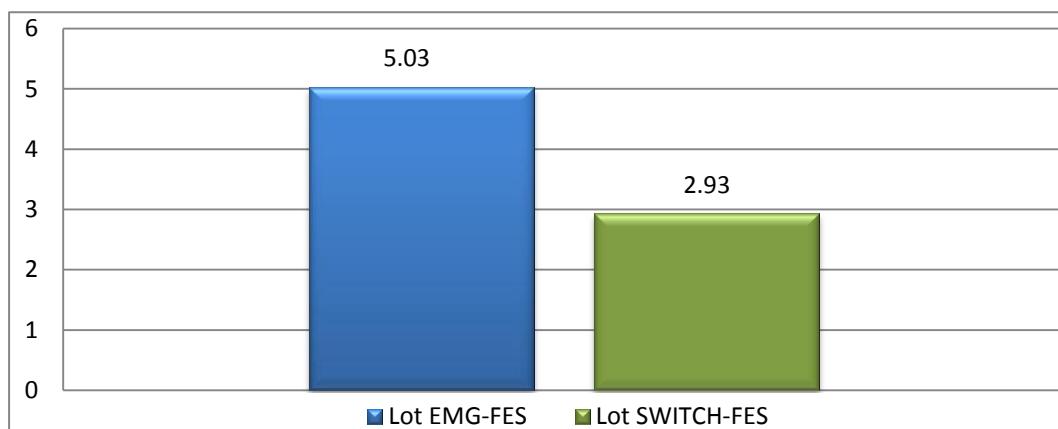


Figura 5. 81. Valorile diferenței medii pentru parametrul Dorsiflexie înainte și după tratament, pe loturi

Evaluarea parametrului “Foot and Ankle Disability Index” – FADI

Seriile de valori înregistrate pentru acest parametru au evidențiat următoarele aspecte (fig. 5. 82):

- în lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul 51,47 (30,00 - 65,00) și 65,30 (42,00 - 80,00), cu o dispersie de 109,43, respectiv de 116,35;
- în lotul SWITCH-FES valorile medii s-au situat în intervalul 50,37 (34,00 - 68,00) și 60,73 (44,00 - 79,00), cu o dispersie de 65,96, respectiv de 68,47;

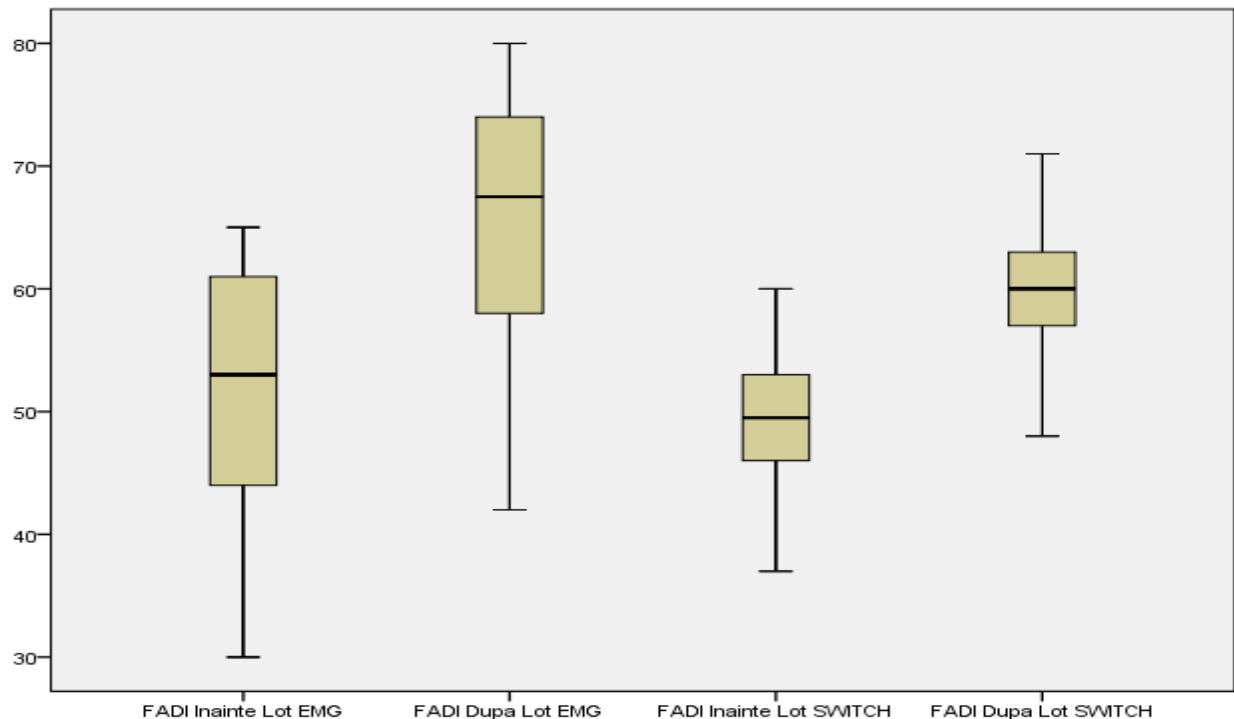


Figura 5. 82. Intervalul seriilor de valori al parametrului FADI înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii pentru parametrul FADI (13,83) a fost semnificativ mai mare comparativ cu valoarea înregistrată în cadrul lotului de studiu SWITCH-FES (10,36) ($p < 0,001$) (fig. 5. 83).

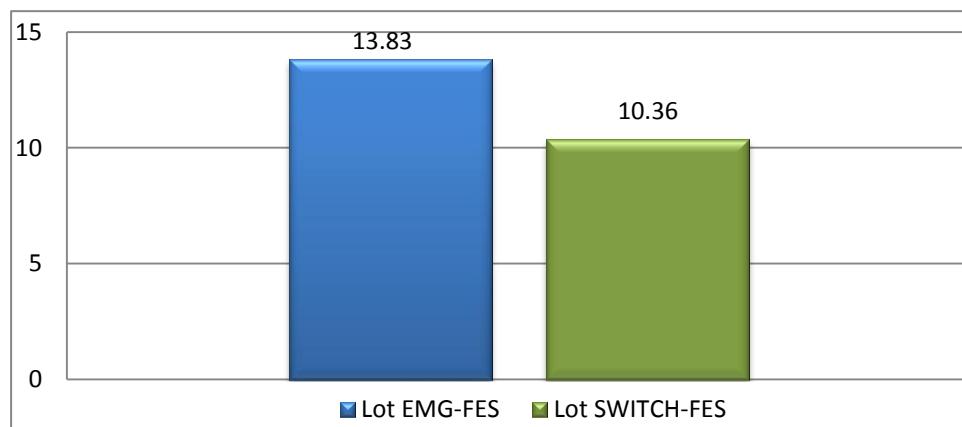


Figura 5. 83. Valorile diferenței medii pentru parametrul FADI înainte și după tratament, pe loturi

Evaluarea parametrului NRS:

Seriile de valori ale parametrului NRS au prezentat următoarea caracteristică (fig. 5. 84):

- în lotul EMG-FES valorile medii s-au situat în intervalul 5,73 (4,00 - 7,00) și 2,47 (1,00 - 4,00), cu o dispersie de 0,75, respectiv de 1,08;
- în lotul SWITCH-FES parametrul NRS s-a situat în intervalul 5,48 (4,00 - 7,00) și 2,44 (1,00 - 4,00) cu o dispersie de 0,76 respectiv de 0,84;

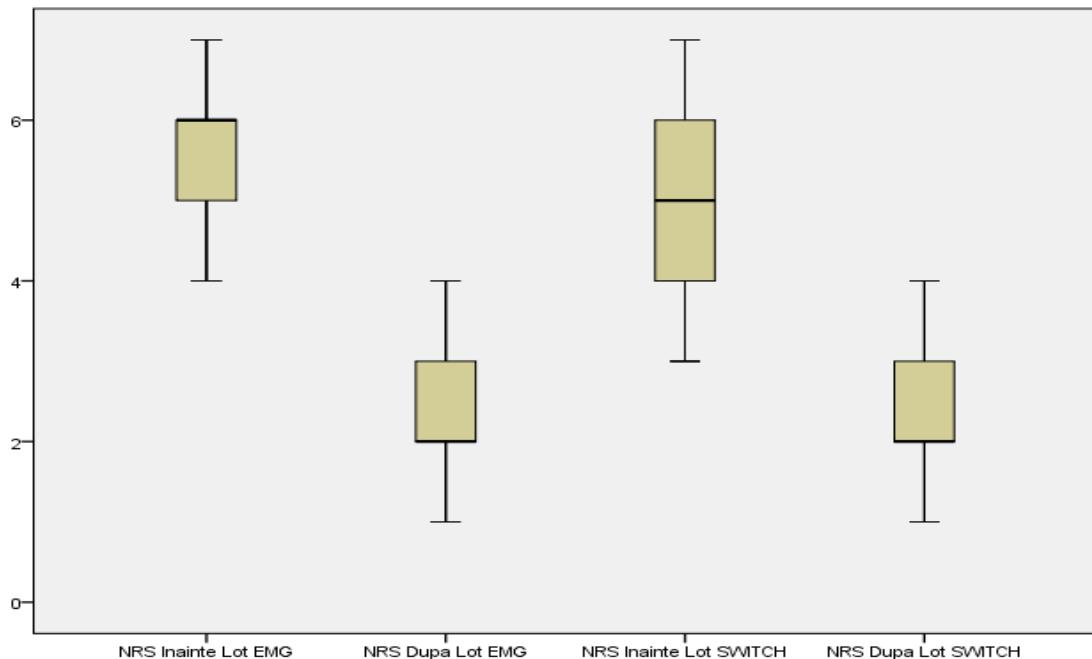


Figura 5. 84. Intervalul seriilor de valori al parametrului FADI înainte și după tratament pentru cele două loturi

La lotul de studiu EMG-FES valoarea diferenței medii pentru parametrul NRS (3.26) a fost nesemnificativ mai mare comparativ cu valoarea diferenței medii înregistrate la lotul de studiu SWITCH-FES (3.04) ($p=0.364$) (fig. 5. 85).



Figura 5. 85. Valorile diferenței medii pentru parametrul NRS înainte și după tratament, pe loturi

V. 3. 2. ANALIZA STATISTICĂ INTRALOT PENTRU LOTURILE DE STUDIU EMG-FES ȘI SWITCH-FES

V. 3. 2. 1. Rezultate statistice intralot pentru lotul de studiu EMG-FES

Prin tehnici statistice aplicate seriilor de valori obținute înainte și după tratament, s-au evidențiat următoarele caracteristici ale lotului de studiu (tab. V. 11):

Tabel V. 11. Indicatori de structură pentru lotul de studiu EMG-FES.

Parametri studiați	Media	Mediana	Abaterea standard	Dispersie	Minim	Maxim
VCN înainte	44.17	44.00	4.26	18.21	38	52
VCN după	44.87	44.50	3.86	14.94	40	52
CMAP distal înainte	1.45	1.42	0.44	0.20	0.21	2.40
CMAP distal după	1.88	1.90	0.47	0.23	0.219	2.96
CMAP proximal înainte	1.08	1.10	0.40	0.16	0.13	2.10
CMAP proximal după	1.53	1.51	0.44	0.19	0.19	2.64
Dinamometrie înainte	10.90	10.50	2.56	6.57	8	18
Dinamometrie după	15.07	14.50	3.11	9.72	11	23
Dorsiflexie înainte	8.63	8.50	2.18	4.79	4	12
Dorsiflexie după	13.67	14	2.02	4.09	9	17
Scor ODI înainte	38.67	40	7.22	52.23	22	58
Scor ODI după	23.37	24	6.61	43.75	10	40
Scor FADI înainte	51.47	53	10.46	109.43	30	65
Scor FADI după	65.30	67.50	10.78	116.35	42	80
Scor NRS înainte	5.73	6	0.86	0.75	4	7
Scor NRS după	2.47	2	1.04	1.08	1	4

Evaluarea intralot a valorilor parametrului VCN:

Indicatorii statistici descriptivi pentru valorile înregistrate înainte și după tratament ne indică faptul că mediile sunt foarte apropiate: înainte de tratament valoarea medie a fost de 44,17 m/s, în timp ce după tratament valoarea medie a fost de 44,87 m/s (fig. 5. 86)

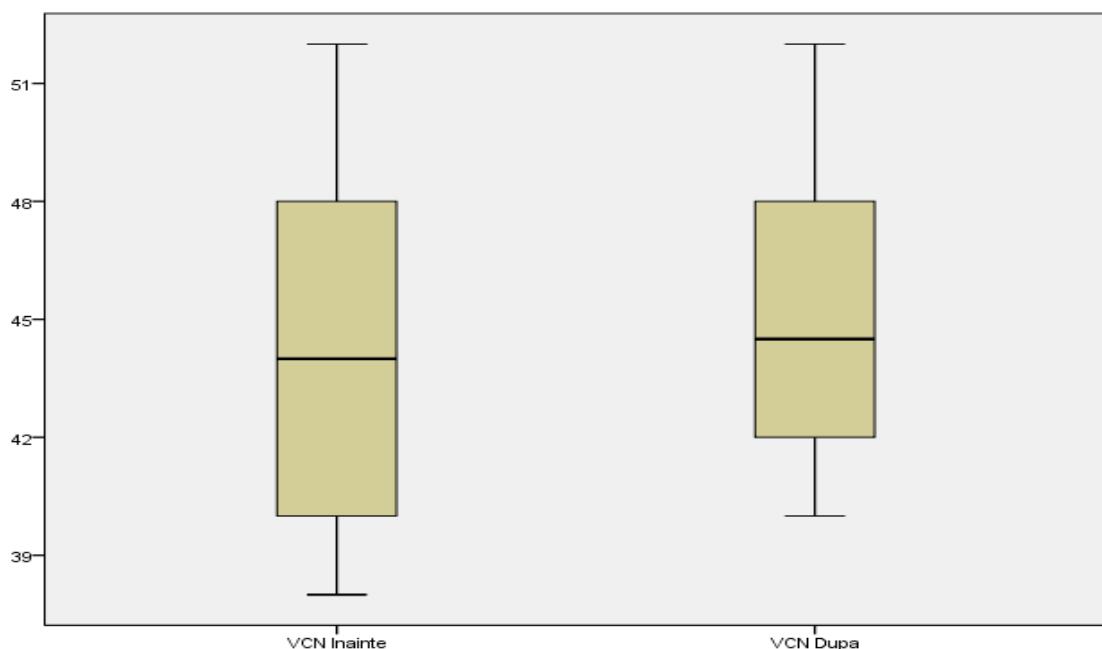


Figura 5. 86. Intervalul seriilor de valori ale parametrului VCN în înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament au evidențiat o diferență de 0,70 ceea ce arată lipsa unor diferențe semnificativ statistic (p=0,069) (tab. V. 12).

Tabel V. 12. Testul statistic t Student

Paired Samples Statistics						t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean							
VCN înainte	44.17	30	4.268	0.779							
VCN după	44.87	30	3.866	0.706							
Paired Differences											
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower		Upper					
VCN înainte VCN după	-.700	1.368	.250	-1.211		-.189	-2.802	29	.069		

Evaluarea intralot a valorilor parametrului CMAP distal:

Indicatorii statistici descriptivi pentru valorile înregistrate ne indică faptul că valoarea medie obținută după tratament (1,88 mV) este mai ridicată decât valoarea obținută înainte (1,45 mV) (fig. 5. 87).

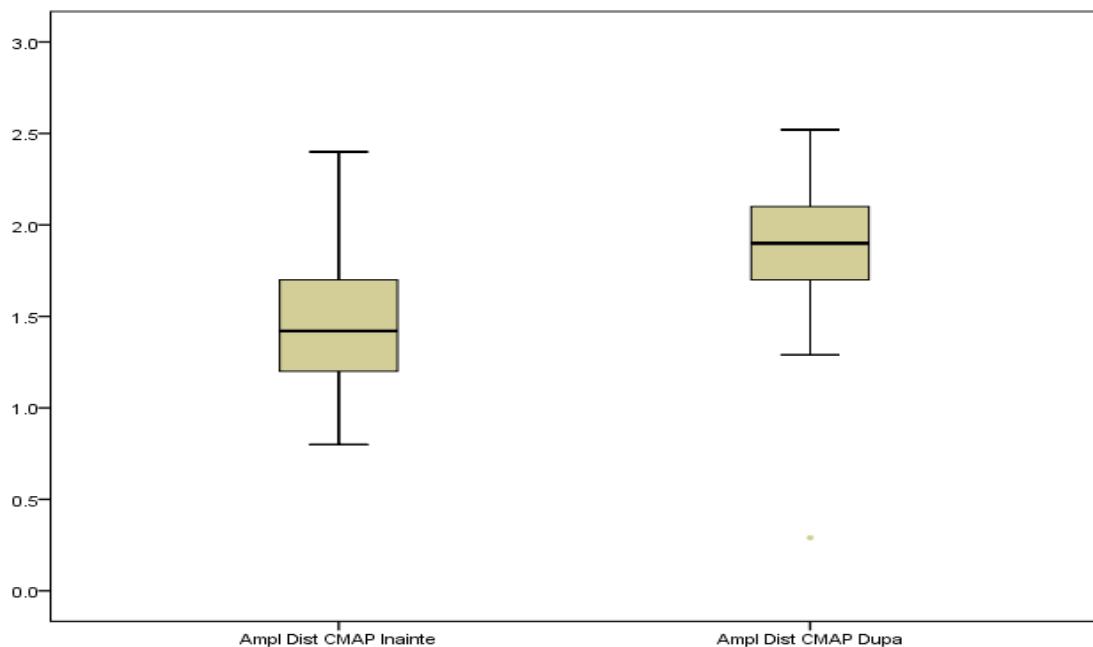


Figura 5. 87. Intervalul seriilor de valori ale parametrului CMAP distal înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul CMAP distal au evidențiat o diferență de 0,43 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 13).

Tabel V. 13. Testul statistic t Student pentru CMAP distal

Paired Samples Statistics						t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
CMAP dist. înainte	1.4560	30	.44927	.08203	CMAP dist. după			
	1.8863	30	.47936	.08752				
Paired Differences								
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		Lower	Upper	
CMAP dist. înainte	-.43033	.08636	.01577	-.46258				
CMAP dist. după				-.39808		-27.292	29	

Evaluarea intralot a valorilor parametrului CMAP proximal:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile înregistrate ne indică faptul că valoarea medie obținută după tratament (1,53 mV) este mai ridicată decât valoarea obținută înainte (1,08 mV) (fig. 5. 88)

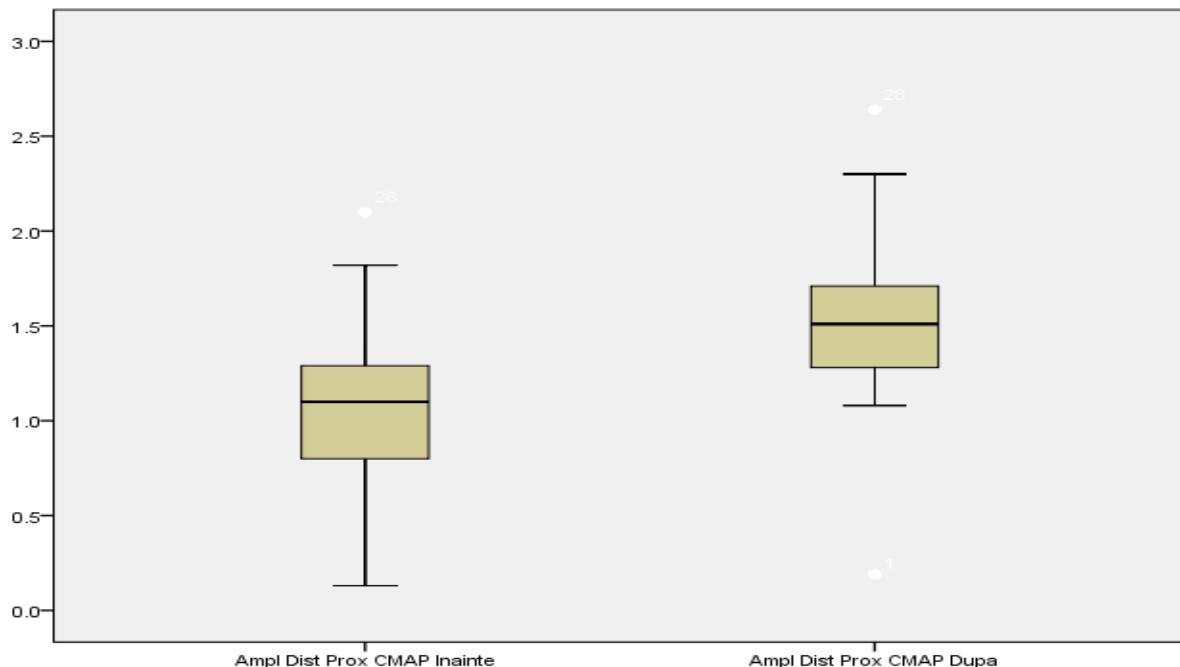


Figura 5. 88. Intervalul seriilor de valori ale parametrului CMAP proximal înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul CMAP distal au evidențiat o diferență de 0,44 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 14).

Tabel V. 14. Testul statistic t Student pentru CMAP proximal

Paired Samples Statistics						t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean				
CMAP prox. înainte	1.0880	30	.40953	.07477				
CMAP prox. după	1.5337	30	.44071	.08046				
Paired Differences								
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		Lower	Upper	
CMAP prox. înainte	-.44567	.09119	.01665	-.47972				
CMAP prox. după				-.41162		-26.769	29	.000

Evaluarea intralot a valorilor parametrului **Dinamometrie**:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile înregistrate ne indică faptul că valoarea medie de după tratament (15,07 kgF) a fost mai ridicată decât valoarea obținută după tratament (10.90 kgF). Deasemenea valorile minime și maxime (11 kgF-23 kgF) obținute la evaluare finală sunt mai ridicate decât cele de la evaluarea inițială (8kgF – 23 kgF) (fig. 5. 89)

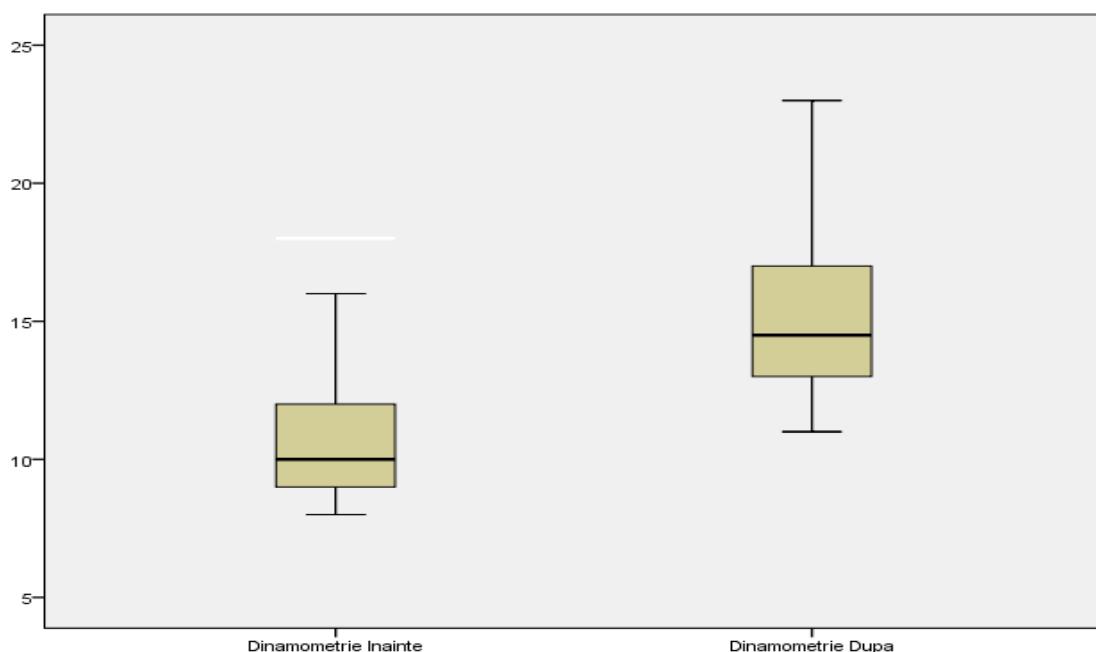


Figura 5. 89. Intervalul seriilor de valori ale parametrului Dinamometrie înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul Dinamometrie au evidențiat o diferență de 4,16 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 15).

Tabel V. 15. Testul statistic t Student pentru parametrul dinamometrie

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dinamometrie înainte	10.90	30	2.564	1.319
Dinamometrie după	15.07	30	3.118	1.208

	Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference								
				Lower	Upper							
Dinamometrie Inainte Dinamometrie Dupa.	-4.167	1.020	.186	-4.548	-3.786	-22.376	29		.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului **Dorsiflexie**:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului dorsiflexie ne indică o diferență mare între valoarea medie înainte ($8,63^\circ$) și valoarea medie de după tratament ($13,67^\circ$). Deasemenea valorile minime și maxime ($4 - 12^\circ$) obținute la evaluarea inițială sunt mai mici decât cele de la evaluarea finală ($9 - 17^\circ$) (fig. 5. 90)

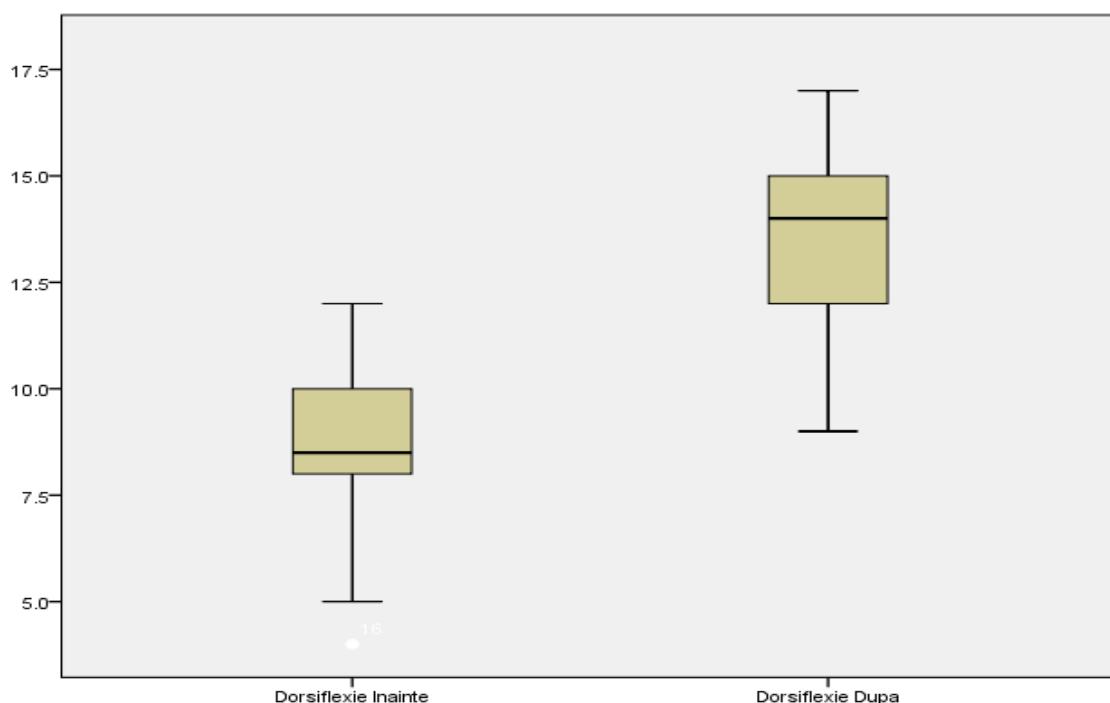


Figura 5. 90. Intervalul seriilor de valori ale parametrului Dorsiflexie înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul Dorsiflexie au evidențiat o diferență de $5,03$ ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 16).

Tabel V. 16. Testul statistic t Student pentru parametrul dorsiflexie

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Scor ODI Înainte	38.67	30	7.227	1.319
Scor ODI După	23.37	30	6.615	1.208

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
Dorsiflexie Înainte Dorsiflexie După	-5.033	1.520	.277	-5.601	-4.466	-18.142	29	.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului „Oswerty Disability Index” – ODI

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului ODI arată o diferență mare între valoarea medie înainte (38,67%) și valoarea medie de după tratament (23,37%). Deasemenea valorile minime și maxime (22 – 58%) obținute la evaluarea inițială sunt mai ridicate față de cele de la evaluarea finală (10 – 40%) (fig. 5. 91)

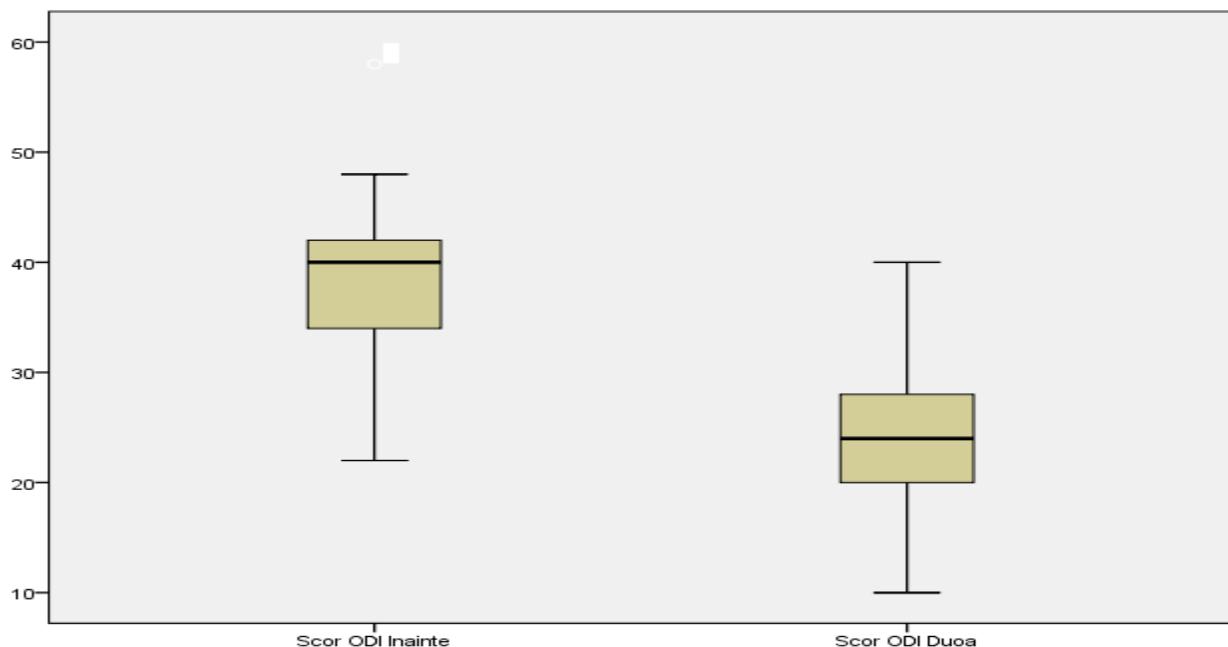


Figura 5. 91. Intervalul seriilor de valori ale parametrului ODI înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul ODI au evidențiat o diferență de 15,3 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 17).

Tabel V. 17. Testul statistic t Student pentru parametrul ODI

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Scor ODI înainte	38.67	30	7.227	1.319
Scor ODI după	23.37	30	6.615	1.208

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
Scor ODI înainte Scor ODI după	15.300	2.588	.473	14.333	16.267	32.375	29	.000			

La evaluarea scorului de disfuncționalitate generală ODI am calculat procentual îmbunătățirea scorului astfel încât să observăm migrarea pacienților dintr-o grupă de dizabilitate în alta. Treptele de dizabilitate au fost numerotate de la 1 la 4, iar în funcție de scorul procentual obținut de fiecare pacient acesta s-a încadrat într-un anumit palier. Integrarea pacienților într-o treaptă de dizabilitate înainte și după tratament și marja de procentaj în care se situează fiecare grupă în parte sunt evidențiate în tabelul V. 18.

Tabel V. 18. Treptele de dizabilitatea și încadrarea pacienților din lotul de studiu EMG-FES

Trepte de handicap	Scor ODI Înainte		Scorul ODI După	
	Frecvența	Procent	Frecvența	Procent
Tr. 1: 0-20%	0	0	10	33.3
Tr. 2: 21-40%	17	56.7	19	63.3
Tr. 3: 41-60%	13	43.3	1	3.3
Tr. 4: 61-80%	0	0	0	0
Total	30	100.0	30	100.0

Analiza procentuală a indexului de dizabilitate Oswestry la lotul de studiu EMG-FES a evidențiat următoarele aspecte:

- în treapta de dizabilitate 4 nu s-au înregistrat pacienți nici înainte și nici după tratament.
- în treapta de dizabilitate 3 după evaluarea inițială s-au încadrat 13 pacienți (43,3%), iar la evaluarea finală s-a încadrat 1 pacient reprezentând 3,3 %;
- în treapta de dizabilitate 2 la evaluarea inițială au intrat 17 pacienți (56,7%) iar la evaluarea finală s-au încadrat 19 pacienți (63,3%);
- în treapta de dizabilitate 1 la evaluarea inițială nu s-a înregistrat nici un pacient însă la evaluarea finală au migrat spre această treapă 10 pacienți (33,3%) (fig. 5. 92).

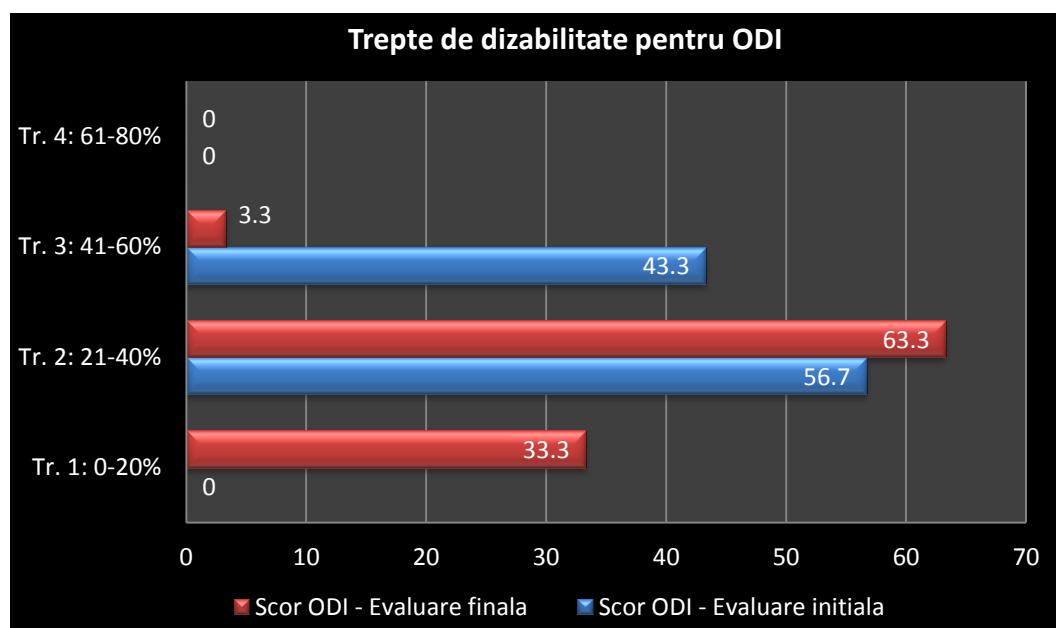


Figura 5. 92. Reprezentarea grafică a încadrării și migrării pacienților după indexul ODI dintr-o grupă de dizabilitate funcțională într-alta

Pacienții evaluați din cadrul lotului de studiu EMG-FES au obținut din punct de vedere procentual o modificare de 71,78%. Deasemenea putem remarcă că un procent de 73,3 % corespunzător a 22 de pacienți au trecut într-o treaptă inferioară de dizabilitate, în timp ce doar 8 pacienți (26,7 %) au rămas în aceeași grupă de handicap (tab. V. 19, fig. 5. 93).

Tabel V. 19. Modificarea încadrării în treptele de dizabilitate

Treapta de dizabilitate		Frequency	Percent
	-1	22	73.3
	0	8	26.7
	Total	30	100.0

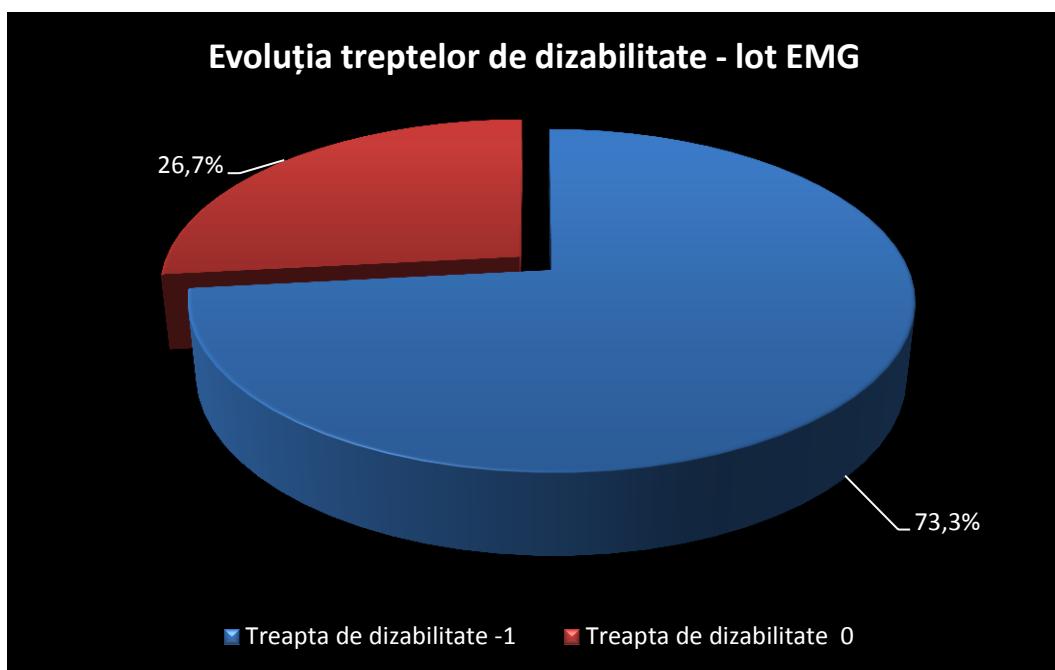


Figura 5. 93. Reprezentarea grafică a migrării pacienților într-o treaptă inferioară a indexului de dizabilitate ODI

Evaluarea intralot a valorilor parametrului “Foot and Ankle Disability Index” – FADI

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului FADI arată o diferență mare între valoarea medie înregistrată inițial (51,45) și valoarea medie înregistrată la final (65,30) (fig. 5. 94)

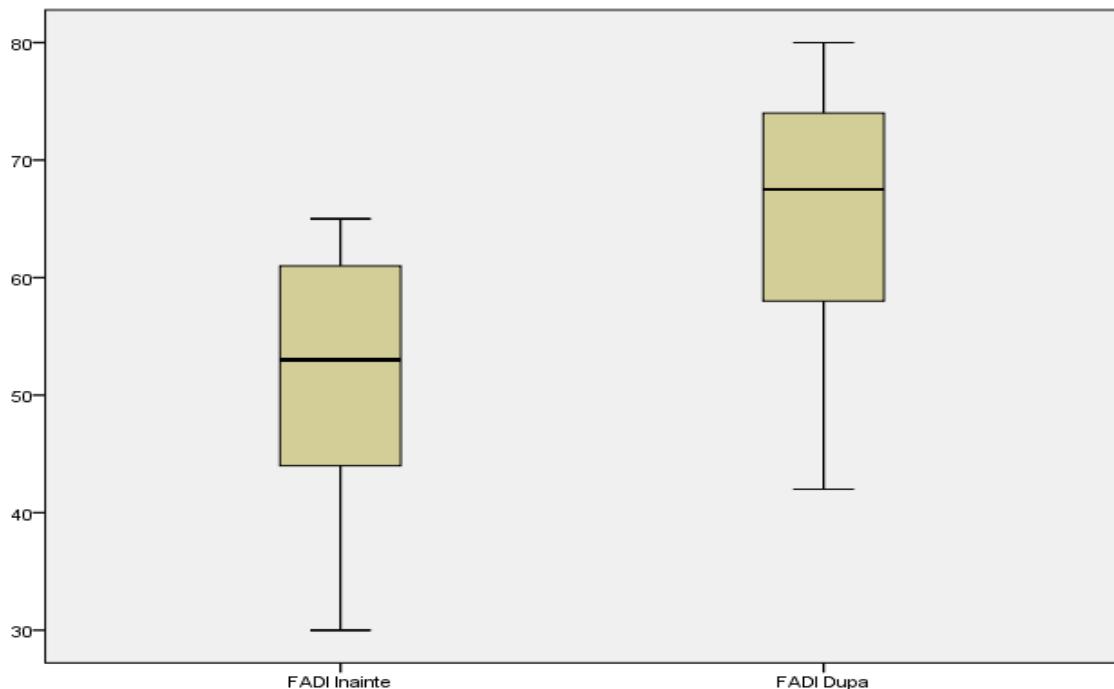


Figura 5. 94. Intervalul seriilor de valori ale parametrului FADI înainte și după tratament

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul FADI au evidențiat o diferență de 13, 83 de puncte ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 20).

Tabel V. 20. Testul statistic t Student pentru parametrul FADI

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Scor FADI înainte	51.47	30	7.227	1.319
Scor FADI după	65.30	30	6.615	1.208

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
FADI înainte - FADI după	-13.833	2.479	.453	-14.759	-12.908	-30.568	29	.000			

Evalarea intralot a valorilor parametrului NRS:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului NRS arată o diferență mare între valoarea medie finală (2,47) și valoarea medie inițială (5,73). Deasemenea valorile minime și maxime (1 – 4) obținute la evaluarea finală sunt mai scăzute față de cele de la evaluarea inițială (4 - 7) (fig. 5. 95).

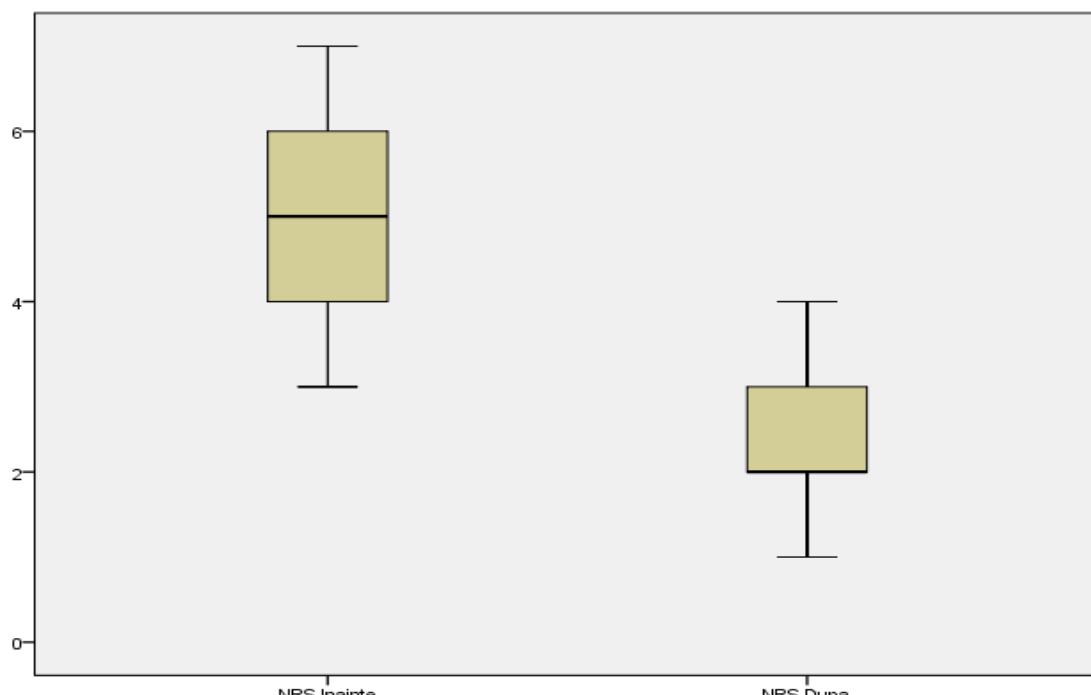


Figura 5. 95. Intervalul seriilor de valori ale parametrului NRS înainte și după tratament, pe loturi

La lotul de studiu EMG-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul NRS a evidențiat o diferență de 3.26 puncte, ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 21).

Tabel V. 21. Testul statistic t Student pentru parametrul NRS

	Paired Samples Statistics			
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRS Inainte	5.73	30	.872	.174
NRS Dupa	2.47	30	.917	.183

	Paired Samples Test						t	df	Sig. (2-tailed)			
	Paired Differences				95% Confidence Interval of the Difference							
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper							
NRS înainte – NRS după	3.267	.740	.135	2.990	3.543	24.189	29		.000			

V. 3. 2. 2. Rezultate statistice intralot pentru lotul de studiu SWITCH-FES

Prin tehnici statistice aplicate seriilor de valori obținute înainte și după tratament, s-au evidențiat următoarele caracteristici ale lotului de studiu (tab. V. 22):

Tabel V. 22. Indicatori de structură pentru lotul de studiu SWITCH-FES.

Parametri studiați	Media	Mediana	Abaterea standard	Dispersie	Minim	Maxim
VCN înainte	45.41	44.00	4.810	23.137	38	58
VCN după	45.97	45.00	4.687	21.966	40	58
CMAP distal înainte	1.48	1.41	0.40	0.16	0.88	2.38
CMAP distal după	1.77	1.65	0.38	0.15	1.19	2.63
CMAP proximal înainte	1.11	1.04	0.36	0.13	0.46	1.98
CMAP proximal după	1.45	1.41	0.35	0.12	0.85	2.24
Dinamometrie înainte	12.93	12.50	4.16	17.30	5	25
Dinamometrie după	15.03	15.00	4.18	17.55	7	28
Dorsiflexie înainte	10.03	10.00	2.05	4.24	5	14
Dorsiflexie după	12.97	13.00	2.20	4.86	8	17
Scor ODI înainte	33.50	34.00	5.69	32.46	22	42
Scor ODI după	21.97	22.50	5.79	33.62	10	34
Scor FADI înainte	50.37	49.50	8.12	65.96	34	68
Scor FADI după	60.73	60.00	8.27	68.47	79	79
Scor NRS înainte	5.48	5.00	0.872	0.760	4	1
Scor NRS după	2.44	2.00	0.917	0.840	7	4

Evaluarea intralot a valorilor parametrului VCN:

Indicatorii statistici descriptivi pentru parametrul VCN ne indică faptul că valorile înregistrate la evaluarea finală (valoarea medie 45,97 m/s) comparativ cu valorile indicatorilor medii înregistrate la evaluarea inițială au fost foarte apropiate (valoarea medie 45,41 m/s) (fig. 5. 96).

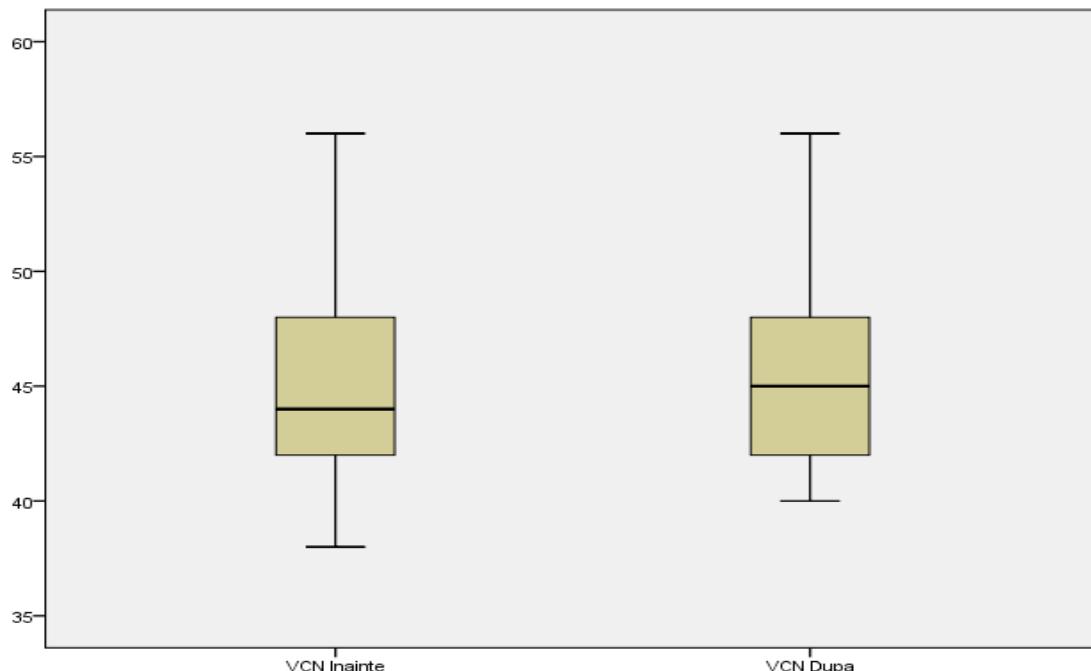


Figura 5. 96. Intervalul seriilor de valori ale parametrului FADI înainte și după tratament

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul VCN a evidențiat o diferență de 0,56 ceea ce arată o modificare nesemnificativ statistică ($p>0,05$) (tab. V. 23).

Tabel V. 23. Testul statistic t Student pentru parametrul VCN

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
VCN înainte	45.41	30	4.810	.878
VCN după	45.97	30	4.687	.856

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
VCN înainte VCN după	-.563	1.013	.185	-.941	-.185	-3.047	29	.055			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului CMAP distal

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului CMAP distal arată o diferență semnificativ mai mare între valoarea medie la evaluare finală (1,77 mV) și valoarea medie inițială (1,48 mV) (fig. 5. 97)

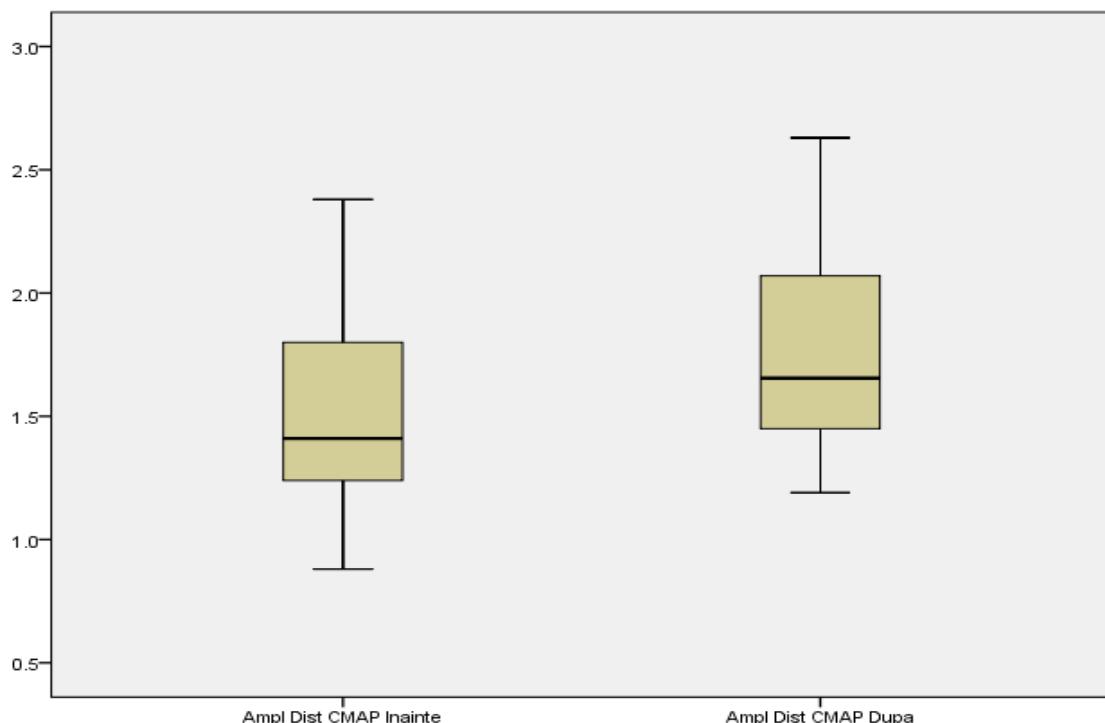


Figura 5. 97. Intervalul seriilor de valori ale parametrului CMAP distal înainte și după tratament

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul VCN a evidențiat o diferență de 0,29 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică (**p<0,001**) (tab. V. 24).

Tabel. V. 24. Testul statistic t Student pentru parametrul CMAP distal

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
CMAP distal înainte	1.4800	30	.40277	.07354
CMAP distal după	1.7737	30	.38950	.07111

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	Df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
CMAP distal înainte CMAP distal după	-.29367	.08092	.01477	-.32388	-.26345	-19.877	29	.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului CMAP proximal

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului CMAP proximal arată o diferență semnificativ mai mare între valoarea medie la evaluare finală (1,77 mV) și valoarea medie inițială (1,48 mV) (fig. 5. 98).

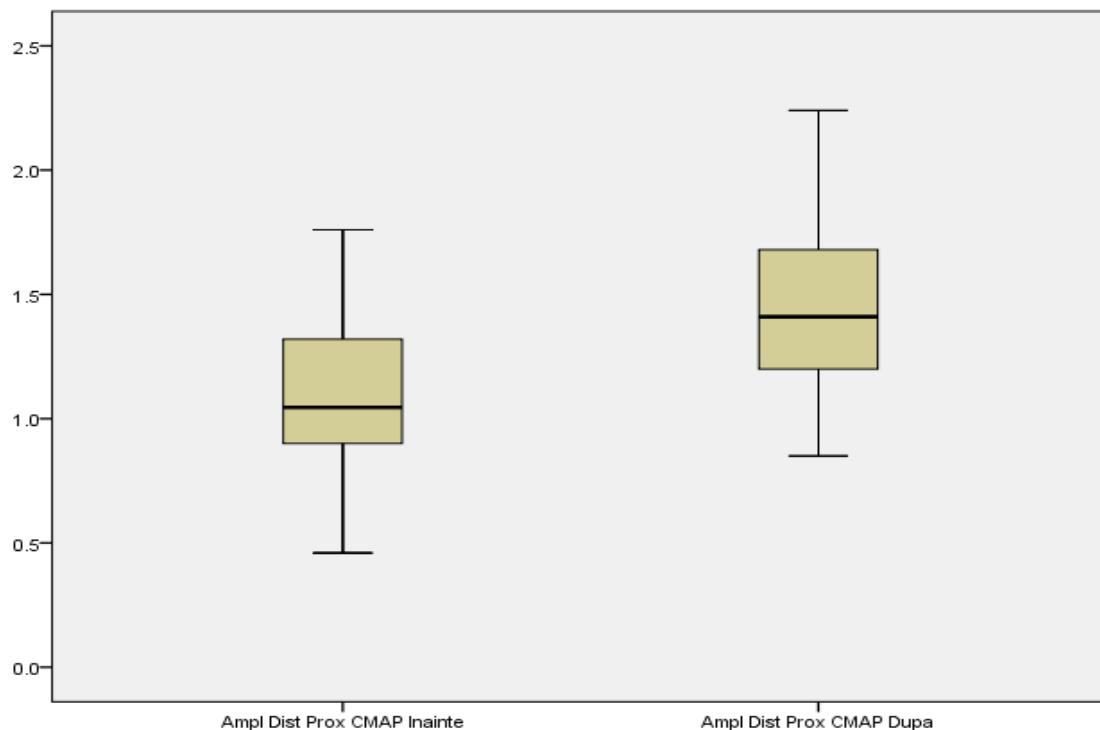


Figura 5. 98. Intervalul seriilor de valori ale parametrului CMAP proximal înainte și după tratament

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul CMAP proximal a evidențiat o diferență de 0,34 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 25).

Tabel V. 25. Testul statistic t Student pentru parametrul CMAP distal

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
CMAP proximal înainte	1.1117	30	.36032	.06578
CMAP distal după	1.4547	30	.35173	.06422

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
CMAP proximal înainte CMAP proximal după	-.34300	.08968	.01637	-.37649	-.30951	-20.949	29	.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului **Dinamometrie**

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului Dinamometrie arată o diferență mare între valoarea medie finală (15,03 kgF) și valoarea medie inițială (12.93 kgF). Deasemenea valorile minime și maxime (7 kgF – 28 kgF) obținute la evaluarea finală sunt mai ridicate față de cele de la evaluarea inițială (5 kgF - 25 kgF) (fig. 5. 99).

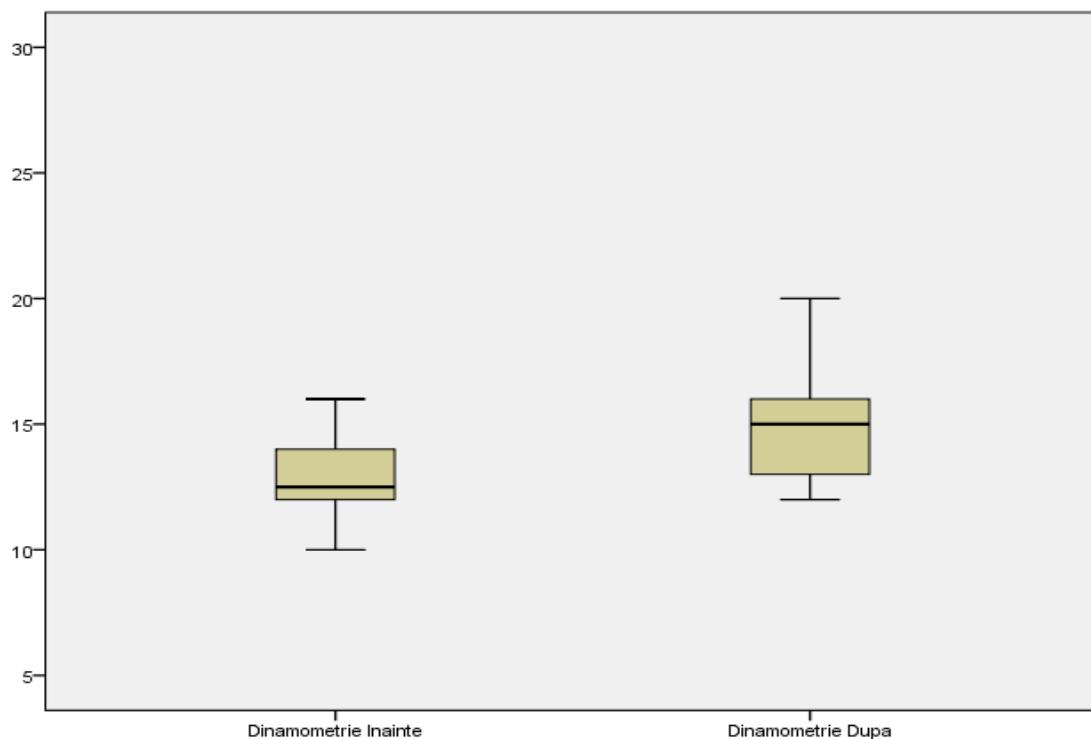


Figura 5. 99. Intervalul seriilor de valori ale parametrului Dinamometrie înainte și după tratament

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul Dinamometrie a evidențiat o diferență de 2,10 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 26).

Tabel V. 26. Testul statistic t Student pentru parametrul Dinamometrie

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dinamometrie înante	12.93	30	4.160	.760
Dinamometrie după	15.03	30	4.189	.765

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
Dinamometrie înante Dinamometrie după	-2.100	.662	.121	-2.347	-1.853	-17.381	29	.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului Dorsiflexie:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului Dorsiflexie arată o diferență mare între valoarea medie finală ($12,97^{\circ}$) și valoarea medie inițială ($10,03^{\circ}$). Deasemenea valorile minime și maxime ($8^{\circ} - 17^{\circ}$) obținute la evaluarea finală sunt mai ridicate față de cele de la evaluarea inițială ($5^{\circ} - 14^{\circ}$) (fig. 5. 100).

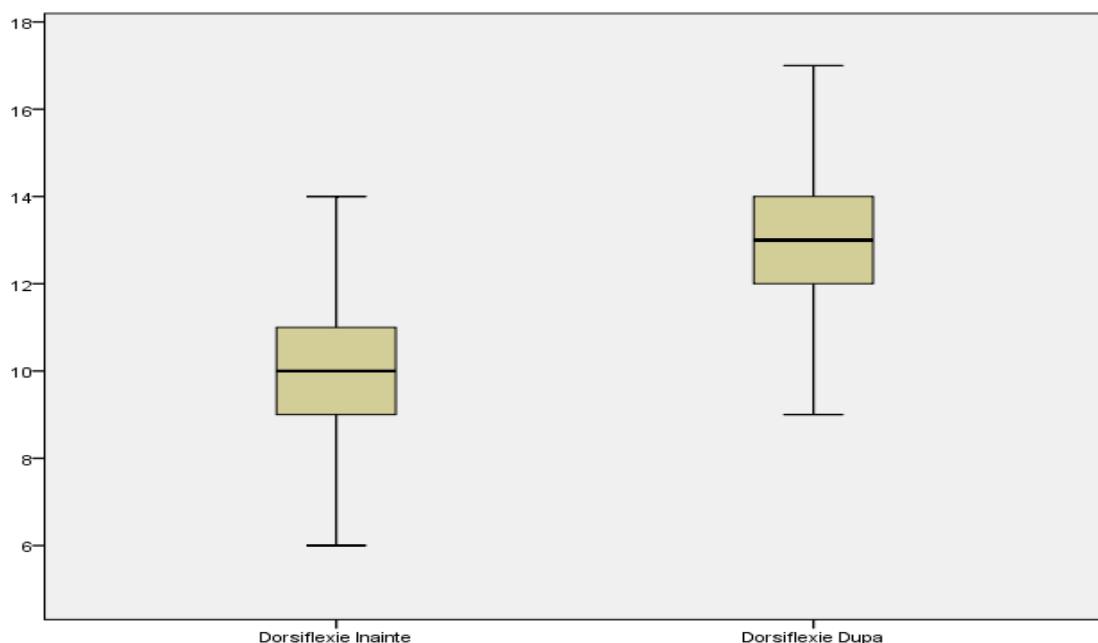


Figura 5. 100. Intervalul seriilor de valori ale parametrului Dorsiflexie înainte și după tratament

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul Dorsiflexie a evidențiat o diferență de $2,93$ ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 27).

Tabel V. 27. Testul statistic t Student pentru parametrul Dorsiflexie

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Dorsiflexie înainte	10.03	30	2.059	.376
Dorsiflexie după	12.97	30	2.205	.403

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
Dorsiflexie înainte Dorsiflexie după	-2.933	.640	.117	-3.172	-2.694	-25.116	29	.000			

Evaluarea intralot a valorilor parametrului „Oswerty Disability Index” – ODI:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului ODI arată o diferență mare între valoarea medie finală (21,97%) și valoarea medie inițială (33.50%). Deasemenea valorile minime și maxime (10 – 34%) obținute la evaluarea finală sunt mai scăzute față de cele de la evaluarea inițială (22 – 42%) (fig. 5. 101)

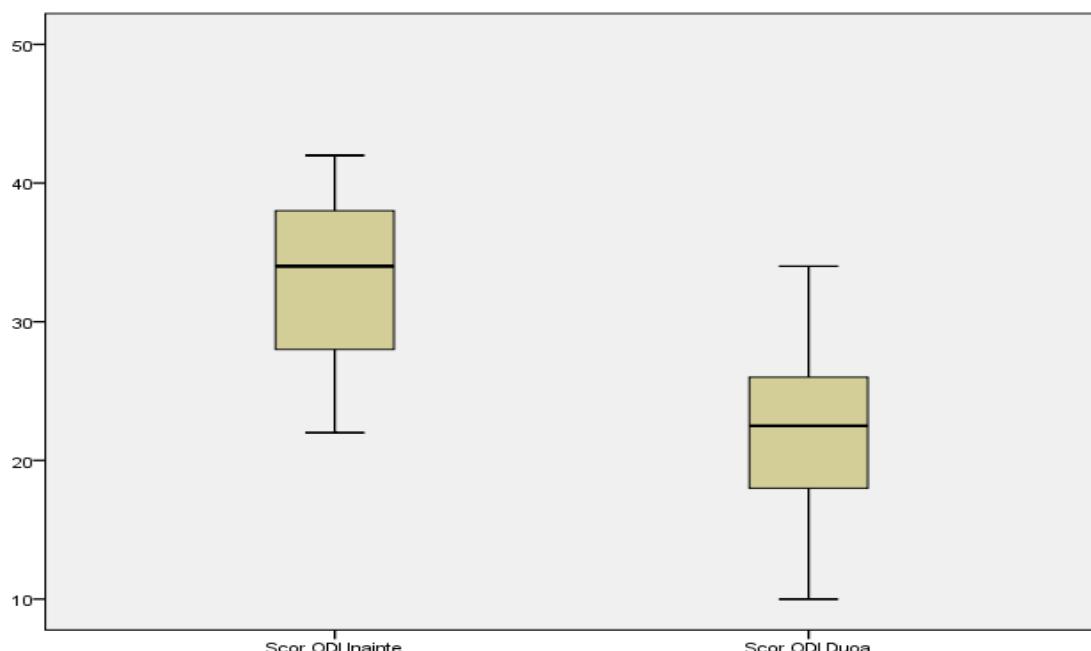


Figura 5. 101. Intervalul seriilor de valori ale parametrului ODI înainte și după tratament

Pentru lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul ODI a evidențiat o diferență de 11,53 ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 28).

Tabel V. 28. Testul statistic t Student pentru parametrul Dorsiflexie

Paired Samples Statistics				
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Scor ODI Inainte	33.50	30	5.698	1.040
Scor ODI Dupa	21.97	30	5.798	1.059

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
Scor ODI Inainte	11.533	2.177	.398	10.720	12.346	29.015	29	.000			
Scor ODI Dupa											

La evaluarea scorului de disfuncționalitate generală ODI am calculat procentual îmbunătățirea scorului astfel încât să observăm migrarea pacienților dintr-o grupă de dizabilitate în alta. Treptele de dizabilitate au fost numerotate de la 1 la 4, iar în funcție de scorul procentual obținut de fiecare pacient acesta s-a încadrat într-un anumit palier. Integrarea pacienților într-o treaptă de dizabilitate înainte și după tratament și marja de procentaj în care se situează fiecare grupă în parte sunt evidențiate în tabelul V. 29.

Tabel V. 29. Treptele de dizabilitatea și încadrarea pacienților din lotul de studiu SWITCH-FES

Trepte de handicap	Scor ODI Înainte		Scorul ODI După	
	Frecvența	Procent	Frecvența	Procent
Tr. 1: 0-20%	0	0	13	43.3
Tr. 2: 21-40%	26	86.7	17	56.7
Tr. 3: 41-60%	4	13.3	0	0
Tr. 4: 61-80%	0	0	0	0
Total	30	100.0	30	100.0

Analiza procentuală a indexului de dizabilitate Oswestry la lotul de studiu SWITCH-FES a evidențiat următoarele aspecte:

- în treapta de dizabilitate 4 nu s-au înregistrat pacienți nici înainte și nici după tratament.
- în treapta de dizabilitate 3 după evaluarea inițială s-au încadrat 4 pacienți (13,3%), iar la evaluarea finală nu s-a încadrat nici un pacient reprezentând;
- în treapta de dizabilitate 2 la evaluarea inițială au intrat 26 pacienți (86,7%) iar la evaluarea finală s-au încadrat 17 pacienți (56,7%);
- în treapta de dizabilitate 1 la evaluarea inițială nu s-a înregistrat nici un pacient însă la evaluarea finală au migrat spre această treapă 13 pacienți (43,3%) (fig. 5. 102).

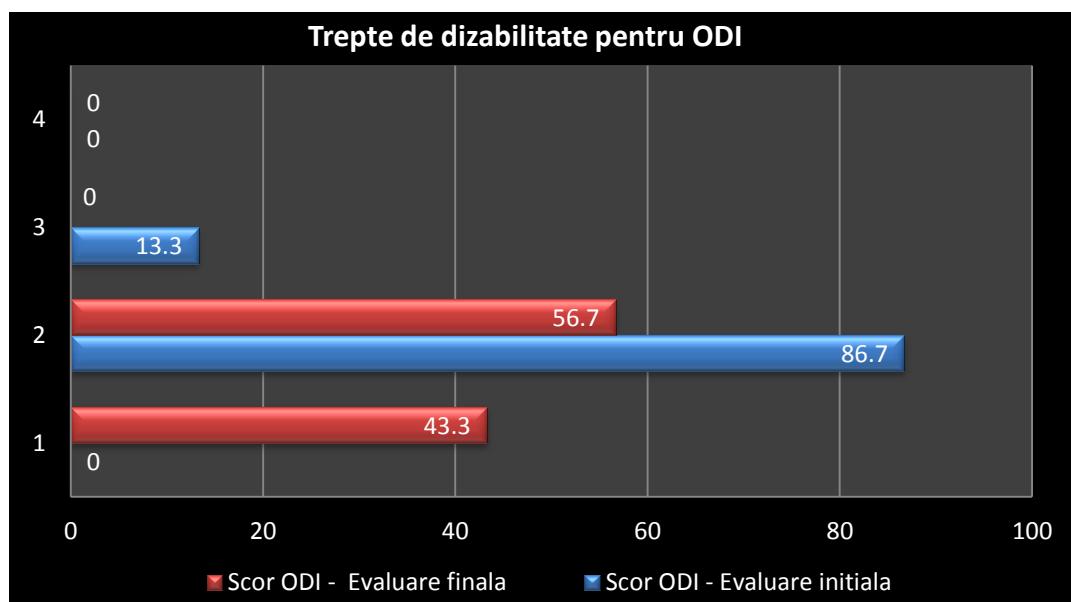


Figura 5. 102. Reprezentarea grafică a încadrării și migrării pacienților după indexul ODI dintr-o grupă de dizabilitate funcțională într-alta

Pacienții evaluați din cadrul lotului de studiu EMG-FES au obținut din punct de vedere procentual o modificare de 57,56%. Deasemenea putem remarcă că un procent de 56,7 % corespunzător a 17 pacienți au trecut într-o treaptă inferioară de dizabilitate, în timp ce 13 pacienți (43,3 %) au rămas în aceeași grupă de handicap (tab. V. 30, fig. 5. 103).

Tabel V. 30. Modificarea încadrării în treptele de dizabilitate

Treapta de dizabilitate	Frequency	Percent
-1	17	56.7
0	13	43.3
Total	30	100.0

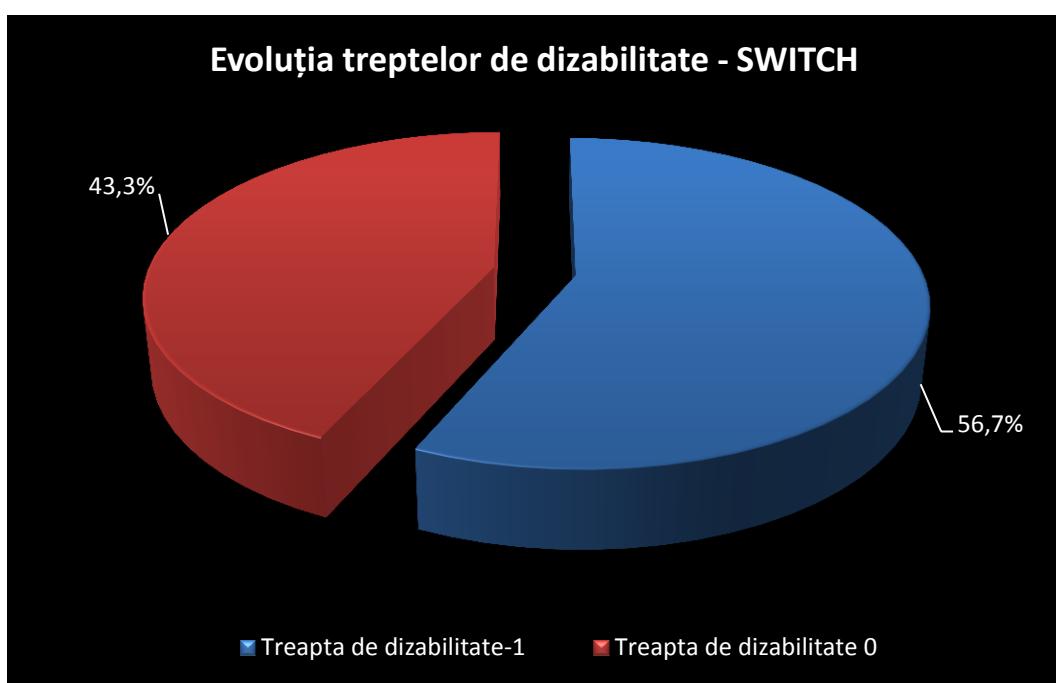


Figura 5. 103. Reprezentarea grafică a migrării pacienților într-o treaptă inferioară a indexului de dizabilitate ODI

Evaluarea intralot a valorilor parametrului “Foot and Ankle Disability Index” – FADI:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului FADI arată o diferență ridicată între valoarea medie finală (60,73%) și valoarea medie inițială (50,37%). Deasemenea valorile minime și maxime (44 – 79) obținute la evaluarea finală sunt mai ridicate față de cele de la evaluarea inițială (34 – 68) (fig. 5. 104).

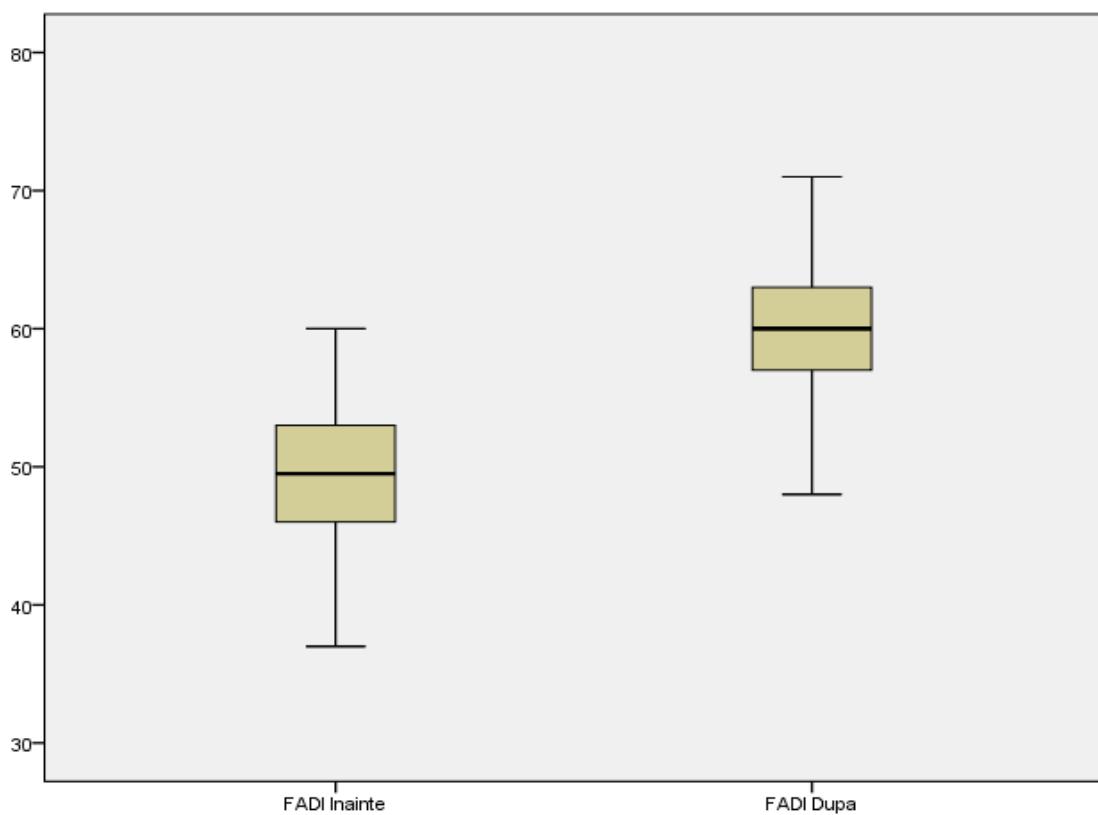


Figura 5. 104. Intervalul seriilor de valori ale parametrului FADI înainte și după tratament, pe loturi

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul FADI a evidențiat o diferență de 10,36 puncte, ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 31).

Tabel V. 31. Testul statistic t Student pentru parametrul FADI

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
FADI înainte –	50.37	30	8.122	1.483
FADI după	60.73	30	8.275	1.511

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)			
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference							
				Lower	Upper						
FADI înainte – FADI după	-10.367	1.066	.195	-10.765	-9.969	-53.255	29	.000			

Evalarea intralot a valorilor parametrului NRS:

Analiza indicatorilor statistici descriptivi pentru valorile parametrului NRS arată o diferență mare între valoarea medie finală (2,44) și valoarea medie inițială (5,48). Deasemenea valorile minime și maxime (0 – 4) obținute la evaluarea finală sunt mai scăzute față de cele de la evaluarea inițială (3 - 7) (fig. 5. 105).

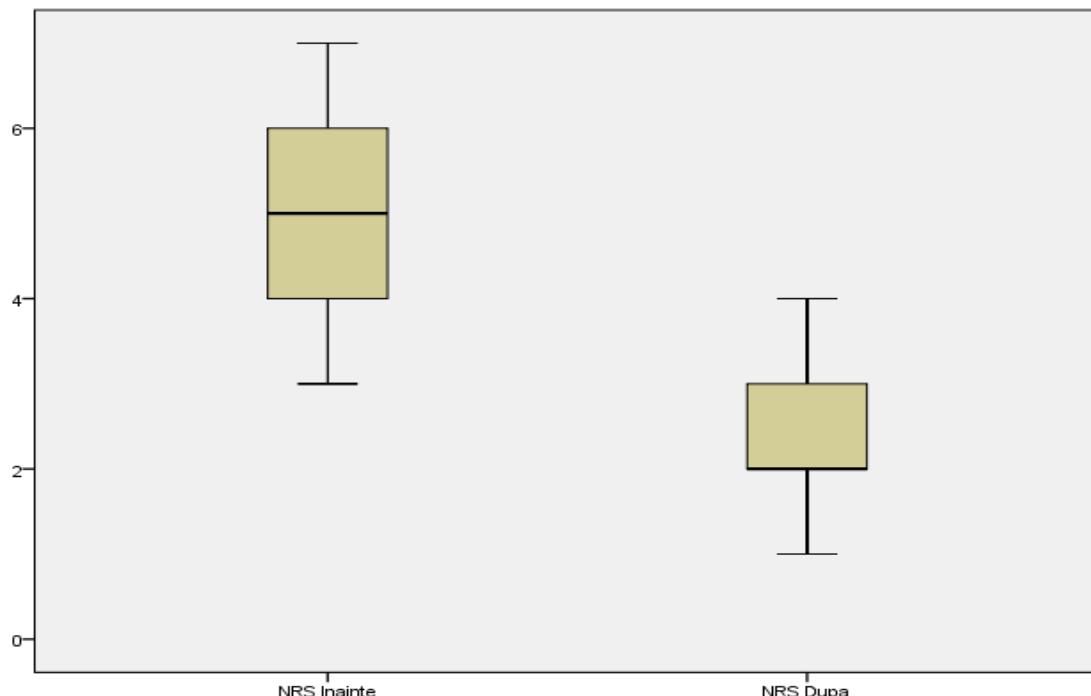


Figura 5. 105. Intervalul seriilor de valori ale parametrului FADI înainte și după tratament, pe loturi

La lotul de studiu SWITCH-FES evaluarea prin testul t Student a valorilor medii înregistrate înainte și după tratament pentru parametrul NRS a evidențiat o diferență de 3.04 puncte, ceea ce arată o modificare semnificativ statistică ($p<0,001$) (tab. V. 32).

Tabel V. 32. Testul statistic t Student pentru parametrul NRS

	Paired Samples Statistics			
	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
NRS Inainte	5.48	25	.872	.174
NRS Dupa	2.44	25	.917	.183

	Paired Samples Test						t	df	Sig. (2-tailed)			
	Paired Differences				95% Confidence Interval of the Difference							
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper							
NRS înainte – NRS după	3.040	.735	.147	2.737	3.343	20.685	24		.000			

Pentru a pune în evidență evaluarea gradului de restant funcțional și impactul acestuia în activitățile de zi cu zi (“daily living activities”) am comparat interloturi creșterea procentuală pentru Indexul de dizabilitate Oswerty.

Astfel, cea mai mare îmbunătățire a treptelor de disabilitate a fost în lotul EMG-FES cu un procent de 73.3 %, urmat de pacienții din lotul SWITCH-FES cu 56,7 %, iar cel mai scăzut procent de îmbunătățire s-a înregistrat în lotul Control doar cu un procent de 44,0 %.

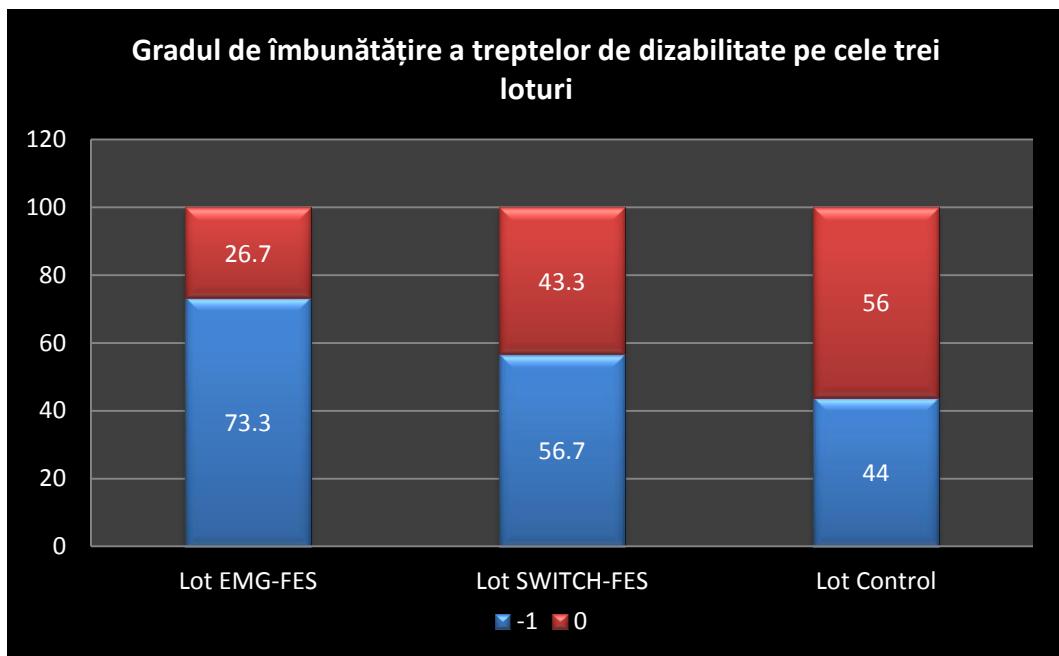


Figura 5. 106. Procentul de îmbunătățire a treptelor de disabilitate comparativ pe cele trei loturi

V. 4. DISCUȚII

Indubitabil în ultimii ani dezvoltarea tehnologică a unor dispozitive bio-medicale de asistență în domeniul recuperării medicale și reeducării funcționale au permis lărgirea spectrului de terapii asistive aplicabile la pacienții cu patologii spinale. Problematica discutată în cadrul acestei teze doctorale s-a centrat asupra uneia dintre cele mai importante și des întâlnite patologii în relație cu coloana vertebrală lombară și anume sciatica paralitică discogenă. În terminologia internațională acest aspect al pierderii controlului motor asupra dorsiflexiei piciorului prin comprimare radiculară este denumit sindromul “foot-drop”.

Pierderea controlului motor de la nivelul mebrului inferior și mai ales trenanța simptomatologiei în astfel de cazuri generează un grad important de dizabilitate locomotorie, exprimat atât la nivelul coloanei lombare dar mai ales la nivelul locomoției. Inabilitatea de a ridica piciorul și respectiv un mers deficitar conduce în multe cazuri la posibilitatea împiedicării repetitive rezultând o imobilitate și o scădere a calității vieții. Mai mult, datorită modificării patologice a ciclului de mers aceasta poate produce forțe și tensiuni biomecanice inadecvate la nivelul coloanei lombare cât și a membrului inferior modificând structurile musculoscheletale [66, 69].

Pacienții suferinți de sindromul “foot-drop” au la dispoziție actualmente ortese realizate din diferite tipuri de material policarbonat ce se fixează la nivelul gleznei pentru a susține piciorul în timpul mersului. Acestea însă ajută doar într-un mod pasiv ambulația fără a avea vre-un impact asupra reeducării funcționale a forței musculare și a mișcării articulare.

Aceste ortese fixe pot fi înlocuite de dispozitivele de stimulare electrică funcțională care folosesc curentul electric aplicat cu ajutorul unor electrozi la nivelul traiectului nervos sau al punctului motor al unui mușchi pentru a determina o activare musculară în timpul ciclului de mers.

În fluxul de date din literatura de specialitate se regăsesc câteva studii ce evaluatează efectele asupra mersului și stabilității pentru ortezele fixe de gleznă (“ankle foot orthosis” - AFO) și dispozitivele cu FES de tip neuro-proteze. Astfel, un studiu elaborat de van Swigchem et al. 2012 a analizat cele două posibilități de ortezare în ceea ce privește abilitatea pacienților de a depăși în mers diferite obstacole. În studiul său au intrat douăzeci și patru de pacienți hemiplegici post atac vascular cerebral care foloseau în mod obișnuit orteză statice. Aceștora li s-a aplicat tehnica FES transcutanată la nivelul nervului peroneal comun. Studiul s-a desfășurat pe o durată de 8 săptămâni, fiind evaluată de două ori pe parcursul său (2, respectiv 8 săptămâni). Exercițiul a constat în ocolirea a unui număr de 30 de obstacole ce leau fost aruncate brusc în fața membrului inferior afectat în timp ce mergeau pe banda de alergare. Concluzia a fost că pacienții care aveau aplicat FES în timpul mersului au avut o rată de succes mai mare de evitare a obstacolelor apărute în timpul mersului decât cei cu orteză fixă. Deasemenea un lucru foarte important de notat este că beneficiile neuro-ortezei au fost superioare cu cât pacienții aveau o forță musculară mai scăzută [240].

Alte efecte importante în ceea ce privește comparația ortezelor fixe și neuro-ortezele FES au fost subliniate în studiul lui Ring et al. 2009. Aici au fost inclusi 15 pacienți cu hemiplegie cronică post atac vascular cerebral. Timpul de aplicare a tratamentului cu FES a fost similar celui descris de Swigchem et al. 2012 de 8 săptămâni. Evaluarea a fost făcută cu ajutorul unor branțuri cu senzori de presiune amplasate în interiorul încăltămintei. Rezultatele au arătat că neuro-ortezele FES în comparație cu ortezele fixe de gleznă cresc controlul balansului din timpul mersului, oferind pacienților un mers fiziologic [241].

Spre deosebire de studiile citate anterior care au aplicat FES în cazul sindromului ”foot-drop” de cauză centrală, studiul nostru și-a dorit punerea în evidență a efectelor FES

asupra restantului funcțional de dorsiflexie din sciatica paralitică. Totuși nu putem omite efectele importante asupra ciclului de mers rezultate din aceste studii în ceea ce privește aplicarea tehnicii FES. În studiul nostru stimularea electrică funcțională a fost aplicată pe o perioadă de patru săptămâni în comparație cu cele opt săptămâni amintite în studiile citate anterior. Aplicarea FES a fost efectuată pe o perioadă de timp mai scurtă deoarece a trebuit să ținem cont de particularitățile socio-economice ale decontărilor permise de asigurările de sănătate.

În cercetarea de față am utilizat pentru sindromul "foot-drop" două dispozitive de FES. Un dispozitiv prin care declanșarea impulsului electric de asistare funcțională a fost realizată prin activarea sistemului cu amplasarea unui senzor la nivel calcanean. Al doilea dispozitiv a declanșat semnalul prin bio-feedback, adică prin stabilirea unui prag de declanșare după înregistrarea prin EMG a biopotențialului mioelectric odată cu activarea minimă de către pacient a musculaturii dorsiflexoare.

Un important factor pe care l-am luat în considerare atunci când am ales să facem un studiu comparativ între cele două tehnici de stimulare electrică funcțională a fost acela al modalității de implicare a pacientului și a fazei de mers din momentul declanșării stimulului.

Activarea dispozitivului de stimulare prin biofeedback la lotul de studiu EMG-FES s-a produs în perioada de mers denumită "balans inițial". În acest moment contracția musculaturii pretibiale anterioare produce nivelul de potențial neuromuscular presetat pentru a atinge pragul de declanșare a dispozitivului. Pentru următoarele faze ale mersului denumite "balans de mijloc" și "balans final" musculatura rămâne facilitată de impulsul electric. În perioada "răspunsul de încărcare", odată cu "contactul inițial" al călcâiului dispozitivul a fost activ și a asistat mușchiul tibial anterior în regim de contracție excentrică pentru a controla mișcarea de revenire a piciorului pe sol. Acest moment este foarte important în asistarea prin tehnica FES deoarece piciorul are tendința de a lovi solul dacă asistarea nu este optimă din punct de vedere a intensității stimulului electric.

În perioada de mers denumită "sprijinul de mijloc" musculatura dorsiflexoare se relaxează astfel încât semnalul de prag scade sub semnalul de declanșare a dispozitivului și stimularea electrică se oprește. Pentru următoarele perioade din mers denumite "sprijinul terminal" și "prebalans" musculatura pretibială fiind relaxată dispozitivul este inactiv.

Spre deosebire de stimularea declanșată prin biofeedback de tip EMG, declanșarea stimulului cu dispozitivul de la lotul de studiu SWITCH-EMG s-a produs în alt moment al ciclului normal de mers. Acest lucru poate fi destul de important în timpul total de stimulare din parcursul unui ciclu complet de mers.

Activarea stimulării pentru pacienții din cadrul lotului de studiu SWITCH-FES a avut loc în perioada de mers denumită "sprijinul terminal" în cadrul evenimentului "ridicare călcâiului". În acest moment din mers în care membrul inferior contralateral intră în evenimentul de mers "contact inițial", la nivelul membrului homolateral se produce rularea călcâiului și ridicarea călcâiului de pe sol. Acest eveniment determină scăderea presiunii de la nivelul călcâiului unde a fost montat senzorul calcanean. Scăderea presiunii determină închiderea circuitului și activarea dispozitivului de asistare neuromusculară. În acest moment stimulul electric este transmis la nivelul musculaturii dorsiflexoare, activându-se.

Pentru următoarea perioadă de mers denumită "pre-balans" când au loc evenimentele "contact inițial" la nivelul membrului inferior contralateral și "desprinderea piciorului" la nivelul membrului inferior homolateral, musculatura dorsiflexoare continuă să fie asistată de către dispozitiv atât timp cât senzorul calcanean nu este presat față de sol. Pe durata perioadei de mers denumită "balans inițial" musculatura este în continuare activată de dispozitivul FES, iar în perioada de "balans de mijloc" dispozitivul asistă musculatura dorsiflexoare în crearea de rezistență isometrică odată cu orizontalizarea piciorului.

Ultima perioadă de mers în care dispozitivul asistă funcțional în ciclul de mers este denumită “balans final”. Aceasta are loc între două evenimente foarte importante și anume “verticalizarea tibiei” și “contactul inițial”. La sfârșitul balansului final al membrului inferior atunci când are loc contactul inițial între calcaneu și sol, senzorul este presat între acestea și comandă aparatului de stimulare electrică funcțională să înceze stimularea

În timpul perioadelor “răspunsul la încărcare” și “sprijinul de mijloc” dispozitivul rămâne dezactivat și pregătit să asiste pentru următorul pas. La sfârșitul perioadei “sprijinul de mijloc” are din nou loc în cadrul ciclului de mers evenimentul “ridicarea călcăiului” lucru ce determină reactivarea dispozitivului FES.

Obiectivele acestor cercetări au fost de a investiga:

- influența stimulării electrice funcționale asupra unor parametri funcționali ai mișcării;
- modul în care tipul de declanșare a impulsului electric de asistare influențează parametrii funcționali.

Preocupat fiind de efectele asupra sistemului nervos periferic am întreprins o cercetare amănunțită a literaturii din domeniul. Am remarcat cu acest prilej numeroasele studii care se preocupau de stimularea electrică funcțională după accidentele cerebrale [197, 198, 199, 200, 204] și numai două publicații vizând implicarea sistemului nervos periferic [202, 203].

Embrey et al. 2010 a utilizat tehnica FES într-un studiu ce a cuprins 28 de pacienți cu “foot-drop” post AVC pentru a determina dacă această tehnică este validă în obținerea unor rezultate pozitive asupra mersului. După o aplicare destul de lungă de trei luni timp de 1h/zi timp de șapte zile autorul a observat o îmbunătățire a scorurilor funcționale pentru lotul la care s-a aplicat FES, concluzionând că împreună cu exercițiile de mers această tehnică are capacitatea de a îmbunătăți calitatea mersului [198].

În studiul lui Sabut et al. 2010 FES a fost aplicat la nivelul mușchiului tibial anterior pentru a îmbunătăți mișcarea de dorsiflexie. Stimularea a fost efectuată pe un număr de treizeci de pacienți timp de 60 de minute în cinci sesiuni pe săptămână. Evaluarea rezultatelor a arătat o creștere de 26,3% a vitezei mersului față de numai 11,5% la nivelul lotului care nu a primit FES. Deasemenea lotul FES a arătat creșteri semnificative statistic și pentru celealte scale funcționale (Fugl-Meyer, Indicele de cost fiziologic – PCI, goniometria amplitudinii articulare și spasticitatea musculară). Rezultatele găsite de acesta sugerează că tehnica FES împreună cu terapia convențională îmbunătățește abilitatea de a merge și sporește refacerea motorie [204].

Toate aceste rezultate pozitive au fost legate de sindromul “foot-drop” de cauză centrală. Recuperarea disfuncțiilor motorii de cauză centrală diferă totuși de cele apărute la nivelul sistemului nervos periferic. Pe lângă recăptarea controlului motor prin refacerea engramelor motorii corticale, în cazul lezărilor nervilor periferici este nevoie în primul rând să se asigure elemente de stimulare a troficității și regenerării cordonului nervos. După cum precizam anterior doar două studii au fost găsite în literatura de specialitate care să trateze această problematică.

Într-un studiu pilot care a avut ca subiect un singur pacient Russato et al. 2009 a evaluat aplicarea FES la nivelul nervului sciatic sacrificat parțial în urma unei infiltrări a unei amse tumorale. În ciuda unei inervări progresive a musculaturii coapsei și a gambei mișcările voluntare și sensibilitatea cutanată au rămas absente; iar în urma electromiografiei s-a confirmat o denervare completă. Protocolul lor de stimulare a constat în folosirea unor trenuri de impulsuri specifice pentru mușchii inervați (impuls de 0,5ms și o intensitate între 5 – 20V/mAmp) fără nici un succes în obținerea unui răspuns tetanizant din partea musculaturii. În același studiu au schimbat setările stimulării folosindu-se de un stimulator specific pentru musculatura denervată cu forma de undă triunghiulară cu o lungime a impulsului între 150 –

200 msec, 20 Hz și o amplitudine de 20 – 80 mAmp. Aplicarea a fost făcută cu electrozi de suprafață de mari dimensiuni (20x40 cm) amplasati unul proximal pe masa musculaturii gluteale iar celălalt distal pe fațeta antero-letală a feței dorsale a piciorului [210].

Această modificare a setărilor formei de undă a condus la un răspuns muscular tetanizant. Stimularea a fost efectuată timp de 20 de minute, 5 zile pe săptămână timp de şase luni. Evaluarea masei musculare prin ecografie a arătat la nivelul mușchiului tibial anterior prezența unei atrofii în comparație cu msculatura contralaterală. Totuși, o modificare importantă în capacitatea de a obține o activitate musculară și anume faptul că au reușit să obțină un răspuns de contracție la stimularea electrică. Evaluarea prin electromiografia funcțională a subliniat deasemenea și un răspuns mecani diferit la stimularea electrică mai ales în faza de relaxare musculară.

Elemente comune de protocol cu studiul anterior citat s-au regăsit și în cadrul studiului nostru dar doar legate de timpii de stimulare. Amplasarea electrozilor a fost diferită în cazul nostru dorind să activăm mai mult fibrele musculare ale musculaturii dorsiflexoare. Astfel, FES s-a administrat la nivelul nervului peronier comun și al mușchilor dorsiflexori cu ajutorul electrozilor autoadezivi percutanăți Dura-Stick® de formă rotundă și cu diametrul de 5 cm. Înainte de aplicare zona a fost spălată cu apă caldă pentru scăderea rezistenței la intrarea curentului în țesutul tegumentar cu scopul creșterii conducerii curentului electric în țesut.

Pentru a determina contracția musculaturii care execută dorsiflexia electrozii au fost utilizati în pereche. Astfel electrodul negativ (activ) a fost amplasat peste punctul motor iar electrodul pozitiv a fost amplasat distal la nivelul mușchiului tibial anterior.

În unele instanțe în loc de stimularea directă a nervului motor, aceasta a fost folosită pentru a determina o acțiune reflexă. În cazul nostru exemplul este dat de stimularea nervului peroneu comun pentru reflexul de retragere ("withdrawal reflex"). Dacă acest reflex este activat cu succes, în urma amplasării corecte a electrozilor, determină o mișcare combinată la nivelul membrului inferior care constă în activarea lanțului triplei flexii; inclusiv dorsiflexia piciorului.

În practica clinică aplicarea FES trebuie să țină cont de particularitatea anatomică a fiecărui pacient în parte și anume în găsirea poziției perfecte pentru obținerea unei contracții ce poate fi folosită funcțional de pacient în timpul mersului.

Dorsiflexia piciorului a fost obținută prin stimularea nervului peroneal comun și a ramurilor sale. Am ales o poziționare a electrozilor care să formeze un răspuns motor al dorsiflexiei piciorului în funcție de necesarul funcțional al mersului fiecărui pacient în parte. În mod normal nervul peroneal este stimulat acolo unde este cel mai superficial și anume fie unde trece pe lângă capul peroneului sau în fosa poplitee. Pentru modularea răspunsului dorsiflexiei însă electrozii se pot reposiționa pe ramura profundă sau superficială a nervului peronier comun.

După stabilirea valorii pragului de declanșare s-a procedat la identificarea tipului de curent, precum și al caracteristicilor acestuia. Stimularea a fost efectuată după principiile tipului de curent denumit stimulare nervoasă electrică transcutanată (transcutaneus electrical nerve stimulation - TENS).

Datorită faptului că pacienții au prezentat diferite grade de restant funcțional neuromotor și luând în calcul și specificul anatomic al structurilor implicate curentul a fost modulat astfel:

- stimul de tip simetric bifazic sau asimetric bifazic;
- frecvență între 20 Hz și 60 de HZ;
- lungimea fazelor între 200 ms și 400 ms;

- intensitatea curentului crescută până la nivelul minim la care s-a obținut o contracție continuă din partea mușchiului țintit.

Spre deosebire de studiul lui Russato et al. 2009, deoarece noi am dorit să producem o mișcare continuă funcțională a dorsiflexiei piciorului iar frecvențele de sub 20 Hz produc o mișcare sacadată, am utilizat frecvența minimă necesară, cuprinsă între 40 Hz și 60Hz, care a determinat o contracție suficient de fluidă pentru a putea fi integrată în schema motorie a ciclului de mers [210].

În al doilea studiu ce a implicat utilizarea FES la nivelul nervilor periferici, Gordon et al. 2009 a aplicat această tehnică la nivelul nervului median după o decomprimare a canalului carpian. Frecvența stimulului a fost de 20 Hz timp de o oră pe o durată de trei săptămâni, parametri asemănători ce se apropie de cei utilizați de noi. Rezultatele sunt interesante din punct de vedere al regenerării nervoase. Stimularea electrică a determinat o creștere a numărului neuronilor motori care și-au regenerat axonii pe o lungime de 25 mm după 3 săptămâni; numărul neuronilor cu regenerare axonală fiind mai mare decât în grupul de control fără stimulare electrică [211].

Însă nici unul dintre acest studii nu au evaluat din punct de vedere funcțional rezultatele obținute. De aceea considerăm că datele obținute de către noi se constituie într-un corp de informații utile privitoare la modul în care stimularea electrică funcțională este indicată în investigarea și tratamentul leziunilor nervilor periferici.

Aplicarea tehnicii FES la pacienții cu sindrom “foot-drop” pe care am efectuat-o în cadrul tezei doctorale este rezultatul cooperării și efortului conjugat al echipei medicale formate din medic neurolog și neurochirurg, fizioterapeut și bioinginer.

Utilizarea tehnicii necesită echipamente corespunzătoare din punct de vedere tehnic și o echipă specializată în acest sens. Acestea s-au regăsit în cadrul Centrului de Fiziokinetoterapie și recuperare din Universitatea de Medicină și Farmacie ”Grigore T. Popa” Iași. Echipamentele avute la dispoziție au permis utilizarea FES în timpul ciclului funcțional de mers. Astfel pentru lotul de studiu EMG-FES s-a utilizat modulul de stimulodetectie și stimulare funcțională sEMG+stim ce face parte din dispozitivul Chattanooga Intelect Advanced Combo® dezvoltat în Statele Unite ale Americii. Pentru grupul de studiu SWITCH-FES am utilizat dispozitivul de tip neuro-orteză ODFS Pace® dezvoltat în Anglia la Salisbury District Hospital.

Datele prezentate de noi oferă dovezi care susțin influența aplicării stimulării electrice funcționale la pacienții cu sindromul “foot-drop” înregistrând valori diferite la loturile de studiu în comparație cu lotul de control.

În studiul nostru din punct de vedere al specificului demografic în lotul general au fost majoritari persoanele de sex masculin cu o prezență de 54,1% din total iar persoanele de sex feminin au reprezentat restul de 45,9%. Acest fapt sunt conforme cu statisticile din alte studii în care se arată o preponderență de 1,6 ori mai mare a persoanelor de sex masculin care sunt spitalizate cu diagnosticul de hernie discală lombară.

Vârstă medie înregistrată la pacienții din studiu a fost de 42,9 ani cu o vârstă modală generală de 40 de ani. Într-un studiu de disecție s-a observat deasemenea că rata creșterii apariției herniilor discale este mai mare după vârstă de 30 de ani. Deasemenea corelațiile făcute între tipul de muncă și tipul hernierii discale lombare sunt interesante. Degenerarea discală simetrică a fost asociată cu munca sedentară, în timp ce osteofitozele au fost asociate cu munca grea. La disecție discurile intervertebrale lombare ale subiecților de sex masculin prezentau o degenerare mai puternică decât al celor de sex feminin. În general degenerarea discală s-a prezentat la nivelurile L4-L5 și L3-L4 [179, 180].

Reamintim faptul că în cadrul studiilor citate anterior în care s-a aplicat FES pentru stimularea fibrei nervoase periferice nu s-a făcut o evaluare clară funcțională, ele limitându-

se în a utiliza electromiografia și ecografia pentru a analiza fibra musculară parțial denervată și deasemenea regenerarea axonală a nervului.

Studiul descris de noi a necesitat selectarea unor tehnici de evaluare și scoruri funcționale care să redea cât mai clar statusul functional al pacienților. Am dorit să scoatem în evidență prin aceasta nu neapărat modificarea structurală a țesuturilor implicate în leziunile de comprimare nervoasă ci mai degrabă influența pe care o poate avea tratamentul cu FES asupra posibilităților reeducării funcționale.

Tehnicile de evaluare funcțională pe care le-am utilizat au fost selectate pentru modul lor rapid, direct și simplu de a fi interpretate în contextul în care ne-am dorit să punem în evidență partea de reeducare funcțională a dorsiflexiei piciorului.

Astfel, am utilizat:

1. *Electrodiagnosticul*, pentru a observa starea de troficitate și rata de regenerare a fibrei nervoase afectate;
2. *Dinamometria* - musculaturii paralitice, pentru a determina forța musculară și restantul funcțional de forță;
3. *Goniometria* articulației implicate, pentru a determina gradele mobilității articulare active și restantul funcțional de mișcare [212, 214].

La acestea s-au adăugat chestionare specific dezvoltate pentru a pune în evidență starea de funcționalitate a individului în activitățile sale de zi cu zi, cum ar fi:

4. *Oswestry Disability Index* (ODI), pentru a evalua disabilitatea funcțională permanentă a pacienților. Considerat un "gold standard" printre scorurile ce evaluatează restantul funcțional la nivelul coloanei lombare;

5. *Foot and Ankle Disability Index* (FADI), pentru a evalua limitările funcționale la nivelul piciorului și gleznei;

6. *Numeric Rating Scale* (NRS) pentru o evaluare directă a durerii la adulți [224, 225, 232].

1. *Electrodiagnosticul* a fost folosit în cadrul studiului nostru pentru a observa influența pe care o au tehnici de stimulare electrică asupra calității transmiterii impulsului nervos la nivelul nervului periferic lezat, precum și eventualele efecte asupra regenerării axonale. Din electrodiagnostic am selectat parametrii vitezei de conducere nervoasă (VCN), potențialul compus de acțiune al mușchiului - evaluare distală și potențialul compus de acțiune al mușchiului - evaluarea proximală.

Valorile rezultate ale parametrului VCN nu au suferit modificări majore. Astfel, la analiza statistică intralot pentru toate loturile luate în discuție valorile au fost nesemnificative statistic ($p>0,05$). Deasemenea evaluarea comparativă cu lotul de control, atât a lotului de studiu EMG-FES cât și a lotului SWITCH-FES nu a evidențiat modificări statistic semnificative ($p>0,05$).

Modificarea VCN este un marker al demielinizării fibrei nervoase periferice. Acest lucru arată că în compresia discogenă radiculară de la nivel lombar modificările morfopatologice ale cordonului nervos nu ating stadiul de demielinizare [213]. În studiul nostru s-a observat prin evaluarea VCN faptul că tecile de mielină din zona lezată în procesul de comprimare radiculară nu au suferit leziuni care să influențeze viteză de transmitere a impulsului nervos.

Opinia noastră este că demielinizarea nervului sciatic nu a avut loc în cazul comprimării radiculare datorită timpului scurt de lezare. Acest fapt este confirmat și de Campbell WW. în lucrarea "Essentials of electrodiagnostic medicine". Astfel comprimarea radiculară tinde să fie concentrată pe porțiunea distală a rădăcinii nervoase, proximal de ganglionul spinal.

La apariția sindromului compresiv fibrele de calibră mare și mielinizate suportă forțele de comprimare cele mai mari, iar gradul de distrugere depinde de intensitatea și timpul forței de comprimare. Dacă forța de comprimare a fost destul de severă să producă blocuri de condurecere atunci va apărea scăderea recrutării fibrelor musculare. În scenariul în care forța este una de intensitate medie, atunci UM intacte își cresc rata de acțiune pentru a compensa pierderea axonilor lezați și contribuția acestora la crearea forței contractile musculare [212]. Pacienții cu discopatii lombare cu prezența sindroamelor neuromotorii invalidante prezintă indicații pentru intervenția chirurgicală de decomprimare.

Totuși, în cadrul studiului nostru, s-au pus în evidență pierderi axonale la nivelul nervului sciatic datorate comprimării radiculare fapt atestat prin valorile obținute la evaluarea inițială a parametrului CMAP distal și proximal. Acestea au fost inferioare ca și valoare față de valorile considerate normale din literatura de specialitate [212, 213]. Pierderile axonale au determinat la pacienții luați în studiu sindromul "foot-drop".

Un obiectiv major al lucrării a fost acela de a observa dacă aplicarea FES în cadrul sciaticii discogene paralitice îmbunătățește troficitatea și conductibilitatea nervului periferic. În studii efectuate în laborator pe animale după secționarea nervului sciatic se arată efectele benefice ale stimulării electrice simple (SES) asupra regenerării nervoase [194 - 196]. Cu toate acestea tehniciile de aplicare din studiul nostru au diferit prin faptul că stimularea electrică a fost aplicată funcțional, modalitate tehnică care nu poate fi aplicată la animale datorită specificului tehnic.

Într-un studiu din 2009, Gordon et al. a aplicat același tip de stimulare electrică atât pe nervul femural după o axonotomie la șoareci de laborator cât și la nivelul nervului median la pacienți care au experimentat pierderi axonale în urma unei compresii severe. Ca și rezultat general el a demonstrat că se pot obține la oameni efecte similare, în ceea ce privește regenerarea neuronală, cu cele observate la animale atunci când se aplică stimularea electrică. Deasemenea a arătat că efectul de regenerare a fibrei nervoase se produc printr-un mecanism de reglare și potențare a factorului neurotrofic și a mesagerului secundar adenozin monofosfat cyclic [211].

Astfel, la evaluarea intralot a parametrului CMAP distal s-au pus în evidență modificări importante din punct de vedere statistic ale valorilor de la evaluarea inițială față de cele din evaluarea finală atât pentru lotul de studiu EMG-FES ($p<0,001$) cât și pentru lotul de studiu SWITCH-FES ($p<0,001$). În același timp la evaluarea comparativă față de lotul de control ambele loturi de studiu au înregistrat o creștere a diferențelor valorilor medii importantă ($p<0,001$). Este de remarcat totuși că diferența valorilor medii din cadrul lotului EMG-FES au fost semnificativ mai mari decât cele de la nivelul lotului SWITCH-FES.

În concordanță cu efectul pozitiv al electrosimulării funcționale asupra CMAP distal, sa evidențiat prin datele achiziționate faptul că și valorile parametrului CMAP proximal au raportat valori modificate într-un mod pozitiv. Pentru lotul EMG-FES valoarea medie initială a fost de 1,08 mV iar cea finală a fost de 1,53 mV cu o valoare a diferenței medii de 0,445 ceea ce a arătat la evaluarea intralot o diferență semnificativ statistică ($p<0,001$). Si lotul de studiu SWITCH-FES a prezentat modificări importante. Valoarea de bază a fost de 1,11mV iar cea finală de 1,45 mV având în acest caz o valoare a diferenței medii de 0,354 mV. Cea mai mică diferență a valorii medii a fost raportată la pacienții din lotul de control (0,119 mv).

La evaluarea comparativă a valorilor diferenței medii față de lotul de control s-a pus în evidență faptul că atât lotul EMG-FES cât și lotul SWITCH-FES au avut valorile modificate semnificativ statistic. Totuși, valoarea diferenței medii pentru lotul EMG-FES (0,445) a fost mai mare față de cea înregistrată în cadrul lotului SWITCH-FES (0,343) ($p<0,001$).

Modificarea într-un sens pozitiv în cadrul studiului nostru a valorilor acestor doi parametri din cadrul electrodiagnosticului arată faptul că tehniciile aplicate de stimulare electrică funcțională au capacitatea de a influența troficitatea nervilor periferici și regenerarea axonală. După Campbell WW et al. 2014, reinervarea modifică arhitectura UM. Datorită faptului că axonii motori care au fost regenerați cuprind un teritoriu mai mare, aceștia controlează mai multe fibre musculare. Odată cu finalizarea reinervării, numărul de UM a scăzut iar cele rămase și-au crescut amplitudinea, durata și complexitatea și descărcarea impulsului neuronal devine mult mai rapidă [212].

O serie de studii subliniază caracterul dizabilitant al sindromului "foot-drop" din punct de vedere al controlului dorsiflexiei în timpul ciclului normal de ambulație. Problema majoră bineînțeles este dată de inabilitatea individului de a ridica piciorul și pericolele la care se supune. Pacienții cu probleme de control motor al dorsiflexiei piciorului pot experimenta deficiențe în a crea un ciclu de mers normal. Astfel, după perioada denumită "faza de prebalans" are loc evenimentul definit ca "desprinderea piciorului". În acel moment pacientul neavând capacitatea de a dezvolta un control motor asupra dorsiflexorilor nu va putea elibera de pe sol vârful piciorului. Acest fapt poate duce la împiedicări repetitive în timpul activităților zilnice și respectiv la invalidități secundare căzăturilor (entorse și fracturi ale membrului inferior) [68 – 70].

Modificarea patologică trenantă a mersului influențează schema corticală senzoriomotorie prin imputurile modificate somatosenzoriale provenite din periferie. Acest lucru duce în timp la suprapunerea peste engrama motorie normală a uneia patologice. În aceste cazuri au loc atât modificări structurale ce influențează structurile anatomo-fiziologice din cadrul sistemului neuromusculoscheletal cât și funcționale prin elaborarea de mișcări adaptative [239].

Dorsiflexia piciorului este influențată de capacitatea de activare a fibrelor musculare, acest lucru traducându-se din punct de vedere funcțional în forță musculară. Impotența fiziologică musculară în cazul sindromului "foot-drop" este dată de scăderea numărului de UM. Prin electrodiagnostic am observat că odată cu aplicarea FES, UM și-au crescut în mărime în sensul că axonii nelezați au făcut conexiuni cu plăcile neuromotorii influențate [213].

Evaluarea efectului asupra regenerării axonale cu ajutorul electrodiagnosticului a arătat faptul că în cazul tuturor loturilor au avut creșteri față de valorile de bază, însă stimularea electrică funcțională aplicată prin biodeedback a dovedit o rată mai mare de regenerare axonală și de recăptare a controlului neuromotor.

2. Dinamometria

În cadrul studiului efectuat am evaluat deasemenea și *forța musculară* aceasta reprezentând într-un mod indirect un marker al regenerării axonale a cordonului nervos al nervului sciatic. Deși în anamneza clinică la evaluarea sindromului "foot-drop" se utilizează pentru rapiditate și ușurință tehnică de testare musculară manuală (MMT) aşa cum a fost descrisă de către *Medical Research Council* aceasta nu reproduce date exacte și cuantificabile numeric ce pot fi utilizate într-o evaluare statistică [67].

Mai mult, datorită caracteristicii acestui tip de testare musculară rezultatele sunt influențate de experiența clinică și de sensibilitatea manuală a testatorului. Pentru a exclude eventualele erori date de evaluarea forței musculare prin testul MMT în cadrul studiului nostru am utilizat tehnică "make test" din metoda de dinamometrie denumită "hand held dynamometry" (HHD) [215, 216].

În acest scop ne-am deservit de dinamometrul Baseline® aflat în dotarea clinicii. Acesta este un dinamometru electronic de tip "push-pull" universal ce detectează diferența de presiune la împingere și/sau tragere redând în format digital forța musculară măsurată în

KgF. Modalitatea de evaluare a respectat indicațiile regăsite în literatura de specialitate în utilizarea tehnicii HHD cu ajutorul dinamometrelor manuale [215 – 217].

Burns et al. 2005 precizează modalitatea tehnică de aplicare a HHD în contextul clinic subliniind faptul că această modalitate de testare a forței musculare produce date valide din punct de vedere științific. Tehnica utilizează două modalități de testare. În tehnica “make test” pacientul trebuie să exercite o forță isometrică maximală în timp ce examinatorul menține fixă poziția dispozitivului. În tehnica “break test” examinatorul exercită forță maximală asupra segmentului de testat în acest caz producându-se o contracție de tip excentric [216].

Deși ambele tehnici de stimulare electrică nervoasă au fost funcționale și aplicate în timpul ciclului de mers, rezultatele cele mai importante le-au obținut totuși pacienții din lotul EMG-FES în care declanșarea stimulului a fost determinată prin biofeedback. Astfel, la analiza intralot a parametrilor obținuți la evaluarea forței musculare lotul de studiu EMG-FES a obținut inițial 10,9KgF iar final 15,07KgF cu o diferență a valorii de medie de 4,16 KgF. În cadrul lotului SWITCH-FES modificarea valorii diferenței mediei a fost de numai 2,08KgF cu o valoare de bază de 12,93KgF iar cea finală de 15,03KgF. Lotul de control a avut la bază o forță de 12,44KgF iar la sfârșitul tratamentului o forță medie de 14,80 KgF cu valoarea diferenței mediei de 2,36KgF.

Este surprinzător acest rezultat din punctul de vedere al faptului că la lotul de studiu SWITCH-FES s-a obținut o valoare a diferenței mediei cu puțin mai scăzută decât în cadrul lotului de control. Acest rezultat putem să-l argumentăm prin faptul că la ambele loturi s-a administrat un stimул electric care a fost declanșat fără implicarea activă a pacientului. Lipsa de exersare activă a contracției musculare poate fi o cauză palpabilă în acest caz.

Datele au arătat valori semnificativ mai mari în lotul în care s-a folosit tehnica de declanșare prin biofeedback în comparație cu lotul de studiu SWITCH-FES ($p<0,001$) și lotul de control ($p<0,05$).

Un posibil argument pe care-l considerăm în beneficiul acestei tehnici este faptul că pacientul utilizează un minim de contracție musculară pentru a determina declanșarea impulsului electric. Această modalitate de declanșare dă posibilitatea creierii unei legături mult mai puternice între neuronii periferici și rețelele neuronale centrale. Procesul de lucru în acest caz este unul activo-pasiv ceea ce implică un act volitional din partea pacientului, deci o integrare corticală.

La analiza comparativă a parametrului de evaluare a forței musculare pentru lotul de studiu SWITCH-FES s-au pus în evidență valori ce sunt nesemnificative în comparație cu lotul de control ($p=0,37$). Tehnica utilizată în cadrul lotului SWITCH-FES determină declanșarea stimulului electric la închiderea unui circuit prin călcarea de către pacient a unui sensor amplasat la nivel subcalcanean. Acest fapt face ca tehnica de lucru să fie una lipsită de implicarea controlului motor central și deci lipsei actului volitional. Procesul explicat poate fi un alt argument legat de rezultatele obținute pentru parametrul dinamometrie la lotul SWITCH-FES.

Datorită faptului că tehnica de stimulare prin biofeedback activează și centrii motori centrali are loc o integrare mult mai puternică în engrama motorie a mișcării de dorsiflexie a piciorului, putând produce activări musculare mai puternice.

3. *Bilanțul articular* ne-a permis să punem în evidență, odată cu creșterea forței musculare, și creșterea amplitudinii de mișcare articulară. În cadrul studiului de față s-a putut observa prin prisma rezultatelor clinice faptul că amplitudinea articulară este puternic influențată de creșterea forței musculare.

În cadrul studiului, pentru a pune în evidență mobilitatea articulară pasivă cât mai ales cea activă am utilizat, bilanțului articular functional, goniometria. Aceasta este folosită pentru

a determină atât o poziție articulară particulară, cantitatea totală a arcului de mișcare disponibil la o anumită articulație cât și un restant funcțional de mișcare.

Pentru evaluarea corectă a mobilității unei articulații, în speță articulația talo-crurală în acest caz, testatorul trebuie să aibă cunoștințe aprofundate legate de artrokinematica, osteokinematica cât și a planurilor de mișcare ale articulației de testat.

Prin evaluarea articulară putem obține date despre mobilitatea pasivă și mobilitatea activă. În cazul nostru fiind vorba despre o pierdere a funcției motorii, deci a controlului și forței musculare care mobilizează segmentele osoase, goniometria a fost utilizată pentru a pune în evidență restantul funcțional al mișcării active, în primă instanță, cât și evoluția amplitudinii de mișcare active (AMA).

Literatura de specialitate specifică parametrii de execuțare corectă a goniometriei pentru a obține date reproductibile și valide din punct de vedere științific. Valoarea medie a dorsiflexiei a fost stabilită, atât de American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS) cât și de American Medical Association, la 20° de mobilitate [218, 219, 220].

La analiza intralot a valorilor obținute pentru evaluarea amplitudinii articulare active lotul EMG-FES a înregistrat amplitudini articulare superioare celorlațe două loturi din cadrul studiului. Astfel, valoarea medie inițială a fost de 8,63° de amplitudine iar la final a fost de 13,67° de amplitudine cu o valoare a diferenței medii de 5,04°. Ca și amplitudine articulară valorile obținute pentru lotul de studiu SWITCH-EMG se situează între lotul de studiu EMG-FES și lotul de control. Valoarea amplitudinii articulare la bază a fost de 10,03° în timp ce cea finală a fost de 12,97° cu o valoare a diferenței medii de 2,92°. Pentru lotul de control valorile s-au situat foarte aproape de cele înregistrate la lotul anterior și anume: valoarea medie initială a fost de 10,28° iar cea finală a fost de 12,88° cu o valoare a diferenței medii de numai 2,60°.

Astfel în evaluarea comparativă a valorilor diferenței medii dintre lotul de studiu EMG-FES (5,04°) și lotul SWITCH-FES (2,92°) s-a observat o diferență semnificativă statistică ($p<0,001$).

În același timp la compararea celor două loturi de studiu, în ceea ce privește amplitudinea de mișcare articulară, față de lotul de control s-au evidențiat următoarele rapoarte: lotul EMG-FES a înregistrat valori semnificative statistic ($p<0,001$) față de lotul de control în timp ce lotul de studiu SWITCH-FES nu a raportat modificări semnificative statistic ($p=0,17$).

Se poate observa o corelație importantă între rezultatele obținute la evaluarea forței musculare și cele de la amplitudinea articulară în sensul în care lotul de studiu EMG-FES a înregistrat valori semnificative față de celelalte loturi la parametrele de evaluare a forței musculare și amplitudinii articulare. În cercetarea noastră la lotul de studiu SWITCH-FES aceste valori au fost nesemnificative atât în comparație cu lotul de studiu EMG-FES cât și cu lotul de control.

Încă o dată reiterăm ideea că aceste rezultate pot fi puse pe seama modalității de aplicare a FES. Se observă cum parametrii legați de funcționalitatea directă a mobilității gleznei (dinamometria și dorsiflexia) au înregistrat valori semnificative, în comparație cu cele două loturi, doar la lotul unde s-a aplicat tehnica de stimulare electrică funcțională declanșată prin biofeedback.

Statusul funcțional general al pacienților precum și capacitatea lor de a desfășura activitățile din timpul zilei au fost evaluate prin intermediul a doi indici și anume Indexul de Disabilitate Oswestry (Oswestry Disability Index - ODI) și Indexul de dizabilitate pentru picior și gleznă (Foot and Ankle Disability Index - FADI). Acestea sunt niște scoruri care evaluatează plurifactorial restantul funcțional al pacientului.

4. Indexul de disabilitate Oswestry

“Oswestry disability index” este în acest moment considerat un “gold standard” în măsurarea gradului de invaliditate și estimarea calității vieții la pacienții cu durere lombară joasă și simptomele asociate. Chestionarul autocompletat conține evaluarea a mai multor factori ce pot influența activitățile zilnice cum ar fi: intensitatea durerii, ridicatul, abilitatea de a se îngriji, abilitatea de a merge, abilitatea de a sta așezat, funcția sexuală, abilitatea de a sta în ortostatism, viața socială, calitatea somnului și abilitatea de a călători [200, 201].

Fiecare categorie conține 6 situații ce descriu diferite scenarii potențiale din viața pacientului, întrebările fiind punctate de la 0 la 5, în sensul că prima întrebare este notată cu 0 puncte și arată cel mai mic procent de dizabilitate iar ultima cu 5 puncte indicând o dizabilitate maximă. Scorul maxim obținut este de 50, însă acesta se transformă în procentaj pentru a se încadra în categorii de handicap de la 0% la 100%.

Am utilizat acest scor pentru a avea o imagine plurifactorială și de ansamblu a dificultăților pe care trebuie să le managerizeze pacienții suferinți de sciatică paralitică în desfășurarea activităților zilnice. Interpretarea indexului de dizabilitate se face după procentajul obținut la evaluare, acesta fiind împărțit în diferite grupe de dizabilitate. Indexul este împărțit pe cinci grade de dizabilitate: dizabilitate minimă (0% - 20%), dizabilitate moderată (21% - 40%), dizabilitate severă (41% - 60%), handicap (61% - 80%) și ultima grupă de dizabilitate severă (81% - 100%). Pentru încadrarea în ultima grupă de funcționalitate se recomandă o precauție, autorii acestui index concluzionând că pacienții pot să-și exagereze voit simptomele [200].

La analiza intralot a valorilor obținute pentru indexul de dizabilitate Oswestry ambele loturi de studiu cât și lotul de control au înregistrat valori semnificative din punct de vedere statistic ($p<0,001$). Înțial, valoarea medie obținută la indexul Oswestry pentru lotul EMG-FES a fost de 38,67%, scăzând după tratament la un procentaj de 23,37% cu valoarea diferenței medii de 15,30. În cadrul lotului de studiu SWITCH-FES valorile s-au modificat negativ față de valoare inițială astfel: de la un procentaj de 33,5% scăzând ulterior la 21,97%, având o valoare a diferenței medii de 11,53 de puncte. Valorile pentru lotul de control s-au încadrat între 39,28% la evaluarea inițială și 29,0% la cea finală cu o diferență medie de 10,28.

După evaluarea pacienților cu ajutorul indexului de dizabilitate Oswestry se poate observa cum loturile au fost omogene din punct de vedere al gradului de dizabilitate. Într-un mod general media de deficit a pacienților s-a încadrat în gradul al doilea și anume cel de dizabilitate moderată.

Din punct de vedere a îmbunătățirii procentuale față de evaluarea de bază pentru lotul EMG-FES s-a observat o modificare de 71,78% și am putut remarcă că un procent de 73,3% corespunzător a 22 de pacienți au trecut într-o treaptă inferioară a indexului, în timp ce doar 26,7% au rămas în aceeași treaptă.

Pentru lotul de studiu SWITCH-FES modificările procentuale a indexului de dizabilitate ODI au fost de 57,56%, iar din totalul de pacienți, un procent de 56,7% corespunzător a 17 pacienți au trecut într-o treaptă inferioară de dizabilitate, în timp ce 13 pacienți (43,3%) au rămas în aceeași grupă a indexului. Valorile procentuale de creștere pentru lotul de control au fost de 40,8% iar migrarea într-o treaptă inferioară a indexului s-a realizat doar pentru 11 pacienți reprezentând 44% în timp ce restul de 56% dintre pacienți s-au situat în aceeași grupă.

La evaluarea comparativă a valorilor diferenței medii a lotului de studiu EMG-FES (15,3) atât față de lotul de studiu SWITCH-FES (11,53) cât și față de lotul de control (10,28) s-a evidențiat o importantă diferență semnificativ statistică ($p<0,001$). Valorile înregistrate pentru lotul de studiu SWITCH-FES au pus în evidență la compararea cu valorile înregistrate pentru lotul de control o modificare semnificativă din punct de vedere statistic dar cu o

valoare mai mică decât cea înregistrată la compararea lotului EMG-FES cu lotul de control. ($p<0,05$).

Totuși, interpretarea scorurilor funcționale din punct de vedere statistic poate fi una strict matematică cu o valență restrictivă în ceea ce privesc modificările vizibile funcționale. Astfel în literatura științifică, din acest moment, diverse studii vorbesc despre interpretarea acestor scoruri nu direct pe datele numerice provenite din completarea de către pacient, ci din punctul de vedere al diferenței clinice minime importante - “*minimal clinical important change*” (MCID), adică diferența clinică minimă față de valorile de bază de la care scorul sesizează modificările importante la nivel vizibil funcțional.

Astfel, Abbot et al, 2018 a stabilit pentru scorul funcțional ODI o modificare de minim 12 puncte ceea ce înseamnă un procent de 30% de la care scorul sesizează o îmbunătățire minimă importantă [242]. Deasemenea, un studiu anterior al lui Raymond et al, 2008 care stabilește valoarea MCID la o îmbunătățire a scorului cu un minim de 12 puncte (30%) și alte două studii sustin aceeași idee [243, 244, 245].

Luând în calcul aceste date bine stabilite din literatura științifică și modificând punctajul pentru evaluarea conform MCID, rezultatelor din cadrul studiului nostru relevă faptul că în lotul de control EMG-FES îmbunătățirea minimă importantă a fost de 41,78%, în lotul de studiu SWITCH-FES a fost de 27,56% iar în lotul de control a fost numai de 10,8%.

5. Indexul de dizabilitate pentru picior și gleznă

Demersul pentru evaluarea capacitatei funcționale a membrului inferior pe parcursul activităților zilnice a fost făcut cu ajutorul indexului de dizabilitate pentru picior și gleznă (Foot and Ankle Disability Index - FADI). FADI este un index creat pentru evaluarea limitărilor funcționale specifice nivelului gleznei și piciorului. Acest scor a fost dezvoltat de Martin et al., 1999 și evaluează posibilitatea desfășurărilor activităților de zi cu zi în care pacientul utilizează glezna și/sau piciorul. Literatura de specialitate până la ora actuală nu a evaluat acest index din punctul de vedere al MCID, astfel că interpretarea scorului rămâne doar la nivel de evaluare statistică din punct de vedere al modificărilor vizibile [232, 233].

Scorul FADI este compus din 26 de elemente iar fiecare este notat începând cu gradul 0 – reprezentând imposibilitatea efectuării activității descrise – până la gradul 4 – reprezentând punctajul ce arată efectuarea activității desemnate fără nici o dificultate. Scorul conține deasemenea o parte ce evaluează durerea de la nivelul gleznei și al piciorului fiind marcat cu 0 – nici o durere până la un punctaj de 4 însemnând o durere insuportabilă. Spre deosebire de indexul de dizabilitate Oswestry, acesta nu are categorisit diferitele grupe de dizabilitate. Analiza indexului se face de la 0 la 100 de puncte; cu cât scorul este mai mare cu atât dizabilitatea este mai scăzută.

Rezultatele la evaluarea intralot arată superioritatea rezultatelor de la lotul de studiu EMG-FES. Valoarea inițială a fost de 51,47 puncte crescând spre 65,30 de puncte cu o valoare a diferenței medii de 13,88 de puncte. Pentru lotul SWITCH-FES valoarea inițială înregistrată a fost de 50,37 puncte și a crescut la 60,37 de puncte cu o valoare a diferenței medii de 10,36. Pentru lotul de control valorile au fost cele mai mici înregistrând la prima evaluare o medie de 52,84 puncte cu o creștere până la 59,32 de puncte cu o valoare a diferenței medii de 6,48.

În analiza comparativă a valorilor diferenței medii s-a observat faptul că atât lotul de studiu EMG-FES (13,88) cât și lotul de studiu SWITCH-FES (10,36) au obținut valori semnificativ statistice față de lotul de control (6,48) ($p<0,001$). În același timp la evaluarea dintre cele două loturi de studiu EMG-FES și SWITCH-FES, lotul în care s-a utilizat stimularea electrică funcțională declanșată prin biofeedback a avut valori semnificativ mai mari față de celălalt.

Analizând rezultatele obținute la indexul de dizabilitate pentru picior și gleznă (FADI) împreună cu rezultatele de la indexul funcțional ODI putem observa că la ambele s-au obținut scoruri care arată o afectare de nivel mediu din punct de vedere al dizabilității funcționale pe care hernia discală paralitică o produce pacienților.

Scorurile funcționale ODI și FADI au avut în cuprinsul lor și o parte din întrebări legate de durerea resimțită la nivelul segmentului pentru care acestea au fost create. Totuși nu s-au putut prelua date separate legate de durerea specifică zonelor datorită faptului că datele înregistrate pentru durere erau cumulate în valoarea numerică sau procentuală totală a scorului. În scopul de a avea o contabilitate directă a durerii resimțite am utilizat scala numerică de evaluare a durerii (“numeric rating scale” - NRS). Aceasta este o scală folosită în mod curent pentru a evalua durerea pacienților în diferite condiții clinice fiind foarte ușor de înțeles și de aplicat.

6. Evaluarea durerii

NRS are scopul de a evalua intensitatea durerii la adulți într-o valență unidimensională. În contextul studiului nostru am utilizat scala NRS care cuprinde 11 puncte. [237]. Ea este o versiune numerică segmentată a scalei visuale analoge (“visual analog scale” - VAS) în care respondentul selectează un număr întreg între 0 și 10 care reflectă intensitatea durerii sale. Formatul utilizat în administrarea la pacienți a acestei scale a constat dintr-un grafic ce descrie o bară orizontală cu indici de la 0 la 10, 0 reprezentând o extremă a durerii – lipsa ei – iar 10 reprezentând cealaltă extremă – cea mai puternică durere imaginabilă.

Limitările utilizării acestei scale precum și a scalei VAS ar fi date de faptul că răspunsurile sunt subiective la experiența de viață a pacientului în ceea ce privește durerea. Cu toate acestea, informații psihometrice arată o încredere foarte mare în reproducibilitatea testului: fiabilitate test-retest: $r = 96$, validitate: CR = 0.86 – 0.95.

Comparând valorile obținute pentru scara durerii NRS s-a observat că la lotul de studiu EMG-FES s-a obținut o creștere a scorului cu 3,24 de puncte, în cadrul lotului SWITCH-FES creșterea a fost de 3,04 puncte, iar în lotul de control creșterea a fost de numai 2,56 de puncte. Astfel, analizând aceste date s-a putut observa cum lotul EMG-FES a obținut valori semnificativ mai mari față de lotul de control ($p < 0,001$) însă în comparație cu lotul de studiu SWITCH-FES valorile au fost nesemnificative din punct de vedere statistic ($p = 0,364$). Lotul de studiu SWITCH-FES deși a obținut un scor ce arată redurerea durerii pentru pacienții din această grupă, totuși a raportat o valoare nesemnificativă din punct de vedere statistic față de lotul de control ($p = 0,083$).

Este foarte important însă de precizat că în contextul actual, literatura de specialitate analizează scorul pentru evaluarea durerii NRS nu prin prisma valorilor directe obținute ci prin calcularea, la fel ca și la indexul ODI, a MCID-ului. Astfel, într-un studiu pentru corelarea diferenței importante clinice minimie între scorul raportat și durerea actuală resimțită Raymond et al. 2008 a propus un MCID de minim 2 puncte. Aceasta însă a fost revizuit de către Abbott et al. 2014 la o modificare de minim 2,2 puncte în scara durerii pentru a observa o modificare sesizabilă la nivelul durerii resimțite de pacienți [231, 238, 241].

În acest context putem aprecia faptul că în cadrul lotului de studiu EMG-FES valoarea NRS înregistrată depășește valoarea minimă a MCID cu 1,04 puncte, cea de la lotul SWITCH-FES cu 0,84 de puncte iar lotul de control de-abia depășește această limită cu numai 0,36 de sutimi. În opinia noastră această modalitate de a analiza scorul NRS prin corelarea valorilor obținute cu modificarea vizibilă a durerii este mai subtilă și poate influența mai departe modalitatea de aplicare a tehniciilor ce au ca efect secundar și un proces analgezic.

V. 5. CONCLUZII

1. Pierderea controlului motor de la nivelul mebrului inferior generează un grad important de dizabilitate locomotorie, iar inabilitatea de a ridica piciorul conduce la posibilitatea împiedicării repetitive existând riscul de cădere și fractură la nivelul membrului inferior.
2. Persoanele de sex masculin au o preponderență de 1,6 ori mai mare comparativ cu sexul feminin. Vârsta medie înregistrată la pacienții din studiu a fost de 42,9 ani.
3. Tehnicile de evaluare funcționale pe care le-am utilizat ca electrodiagnostic, dinamometrie, goniometrie, Oswestry Disability Index, Foot and Ankle Disability Index, Numeric Rating Scale s-au dovedit metode simple, rapide, usor de a fi interpretate în contextul în care ne-am dorit să punem în evidență partea de reeducare funcțională a dorsiflexiei piciorului.
4. Am folosit 2 tehnici diferite de FES și anume: tehnica SWITCH-FES care determină declanșarea stimulului electric la închiderea unui circuit prin călcarea de către pacient a unui sensor amplasat la nivel subcalcanean și tehnica EMG-FES, tehnică de stimulare prin biofeedback
5. Ambele tehnici s-au dovedit funcționale aducând îmbunătățiri statistic semnificative, dar EMG-FES s-a dovedit a avea rezultate mai bune în capacitatea de a influența troficitatea nervilor periferici și regenerarea axonală.
6. La examenul electrodiagnostic, VCN nu a avut modificări semnificative statistic. Totuși, prin comparație, la CMAP ($p<0.001$) grupul EMG-FES a prezentat valori mai mari decât cele de la nivelul lotului SWITCH-FES. Aceste modificări evidențiază pierderi axonale la nivelul nervului sciatic datorate comprimării radiculare.
7. Evaluarea forței musculară evidențiază rezultate mai importante la pacienții din lotul EMG-FES astfel datele au arătat valori semnificativ mai mari în lotul în care s-a folosit tehnica de declanșare prin biofeedback în comparație cu lotul de studiu SWITCH-FES ($p<0,001$).
8. Evaluarea bilanțului articular ne-a permis să punem în evidență, odată cu creșterea forței musculară, și creșterea amplitudinii de mișcare articulară. Între grupul EMG-FES și grupul SWITCH-FES fiind o diferență semnificativă statistică ($p<0,05$).
9. Indexul de Disabilitate Oswestry (Oswestry Disability Index - ODI) considerat un "gold standard" în măsurarea gradului de invaliditate și estimarea calității vieții la pacienții cu durere lombară joasă a evidențiat că pentru lotul EMG-FES din punct de vedere procentual s-a observat o modificare de 71,78% iar pentru lotul SWITCH-FES au fost de 57,56%.
10. Indexul de dizabilitate pentru picior și gleznă (Foot and Ankle Disability Index - FADI) a evidențiat faptul că atât lotul EMG-FES cât și lotul SWITCH-FES au obținut

valori semnificativ statistice față de lotul de control ($p<0,001$). În același timp s-a dovedit că EMG-FES a avut valori semnificativ mai mari față de SWITCH-FES.

11. Evaluarea durerii resimțite de către pacient s-a facut prin (“numeric rating scale” - NRS) care a evidențiat faptul că în cadrul lotului de studiu EMG-FES s-a obținut o creștere a scorului cu 3,24 de puncte, în cadrul lotului SWITCH-FES creșterea a fost de 3,04 puncte, iar în lotul de control creșterea a fost de numai 2,56 de puncte. Astfel, analizând aceste date s-a putut observa cum lotul EMG-FES a obținut valori semnificativ mai mari față de lotul de control ($p<0,001$) însă în comparație cu lotul de studiu SWITCH-FES valorile au fost nesemnificative din punct de vedere statistic ($p=0,364$).
12. Am observat că tehnica de stimulare electrică funcțională utilizată în cadrul lotului de studiu SWITCH-FES este o tehnică de lucru lipsită de implicarea controlului motor central și deci lipsei actului volitional. Pe când stimularea declanșată prin feedback utilizată la lotul de studiu EMG-FES, s-a dovedit mai performantă în reabilitarea foot-drop. Activând centrii motori centrali are loc o integrare mult mai puternică în engrama motorie a mișcării de dorsiflexie a piciorului, putând produce activări musculare mai puternice.
13. În studiul nostru am evaluat influența stimulării electrice funcționale asupra unor parametri funcționali din cadrul deficiențelor fizice al sindromului “foot drop” discogen. Rezultatele generale au arătat că au existat creșteri valorice ai acestor parametri pentru ambele modalități de declanșare a FES. Totuși am observat că stimularea electrică funcțională declanșată prin biofeedback de tip EMG a obținut rezultate ce indică o creștere superioară în calitatea controlului motor muscular.
14. Putem conchide că modalitatea cea mai fiziologică de stimulare a căilor nervoase motorii pentru recăptarea controlului motor asupra musculaturii dorsiflexoare ar fi să se utilizeze biopotențialul omonim de EMG pentru a furniza un feedback imediat și autogen în controlul dorsiflexiei din timpul ciclului de mers.
15. Recomandarea noastră în practica clinică în ceea ce privește stimularea electrică pentru recăptarea funcțiilor motorii este aceea de a începe tratamentul cu stimularea electrică pasivă pentru pacienții care nu au capacitatea de a obține o contracție minimă necesară pentru captarea biopotențialelor musculare iar în momentul în care acest lucru devine posibil, să se treacă imediat la stimularea electrică funcțională declanșată prin biofeedback de tip EMG.

CAPITOLUL VI

ASPECTELE DE ORIGINALITATE ȘI PERSPECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT

Lucrarea de față are o temă deosebit de actuală atât pentru terapiile de bază aplicate în reeducarea funcțională cât și pentru practica clinică. Studierea aplicării stimulării electrice funcționale în procesele de regenerare a nervilor periferici cât și în reeducarea disfuncțiilor motorii de cauză periferică constituie un domeniu continuu de cercetare.

Cercetarea clinică de față cu privire la aplicarea FES în deficiențe neuromotorii de cauză periferică poate contribui la clarificarea implicării acestei tehnici, împreună cu alte tehnici de fizioterapie, în reabilitarea neuromotorie și mai ales în modelarea răspunsului de regenerare a nervului periferic.

Aspecte de originalitate ale tezei de doctorat:

- ✓ Realizarea pentru prima dată pentru cadrul specific socio-economic din România a unui studiu retrospectiv pe o perioadă de 4 ani cu privire la costurile separate - pentru intervențiile chirurgicale în hernia discală lombară și pentru reeducarea funcțională necesară post discectomie - cât și costurile unui ciclu complet de reabilitare a pacientului cu sciatică paralitică;
- ✓ Element de noutate prin aplicarea stimulării electrice de tip funcțională pentru prima dată într-un studiu clinic ce evaluează eficiența acestei tehnici în ceea ce privește influența sa asupra regenerării nervilor periferici și a evaluării funcționale motorii în sciatica paralitică - "sindromul foot-drop";
- ✓ Element de noutate prin evaluarea comparativă științifică în cadrul unui studiu clinic a două modalități de declanșare – prin biofeedback și "switch" calcanean - a stimулului semnalului electric în timpul asistării ciclului fiziologic de mers.

Rezultatele obținute în urma desfășurării studiului, cât și datele selectate în cursul documentării teoretice reprezintă o importantă sursă de informație științifică și aduc date noi privind unele efecte ale FES asupra sistemului locomotor. Deasemenea, acestea pot constitui baza unor cercetări viitoare privind neuro-ortezele.

Apreciem faptul că cercetarea prezintă deschide **perspective noi** în ceea ce privește utilizarea dispozitivelor de tip neuro-orteză în practica clinică din centrele de neuro-reabilitare cât și creșterea numărului de studii în aplicarea acestora pentru leziuni ale nervilor periferici.

Indicații, rezultate din studiu, pentru practica clinică:

1. Poziționarea electrozilor pentru modularea răspunsului de activare a dorsiflexiei trebuie să țină cont de particularitatea anatomică. Chiar dacă în literatura de specialitate sunt prezentate diverse hărți cu puncte motorii ale musculaturii, acestea nu respectă specificul anatomic. Recomandăm să se repereze cu precizie punctul motor cu ajutorul stiletului și nu amplasarea electrozilor de stimulare după schemele din monografii.

2. Aplicarea stimulării electrice funcționale trebuie să se facă adaptat restantului funcțional al pacientului. Dacă pacientul nu poate activa deloc musculatura, recomandăm utilizarea în primă instanță a stimulării electrice simple sau FES declanșat pasiv (prin senzor calcanean) iar imediat ce pacientul are destul control cât să execute și cea mai mică activare musculară să se treacă imediat pe tehnica de FES declanșată prin biofeedback.

REFERINTE BIBLIOGRAFICE:

1. Walker A. Robert, Grod P. Jaroslaw. Functional anatomy of the lumbar spine. În: Morris E. Craig editor. *Low back syndromes. Integrated clinical management*. New York, Chicago, Lisbon, London: McGraw – Hill Medical Publishing Division, 2006, 19 – 62.
2. Standring S. Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Practice, 40th edition, Edinburgh: Elsevier Churchill Livingston, 2008.
3. Willard F. H., Vleeming A., Schuenke M. D., Danneels. L., Schleip R. The thoracolumbar fascia: anatomy, function and clinical considerations. *J. Anat* 2012; 221: 507 – 536.
4. Benjamin M. The fascia of the limbs and back - a review. *J Anat* 2009; 214: 1 -18.
5. Willard F. H., Fossum C., Standley P. The fascial system of the body. In: Chila A. editor. *Foundations for Osteopathic Medicine*, 3rd edn. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2011, 74 – 92.
6. Stecco A., Macchi V. Masiero S., et al. Pectoral and femoral fascia: common aspects and regional specializations, *Surg Radiol Anat* 2009; 31: 35 – 42.
7. Bailey F. R., Miller A. M., *Textbook of Embryology*, 3rd ed., New York: William Wood, 1916.
8. Yahia S. B., Vacher C. Does the latissimus dorsi insert on the iliac crest in man? Anatomic and ontogenetic study. *Surg Radiol Anat* 2011; 33: 751 – 754.
9. Clemente C. D. *Gray's Anatomy of the Human Body*, Philadelphia: Lea & Febiger, 1985.
10. Standring S. Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Practice, 40th ed., Edinburg: Elsevier Churchill Livingston, 2008.
11. Neumann Donald A., *Kinesiology of the Musculoskeletal System*, Mosby Elsevier, 2010, p. 362.
12. Loukas M., Shoja M. M., et all. Anatomy and biomechanics of the vertebral aponeurosis part of the posterior layer of the thoracolumbar fascia, *Surg Radiol Anat* 2008; 30: 125 – 129.
13. Barker P. J., Briggs C. A. Attachments of the posterior layer of the lumbar fascia, *Spine* 1999; 24: 1757 – 1764.
14. Vleeming A., Pool-Goudzwaard A. L., Stoeckart R., van Wingerden J. P., Snijders C. J. The posterior layer of the thoracolumbar fascia. Its function in load transfer from spine to legs. *Spine* 1995; 20(7): 753 – 758.
15. Bogduk N. A reappraisal of the anatomy of the human erector spinae. *J Anat* 1980; 131: 525 – 540.
16. Vilensky J. A., Baltes M., Weikel L., Fortin J. D., Fourie L. J. Serratus posterior muscles: Anatomy, clinical relevance, and function. *Clin Anat* 2001; 14(4): 237 – 241.
17. Bustami, Faraj M. F. A new description of the lumbar erector spinae in man. *J Anat* 1986; 144: 81 – 91.
18. Moseley G. L., Hodges P. W., Gandevia S. C. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine* 2002; 27: E29 – E36.
19. Hides J. A., Richardson C. A., Jull G. A. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine* 1996; 21 (23): 2763 – 2769.
20. Kader D. F., Wardlaw D., Smith F. W. Correlation between the MRI changes in the lumbar multifidus muscles and leg pain. *Clin Radiol* 2000; 55: 145 – 149.

21. McGill S. *Low Back Disorders: Evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics, 2002, 60 – 61.
22. Macintosh J. E., Pearcy M. J., Bogduk N. The axial torque of the lumbar back muscles: Torsion strength of the back muscles. *Aust N Z J Surg* 1993; 63(3): 205 – 212.
23. Peck D., Buxton D. F., Nitz A. A comparison of spindle concentrations in large and small muscles acting in parallel combinations. *J Morphol* 1984; 180: 243-252.
24. Bogduk N. *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum*, 3rd edition New York: Churchill Livingstone, 1997: 101 – 117.
25. Hodges P. W., Richardson C. A, Gandevia S. C. Contractions of specific abdominal muscles in postural tasks are affected by respiratory maneuvers. *J Appl Phys* 1997; 83(3): 753 – 760.
26. McVay C. B., Anson B. J., Aponeurotic and fascial continuities in the abdomen, pelvis and thigh. *Anat Rec* 1940; 76(2): 213 – 232.
27. Bartlink D. L. The role intra-abdominal pressure in relieving the pressure on the lumbar vertebral discs. *J Bone Surg* 1957; 39 B: 718 – 725.
28. Hodges P., Richardson C. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transverses abdominis. *Spine* 1996; 21: 2640 – 2650.
29. Hodges P. W., Gandevia S. C. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol* 2000; 89: 967 – 976.
30. Walker A. Robert, Grod P. Jaroslaw. Functional anatomy of the lumbar spine. În: Morris E. Craig editor. *Low back syndromes. Integrated clinical management*. New York, Chicago, Lisbon, London: McGraw – Hill Medical Publishing Division, 2006, 19 – 62.
31. Higuchi K., Sato T. Anatomical study of lumbar spine innervation. *Folia morphol* 2002; 61(2): 71 – 79.
32. Walker R. A., Lovejoy C. O., Bedford M. E. Yee W. *Skeletal and developmental anatomy for students of chiropractic*. Philadelphia: FA Davis 2002, 86.
33. Sims J. A., Moorman S. J. The role of the iliolumbar ligament in low back pain. *Spine* 1996; 21(5): 99 – 105.
34. Dvorak J., Panjabi M. M., Novotny J. E., Chang D. G., Grob D. Clinical validation of functional flexion – extension roentgenograms. *Spine* 1991; 16: 943 – 950.
35. Arseni A., Stanciu M. Anatomofiziologia clinică a coloanei lombare. In: *Discopatiiile vertebrale lombare*. Bucureşti, Editura Medicală, 1970, 17 – 40.
36. Perie D., Iatridis J. C. Demers C. N. Assessment of compressive modulus, hydraulic permeability and matrix content of trypsin-treated nucleus pulposus using quantitative MRI, *Journal of Biomechanics*, Available online 20 June 2005.
37. Cripton P. A., Bruehnmann S. B., Orr T. E., Oxland T. R., Nolte L. P. In vitro axial preload application during spine flexibility testing: towards reduced apparatus-related artefacts. *Biomech* 2000; 33(12): 1559 – 1568.
38. Holm, Indahl A., Salomonow M. Sensorimotor control of the spine. *J Electromyogr Kinesiol* 2002; 12(3): 219 – 234.
39. Freemont A. J., Peacock T. E., Goupille P., Hoyland J. A., O'Brien U. J., Jayson M. I. Nerve ingrowth into diseased intervertebral disc in chronic back pain. *Lancet* 1997; 19: 178 – 181.
40. Higuchi K., Sato T. Anatomical study of the lumbar spine innervation. *Folia Morphol* 2002; 61(2): 71 – 79.

41. Panjabi M. M., White A. A. Physical properties and functional biomechanics of the spine. In: Panjabi M. and White A., eds. *Clinical Biomechanics of the Spine*, 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincot Williams & Wilkins, 1990.
42. Adams M. A., Dolan P. Spine biomechanics. *J Biomech* 2005; 38: 1972 - 1983.
43. Pollentine P., Dolan P., Tobias J. H., Adams M. A. Intervertebral disc degeneration can lead to “stress-shielding” of the anterior vertebral body: a cause of osteoporotic vertebral fracture? *Spine* 2004; 29: 774 - 782.
44. McLain R. E., Pickar J. G. Mechanoreceptor endings in human thoracic and lumbar facet joints. *Spine* 1998; 23: 168 – 173.
45. Boden S. D., Wiesel S. W. Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? *Spine* 1990; 15: 571 - 576.
46. Bogduk N., Twomey L.T. *Clinical anatomy of the Lumbar Spine*, Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.
47. Adams M. A., Hutton W. C., Stott J. R. The resistance to flexion of the lumbar intervertebral joint. *Spine* 1980; 5: 245 - 253.
48. Yang K. H., King A. I. Mechanism of facet load transmission as a hypothesis for low-back pain. *Spine* 1984; 9: 557 - 565.
49. Callaghan J. P., McGill S. M. Intervertebral disc herniation: Studies on a porcine model exposed to highly repetitive flexion/extension motion with compressive force. *Clin Biomech* 2001; 16: 28 - 37.
50. McGill S. M., Hughson R. L., Parks K. Changes in lumbar lordosis modify the role of the extensor muscles. *Clin Biomech* 2000; 15: 777 - 780.
51. Adams M. A., Dolan P. Time-dependent changes in the lumbar spine’s resistance to bending. *Clin Biomech* 1996; 11: 194 - 200.
52. Norris C. M. The lumbar spine. In: *Managing sports injuries. A guide for students and clinicians*. London: Churchill Livingstone Elsevier, 2011, 257 - 291.
53. McGill S. M. A myoelectric based dynamic three-dimendional model to predict loads on lumbar spine tissues during lateral bending. *J Biomech* 1992; 25: 395 - 414.
54. Van Deursen D. L., Snijders C. J., Van Dieen J. H., Kingma I., Van Deursen L. J. M. The effect of passive vertebral rotation on pressure in the nucleus pulposus. *J Biomech* 2001; 3: 405 - 408.
55. Marras W. S., Granata K. P. A biomechanical assessment and model of axial twisting in the thoracolumbar spine. *Spine* 1995; 20: 1440 - 1451.
56. Cherkin D. C., Deyo R. A., Loeser J. D., et all., An international comparison of back surgery rates. *Spine*, 1994; 19 (11): 1201 – 1206.
57. A. Blamoutier. Surgical discectomy for lumbar disc herniation: Surgical techniques. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 2013; 99S: 187 – 196.
58. Dubuisson A., Borlon S., Scholtes F., Racaru T., Martin D., Paralysing lumbar disc herniation: A surgical emergency? Reflexion about a series of 24 patients and literature data. *Neurochirurgie*, 2013; 59(2): 64 – 68.
59. Caspar W., A new surgical procedure for lumbar disc herniation causing less tissue damage through a microsurgical approach. *Adv. Neurosurg.*, 1977; 47: 74 – 4.
60. Wu X., Zhuang S., Mao Z., Chen M., Microendoscopic discectomy for lumbar disc herniation: surgical technique and outcome in 873 consecutive cases. *Spine* 2006; 31(23): 2689 – 94.
61. Righesso O., Falavigna A., Avanzi O., Comparison of open discectomy with microendoscopic discectomy in lumbar disc herniations: results of a randomized controlled trial. *Neurosurgery*, 2007; 61(3): 545 – 9.

62. Harrington J.F., French P., Open versus minimally invasive lumbar microdiscectomy: comparison of operative times, length of hospital stay, narcotic use and complications. *Minim Invasive Neurosurg.*, 2008; 51: 30 – 5.
63. German J. W., Adamo M. A., Hoppenot R. G., et al., Perioperative results following lumbar discectomy: comparison of minimally invasive discectomy and standard microdiscectomy. *Neurosurg Focus*, 2008; 25: E20.
64. Porchet F., Bartanusz V., Kleinstueck F. S., et al., Microdiscectomy compared with standard discectomy: an old problem revisited with new outcome measures within the framework of a spine surgical registry. *Eur Spine J*, 2009; 3: 360 – 36.
65. Lau D., Han J. S., Lee G. L., Lu D. C., Chou D., Minimally invasive compared to open Microdiscectomy for lumbar herniation. *Journal of Clinical Neuroscience*, 2011; 18: 81 – 84.
66. Yue Wang, Andrew Nataraj. Foot drop resulting from degenerative lumbar spinal diseases: Clinical characteristics and prognosis. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 2014; 117: 33– 39.
67. Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system, Memorandum no. 45, Her Majesty's Stationery Office, London, 1981.
68. Aono H., Iwasaki M., Ohwada T., Okuda S., Hosono N., Fuji T. et al. Surgical outcome of drop foot caused by degenerative lumbar diseases. *Spine* 2007; 32: 262 – 266
69. Guigui P., Benoit M., Delecourt C., Delhoume J., Deburge A. Motor deficit in lumbar spinal stenosis: a retrospective study of a series of 50 patients. *J Spinal Disord* 1998; 11: 283–8.
70. Ghahreman A., Ferch R. D., Rao P., Chandran N., Shadbolt B. Recovery of ankle dorsiflexion weakness following lumbar decompressive surgery. *J Clin Neurosci* 2009; 16: 1024–7.
71. Postacchini F., Giannicola G., Cinotti G. Recovery of motor deficits after microdiscectomy for lumbar disc herniation. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 1040–5.
72. Aono H., Iwasaki M., Ohwada T., Okuda S., Hosono N., Fuki T. et al. Surgical outcome of drop foot caused by degenerative lumbar diseases. *Spine* 2007; 32: 262 – 266.
73. Iizuka Y., Iizuka H., Tsutsumi S., Nakagawa Y., Nakajima T., Sorimachi Y., et al. Foot drop due to lumbar degenerative conditions: mechanism and prognostic factors in herniated nucleus pulposus and lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine* 2009; 10: 260–264.
74. Jonsson B., Stromqvist B. Motor affliction of the L5 nerve root in lumbar nerve root compression syndromes. *Spine* (Phila, PA, 1976) 1995; 20: 2012–2015.
75. Kono H., Nakamura H., Seki M., Motoda T. Foot drop of sudden onset caused by acute hematoma in the lumbar ligamentum flavum: a case report and review of the literature. *Spine* (Phila, PA, 1976) 2008; 33: 573–575.
76. Yano T., Doita M., Iguchi T., Kurihara A., Kasahara K., Nishida K., et al. Radiculopathy due to ossification of the yellow ligament at the lower lumbar spine. *Spine* (Phila, PA, 1976) 2003; 28: 401–404.
77. Bhagia S. M., Siegelman E. S., Gilchrist R. V., Slipman C. W. Compression fracture: identify the diagnosis. *Pain Physician* 2002; 5: 401–404.
78. Young A., Getty J., Jackson A., Kirwan E., Sullivan M., Parry C. W. Variations in the pattern of muscle innervation by the L5 and S1 nerve roots. *Spine* 1983; 8: 616–24.
79. Katirji M. B., Wilbourn A. J. Common peroneal mononeuropathy: a clinical and electrophysiologic study of 116 lesions. *Neurology* 1988; 38: 1723–8.

80. Cruz-Martinez A., Arpa J., Palau F. Peroneal neuropathy after weight loss. *J Peripher Nerv Syst* 2000; 5: 101–105.
81. Boden SD, Wiesel SW. Lumbosacral segmental motion in normal individuals. Have we been measuring instability properly? *Spine* 1990; 15(6): 571–6.
82. Bram J, Zanetti M, Min K, Hodler J. MR abnormalities of the intervertebral disks and adjacent bone marrow as predictors of segmental instability of the lumbar spine. *Acta Radiol* 1998; 39(1): 18–23.
83. Hayes MA, Howard TC, Gruel CR, Kopta JA. Roentgenographic evaluation of lumbar spine flexion–extension in asymptomatic individuals. *Spine* 1989; 14(3): 327–31.
84. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13(4): 371–9.
85. Cook C, Brismee JM, Sizer Jr. PS. Subjective and objective descriptors of clinical lumbar spine instability: a Delphi study. *Man Ther* 2006; 11(1): 11–21.
86. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord* 1992; 5(4): 390–7.
87. Mimura M, Panjabi MM, Oxland TR, Crisco JJ, Yamamoto I, Vasavada A. Disc degeneration affects the multidirectional flexibility of the lumbar spine. *Spine* (Phila Pa 1976) 1994; 19: 1371–80.
88. Beazel JR, Mullins M, Grindstaff TL. Lumbar instability: an evolving and challenging concept. *Journal of Man and Man Ther* 2010; 18: 9–14.
89. Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation and enhancement. *Journal of Spinal Disorders* 1992; 5: 383–9.
90. Kojima Y, Maeda T, Arai R, et al. Nerve supply to the posterior longitudinal ligament and the intervertebral disc of the rat vertebral column as studied by acetylcholinesterase histochemistry. I. Distribution in the lumbar region. *Journal of Anatomy* 1990; 169: 237–324.
91. McLain RF. Mechanoreceptor endings in human cervical facet joints. *Spine* 1994; 19: 495–501.
92. Panjabi MM, Krag MH, White 3rd AA, et al. Effects of preload on load displacement curves of the lumbar spine. *Orthopedic Clinics of North America* 1977; 8: 181–92.
93. Bogduk N. Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum. 3rd ed. London:vChurchill Livingstone; 1997. pp. 67–69.
94. Gardner-Morse MG, Stokes IAF. The effects of abdominal muscle coactivationon lumbar spine stability. *Spine* 1998; 23: 86–91.
95. Cresswell AG, Oddsson L, Thorstensson A. The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. *Exp Brain Res* 1994; 98: 336 – 341.
96. Hodges PW, Cresswell AG, Daggfeldt K, et al. In vivo measurement of the effect of intra-abdominal pressure on the human spine. *J Biomech* 2001; 34: 347 – 353.
97. Hodges PW, Eriksson AEM, Shirley D, Gandevia SC. Intra-abdominal pressure can directly increase stiffness of the lumbar spine. *J Biomed* 2005; 38(9): 1873 – 1880.
98. Hodges PW, Kaigle-Holm A, Holm S, et al. Intervertebral stiffness of the spine is increased by evoked contraction of transversus abdominis and the diaphragm: In vivo porcine study. *Spine* 2003; 28: 2594 – 2601.
99. Gracovetsky S, Farfan H, Helleur C. The abdominal mechanism. *Spine* 1985; 10: 317 – 324.
100. Macintosh JE, Bogduk N. The detailed biomechanics of the lumbar multifidus. *Clin Biomech* 1986; 1: 201 – 231.

101. Panjabi MM, Abumi K, Duranceau J, et al. Spinal stability and intersegmental muscle forces. A biomechanical model. *Spine* 1989; 14: 194 – 200.
102. Wilke HJ, Wolf S, Claes LE, et al. Stability increase of lumbar spine with different muscle groups: A biomechanical in vitro study. *Spine* 1995; 20: 192 – 198.
103. Kaigle Am, Holm SH, Hansson TH. Experimental instability in the lumbar spine. *Spine* 1995; 20: 421 – 430.
104. Bogduk N, Percy M, Hadgfeild G. Anatomy and biomechanics of psoas major. *Clin Biomech* 1992; 7: 109 – 119.
105. Panjabi MM. A hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *European Spine Journal* 2006; 15: 668–76.
106. Schleip R, Vleeming A, Lehmann-Horn F. Letter to the editor concerning “a hypothesis of chronic back pain: ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction” (M. Panjabi). *European Spine Journal* 2007; 16: 1733–5.
107. Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM, et al. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* 2000; 25: 947–54.
108. Paris SV. Physical signs of instability. *Spine* 1985; 10(3): 277–9.
109. Pitkanen M, Manninen HI, Lindgrer KA, Turunen M, Airaksinen O. Limited usefulness of traction-compression films in the radiographic diagnosis of lumbar spinal instability. Comparison with flexion-extension films. *Spine* 1997; 22(2): 193–7.
110. Fritz JM, Piva SR, Childs JD. Accuracy of the clinical examination to predict radiographic instability of the lumbar spine. *Eur Spine J.* 2005; 14: 743-750. <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-004-0803-4>.
111. Kasai Y, Morishita K, Kawakita E, Kondo T, Uchida A. A new evaluation method for lumbar spinal instability: passive lumbar extension test. *Phys Ther.* 2006; 86: 1661-1667. <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20050281>.
112. Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, Mishock J. Interrater reliability of clinical examination measures for identification of lumbar segmental instability. *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84:1858-64
113. Alqarni AM, Schneiders AG, Hendrick PA. Clinical tests to diagnose lumbar Segmental instability: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2011; 41(3): 130-40. doi:10.2519/jospt.2011.3457.
114. Downar S, Mattacola CG. Isometric muscle force measurements obtained by Handheld dynamometry. In:C. G. Mattacola. Human kinetics. Kentucky: *Athletic therapy today*; 2003.p. 38-40.
115. Fairbank JC, Pynsent PB, The Oswestry Disability Index. *Spine* 2000; 25(22): 2940 2952.
116. DeVine J, Norvell DC, Ecker E,ourney DR, Vaccaro A, Wang J, Andersson G. Evaluating the correlation and responsiveness of patient-reported pain with function and quality-of-life outcomes after spine surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011 Oct 1; 36(21 Suppl):S69-74. doi: 10.1097/BRS.0b013e31822ef6de.
117. Biely SA, Smith SS, Silfies SP. Clinical instability of the lumbar spine: diagnosis and intervention. *Orthopaedic Physical Therapy Practice*. 2006; 18: 11-19.
118. Keynes R. D., Aidley D. J. Muscle and Nerve, 3rd edition, Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
119. Rădulescu A., Burtan M. Bazele fiziologice generale ale electroterapiei. În Electroterapie, ediția a-II – a, București: Editura Medicală, 2004, 93 – 108.

120. Hodkin A. L., Huxley A. F. Currents carried by sodium and potassium ion through the membrane of the giant axon of Loligo. *J Physiol* 1952; 116: 449 – 472.
121. Ciorap R., Zaharia D., Topolnceanu F. Instrumentație pentru recuperare bazată pe stimulare electrică. In: *Instrumentație și tehnici de recuperare*, Iași: Editura PIM, 2007, 65– 93.
122. Hodkin A. L., Keynes R. D. Active transport of cations in giant axons from Sepia and Lologo. *J Physiol* 1955; 128: 28 – 60.
123. Cramp M., Scot O. Sensory and motor nerve activation In: Watson T. editor. *Electrotherapy. Evidence-based practice*, 12th edition. Edinburgh, London, New York, Oxford: Churchill Livingstone, Elssevier, 2008, 67 – 84.
124. Sidenco E. L. Electroterapia în recuperarea medicală. In: *Medicina fizică în recuperarea medicală*. București: Editura universitară “Carol Davila”, 2005, 149 – 222.
125. O’Sullivan PB, Twomey LT, Allison GT. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. *Spine*. 1997; 22: 2959-2967.
126. Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, McGill SM. Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005; 86: 1753-1762.
127. Goldby LJ, Moore AP, Doust J, Trew ME. A randomized controlled trial investigating the efficiency of musculoskeletal physiotherapy on chronic low back disorder. *Spine*. 2006; 31: 1083-1093.
128. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1989; 230: 1-54.
129. Cholewicki J, Panjabi MM. Stabilizing function of trunk flexor-extensor muscles around a neutral spine posture. *Spine*. 1997; 22:2207-2212.
130. McGill SM. Low back exercises: evidence for improving exercise regimens. *Phys Ther*. 1998; 78:754-765.
131. Hodges PW, Moseley GL. Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003; 13: 361-370.
132. O’Sullivan PB. Lumbar segmental “instability:” clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther*. 2000; 5: 2-12.
133. Murphy DR, Morris CE. Lumbopelvic sensorimotor training and functional stabilization. În: Morris E. Craig editor. *Low back syndromes. Integrated clinical management*. New York, Chicago, Lisbon, London: McGraw – Hill Medical Publishing Division, 2006, 741 – 779.
134. Biely SA, Smith SS, Silfies SP. Clinical instability of the lumbar spine: diagnosis and intervention. *Orth Phys Ther Prac*. 2006; 18: 11-19.
135. Richardson JA, Jull GA. Muscle control – pain control. What exercices would you prescribe? *Man Ther* 1995; 1:2-10.
136. Richardson C, Hodges P, Hides J. *Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. A motor control approach for the treatment and prevention of low back pain*. Edinburgh. Churchill-Livingstone. 2004.
137. Andersson, GBJ. The epidemiology of spinal disorders. In J. W. Frymoyer (coord.) *The Adult Spine: Principles and Practice. 2nd edition*, Philadelphia : Lippincott Raven Publishers, 1997, 93-141.
138. Cummins J, Lurie JD, Tosteson TD, et al. Descriptive epidemiology and prior health

- care utilization of patients in the Spine Patient Outcomes Research Trial's (SPORT) three observational cohorts: disc herniation, spinal stenosis, and degenerative spondylolisthesis. *Spine* 2006; 31(7): 806–814.
139. Cherkin DC, Deyo RA, Loeser JD, Bush T, Waddell G. An international comparison of back surgery rates. *Spine* 1994; 19: 1201-6.
 140. Findlay GF, Hall BI, Musa BS, Oliveira MD, Fear SC. A 10-year follow-up of the Outcome of lumbar microdiscectomy. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23: 1168–1171.
 141. Weber H. Lumbar disc herniation. A controlled, prospective study with ten years of observation . *Spine (Phila Pa 1976)* 1983; 8: 131–140.
 142. Williams RW. Microlumbar discectomy. A 12-year statistical review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1986;11:851–852.
 143. Asch HL, Lewis PJ, Moreland DB, Egnatchik JG, Yu YJ, Clabeaux DE, Hyland AH. Prospective multiple outcomes study of outpatient lumbar microdiscectomy: should 75 to 80% success rates be the norm? *J Neurosurg* 2002; 96(Suppl): 34–44.
 144. Carragee EJ, Han MY, Suen PW, Kim D. Clinical outcomes after lumbar discectomy for sciatica: the effects of fragment type and anular competence. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:102–108.
 145. Kim MJ, Lee SH, Jung ES, Son BG, Choi ES, Shin JH, Sung JK, Chi YC. Targeted percutaneous transforaminal endoscopic discectomy in 295 patients: comparison with results of microscopic discectomy. *Surg Neurol.* 2007;68:623–631.
 146. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:931–939.
 147. Acharya KN, Nathan TS, Kumar JR, Menon KV. Primary and revision lumbar discectomy: a three-year review from one center. *Indian J Orthop.* 2008;42:178–181.
 148. Fakouri B, Patel V, Bayley E, Srinivas S. Lumbar microdiscectomy versus sequestrectomy/free fragmentectomy: a long-term ([2 y] retrospective study of the clinical outcome. *J Spinal Disord Tech.* 2011;24:6–10.
 149. Pappas CT, Harrington T, Sonntag VK. Outcome analysis in 654 surgically treated lumbar disc herniations. *Neurosurgery*. 1992;30:862–866.
 150. Ambrossi GL, McGirt MJ, Sciubba DM, Witham TF, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Long DM. Recurrent lumbar disc herniation after single-level lumbar discectomy: incidence and health care cost analysis. *Neurosurgery*. 2009;65:574–578; discussion 578.
 151. Marquardt G, Bruder M, Theuss S, Setzer M, Seifert V. Ultra-longterm outcome of surgically treated far-lateral, extraforaminal lumbar disc herniations: a single-center series. *Eur Spine J.* 2012;21:660–665.
 152. Chumnanvej S, Kesornsak W, Sarnvivad P, Paiboonsirijit S, Kuansongthum V. Full endoscopic lumbar discectomy via interlaminar approach: 2-year results in Ramathibodi Hospital. *J Med Assoc Thai.* 2011;94:1465–1470.
 153. Garg B, Nagraja UB, Jayaswal A. Microendoscopic versus open discectomy for lumbar disc herniation: a prospective randomized study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2011;19:30–34.
 154. Ahsan K, Najmus S, Hossain A, Khan SI, Awwal MA. Discectomy for primary and recurrent prolapse of lumbar intervertebral discs. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2012;20:7–10.

155. Yorimitsu E, Chiba K, Toyama Y, Hirabayashi K. Long-term outcomes of standard discectomy for lumbar disc herniation: a follow-up study of more than 10 years. *Spine* (Phila Pa 1976). 2001;26:652–657.
156. Lubbers T, Abuamona R, Elsharkawy AE. Percutaneous endoscopic treatment of foraminal and extraforaminal disc herniation at the L5-S1 level. *Acta Neurochir (Wien)*. 2012;154:1789–1795.
157. Matsumoto M, Watanabe K, Hosogane N, Tsuji T, Ishii K, Nakamura M, Chiba K, Toyama Y. Recurrence of lumbar disc herniation after microendoscopic discectomy. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2013;74:222–227.
158. Schroeder GD, Guyre CA, Vaccaro AR. The epidemiology and pathophysiology of Lumbar disc herniations. *Seminars in Spine Surgery* 2016; 28: 2–7.
159. Tosteson AN, Skinner JS, Tosteson TD, Lurie JD, Andersson GB, Berven S, Grove MR, Hanscom B, Blood EA, Weinstein JN. The cost effectiveness of surgical versus nonoperative treatment for lumbar disc herniation over two years: evidence from the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine* 2008; 33(19): 2108-15.
160. Burton AK, Tillotson MK, Main CJ, Hollis S. Psychosocial predictors of outcome in acute and sub-chronic low back trouble. *Spine* 1995; 2: 722–728.
161. Ferguson SA, Marras WS. A literature review of low back disorder surveillance measures and risk factors. *Clinical Biomechanics* 1997; 12: 211–226.
162. Weiser S, Cedraschi C. Psychosocial issues in the prevention of chronic low back pain – a literature review. *Baillière's Clinical Rheumatology* 1992; 6: 657–684.
163. Fardon DF, Williams AL, Dohrin EJ, Murtagh FR, Gabriel Rothman SL, Sze, GK. Lumbar disc nomenclature: version 2.0: recommendations of the combined task forces of the North American Spine Society, the American Society of Spine Radiology and the American Society of Neuroradiology. *The Spine Journal* 2014; 14(11): 2525-2545.
164. Iizuka Y, Iizuka H, Tsutsumi S, Nakagawa Y, Nakajima T, Sorimachi Y, et al. Foot drop due to lumbar degenerative conditions: mechanism and prognostic factors in herniated nucleus pulposus and lumbar spinal stenosis. *Journal of Neurosurgery: Spine* 2009; 10: 260-264.
165. Vialle LR, Vialle EN, Suarez Henao JE, Giraldo G. Lumbar Disc Herniation. *Revista Brasileira de Ortopedia* 2010; 45(1): 17-22.
166. Jordan J, Konstantinou K, O'Dowd J. Herniated lumbar disc. *BMJ Clinical Evidence* 2009; 3(3); 1118.
167. Cummins J, Lurie JD, Tosteson TD. Descriptive epidemiology and prior health care utilization of patients in the Spine Patient Outcomes Research Trial's (SPORT) three observational cohorts: disc herniation, spinal stenosis, and degenerative spondylolisthesis. *Spine* 2006; 31(7): 806-814.
168. Gugliotta M, da Costa BR, Dabis E. (2016). Surgical versus conservative treatment for lumbar disc herniation: a prospective cohort study. *BMJ Open* 2016; 6, e012938. doi: 10.1136/bmjopen-2016-012938.169.
169. Tosteson AN, Skinner JS, Tosteson TD, Lurie JD, Andersson GB, Berven S, Grove MR, Hanscom B, Blood EA, Weinstein JN. (2008). The cost effectiveness of surgical versus nonoperative treatment for lumbar disc herniation over two years: evidence from the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine* 2008; 33(19): 2108-2115.
170. Hong-Seok, C., Kyung-Woo, K., Sang Woo, K., Sang Ho, A., (2013). Surgical versus conservative treatment for lumbar disc herniation with motor weakness. *Jour of Kor Neurosurg Soc* 2013; 54: 183-188.

171. Aono H, Iwasaki M, Ohwada T, Okuda S, Hosono N, Fuki T. Surgical outcome of drop foot caused by degenerative lumbar diseases. *Spine* 2007; 32: 262 – 266.
172. Iizuka Y, Iizuka H, Tsutsumi S, Nakagawa Y, Nakajima T, Sorimachi Y. Foot drop due to lumbar degenerative conditions: mechanism and prognostic factors in herniated nucleus pulposus and lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine* 2009; 10: 260–264.
173. Jonsson B, Stromqvist B. Motor affliction of the L5 nerve root in lumbar nerve root compression syndromes. *Spine* (Phila, PA, 1976) 1995; 20: 2012–2015.
174. Guigui P, Benoist M, Delecourt C, Delhoume J, Deburge A. Motor deficit in lumbar Spinal stenosis: a retrospective study of a series of 50 patients. *J Spinal Disord* 1998; 11: 283-8.
175. Kono H, Nakamura H, Seki M, Motoda T. Foot drop of sudden onset caused by acute hematoma in the lumbar ligamentum flavum: a case report and review of the literature. *Spine* (Phila, PA, 1976) 2008; 33: 573–575.
176. Yano T, Doita M, Iguchi T, Kurihara A, Kasahara K, Nishida K. Radiculopathy due To ossification of the yellow ligament at the lower lumbar spine. *Spine* (Phila, PA, 1976) 2003; 28: 401–404.
177. Bhagia SM, Siegelman ES, Gilchrist RV, Slipman CW. Compression fracture: identify the diagnosis. *Pain Physician* 2002; 5: 401–404.
178. Ghahreman A, Ferch RD, Rao P, Chandran N, Shadbolt B. Recovery of ankle dorsiflexion weakness following lumbar decompressive surgery. *J Clin Neurosci* 2009; 16: 1024–7.
179. Miller JAA, Schmatz C, Schultz AB. Lumbar disc degeneration: Correlation with age, sex and spine level in 600 autopsy specimens. *Spine* 1988; 13: 173-178.
180. Videman T, Nurminen M, Troup JD. 1990 Volvo Award in clinical sciences. Lumbar spinal pathology in cadaveric material in relation to history of back pain, occupation, and physical loading. *Spine* 1990; 15: 728-740.
181. Andersson H, Carlsson CA. Prognosis of operatively treated lumbar disc herniations Causing foot extensor paralysis. *ActaChir Scand*. 1996; 132: 501–6.
182. Marshall RW. The functional relevance of neurological recovery 20 years or more After lumbar discectomy. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90: 554–555.
183. Spangfort EV. The lumbar disc herniation. A computer-aided analysis of 2,504 operations. *Acta Orthop Scand* 1972; 142(Suppl.): 1–95.
184. Mariconda M, Galasso O, Secondulfo V, Cozzolino A, Milano C. The functional relevance of neurological recovery after lumbar discectomy: a follow-up of more than 20 years. *J Bone Joint Surg Br* 2008; 90: 622–8.
185. O'Connell JE. Protrusions of the lumbar intervertebral discs, a clinical review based on five hundred cases treated by excision of the protrusion. *J Bone Joint Surg Br* 1951; 33-B: 8–30.
186. Postacchini F, Giannicola G, Cinotti G. Recovery of motor deficits after Microdiscectomy for lumbar disc herniation. *J Bone Joint Surg Br* 2002; 84: 1040–5.
187. Kelsey JL, Hardy RL. Driving of motor vehicles as a risc factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. *Am J Epidemiol* 1975; 102: 63-73.
188. Heliovaara M. Body height, obesity, and risk of herniated lumbar intervertebral disc. *Spine* 1987; 12: 469-472.
189. Hakelius A. Prognosis in sciatica. A clinical follow-up of surgical and nonsurgical treatment. *Acta Orthop Scand* 1970; 129(Suppl.):1–76.
190. Weber H. The effect of delayed disc surgery on muscular paresis. *Acta Orthop Scand* 1975; 46: 631–642.
191. Osterman H., Seitsalo S., Karppinen J., Malmivaara A. Effectiveness of

- microdiscectomy for lumbar disc herniation: a randomized controlled trial with 2 years of follow-up. *Spine* 2006; 31: 2409–14.
192. Sharma H., Lee S. W., Cole A. A. The management of weakness caused by lumbar And lumbosacral nerve root compression. *J Bone Joint Surg Br* 2012; 94: 1442–7.
 193. Gigo-Benato D., Russo T. L., Geuna S., Dominiques N. R., Salvini T. F., Parizotto N. A. Electrical stimulation impairs early functional recovery and accentuates skeletal muscle atrophy after sciatic nerve crush injury in rats. *Muscle Nerve* 2012; 41:685-693.
 194. Alrashdan M. S., Park J. C., Sung M. A., Yoo S. B., Jahng J. W., Lee T. H. Kim S. J. Lee J.H. Thirty minutes of low intensity electrical stimulation promotes nerve regeneration after sciatic nerve crush injury in a rat model. *Acta Neurol Belg* 2010; 110:168-179.
 195. Vivo M., Puiqdemasa A., Casals L., Asensio E., Udina E., Navarro X. Immediat electrical stimulation enhances regeneration and reinnervation and modulates spinal plastic changes after sciatic nerve injury and repair. *Exp Neurol* 2008; 211:180-193.
 196. Baptista A. F., Gomes J. R., Oliveira J. T., Santos S. M., Vannier-Santos M. A., Martinez A.M. High and low-frequejncy transcutaneous electrical nerve stimulation delay sciatic nerve regeneration after crush lesion in the mouse. *J Peripher Nerv Syst* 2008; 13:71-80.
 197. Schuhfried O, Crevenna R, Fialka-Moser V, Paternostro-Sluga T. Non-invasive neuromuscular electrical stimulation in patients with central nervous system lesions: an educational review. *J Rehabil Med* 2012; 44: 99–105.
 198. Embrey DG, Holtz SL, Alon G, Brandsma BA, McCoy SW. Functional electrical stimulation to dorsiflexors and plantarflexors during gait to improve walking in adults with chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil* 2010; 91: 687–696.
 199. Yan T, Hui-Chan CWY, Li LSW. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with acute stroke. A randomized placebo-controlled trial. *Stroke* 2005; 36: 80–85.
 200. Ng SS, Hui-Chan CW. Does the use of TENS increase the effectiveness of exercise for improving walking after stroke? A randomized controlled clinical trial. *Clin Rehabil* 2009; 23: 1093–1103.
 201. Sheffler LR, Hennessey M, Naples GG, Chae J. Peroneal nerve stimulation versus an ankle foot orthesis for correction of foot droping stroke: impact on functional ambulation. *Neurorehabil Neural Repair* 2006; 20: 355–360.
 202. Stein RB, Everaert DG, Thompson AK, Chong SL, Whittaker M, Robertson J, et al. Long term therapeutic and orthotic effects of a foot drop stimulator on walking performance in progressive and non-progressive neurological disorders. *Neurorehabil Neural Repair* 2010; 24: 152–167.
 203. Laufer Y, Hausdorff JM, Ring H. Effects of a foot drop neuroprosthesis on functional abilities, social participation and gait velocity. *Am J Phys Med Rehabil* 2009; 88: 14–20.
 204. Sabut SK, Sikdar C, Mondal R, Kumar R, Mahadevappa M. Restoration of gait and motor recovery by functional electrical stimulation therapy in persons with stroke. *Disabil Rehabil* 2010; 32: 1594–1603.
 205. Fenrich K, Gordon T. Canadian Association of Neuroscience review: Axonal regeneration in the peripheral and central nervous systems—Current issues and advances. *Can J Neurol Sci* 2004; 31: 142–156.
 206. Fu SY, Gordon T. The cellular and molecular basis of peripheral nerve regeneration. *Mol Neurobiol* 1997; 14: 67–116.

207. Mackinnon SE, Doolabh VB, Novak CB, Trulock EP. Clinical outcome following nerve allograft transplantation. *Plast Reconstr Surg* 2001; 107: 1419–1429.
208. Simova O, Irinchev A, Mehanna A, Liu J, Dihne M, Bächle D, Sewald N, Loers G, Schachner M. Carbohydrate mimics promote functional recovery after peripheral nerve repair. *Ann Neurol* 2006; 60: 430–437.
209. Zhang CG, Ma JJ, Terenghi G, Mantovani C, Wiberg M. Phrenic nerve transfer in the treatment of brachial plexus avulsion: An experimental study of nerve regeneration and muscle morphology in rats. *Microsurgery* 2004; 24: 232–240.
210. Rossato E, Marziali A, Carraro U, Zampieri S, Carniel D, Stramare R, Kern H, Masiero S, Ferraro C. Rise2-Italy Project: Muscle FES after peripheral nerve lesion *Basic Applied Myology* 2009; 19 (4): 169-172.
211. Gordon T, Chan KM, Sulaiman OA, Udina E, Amirjani N, Brushart TM. Accelerating axon growth to overcome limitations in functional recovery after peripheral nerve injury. *Nurosurg* 2009; 65(4 Suppl): A132-44.
212. Medical Research Council. *Aids to the examination of the peripheral nervous system, Memorandum no. 45*, Her Majesty's Stationery Office, London. 1981.
213. Campbell WW. *Essentials of electrodiagnostic medicine*. 2nded. New York, Demos Medical publishing, 2014, 81 – 104.
214. Campbell WW. *The neurologic examination*. Philadelphia, PA: Lippincott Eilliams & Wilkins, 2005, 40-65.
215. Bohannon RW. Test-Retest Reliability of Hand-Held Dynamometry During a Single Session of Strength Assessment. *Phys Ther* 1986; 66: 206-209.
216. Burns SP, Spanier DE. Break-Technique Handheld Dynamometry: Relation Between Angular Velocity and Strength Measurements. *Arch Phys Med Rehabil* 2005; 86: 1420-6.
217. Downar S, Mattacola CG. Isometric muscle force measurements obtained by handheld dynamometry. In: Mattacola CG. (ed.). *Athletic therapy today*. Kentucky: Human kinetics, 2003, 38-40.
218. American Academy of Orthopaedic Surgeons. *Joint Motion: Method of Measuring and Recording*. AAOS. Chicago, 1965, 61 – 85.
219. American Medical Asociation. *Guides to the Evaluation of Permanent Impairment*, ed. 3. AMA. Chicago, 1988.
220. Greene WB, Heckman JD. *The clinical measurement of joint motion: American Academy of Orthopaedic Surgeons*, Chicago, 1994, 124 – 138.
221. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine* 2000; 25(22):2940 2952.
222. De Kroon JR, Ijzerman MJ, Chae J, Lankhorst GJ, Zilvod G. Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the upper extremity in stroke. *J Rehabil Med* 2005; 37: 65–74.
223. Davidson M, Keating JL. A comparison of five low back disability questionnaires: reliability and responsiveness. *Phys Ther* 2002; 82(1): 8-24.
224. Fairbank JC, Pynsent PB. The Oswestry Disability Index. *Spine* 2000; 25(22): 2940 52.
225. Roland M, Fairbank J. The Roland-Morris Disability Questionnaire and the Oswestry Disability Questionnaire. *Spine* 2000; 25(24): 3115-24.
226. Fritz JM, Herbert J, Koppenhaver S, Parent E. Beyond minimally important change: defining a successful outcome of physical therapy for patients with low back pain. *Spine* 2009; 34: 2803–9.

227. Gatchel RJ, Mayer TG. Testing minimal clinically important difference: consensus or conundrum? *Spine J* 2010; 10: 321–7.
228. Ostelo RWJG, Deyo RA, Stratford P, Waddell G, Croft P, Von Korff M, et al. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine* 2008; 33: 90–4.
229. Maughan EF, Lewis JS. Outcome measures in chronic low back pain. *Eur Spine J* 2010; 19: 1484–94.
230. Parker SL, Adogwa O, Paul AR, Anderson WN, Aaronson O, Cheng JS, McGirt MJ. Utility of minimum clinically important difference in assessing pain, disability, and health state after transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative lumbar spondylolisthesis. *J Neurosurg Spine*. 2011; 14(5): 598-604. doi: 10.3171/2010.12.SPINE10472.
231. Abbott JH, Schmitt J. Minimum Important Differences for the Patient-Specific Functional Scale, 4 Region-Specific Outcome Measures, and the Numeric Pain Rating Scale. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014; 44(8): 560-564.
232. Martin RL, Burdett RG, Irrgang JJ. Development of the Foot and Ankle Disbaility Index (FADI). *J Orthop Sports Phys Ther* 1999; 29: A32 - A33.
233. Martin RL, Davenport TE, Paulseth S, Wukich DK, Godges JJ. Ankle stability and movement coordination impairment: ankle ligament sprains. *J Orthop Sports Phys Ther* 2013; 43: A1-40. doi: 10.2519/jospt.2013.0305.
234. Eechaute, Vaes, Aerschot, Asman, Duquet. The clinimetric qualities of patient assessed instruments for measuring chronic ankle instability: A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2007; 8(6). doi:10.1186/1471-2474-8-6
235. Hale SA, Hertel J. Reliability and sensitivity of the foot and ankle disability index in subjects with chronic ankle instability. *J Athl Train*. 2005; 40(1): 35-40.
236. Hale AS, Hertel J, Olmstead-Kramer LC. The Effect of a 4-Week Comprehensive Rehabilitation Program on Postural Control and Lower Extremity Function in Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007; 37(6); 303-311.
237. Childs JD, Piva SR, Fritz JM. Responsiveness of the numeric pain rating scale in patients with low back pain. *Spine* 2005; 30: 1331–4.
238. Childs JD, Piva SR, Fritz JM. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain. *Spine* 2008; 33: 90–94.
239. Whittle MW. *Gait Analysis*, 4th ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2007, 52 –75.
240. van Swigchem R, van Duijnhoven HJR, den Boer J, Geurts AC, Weerdesteyn V. Effect of peroneal electrical stimulation versus an ankle-foot orthosis on obstacle avoidance ability in people with stroke-related foot drop. *Phys Ther* 2012; 92: 398–406.
241. Ring H, Treger I, Gruendlinger L, Hausdorff JM. Neuroprosthesis for footdrop compared with an ankle-foot orthosis: effects on postural control during walking. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2009; 18(1): 41-7.
242. Abbot JH, Schmitt J. Minimum Important Differences for the Patient-Specific Functional Scale, 4 Region-Specific Outcome Measures, and the Numeric Pain Rating Scale. *JOSPT* 2018; 44: 560 – 564.
243. Raymond WJG, Deyo RA, Stratford P, Waddell G, Croft P, von Korff M, Bouter LM, de Vet HC. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain. Towards international consensus regarding minimal important change. *Spine* 2008; 33: 90–94.

244. Gatchel RJ, Mayer TG. Testing minimal clinically important difference: consensus or conundrum? *Spine J* 2010; 10: 321–7.
245. Ostelo RWJG, Deyo RA, Stratford P, Waddell G, Croft P, Von Korff M, et al. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine* 2008; 33: 90–4.

ANEXE

ANEXA 1. FORMULAR PENTRU CONSIMȚĂMÂNTUL INFORMAT

Nume pacient _____

Adresa pacient _____

Nr. Telefon _____

Centrul de Fiziokinetoterapie și Recuperare, U. M. F. "Gr. T. Popa" Iași

FORMULAR PENTRU CONSIMȚĂMÂNTUL INFORMAT

TITLUL STUDIULUI: ELECTROSTIMULARE FUNCȚIONALĂ DECLANȘATĂ PRIN SWITCH SAU EMG ÎN REFACEREA CONTROLULUI MOTOR ASUPRA DORSIFLEXIEI PLANTARE A PICIORULUI ÎN HERNIA DISCALĂ PARALITICĂ

1. Contextul studiului

Scăderea controlului asupra membrelor inferioare, îngreunarea executărilor mișcărilor, sensibilitatea scăzută sau ridicată sunt urmări ale herniei de disc paretice datorate presiunii îndelungate pe nerv, ceea ce face ca impulsul nervos să fie transmis anormal. Aceste probleme funcționale pot dispărea odată cu operarea herniei sau pot persista în funcție de perioada compresiunii nervoase și după operația herniei discale lombare.

Unul dintre motivele pentru care vă prezentați la serviciile de recuperare este acela legat de pierderea mișcărilor de la nivelul membrului inferior (imposibilitatea de a apropia laba piciorului către gambă sau mișcarea de ridicare pe vârfuri). Studiul la care sunteți solicitat să participați dorește să evaluateze unele metode fizioterapeutice ce pot ajuta în procesele de regenerare nervoasă periferică și în refacerea sau creșterea funcției pierdute. Scopul este de a evalua și compara eficiența a două modalități de electrostimulare funcțională.

Alte metode terapeutice alternative pot fi reprezentate de: medicație specifică (neurotrofice), terapia prin mișcare (kinetoterapie).

În acest studiu se va aplica tehnica de electrostimulare funcțională în două moduri diferite. În scopul urmăririi eficienței directe, ele nu vor fi efectuate în combinație cu alte proceduri fizioterapeutice sau alt program de recuperare. Aceasta nu este un studiu experimental, iar tehniciile utilizate fac parte integrantă din serviciile de asistență medicală aplicate în scopul reabilitării funcționale a pacienților cu parезă. Prin acest formular vă cerem să participați la studiul nostru și să ne permiteți să utilizăm datele obținute în scop științific.

Ce este electrostimularea funcțională?

Stimularea funcțională este o metodă de aplicare a curentului electric terapeutic în scopul stimulării fibrei nervoase și musculare pentru a obține o contracție musculară și respectiv o mișcare specifică. Spre deosebire de aplicarea clasică a electrostimulării care presupune o aplicare statică, aceste două metode de electrostimulare declanșează semnalul electric la o anumită acțiune a pacientului ceea ce face ca acest lucru să producă o mișcare funcțională (o mișcare pe care pacientul o folosește în mod normal). Rezultatul aplicării tehnicii poate conduce la reintegrarea contracției mușchiului vizat în modalitatea de mers normal.

Ce tehnici se vor aplica?

Practic, dacă participați la acest studiu și veți îndeplini anumite condiții de includere/excludere veți fi repartizat în una din grupele în care vi se vor aplica procedeele de electrostimulare funcțională. Mai jos regăsiți descrise în detaliu aplicarea celor două tehnici de electrostimulare funcțională și tehniciile de evaluare:

- a) Aplicarea tehnicii de electrostimulare funcțională pentru flexia dorsală a piciorului folosind un *dispozitiv cu un impuls declanșat de un întrerupător electro-mecanic* ce va fi poziționat sub călcâi. Acest lucru presupune: aplicarea a 2 electrozi pe traseul nervului tibial și a unui sensor de presiune la nivelul călcâiului. În momentul deplasării, senzorul din talpă “simte” mișcarea iar aparatul legat la senzor declanșează curentul ce va acționa involuntar musculatura deservită de nervul sciatic;
- b) Aplicarea tehnicii de electrostimulare funcțională pentru flexia dorsală a piciorului folosind un *dispozitiv cu impuls declanșat de perceperea contracției minimale* de la nivelul mușchiului tibial anterior (EMG - electromiogramă). Acest lucru presupune următoarele: aplicarea a trei electrozi pe piele (neinvazivi) dintre care doi vor transmite semnalul electric iar unul va fi neutru prin care se va capta potențialul de contracție. Odată captat potențialul de contracție, aparatul detectează contrația proprie a mușchiului și declanșează un curent care determină contracția musculaturii care este deservită de nervul sciatic.
- c) Executarea unor *tehnici de evaluare funcțională*, a forței musculare, a gradului de mișcare și a vitezei de conducere nervoasă înainte de tratament și după finalizarea acestuia;
 - Forța musculară se evaluează utilizând un dinamometru ce se opune mișcării segmentului;
 - Gradul de mișcare se evaluează cu un goniometru ce este aplicat la nivelul articulației;
 - Viteza de conducere nervoasă este evaluată prin electrodiagnostic, efectuat în cadrul centrului nostru.
 - Evaluarea cuprinde și completarea unui chestionar cu diferite întrebări care ne va arăta starea funcțională subiectivă a pacientului. Toate datele prelevate din acest chestionar sunt confidențiale și codificate astfel încât nimeni, în afară de evaluator (denumit mai jos Asist. Drd. Dragoș-Petrică Sardaru), nu va avea acces la ele.
 - Chestionare: Oswestry Disability Index, Tinetti Score. Chestionarele sunt atașate la dosarul pacientului.

Toate aceste teste de evaluare nu sunt invasive și nu presupun riscuri!

Testele de evaluare se vor efectua înainte și după tratament.

Cât timp durează studiul?

Veți efectua 20 ședințe. Sedințele se vor desfășura astfel: 5 zile pe parcursul a 4 săptămâni fiecare cu durata de 20 de minute.

Cum veți fi selectat pentru includerea în studiu?

Selecția pentru încadrarea în acest studiu se va face după criterii bine stabilite denumite

mai departe “Criterii de includere și Criterii de excludere”. Aceste criterii le regăsiți atașate la fișa dumneavoastră.

Unde se desfășoară studiul?

Studiul la care sunteți invitat să participați are loc la Centrul de Fiziokinetoterapie și Recuperare din cadrul U.M.F. “Gr. T. Popa” cu adresa: Iași, Strada Kogălniceanu 1-9, sediul Bioingineriei Medicale, etaj 4.

2. Riscurile participării la acest studiu

Participarea în cadrul studiului nu implică riscuri majore de sănătate în ceea ce privește aplicarea metodelor de electrostimulare funcțională. Totuși dumneavastră puteți percepe:

- senzații de “furnicături-înțepături” moderate;
- ușoară înroșire a pielii în zona de aplicare a electrodului;

- unii pacienții pot simți un ușor discomfort fizic la apariția primei contracții musculare .

În eventualitatea în care apar aceste manifestări investigatorul principal va lua măsurile necesare pentru soluționarea lor.

Un potențial inconvenient ar fi deplasarea până la centrul de recuperare, însă acest lucru este necesar pentru desfășurarea ședințelor de terapie de care veți beneficia.

Beneficiile participării la acest studiu

Dumneavoastră ca pacient veți beneficia de electrodiagnostic gratuit (nu este decontat de casa de asigurări) și în plus acest studiu ar putea duce la ameliorarea handicapului fizic de care suferiți, precum și la o creștere a capacitatei de a efectua activitățile zilnice. Aplicarea tehnicii de electrostimulare se efectuează cu o aparată de ultimă generație și de un personal specializat în aceste tehnici, ceea ce asigură o rată crescută de succes a terapiei.

Informațiile obținute în acest studiu pot ajuta cadrele medicale în alegerea unei conduite terapeutice specifice în cazul afecțiunii și astfel, în continuare, pot beneficia și alți pacienți de rezultatele obținute. Rezultatele studiului vor fi analizate și diseminate în comunitatea științifică prin participarea la conferințe și publicarea în reviste de specialitate.

3. Protecția datelor

Confidențialitatea datelor va fi păstrată pe tot parcursul studiului și după terminarea acestuia. Datele personale vor fi tratate în conformitate cu "Directiva Uniunii Europene (Dir/95/46/Ec) asupra protecției indivizilor cu privire la procesarea datelor personale" și cu aplicarea legilor naționale.

Toate datele personale vor putea fi accesate doar de personalul implicat în derularea studiului în spiritul respectului cel mai strict al confidențialității. Rezultatele din acest studiu vor fi publicate numai în scop științific fără nici o referire directă sau indirectă la identitatea persoanelor incluse. Numele personale vor fi codificate iar referirile la pacienți se vor face în cifre. (Exemplu: Dumitru Dumitru = D.D.; Pacient nr. 3.)

4. Retragerea din studiu

Sunteți liber/ă să vă retrageți din acest studiu în orice moment. Dacă nu participați sau dacă vă retrageți din studiu, acest lucru nu va afecta îngrijirea dumneavoastră actuală sau în viitor.

Pentru orice nelămurire legată de înțelegerea textului acestui formular de consumămant informat, precum și în legătură cu scopul acestui studiu veți putea contacta în orice moment investigatorul principal Asist. Univ. Drd. Sardaru Dragoș – Petrică la numărul de telefon: 0742641162, sau e-mail: serdarud@yahoo.com

Accept liber și voluntar să particip la acest studiu în condițiile precizate în notele informative.

Nume pacient _____

Semnătură pacient _____

Data: _____

Subsemnata/ul, investigator clinic, confirm că am informat în prealabil pacientul/a cu privire la realizarea studiilor de cercetare și că nu am exercitat nici o presiune asupra pacientului/ei de a lua parte la acest studiu.

Investigatorul clinic: Asist. Univ. Drd. Dragoș Petrică Sardaru

Semnătura _____

ANEXA 2. FIŞA PENTRU EVALUAREA DISFUNCȚIILOR FIZICE LA PACIENTII CU RESTANT FUNCȚIONAL MOTOR POSTOPERATOR

Chestionar de Dizabilitate Oswerty Oswerty Disability Index (ODI)

Nume: _____
Data: _____

Te rugăm să completezi acest chestionar care este specific destinat să ne arate cum durerea lombară, sciatica paretică/paralitică îți afectează abilitatea de a-ți desfășura activitățile zilnice.

Am „durere cronică” sau durere care m-a deranjat timp de 3 luni sau mai mult:

Da Nu

Bifează una dintre variante:

- Înainte de operație După operație 3 luni După operație 1 an
 După operație 6 săptămâni După operație 6 luni După operație 2 ani

Te rugăm răspunde la fiecare secțiune de mai jos alegând O SINGURĂ variantă care îți se potrivește cel mai mult în acest moment.

Secțiunea 1: Intensitatea durerii

- Pot să tolerez durerea fără să folosesc medicație anti-durere. [0 p]
 Durerea este rea dar pot să o suport fără să folosesc medicație anti-durere. [1 p]
 Medicația anti-durere îmi ameliorează complet durerea. [2 p]
 Medicația anti-durere îmi ameliorează moderat durerea. [3 p]
 Medicația anti-durere îmi ameliorează insuficient durerea. [4 p]
 Medicația anti-durere nu are nici un efect asupra durerii mele și nu o folosesc. [5 p]

Secțiunea 2: Îngrijirea personală

- Pot să mă îngrijesc în mod normal, fără să-mi provoac durere suplimentară. [0 p]
 Pot să mă îngrijesc în mod normal dar îmi provoac durere în plus. [1 p]
 Este duros să mă îngrijesc și de aceea mă mișc încet și cu grijă. [2 p]
 Am nevoie de puțin ajutor, dar în rest mă descurg singur. [3 p]
 Am nevoie de ajutor în fiecare zi în majoritatea aspectelor îngrijirii personale. [4 p]
 Nu mă îmbrac, mă spăl cu dificultate și stau în pat. [5 p]

Secțiunea 3: Ridicarea

- Pot să ridic greutăți mari fără să provoc durere în plus. [0 p]
 Pot să ridic greutăți mari dar provoc durere în plus. [1 p]
 Durerea mă împiedică să ridic greutăți mari de pe sol dar mă descurg dacă sunt amplasate în mod convenabil (ex. pe o masă, scaun). [2 p]
 Durerea mă împiedică să ridic greutăți mari dar mă descurg cu greutățile mici spre medii dacă sunt amplasate în mod convenabil (ex. pe masă, scaun) [3 p]
 Pot să ridic doar greutăți foarte ușoare. [4 p]
 Nu pot să ridic sau să car nimic, sub nici o formă. [5 p]

Secțiunea 4: Mersul

- Durerea nu mă împiedică să merg indiferent de distanță. [0 p]
- Durerea mă împiedică să merg mai mult de 1 km. [1 p]
- Durerea mă împiedică să merg mai mult de 500 m. [2 p]
- Durerea mă împiedică să merg mai mult de 250 m. [3 p]
- Pot să merg doar dacă folosesc un baston sau o cărjă. [4 p]
- Stau în pat majoritatea timpului și trebuie să mă târasc până la toaletă. [5 p]

Secțiunea 5: Așezatul

- Pot să stau aşezat în orice tip de scaun cât doresc. [0 p]
- Pot să stau aşezat doar în scaunul meu preferat cât doresc. [1 p]
- Durerea mă împiedică să stau în aşezat mai mult de 1h. [2 p]
- Durerea mă împiedică să stau în aşezat mai mult de 0,5h. [3 p]
- Durerea mă împiedică să stau aşezat mai mult de 10 minute. [4 p]
- Nu pot să stau în aşezat deloc din cauza durerii. [5 p]

Secțiunea 6: Stat în picioare

- Pot să stau în picioare cât doresc fără durere. [0 p]
- Pot să stau în picioare cât doresc însă îmi provoacă durere în plus. [1 p]
- Durerea mă împiedică să stau în picioare mai mult de 1h. [2 p]
- Durerea mă împiedică să stau în picioare mai mult de 30 minute. [3 p]
- Durerea mă împiedică să stau în picioare mai mult de 10 minute. [4 p]
- Nu pot să stau în picioare deloc din cauza durerii. [5 p]

Secțiunea 7: Somnul

- Durerea nu mă împiedică să dorm bine. [0 p]
- Pot să dorm bine doar dacă folosesc medicație anti-durere. [1 p]
- Chiar dacă iau medicație anti-durere dorm mai puțin de 6h. [2 p]
- Chiar dacă iau medicație anti-durere dorm mai puțin de 4h. [3 p]
- Chiar dacă iau medicație anti-durere dorm mai puțin de 2h. [4 p]
- Nu pot să dorm deloc din cauza durerii. [5 p]

Secțiunea 8: Viața sexuală

- Viața sexuală este normală și nu provoacă durere. [0 p]
- Viața sexuală este normală însă provoacă ceva dureri. [1 p]
- Viața sexuală este aproape normală dar provoacă dureri mari. [2 p]
- Viața sexuală este restricționată din cauza durerii. [3 p]
- Viața sexuală este aproape absentă din cauza durerii. [4 p]
- Durerea împiedică orice activitate sexuală. [5 p]

Secțiunea 9: Viața socială

- Viața mea socială este normală și nu-mi provoacă nici o durere. [0 p]
- Viața mea socială este normală dar crește gradul de durere. [1 p]
- Durerea nu are un efect important asupra vieții mele sociale, însă mă împiedică să fac activități energice cum ar fi dansul. [2 p]
- Durerea mi-a restricționat viața socială și nu ies în oraș aşa de des. [3 p]
- Durerea mi-a restricționat viața socială doar acasă. [4 p]

- Nu am nici o viață socială din cauza durerii. [5 p]

Secțiunea 10: Călătorii

- Pot să călătoresc oriunde fără să am durere. [0 p]
 Pot să călătoresc oriunde însă îmi provoacă durere. [1 p]
 Durerea este mare dar reușesc să fac călătorii peste 2h. [2 p]
 Durerea mă restricționează la călătorii mai mici de 1h. [3 p]
 Durerea mă restricționează la călătorii necesare cu o durată mai mică de 30 minute. [4 p]
 Nu pot să călătoresc decât la doctor sau spital. [5 p]

Scor Total: /50 X 100 = %

ANEXA 3. FIŞA PENTRU EVALUAREA UTILIZĂRII ÎN TIMPUL ACTIVITĂȚILOR ZILNICE A ARTICULAȚIEI GLEZNEI

Index de Dizabilitate pentru Gleznă și Picior
 (“Foot and Ankle Disability Index”) – FADI

Nume: _____
 Data: _____

Te rog să răspunzi la fiecare întrebare cu un singur răspuns care descrie cel mai bine afecțiunea ta în ultima săptămână. Dacă activitatea în cauză este limitată de o altă cauză decât o problemă de la nivelul gleznei sau piciorului, te rugăm notează cu N/A.

Nr. Crt.	Nici o dificultate (4)	Dificultate minoră (3)	Dificultate moderată (2)	Dificultate majoră (1)	Imposibil de efectuat (0)
1. Ortostatism					
2. Mers pe teren plat					
3. Mers pe teren plat fără papuci					
4. Mers în deal					
5. Mers la vale					
6. Ridicatul scărilor					
7. Coborâtul scărilor					
8. Mers pe teren accidentat					
9. Ridicare/coborâre pe borduri					
10. Așezat pe vine					
11. Somnul					
12. Ridicatul pe călcâi					
13. Inițiatul mersului					
14. Mersul timp de 5 minute sau mai puțin					
15. Mersul pentru aprox. 10 minute					
16. Mersul pentru 15 sau mai multe minute					
17. Activități în casă					
18. Activități din timpul zilei					
19. Îngrijire personală					
20. Muncă ușoară spre moderată					
21. Muncă grea (împins, carat, ridicat)					
22. Activități receraționale					

	Nici o durere (4)	Minoră (3)	Moderată (2)	Severă (1)	Insuportabilă (0)
23. Nivelul general al durerii					
24. Durerea în timpul odihnei					
25. Durerea în timpul activităților normale					
26. Durerea imediat după trezire					

Puncte: _____ / 104