

UNIVERSITATEA BABEȘ-BOLYAI CLUJ-NAPOCA
FACULTATEA DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT
ȘCOALA DOCTORALĂ

ENACHE ALEXANDRU VALENTIN

ÎMBUNĂTĂȚIREA ECHILIBRULUI STATIC LA PACIENȚII CU DIABET
ZAHARAT TIP 2

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător de doctorat:

conf. univ. dr. DAN MONEA

2025

Lista cu lucrări originale

1. ENACHE A. V., PATRASCU A., CIOCOI-POP R., GROSU V. T. , STANCU B., MANCINI N., MONEA D. (2025). Refining Balance Assessment for Type 2 Diabetes Mellitus Patients: A Novel Half-Squat Position Approach, în curs de publicare.
2. A.V. ENACHE, V.T. GROSU, R. CIOCOI-POP, B. STANCU, D. MONEA, Comparative evaluation of proprioceptive training on postural stability in patients with type 2 diabetes, în curs de publicare.
3. Hăisan, P. L., Monea D., Enache, A. V., Ciorsac, A-A. (2023). Exploring differences in gait assessment using inertial sensors among elderly. Education for Health and Performance : proceedings of ICU 2022 - the 8th International Conference of the Universitaria Consortium : October, 2022 Cluj-Napoca, Romania / ed.: Presa Universitară Clujeană, ISBN978-606-37-1783-3, <http://www.editura.ubbcluj.ro/www/ro/books/domains.php?id=13>.

CUPRINS	Pagina
INTRODUCERE.....	1
SINTEZA CAPITOLELOR.....	3
 CAPITOLUL 2 Echilibrul corporal.....	3
2.1 Definiție, caracteristici, generalități.....	3
2.2 Controlul corporal.....	4
2.3 Sisteme senzoriale majore implicate în echilibru și postură	
2.3.1 Sistemul vizual.....	5
2.3.2 Sistemul vestibular.....	5
2.3.3 Sistemul proprioceptiv.....	5
2.3.4 Sistemul musculo-scheletal al articulației gleznei.....	6
CAPITOLUL 3 Evaluarea echilibrului.....	7
3.1 Teste pentru evaluarea echilibrului.....	7
3.2 Evaluarea statică	7
3.3 Evaluarea dinamică.....	7
3.4 Parametri evaluați.....	8
CAPITOLUL 4 Metode de îmbunătățire a echilibrului static.....	9
4.1 Antrenamentul proprioceptiv.....	9
4.3 Exercițiu kinetoterapeutic realizat în poziția de semiflexie a membrelor inferioare.....	9
4.4 Exercițiul izometric cu rezistență	10
 PARTEA II	
Contribuții originale privind rolul analizei baropodometrice în evaluarea funcțională a pacientului cu diabet zaharat tip 2- Studiu constatativ.....	11
Studiu 2 privind efectul exercițiilor izometrice asupra echilibrului static al pacientului cu diabet zaharat tip 2.....	20
Studiu 3 privind rolul antrenamentului proprioceptiv cu sarcină dublă și pe platforma de echilibru Core-tex asupra echilibrului static la pacienții cu DZ tip 2.....	27
Concluzie generală.....	35
Bibliografie.....	36

Introducere

Diabetul zaharat de tip 2 (T2DM) se numără printre cele mai răspândite boli cronice la nivel global și afectează profund starea de sănătate și calitatea vieții, în special în rândul populației vârstnice. În România, studiul PREDATOR 2017 indică o prevalență de 12,4% a diabetului zaharat de tip 2, subliniind necesitatea critică a terapiilor eficiente și individualizate în gestionarea problemelor legate de această afecțiune.

O dificultate semnificativă pentru persoanele cu diabet zaharat de tip 2 este menținerea echilibrului postural, care este compromisă de comorbidități precum neuropatia și retinopatia diabetică. Acestea influențează simțul poziției corpului și reactivitatea la indicii de mediu, crescând semnificativ riscul de cădere. În acest context, evaluarea echilibrului și formularea unor programe de intervenție adecvate sunt cruciale pentru evitarea accidentelor și îmbunătățirea funcționalității zilnice.

Originalitatea subiectului constă în metodologia complexă și funcțională de evaluare a echilibrului la pacienții cu diabet de tip 2 prin tehnici obiective, inclusiv examinarea mișcării centrului de masă (CoM), a presiunilor plantare și a forțelor aplicate într-o poziție semi-flectată. Studiul sugerează o comparație a diferitelor posturi biomecanice cu testul tradițional Romberg, evaluând indirect efortul muscular necesar pentru a susține o poziție statică instabilă, oferind astfel o nouă perspectivă asupra evaluării echilibrului. Caracterizarea diferențiată a presiunilor plantare în funcție de comorbidități facilitează o personalizare mai eficientă a abordării tratamentului.

Impulsul pentru selectarea acestui număr provine din necesitatea de a îmbunătăți înțelegerea caracteristicilor posturale și motorii ale pacienților cu diabet de tip 2 și de a stabili cele mai potrivite strategii de intervenție. Studiul examinează diverse intervenții terapeutice prin fuzionarea antrenamentului proprioceptiv și reactiv, adaptate la amploarea deficitelor senzoriale și motorii ale fiecărui pacient. În consecință, acesta subliniază importanța unei strategii terapeutice adaptate și multimodale.

Relevanța subiectului este susținută de diverse studii recente care examinează corelația dintre diabet, stabilitatea posturală și riscul de cădere (de exemplu, Sibley et al., 2015; Monteiro et al., 2023; Pijnappels et al., 2010). Cercetarea subliniază necesitatea integrării tehnicilor de evaluare a echilibrului static și dinamic, împreună cu eficacitatea antrenamentelor cu sarcină dublă și a suprafețelor instabile pentru prevenirea căderilor. Această cercetare corespunde tendințelor contemporane, oferind un cadru practic pentru aplicarea terapeutică.

În consecință, tema selectată abordează o necesitate reală în domeniul reabilitării medicale și

oferă îmbunătățiri semnificative pentru optimizarea intervențiilor pentru persoanele cu diabet zaharat de tip 2.

Literatura de specialitate existentă susține efectele multiple ale diabetului de tip 2 asupra echilibrului postural și indică faptul că intervențiile care integrează exercițiile fizice, sprijinul psihosocial și evaluările biomecanice cuprinzătoare pot reduce semnificativ riscul de cădere și pot îmbunătăți calitatea vieții pentru acești pacienți.

Cuvinte-cheie: echilibru static, diabet zaharat tip 2, exerciții proprioceptive, baropodometrie, vârstnici, risc de cădere

Sinteza ideilor principale: problema fundamentală abordată în această teză este îmbunătățirea echilibrului static la pacienții cu diabet zaharat tip 2, cu accent pe importanța intervențiilor non-farmacologice pentru prevenirea căderilor. Ipoteza de lucru este că un program specific de exerciții, bazat pe stimularea propriocepției, poate îmbunătăți controlul postural și reduce riscul de dezechilibru.

SINTEZA CAPITOLELOR

Capitolul 2: Echilibrul corporal

2.1 Definiție și caracteristici

Echilibrul este capacitatea de a menține corpul într-o poziție stabilă și controlată, fiind influențat de sistemele senzoriale, motorii și biomecanice.

Echilibrul postural, sau echilibrul, este o componentă critică a majorității activităților zilnice. Ca și în orientarea posturală față de mediul înconjurător, controlul poziției trunchiului în spațiu poate fi scopul principal al sistemului de echilibru postural. Cele mai multe studii s-au concentrat pe capacitatea de a rămâne în poziție verticală. După Epuran, (2002) există mai multe surse de influențe destabilizatoare asupra organismului: forțe externe datorate gravitației și interacțiunilor cu mediul înconjurător, precum și forțe interne generate de mișcarea proprie a corpului. Astfel toate forțele acționează pentru a accelera corpul în centrul său de masă. Echilibrul este capacitatea omului de a menține propriul corp, într-o poziție controlată și stabilă, cu ajutorul mișcărilor compensatorii.

Marcu și Matei (2005) atrag atenția asupra faptului de a nu se confunda "echilibrul" unui corp cu "stabilitatea" aceluia corp. Un sistem este stabil doar când perturbându-i echilibrul, el se reîntoarce la poziția de echilibru fără să cadă. Poziția bipedă nu cunoaște o stabilizare strict pasivă, ea nefiind o poziție de repaus. CoM oscilează continuu între a cădea înainte și înapoi sau în lateralul poligonului de susținere. CoM este dat de gravitația ce acționează asupra corpului prin linii de forțe verticale care asociate vectorial îl determină. Poate fi definit ca fiind punctul masei corpului care în poziție ortostatică este plasat la nivelul trunchiului inferior (la nivelul vertebrei S2), asupra căreia acționează această rezultantă ca o forță dirijată și orientată. O presiune ușoară, cu vârful degetelor, asupra acestui punct va determina dezechilibrarea anterioară a corpului, în timp ce presiunile laterale, efectuate la același nivel, vor avea ca efect dezechilibrări laterale.

Horak (2006) spune că în controlul postural sunt necesare multe resurse cognitive. Poziția ortostatică necesită timpi de reacție măriți la persoanele care stau în picioare comparativ cu persoanele care stau jos cu sprijin. Cu cât sarcina posturală este mai dificilă, cu atât este necesară o prelucrarea cognitivă mai mare. Timpii de reacție și performanță într-o condiție cognitivă precară face ca dificultatea menținerii poziției posturale să crească. Persoanele care au condiție

cognitivă limitată din cauza tulburărilor neurologice pot prezenta o frecvență crescută a episoadelor de cădere.

Cele două obiective funcționale principale ale controlului postural sunt orientarea posturală și echilibrul postural. După Horak (2006) orientarea spațială și controlul postural se bazează pe interpretarea informațiilor senzoriale convergente din sistemele somatosenzorial, vestibular și vizual. Echilibrul postural implică coordonarea strategiilor senzorio-motorii pentru a stabiliza CoM atât în timpul tulburărilor de stabilitate posturală auto-inițiate, cât și declanșate de factori externi.

Există trei tipuri principale de strategii de mișcare de redresare corporală a echilibrului: două strategii țin picioarele pe loc și cealaltă strategie schimbă baza de sprijin prin pasul individual. Prima strategie sau strategia gleznei, în care corpul se mișcă din gleznă ca un pendul inversat, este adecvat pentru a menține echilibrul pentru deplasări mici ale Centrului de Presiune CoP, când corpul este poziționat pe o suprafață fermă. A doua strategie sau strategia șoldului, este cea în care corpul exercită un cuplu de forță la nivelul șoldurilor pentru a mișca rapid Centrul de masă (CoM), este utilizat atunci când persoanele stau pe suprafețe mobile (Horak, 2006).

2.2 Controlul postural

Implică orientarea spațială și menținerea stabilității prin integrarea informațiilor din sistemele vizual, vestibular și proprioceptiv.

Controlul postural nu mai este considerat un set de reflexe de redresare și echilibrare. Mai degrabă, controlul postural este considerat o abilitate motrică complexă derivată din interacțiunea multiplelor procese senzoriomotorii. Cele două obiective principale funcționale ale controlului postural sunt orientarea posturală și echilibrul postural. Orientarea posturală implică controlul activ a alinierii corpului și a tonusului cu privire la gravitație, suprafața de sprijin și referințele interne. Orientarea spațială în controlul postural se bazează pe interpretarea informațiilor senzoriale convergente din sistemul somatosenzorial, vestibular și vizual (Horak, 2006).

Posturografia statică oferă o evaluare obiectivă a controlului postural prin care se caracterizează balansul corpului în timpul poziției stând în picioare. Semnalul emis de centrul de presiune (CoP) este înregistrat de o platformă de forță și este analizat prin intermediul multor modele și tehnici diferite. Abordările tradiționale descompun semnalul CoP în serii temporale anteroposterioare și mediolaterale, corespunzând mișcărilor gleznei prin plantar flexie/ dorsi flexie și respectiv adducției/abducției a șoldului.

Strategiile de echilibru includ:

- Strategia gleznei: Folosită pentru perturbații mici pe suprafețe stabile.
- Strategia soldului: Folosită pentru perturbații mai mari sau pe suprafețe mobile.

2.3 Sisteme senzoriale implicate

2.3.1 Sistemul vizual are contribuție majoră la menținerea echilibrului prin furnizarea de informații despre mediu, despre locație, direcție și viteza de mișcare a individului. Woolacott et al. (1986) au analizat două aspecte legate de controlul echilibrului la adultul în vârstă:

- 1) coordonarea timpului și a amplitudinii răspunsurilor musculare la perturbațiile posturale și
- 2) capacitatea participantului de a reorganiza informațiile senzoriale și de a modifica ulterior răspunsurile posturale ca o consecință a condițiilor de mediu în schimbare.

Platforma mobilă a înregistrat răspunsurile posturale a 12 participanți vârstnici care au fost comparate cu înregistrările a 16 adulți tineri. Velocitatea mișcării acestei platforme a fost de 30 cm/secundă timp de 25 secunde și a produs participanților un balans antero-posterior din articulația gleznei. Modificările observate au fost următoarele:

1. creșteri ale latenței absolute a răspunsurilor musculare distale la toți adulții în vârstă
2. capacitatea adultului în vârstă de a se echilibra în condiții de informații senzoriale reduse sau conflictuale a fost, de asemenea, afectată. Când s-a confruntat cu informații vizuale inadecvate, cu informații somatosenzoriale nefuncționale, jumătate din grupul mai în vârstă și-a pierdut echilibrul, (Woollacott M.H. et al., 1986).

Freitas et al., (2011) au analizat reflectarea modului în care îmbătrânirea influențează echilibrul și coordonarea articulațiilor pentru menținerea poziției ortostatice. Poziția CoM a fost măsurată cu o placă de forță, iar feedback-ul vizual a fost analizat în două condiții: cu ochii deschiși și închiși. Balansul corporal a fost evaluat prin analiza parametrului care măsoară deplasarea CoM.

2.3.2 Sistemul vestibular

Detectează mișcările capului și poziția în spațiu. Otolitiile oferă informații despre poziția verticală din timpul poziției în picioare și semnalează poziția capului în raport cu gravitația. Un alt tip de senzori sunt canalele semicirculare aliniate cu cele trei planuri ale corpului: frontal, sagital și orizontal. Neuronii de la ambele structuri vestibulare au influențe directe, puternice asupra neuronilor motori din măduva spinării care activează mușchii (în special mușchii extensori) și astfel contribuie substanțial la păstrarea echilibrului.

2.3.3 Sistemul proprioceptiv

Transmite informații despre poziția articulațiilor și mușchilor. Importanța acestor informații este pe deplin apreciată atunci când cineva experimentează dificultatea de a menține echilibrul sau de a merge atunci când această informație este absentă. Indivizii normali experimentează adesea pierderea temporară a acestor receptori atunci când stau într-o poziție fixă pentru o lungă perioadă de timp, limitând aportul de sânge la membrele inferioare (Jančová, 2008).

Neuropatia diabetică periferică este cea mai frecventă complicație asociată cu diabetul zaharat, afectând nervii periferici senzitivi și motorii. Pierderea funcției nervoase senzoriale are ca rezultat o scădere a sensibilității senzoriale de la nivelul extremităților. În timp ce pierderea axonilor motori cu re-inervație insuficientă este legată de deficitul de forță musculară și atrofia mușchilor membrelor inferioare. Informațiile somatosenzoriale de la picior și propriocepția sunt determinanți pentru controlul motor în timpul echilibrului și mersului (Ahmad et al., 2019).

2.3.4 Sistemul musculo-scheletal

Asigură stabilitatea prin mușchii și articulațiile piciorului și gleznei.

Capitolul 3: Evaluarea echilibrului

3.1 Teste de evaluare

1. Testul Romberg: Evaluează echilibrul static cu ochii deschiși și închiși, identificând deficiențe senzoriale. Echilibrul, propriocepția și probleme legate riscul de cădere a unei persoane pot fi evaluate cu ajutorul testului Romberg. Durata de realizare a testului Romberg diferă între 10 și 30 secunde în funcție de autori.

2. Testul Timed Up and Go (TUG): Măsoară mobilitatea și echilibrul dinamic. Testarea funcțională se face cu ajutorul testului Timed up and go (TUG) care este o evaluare clinică simplă concepută pentru a evalua mobilitatea, echilibrul și riscul de cădere al unei persoane. Testul TUG oferă informații cu privire la funcția fizică a unei persoane, inclusiv mersul, echilibrul și capacitatea generală de a efectua sarcini de mobilitate de bază.

3.2 Evaluarea statică Evaluarea statică a echilibrului se realizează prin poziționarea pacientului pe placa baropodometrică în ortostatism. Modelul biomecanic folosit de corpul uman pentru menținerea echilibrului ortostatic este pendulul inversat.

Strategia gleznei este utilizată în principal atunci când perturbarea echilibrului este mică și suprafața de sprijin este fermă. Strategia șoldului este utilizată în corespondență cu perturbații mai mari ale echilibrului, deoarece strategia gleznei nu oferă suficientă forță pentru a menține stabilitatea posturală. Atunci când perturbația echilibrului este suficient de mare pentru a deplasa centrul de greutate în afara bazei de sprijin a persoanei, strategia de pășire sau săritură este utilizată pentru a restabili echilibrul (Riscotti, 2011).

Numitorul comun în evaluarea echilibrului omului și postura corporală este modelul pendulului inversat. Dacă ne concentrăm pe versiuni adecvate ale modelului de pendul inversat putem identifica mecanisme motorii care ne apără împotriva oricărei perturbări a echilibrului. Winter, (1995) a văzut că în poziția ortostatică strategia gleznei (Ankle Strategy) se aplică numai în direcția Anterio/Posterioară iar strategia șoldului de încărcare/descărcare a abductorilor/adductori este dominantă în direcția Medio/Laterală când picioarele sunt unul lângă altul. Importanța critică a abductor/adductorilor șoldului în echilibru în toate fazele poziției ortostatice și a mersului este evidentă.

3.3 Evaluarea dinamică: Analiza mersului pacientului, ca metodă de evaluare a echilibrului, permite examinarea capacității unei persoane de a menține stabilitatea și controlul corpului.

Ciclul pașilor formează unitatea funcțională de bază a mersului și este format din

intervalul de timp dintre începutul contactului unui membru cu solul și următorul contact cu solul al aceluiași membru. Fazele principale ale unui ciclu de mers sunt: faza de sprijin, transferul și sprijinul dublu.

Fiecare pas are două faze principale: faza de sprijin dublu pe ambele picioare la sol și faza de sprijin pe singur picior la sol.

3.4 Parametri evaluați:

CoP (Centrul de Presiune): Indică distribuția forțelor pe suprafața de sprijin. CoP reprezintă punctul de aplicare al forței de reacție a solului și este media ponderată a tuturor presiunilor exercitate de picior pe sol. Dacă un singur picior este sprijinit, CoP se află sub acesta; dacă ambele picioare sunt pe sol, CoP este poziționat între ele, proporțional cu distribuția greutății. Locația CoP sub fiecare picior reflectă controlul neuronal al mușchilor gleznei: activarea plantar-flexorilor deplasează CoP anterior, iar activarea mușchilor invertori ai gleznei îl mișcă lateral (Winter et al., 1995).

CoM (Centrul de Masă): Reflectă stabilitatea globală a corpului. Interesul clinic pentru balansul corpului se bazează pe relația dintre CoM și suprafața de sprijin, accesibilă prin măsurarea poziției centrului de presiune (CoP). Măsurătorile CoP-CoM sunt utilizate în diagnosticul și monitorizarea unor afecțiuni precum ataxia cerebeloasă, disfuncțiile vestibulare, neuropatia diabetică, boala Alzheimer, scleroza multiplă, boala Parkinson și accidentul vascular cerebral (Morasso et al., 2019). Coordonarea gleznă-șold în timpul mișcării de balansare posturală poate fi explicată de către Morasso et al. (2019) ca o încercare explicită a Sistemului Nervos Central de a minimiza amplitudinea accelerației unghiulare rezultante a CoM.

Capitolul 4: Metode de îmbunătățire a echilibrului static

4.1 Antrenamentul proprioceptiv: Stimulează sistemele senzoriale pentru a îmbunătăți controlul postural. Include exerciții pe suprafețe instabile sau cu ochii închiși. Un program care combină forța, echilibrul și transferul greutății corpului ar trebui să facă parte dintr-o strategie optimă de prevenire a căderilor. Amat et al. (2013) consideră că stabilitatea posturală este esențială pentru activități cotidiene precum mersul, întoarcerea sau urcatul scărilor.

După Ahmad et al. (2019) antrenamentul senzoriomotor facilitează informațiile senzoriale, corectează dezechilibrele musculare și optimizează programul motor la nivelul sistemului nervos central. În tratamentul pacienților exercițiile de echilibru includ abordări statice, dinamice și funcționale.

O abordare globală a antrenamentului echilibrului subliniază rolul sistemului senzoriomotor în îmbunătățirea inputurilor senzoriale și recrutarea optimă a mușchilor responsabili de stabilitatea articulară. Dezechilibrele musculare pot cauza tulburări de mișcare și pot afecta reprogramarea motorie în sistemul nervos central.

4.2 Exercițiu kinetoterapeutic realizat în poziția de semiflexie a membrelor inferioare

Beneficii: Tonifierea mușchilor trenului inferior, îmbunătățirea stabilității și reducerea riscului de căderi. Această exerciție are ca poziție de pornire stând cu picioarele lipite de podea, cu genunchii și șoldurile într-o poziție anatomică neutră, coloana vertebrală este extinsă în poziție verticală, cu păstrarea curbelor naturale ale acesteia. Mișcarea Squat începe cu faza de coborâre a șoldurilor, împreună cu flexarea genunchilor și a gleznelor. Mișcarea Squat începe cu coborârea șoldurilor, însoțită de flexia genunchilor și a gleznelor. Linia directoare predominantă pentru o execuție corectă este coborârea șoldurilor până când acestea sunt paralele cu solul, asigurându-se că articulația șoldului este cel puțin aliniată cu articulația genunchiului. (Myer et al., 2014).

Tipuri de exerciții Squat pentru activități fizice: clasic, pe bancă/scaun, cu bandă elastică în jurul genunchilor, cu bară pe umeri, tip sumo, cu călcâiele ridicate (pe suport), cu gantere, înjumătățit, mișcare izometrică la perete, pe un picior (fandare în lateral sau anterior).

Aceste exerciții pot fi făcute izotonic și izometric în funcție de obiectivele propuse.

Beneficiile exercițiului Squat:

1. Tonifierea trunchiului;
2. Reducerea riscului de accidentări;
3. Arderea caloriilor;

4. Tonifierea musculaturii trenului inferior al corpului;
5. Varietatea ajută la motivare;

4.3 Exercițiul izometric cu rezistență

Diabetul zaharat de tip 2 este cunoscut pentru afectarea microcirculației, impactul exercițiilor izometrice asupra DZ tip 2 rămâne insuficient investigat.

Rezultatele au indicat că nu au existat diferențe semnificative în ceea ce privește forța inițială și rezistența între grupuri ($p > 0,05$). Cu toate acestea, rezistența în timpul celei de-a doua contracții a fost semnificativ redusă la pacienții diabetici ($p < 0,01$). Frecvența cardiacă a crescut de mai mult de trei ori în timpul exercițiului la subiecții de control, comparativ cu pacienții diabetici ($p < 0,01$). Pacienții diabetici au prezentat o tensiune arterială semnificativ mai mare, atât în repaus, cât și în timpul exercițiului ($p < 0,01$). La pacienții diabetici, fluxul sanguin din antebraț a fost constant mai scăzut în toate etapele testului ($p < 0,01$).

Constatările indică faptul că diabetul împiedică recuperarea după exercițiul izometric prin diminuarea fluxului sanguin muscular și modificarea răspunsurilor simpatice și parasimpatice. Este necesară o examinare mai aprofundată pentru a evalua gradul de afectare neurologică și efectele acesteia asupra performanței fizice și circulației periferice. (Petrofsky et al., 2005).

PARTEA A DOUA – STUDII EXPERIMENTALE

CONTRIBUȚII ORIGINALE PRIVIND ROLUL ANALIZEI BAROPODOMETRICE ÎN EVALUAREA FUNCȚIONALĂ A PACIENTULUI CU DIABET ZAHARAT TIP 2 STUDIU CONSTATATIV

Introducere

Diabetul zaharat (DZ) este o afecțiune cronică ce afectează milioane de oameni la nivel global, majoritatea cazurilor fiind reprezentate de DZ tip 2. Estimările recente indică peste 537 de milioane de adulți diagnosticați, cu o creștere prognozată la 643 de milioane până în 2030 (Magliano & Boyko, 2021). Complicațiile diabetului se extind dincolo de reglarea glicemică, cuprinzând probleme cardiovasculare, neuropatie și un risc crescut de căderi, în special în rândul persoanelor în vârstă. Principalele probleme ale piciorului diabetic sunt boala arterială periferică și neuropatia diabetică, insuficiența circulatorie facilitând formarea ulcerelor piciorului diabetic (DFU).

Cercetările indică un risc de cădere de 1,7 ori mai mare la persoanele cu DZ tip 2 comparativ cu cele fără diabet (Freire et al., 2024), din cauza forței musculare reduse, timpilor de reacție mai lenți și unui feedback senzorial deficitar.

Evaluarea echilibrului în mediul clinic se bazează pe teste precum Romberg și scala Berg, care analizează în principal stabilitatea statică, fără a surprinde pe deplin cerințele funcționale ale activităților zilnice. Antrenamentul proprioceptiv, deși avantajos, poate avea o eficacitate mai mare atunci când este integrat cu alte forme de exercițiu. Cercetările indică faptul că evaluările statice, precum testul Reach, nu reușesc să reprezinte în mod adecvat complexitatea mișcărilor zilnice în comparație cu evaluările dinamice, precum Timed Up and Go (TUG) sau Four Square Step Test (FSST). Sibley et al. (2015) au arătat că testele dinamice identifică mai eficient deficiențele de echilibru la persoanele cu boli neurologice prin imitarea activităților zilnice, cum ar fi mersul sau modificarea direcției. Având în vedere limitările testelor tradiționale, poziția semiflexie este propusă ca alternativă pentru completarea evaluării echilibrului prin testul Romberg.

1.1 Design-ul cercetării

În acest studiu designul cercetării a fost observațional, cu aplicarea unor condiții de testare standardizate (Testul Romberg cu ochi deschiși/închiși, suprafață tare/moale) și manipulare controlată a poziției corporale (poziția de semiflexie a membrelor inferioare), în

vederea evaluării echilibrului postural prin parametri obiectivi (mișcarea CoM a corpului).

1.2 Scopul cercetării

Scopul acestui studiu este de a compara rezultatele obținute în urma evaluării echilibrului postural la pacienții cu DZT2, prin utilizarea testelor clasice (testul Romberg) și a testului cu modificare controlată a poziției membrelor inferioare (semiflexie).

1.3 Obiectivele cercetării

- Identificarea efectelor asupra mișcării CoM produse de poziționarea pacientului cu DZ Tip 2 în diferite condiții de evaluare: poziție ortostatică cu ochii închiși versus ochii deschiși, pe suprafață tare versus suprafață moale și poziția de semiflexie a membrelor inferioare;
- Analiza comorbidităților asociate DZ Tip 2 asupra distribuției forței pe suprafața de sprijin a piciorului în timpul rulajului pe placa de baropodometrie;
- Determinarea riscul de cădere la pacienții cu DZ Tip 2 prin utilizarea testului de evaluare a echilibrului cu ajutorul poziției de semiflexie a membrelor inferioare.

1.4 Ipotezele cercetării

Ipoteză principală (H1 - Ipoteza de lucru) susține că pacienții cu DZT2 vor prezenta, în poziția de evaluare cu membrelor inferioare semiflectate, o mișcare a CoM pe o suprafață mai mică, comparativ cu testul clasic Romberg.

Ipoteză nulă (H0 - Ipoteza alternativă/negativă) afirmă că nu există o diferență semnificativă în mișcarea CoM a pacienților cu DZT2 evaluați în poziția de semiflexie a membrelor inferioare și testul Romberg.

1.5 Organizarea cercetării

Acest studiu a inclus un eșantion de 106 pacienți diagnosticați cu DZ Tip 2, selectați din pacienții care s-au prezentat la cabinetul de diabetologie al comunei Gilău, județul Cluj. Distribuția finală a participanților a fost de 51 bărbați și 55 femei. Comorbiditățile pacienților cu DZ Tip 2 au fost grupate în 7 diagnostice după cum sunt descrise în Lista abrevierilor și simbolurilor. Distribuția pacienților în funcție de comorbiditățile DZ Tip 2 a fost următoarea: 29 pacienți cu Hipertensiune arterială- HTA (Diagnosticul 1), 10 pacienți cu Neuropatie diabetică (Diagnosticul 6), 4 pacienți cu Dislipidemie (Diagnosticul 5), 63 pacienți cu cardiopatie ischemică (Diagnosticul 7) și 36 dintre pacienți au avut Diagnostic compus care prevede prezența a trei diagnostice secundare prezentate anterior.

În acest studiu, eşantionarea a fost realizată convenabil, selecția pacienților s-a făcut în mod secvențial, fără un control prealabil asupra variabilelor demografice, astfel că distribuția finală în funcție de sex și vârstă a fost determinată natural.

Fiecare pacient a fost instruit înainte de testare pentru a înțelege protocolul iar evaluarea a fost realizată într-un mediu controlat, menținând aceleași condiții pentru fiecare participant (cabinet medic diabetolog).

1.6 Echipamente folosite

Pentru evaluarea pacienților din acest studiu am folosit următoarele echipamente:

Sistemul BTS P WALK. Placa de baropodometrie BTS Pwalk, compusă dintr-o placă de dimensiune 675x540x5 mm ce conține un număr de 2304 senzori, dimensiune sensor 1x1 cm, tip sensor: rezistiv, presiune 30-400 kPa, frecvența achiziție 100 Hz, alimentare adaptor c.a./USB, în greutate de 7 kg. Sistemul oferă date cantitative referitoare la susținerea statică și dinamică a piciorului, informații utile în identificarea încărcărilor excesive pe picior, precum și a asimetriilor posturale.

1.7 Protocoale de evaluare

- Evaluarea compoziției corporale pacientul este poziționat pe cântarul cu BIA;
- Evaluarea baropodometrică statică: testul Romberg realizat pe placa de baropodometrie BTS P WALK, testul Romberg modificat (burete de izopren grosime de 1,5 cm așezat pe placa de baropodometrie) și poziția de semiflexie a membrilor inferioare;
- Evaluarea dinamică: Mersul pe placa baropodometrică prin pășire care permite contactul unui singur picior pe placa BTS P WALK.

Evaluarea compoziției corporale presupune următorul protocol de evaluare.

Pacientul își așază picioarele goale pe cântarul Tanita și așteaptă generarea raportului de evaluare care durează 30 de secunde.

Testul Romberg presupune poziționarea pacientului într-o poziție ortostatică cu ochii deschiși (EO) și cu ochii închiși (EC) pe o suprafață dură (H). Am adăugat noi variabile la acest test prin evaluarea poziției pacientului pe suprafața moale (S) și a poziției pacientului în semiflexie (H-Sqt).

Evaluarea a fost efectuată o singură dată pentru fiecare protocol, iar timpul alocat fiecărui protocol este de 30 de secunde, subiectul fiind plasat în poziție ortostatică cu sprijin bipodal, cu picioarele poziționate la nivelul umerilor.

Evaluare statică presupune următoarele protocoale de lucru:

- Protocolul 1. Subiectul a fost poziționat pe placa baropodometrică (H) și a fost instruit să mențină această poziție cu ochii închiși (EC);
- Protocolul 2. Subiectul a fost poziționat pe placa baropodometrică (H) și a fost instruit să mențină această poziție cu ochii deschiși (EO);
- Protocolul 3. Subiectul a fost așezat pe placa baropodometrică (H), în poziția semiflexie, cu tălpile la nivelul umerilor, brațele întinse înainte, iar subiectul a fost instruit să mențină această poziție cu ochii deschiși (EO);
- Protocolul 4. Placa baropodometrică a fost acoperită cu un burete (S) gros de 1,5 cm iar subiectul a fost instruit să mențină această poziție cu ochii închiși (EC);
- Protocolul 5. Placa baropodometrică a fost acoperită cu un burete (S) gros de 1,5 cm iar subiectul a fost instruit să mențină această poziție și apoi cu ochii deschiși (EO).

Ordinea protocoalelor de evaluare și pauza de 30 de secunde dintre protocoale permite pacientului să se adapteze la condițiile de evaluare ortostatică. Poziția de semiflexie a membrelor inferioare este menținută timp de 30 de secunde, cu ochii deschiși și pe suprafață de contact tare.

4.4 Discuții

4.1 Discuții despre evaluare echilibrului

Rezultatele din Tabelul 1 evidențiază diferențe semnificative între bărbați și femei în ceea ce privește compoziția corporală. Din punct de vedere al vârstei nu s-au înregistrat diferențe semnificative de între cele două grupuri. Masa musculară și greutatea corporală a fost semnificativ mai mare la bărbați decât la femei. Timon et al. (2021) împreună cu Fukunaga et al. (2022) au constatat la rândul lor că masa musculară este în mod constant mai mare la bărbați, datorită nivelului de testosteron, și nivelului ridicat al activității fizice de tip rezistență.

În cazul femeilor datele arată că masă de grăsime este semnificativ mai mare decât a bărbaților, ceea ce este constatat și în studiul lui Pereira et al. (2021) care subliniază tendința fiziologică a femeilor de a acumula în zonele periferice ale corpului mai mult țesut adipos. Zhou et al. (2023) au analizat influența caracteristicilor morfologice asupra poziției centrului de masă (CoM) și impactul acestora asupra stabilității posturale. În studiul său Chen et al. (2020) au personalizat programele de intervenție pentru îmbunătățirea echilibrului în funcție de profilul morfologic al pacientului cu DZ tip 2.

În tabelul 2 rezultatele obținute infirmă ipoteza de lucru a acestui studiu deoarece media ariei CoM măsurată în poziție de semiflexie a membrelor inferioare este mai mare decât media ariei CoM măsurată în poziție ortostatică cu ochii închiși și suprafață dură de contact.

Analiza valorilor ariei CoM la nivelul trunchiului (Aria_B) în cele trei condiții de testare

evidențiază o creștere a dezechilibrului postural în funcție de dificultatea sarcinii motorii și absența informației senzoriale. În protocolul 4 de evaluare (S_EC_Aria_B), aria CoM a avut valoarea medie cea mai mare, ceea ce sugerează că lipsa vederii și a unui sprijin stabil reprezintă o afectare majoră a controlului postural.

Protocolul 3 de evaluare (H_EO_Semiflexie) a avut mișcarea CoM mai mare decât în protocolul 2 sau testul clasic Romberg (H_EC) dar semnificativ mai mică decât în protocolul 4 (S_EC). Acest rezultat sugerează că modificarea posturii prin semiflexie, deși solicitantă biomecanic, nu generează o dezechilibrare la fel de mare ca și absența completă a informației vizuale și proprioceptive.

În urma studiilor făcute Martins et al., (2020) au concluzionat faptul că această poziție de semiflexie a membrilor inferioare implică o solicitare crescută a musculaturii posturale și modifică aliniamentul segmentar, ceea ce poate afecta repartizarea greutății pe suprafața de sprijin și strategia de control a CoM. Pentru pacienții cu DZ tip 2 evaluați mișcarea CoM poate fi influențată atât de absența inputului senzorial cât și de o poziție solicitantă neuromuscular iar combinarea acestor doi factori poate crește riscul de cădere. Chau et al. (2013) au identificat ca oamenii au folosit bine vederea ca o compensație, astfel încât să poată realiza performanțe relativ normale în timpul testării echilibrului.

În acest studiu, 25% dintre participanți ($n = 26$) nu au prezentat variații semnificative în funcție de suprafața de testare. Această observație poate fi atribuită mediului de viață unde trăiesc pacienții cu DZ tip 2, în special expunerii frecvente la terenuri accidentate. Persoanele din mediul rural, obișnuite să se deplaseze zilnic pe suprafețe variate (noroi, frunze, pietre), pot dezvolta o stabilitate mai bună, antrenând eficient musculatura corpului și mecanismele de menținere a echilibrului.

Sergiou, (2020) cercetează particularitățile mediului ce sunt legate de configurația spațială și temporală a evenimentelor din lumea exterioară. Fiecare mediu exterior este asociat cu un anumit grad de predictibilitate, astfel mediul înconjurător cu un grad ridicat de predictibilitate este sigur și stabil din punct de vedere spațial și temporal.

În alt studiu Rashed et al. (2019) au analizat dificultățile de echilibru al pacienților în vârstă și una dintre aceste dificultăți este frica de cădere.

Riscul de cădere a crescut odată cu vârsta și cu scăderea orelor petrecute în aer liber. Prin urmare, petrecerea timpului în aer liber este importantă pentru reducerea riscului de cădere a concluzionat Kanzaki-Sooudi, (2009).

Cu cât subiectul este mai lent, cu atât întârzie mai mult să reacționeze, cu atât mai des trebuie să reacționeze pentru a recupera decalajul (Gagey, 2017). Astfel, viteza centrului de greutate nu este doar un indicator biomecanic, ci și o expresie a strategiilor complexe de reglare

posturală.

Fiecare protocol de evaluare explorează un aspect distinct al controlului postural: domeniul senzorial (ochii închiși) sau domeniul motor (contrațiune izometrică). Conform principiilor posturologiei, răspunsul pacientului depinde de integrarea corectă a informațiilor senzoriale și de capacitatea de ajustare neuromusculară la cerințele impuse.

Un bun echilibru este o interacțiune sinergetică rapidă între diverse interacțiuni fiziologice și cognitive, elemente care permit un răspuns rapid și precis la o perturbare din mediul exterior (Trisan, 2017).

Datele din tabelul 4 arată că toate comparațiile analizate cu testul Wilcoxon au diferențe semnificative statistic, cea ce indică faptul că suprafața de contact, informațiile vizuale influențează mișcarea CoM.

O limitare a acestui studiu a fost că pacienții nu au putut efectua evaluarea echilibrului cu ochii închiși pe o suprafață dură versus moale, împiedicând astfel o comparație a rezultatelor obținute cu cele obținute în alte protocoale de evaluare.

4.2 Discuții despre analiza presiunilor plantare în timpul mersului la pacienții cu DZ tip 2 și diferite comorbidități grupate pe tipuri de diagnostic

Rezultatele analizei statistice pentru forță, suprafață, presiune și timp de sprijin pe fiecare zonă a piciorului, efectuate în timpul mersului pe placa de baropodometrie, arată că majoritatea parametrilor analizați nu au prezentat diferențe semnificative din punct de vedere statistic între grupuri în funcție de prezența comorbidităților diabetului zaharat de tip 2, inclusiv hipertensiune arterială, dislipidemie, cardiopatie ischemică sau neuropatie.

Valorile parametrilor de forță pentru regiunile T1-T2, M1-M5, MF, MH și LH ale ambelor picioare au prezentat valori ale indicelui p mai mari de 0,05. De exemplu, Force_Stg_T1, Force_Dr_MF și Force_Dr_MH nu au prezentat variații semnificative între subgrupuri.

O distribuție relativ uniformă a valorilor între grupuri a fost observată pentru parametrul Arie. Nu s-au observat diferențe semnificative din punct de vedere statistic în Aria măsurată a metatarsului (M1-M5), degetelor (T1-T2), zona de mijloc a piciorului (MF) și zona de călcâi (MH, LH). Valorile p pentru Arie_Stg_M1 ($p = 0,882$) și Arie_Dr_T2 ($p = 0,533$) susțin această tendință.

Parametrul Presiune a prezentat valori care nu au prezentat diferențe semnificative, indiferent de zona analizată. Presiunea măsurată în M1-M5, MF, MH și LH nu a prezentat variații semnificative legate de comorbidități, deoarece valorile p au fost adesea mai mari de 0,2.

De exemplu, Pressure_Dr_M2 ($p = 0,153$) și Pressure_Stg_M5 ($p = 0,419$) nu au prezentat diferențe semnificative statistice.

Parametrul Timpul, care indică durata aplicării forței pe fiecare zonă a tălpii în timpul mersului, a prezentat în mod predominant valori p mai mari de 0,05. De exemplu, Time_Force_Stg_M2 ($p = 0,067$), Time_Force_Dr_MF ($p = 0,121$) și Time_Arie_Stg_M3 ($p = 0,206$) nu indică diferențe semnificative între grupurile analizate.

Rezultatele arată că impactul comorbidităților legate de diabetul zaharat de tip 2 asupra parametrilor suportului plantar nu este suficient de semnificativ datorită faptului că valorile sunt destul de asemănătoare între grupuri.

Valorile înregistrate în zona metatarsiană M3, mezopicioar MF și a degetelor 2,3,4,5 indică diferențe semnificative în distribuirea încărcării greutății corporale în timpul sprijinului pe picior. Fără a fi susținute de evaluări cinetice și cinematice aceste date reflectă doar momentul în care pacientul a exercitat forță pe o anumită regiune a piciorului.

Picioarul drept prezintă o încărcare mai accentuată în zonele distale (degete și metatarsiene), în timp ce piciorul stâng este mai solicitat în zona de mijloc a piciorului. Această asimetrie, observată în cadrul unui eșantion de 106 pacienți evaluați în acest studiu, poate reflecta o tendință în distribuția greutății în timpul sprijinului unipodal între cele două membre inferioare.

Valoarea parametrului Arie_Stg_Timp_MF, arată durata relativ scurtă a contactului zonei de mijloc a piciorului în timpul unui pas. Semnificația statistică a parametrului indică faptul că diferențele observate în valorile timpului de contact la nivelul zonei de mijloc a piciorului nu sunt rezultatul unor variații întâmplătoare în cadrul eșantionului evaluat.

Această valoare indică o arie relativ mare de contact a piciorului în zona medială a călcâiului drept. Semnificația statistică indică o variație reală iar valoarea ridicată a ariei arată un sprijin mai mare pe această zonă a călcâiului la unii pacienți.

Analiza valorilor dintre arie și presiune arată că zona metatarsiană 3 a piciorului drept este folosită frecvent în timpul sprijinului plantar, în timp ce zona de mijloc a piciorului stâng este folosit mai rar și pe o suprafață mai mică, dar cu o presiune ridicată la unii pacienți. Această asimetrie poate semnală un model de mers compensator.

În continuare a fost realizat Testul t pentru două eșantioane independente unde primul eșantion a fost format grupul pacienților cu DZ tip 2 și diagnosticul secundar de Hipertensiune arterială ($n=30$) iar al doilea grup a fost reprezentat de ceilalți participanți la studiu ($n=76$) care nu aveau diagnosticul de Hipertensiune arterială. În urma analizei, rezultatele testului t pentru toate măsurătorile datele au arătat că nu sunt semnificative din punct de vedere statistic, având în vedere că valorile p (Sig. 2-tailed) sunt toate mai mari de 0.05. Pe baza acestor date, nu putem

concluziona că prezența Diagnosticului 1 are un impact semnificativ asupra variabilelor analizate (forță, arie, presiune).

Datele, indiferent că au avut sau nu au avut distribuție normală, au arătat că s-au înregistrat valori semnificative statistic ale indicelui p, pentru parametri Arie, Forță, Presiune și Timp, pentru Diagnosticul 3, neuropatie diabetică, doar pe zona degetelor T1 și T2,3,4,5.

Tot în urma analizei rezultatelor, indiferent de modul cum au fost distribuite datele, am observat că parametri Arie, Forță, Presiune și Timp, care prezintă semnificație statistică, se regăsesc în zona metatarsiană, de la M1 până la M5.

Pentru zona posterioară a piciorului nu s-a observat valori ale indicelui p, cu semnificație statistică pentru parametri Arie, Forță, Presiune și Timp.

4.5 Concluzii

4.5.1 Concluzii despre evaluarea echilibrului

Ipoteza de lucru a acestui studiu este respinsă deoarece pacienții au avut o mișcare a CoM mai mică în timpul evaluărilor testului Romberg decât în timpul evaluării în poziție de semiflexie.

Riscul de cădere poate fi evidențiat și prin alte teste care completează testele senzoriale clasice. Cercetările viitoare ar putea integra principiile posturologiei în programele de reabilitare pentru pacienții cu diabet. Exercițiile adaptate stimulilor vizuali, vestibulari și proprioceptivi ar putea îmbunătăți stabilitatea posturală. Antrenamentul senzorio-motor, realizat pe suprafețe instabile sau cu ochii închiși, poate stimula adaptări neurofiziologice benefice. Acest lucru este important pentru pacienții cu neuropatie periferică, care au un control al echilibrului afectat. În plus, analiza activității musculare în timpul acestor exerciții ar putea oferi informații valoroase despre strategiile folosite pentru menținerea stabilității și reducerea riscului de cădere.

4.5.2 Concluzii despre analiza presiunilor plantare în timpul mersului

Evaluarea echilibrului postural la pacienții cu diabet zaharat, în special în prezența comorbidităților, reprezintă o etapă esențială în prevenirea complicațiilor piciorului diabetic și a riscului crescut de cădere.

Rezultatele studiului au arătat că zona Metatarsiană 1 și degetelor a avut valori cu semnificație statistică mare ceea ce arată importanța acestei zone pentru sprijinul din timpul mersului la pacienți cu Diagnosticul Polineuropatie Diabetică.

Analiza datelor arată că la pacienți cu DZ tip 2 și diagnostic secundar dislipidemie, cardiopatie ischemică, hipertensiune arterială, valori ale indicelui p cu semnificație statistică a parametrilor Arie, Forță, Presiune, Timp s-a înregistrat doar pe zona metatarsiană, de la M1 la

M5. Acest aspect evidențiază faptul că în momentul în care piciorul rulează pe sol, aria de contact a zonei metatarsiene este supusă forțelor și presiunilor corpului pe o perioadă mai lungă de timp comparativ cu zona de mijloc a piciorului sau zona posterioară a piciorului.

Analiza distribuției presiunilor plantare și a parametrilor baropodometrici oferă informații valoroase despre strategiile compensatorii de sprijin și despre zonele de suprasarcină funcțională.

În studiile viitoare se poate analiza biomecanica articulației gleznei care împreună cu distribuția presiunilor plantare și a ariilor de contact pot evidenția posibile dezechilibre funcționale la nivelul acestei articulații. Monitorizarea și analiza suplimentară a dinamicii articulației gleznei, în contexte de sprijin și propulsie, ar putea aduce informații relevante pentru prevenirea deformărilor și complicațiilor în piciorul diabetic.

Riscul de cădere la pacienții cu diabet zaharat și comorbidități asociate poate fi identificat și prin teste suplimentare care completează evaluările senzoriale clasice. Cercetările viitoare ar putea include integrarea principiilor posturologiei în programele de reabilitare pentru această categorie de pacienți.

STUDIU 2

EFECTUL EXERCIȚIILOR IZOMETRICE ASUPRA ECHILIBRULUI STATIC AL PACIENTULUI CU DIABET ZAHARAT TIP 2

Căderile sunt o cauză principală a rănilor și limitării activității la adulții în vârstă și efectele adverse asociate au ca rezultat scăderea semnificativă a activității personale, sociale devenind astfel o povară economică. Aproximativ 30% din locuitorii din mediul urban cu vârstă peste 65 de ani vor avea un episod de cădere în fiecare an. La vârstnici căzăturile provoacă peste 40% din toate decesele provenite din accidentate caznice, iar 20-30% din leziunile ușoare duc la leziuni severe, până la fracturi (Barry et al., 2014).

Conform studiilor făcute de Agostini et al. (2013) contribuția integrată a sistemelor vizual, vestibular și proprioceptiv, prin informațiile oferite, permit perceperea poziției și ajustarea echilibrului corpului.

Sarcopenia diabetică, o afecțiune legată de pierderea masei musculare, este acum cauza principală de deces la nivel mondial (Glovaci et al., 2019). Prevalența crescută a obezității a introdus o nouă provocare și anume obezitatea sarcopenică (Izzo et al., 2021).

La persoanele cu diabet, neuropatia periferică adesea afectează feedbackul senzorial, ducând la dificultăți de echilibru și un risc crescut de cădere. Dovezile arată că antrenamentul proprioceptiv poate îmbunătăți echilibrul la pacienții cu neuropatie diabetică (Iram et al., 2021).

Facilitarea inputurilor senzoriale care permit corectarea dezechilibrului muscular și asigurarea unui program motor corect la nivelul sistemului nervos central se fac cu ajutorul antrenamentului senzoriomotor. Exercițiile de echilibru sunt senzoriomotorii și constau în abordare statică, dinamică și funcțională a tratării pacienților (Ahmad et al., 2019).

În etapa de pregătire și execuție a mișcării, feedbackul proprioceptiv este important pentru a ajuta atât la performanța obișnuită, cât și la cea de înaltă calificare. Recent s-a demonstrat că procesele somatosenzoriale sunt modificate în timpul dobândirii unei noi abilități motorii, atunci când învățarea implică practică fizică (Ackerley et al. 2021).

Inputul senzorial, procesare centrală și răspunsuri neuromusculare sunt factori prin care echilibrul este controlat. Pierderea forței musculare, a amplitudini de mișcare, contractura și intoleranța la efort pot provoca artrită în extremitățile joase ale corpului. Acest lucru poate reduce eficiența răspunsului motor, generând o dificultate în menținerea CoM în interiorul suprafeței de sprijin, care la rândul său poate scădea echilibrul și crește riscul de cădere (Silva et al., 2010).

Antrenamentul pe suprafețe inegale oferă beneficii suplimentare, întărind percepția cognitivă și abilitățile senzoriomotorii (Sluga et al., 2024). Antrenamentul senzoriomotor

îmbunătățește propriocepția și semnalele somatosenzoriale, abordând dezechilibrele musculare și optimizând controlul motor în sistemul nervos central. Aceste exerciții, inclusiv tehnici de echilibru static, dinamic și funcțional, sunt bine stabilite în reabilitare (Ahmad et al., 2019).

Antrenamentul proprioceptiv este o alternativă eficientă din punct de vedere al timpului și de impact scăzut față de metodele tradiționale de exercițiu. Poate ameliora durerea, încetini progresia osteoartritei, și poate îmbunătăți funcția articulațiilor și a mușchilor (Prabhakar et al., 2020).

De asemenea, utilizarea plăcilor de forță și a altor dispozitive tehnice permite evaluarea precisă a stabilității posturale, permițând dezvoltarea protocoalelor de antrenament proprioceptiv (Thukral et al., 2021).

Deși antrenamentul proprioceptiv de unul singur nu poate produce îmbunătățiri semnificative în stabilitatea posturală pentru pacienții cu DZ tip 2 și neuropatie diabetică, dar combinarea acestuia cu alte modalități de exerciții ar putea produce rezultate benefice (Souza et al., 2012).

Exercițiul izometric reprezintă un instrument pentru evaluarea daunelor cauzate de diabet, afectarea endotelială poate fi evaluată prin lipsa transpirației și a modificărilor de flux sanguin la nivelul pielii și a membrelor. În timp ce echipamentul pentru a măsura transpirația și fluxului de sânge este destul de sofisticat, măsurarea rezistenței galvanice a pielii ar putea fi un instrument viabil, dacă este realizat în timpul exercițiului izometric (Petrofsky et al., 2009).

Funcția musculară îmbunătățită permite pacienților să efectueze sarcini fizice submaximale, rezultând o sarcină cardiovasculară redusă. Creșterea forței musculare și a rezistenței cu ajutorul antrenamentului de rezistență poate îmbunătăți calitatea vieții prin capacitatea pacienților de a efectua independent activități zilnice. Antrenamentul cu greutatea corporală pentru rezistență reprezintă o modalitate de antrenament adecvat pentru pacienții cu HTA (Mandic et al., 2012).

Sistemul cardiovascular nu este suprasolicitat atunci când se realizează antrenamentul cu rezistență ce impune un stres mușchilor periferici. Antrenamentul de forță induce următoarele adaptări importante la subiecții normali și la pacienții cu HTA:

- duce la o creștere a recrutării unităților motorii și a frecvenței de declanșare a unității motorii;
- recrutarea preferențială a fibrelor musculare cu contracție rapidă;
- hipertrofia fibrelor musculare (Degache et al., 2007).

După cum confirmă datele lui Hulsmann et al. (2004), există o corelație bună între performanța sistemică (VO₂ max și sarcina de muncă) și sarcina locală la efort (forța musculară). Indicele de rezistență la flexori este un predictor mai bun al rezultatului pe termen lung decât

volumul de muncă sau VO2 maxim. Forța izometrică a mușchilor extensori și flexori, crește semnificația asocierii dintre cuplul maxim și severitatea bolii HTA. Activitatea zilnică și antrenamentul fizic afectează predominant grupele de mușchi extensori.

Exercițiul de semiflexie a membrelor inferioare este un exercițiu multiarticular din partea inferioară a corpului folosit pentru a întări mușchii gluteus maximus, iliopsoas, cvadriceps, semitendinos, soleus și gastrocnemian. Acest exercițiu cu lanț cinematic închis a fost dezvoltat pentru a îmbunătăți funcția membrelor inferioare.

Tehnici comune pentru variații ale exercițiului de semiflexie a membrelor inferioare include modificări ale lățimii poziției picioarelor, unghiul de plasare a piciorului, adâncimea șoldului și încărcare suplimentară (Schutz et al., 2014).

Exercițiului de semiflexie a membrelor inferioare are ca poziție de pornire stând cu picioarele lipite de podea, cu genunchii și șoldurile într-o poziție anatomică neutră, coloana vertebrală este extinsă în poziție verticală, cu păstrarea curbelor naturale ale acesteia. Mișcarea exercițiului de semiflexie a membrelor inferioare începe cu faza de coborâre a șoldurilor, împreună cu flexarea genunchilor și a gleznelor. Recomandarea cea mai comună pentru o execuție corectă este de coborârea coapsei până când aceasta este paralelă cu sol și articulația șoldului este cel puțin la nivel cu articulația genunchiului (Myer et al., 2014).

În continuare trebuie analizat cum se aplică temele cercetate, expuse anterior, în cazuistica pacientului cu DZ tip 2.

2.1 Scopul cercetării

Studiul preliminar are ca scop evaluarea efectului exercițiilor izometrice realizate în poziții fixe pe suprafețe instabile asupra echilibrului static.

2.2 Obiectivele cercetării

- Elaborarea unui program de exerciții izometrice pentru îmbunătățirea echilibrului static;
- Evaluarea nivelului de echilibru static la pacienții cu DZ tip 2 înainte și după intervenție;
- Identificarea nivelului de funcționalitate al pacienților cu DZ tip 2;
- Implementarea programului de exerciții și analiza eficienței acestuia asupra echilibrului static.

2.3 Ipotezele cercetării

Ipoteza cercetării preliminare presupune îmbunătățirea echilibrului static cu ajutorul unui program de exerciții izometrice. Pentru evaluarea echilibrului la pacienții cu DZ tip 2 noi

am analizat valoarea parametrului Aria CoM, deoarece este un parametru important și folosit în multe studii de specialitate. Prin rezultatele obținute nu dorim să avem concluzii calitative ale echilibrului ci ne dorim ca valorile parametrului Aria Com să scadă.

2.4 Materialele și metodele cercetării

În acest studiu am construit un experiment longitudinal pe o perioadă de 6 săptămâni, format din două grupe.

Metoda experimentală folosită în acest studiu ne-a permis verificarea ipotezei cercetării preliminare prin analiza datelor obținute la evaluarea inițială și evaluarea finală. Această metodă presupune manipularea unor variabile specifice, provocând anumite reacții de reechilibrare, pentru a observa efectele lor asupra pacienților cu DZ tip 2.

2.5 Echipamente folosite

Placa de baropodometrie BTS Pwalk, compusă dintr-o placă de Dimensiune 675x540x5 mm ce conține un număr de 2304 senzori, dimensiune sensor 1x1 cm, Tip sensor: rezistiv, Presiune 30-400 kPa, frecvența achiziție 100 Hz, alimentare adaptor c.a./USB, de 7 kg.

O minge reversibilă cu aer pentru echilibru care are lungimea și lățimea de 33 de centimetri, înălțimea de 3 centimetri, o greutate de 0.5 kilograme și este din material PVC.

O pernă de echilibru având greutatea de 0,34 kilograme, compoziție din TPE de densitate 50 (kg/m³) și dimensiuni: 40 cm lungime X 33 cm lățime X 5 cm grosime.

2.6 Testele de evaluare folosite

Testul Romberg presupune poziționarea pacientului într-o poziție ortostatică pe placa baropodometrică (H). Subiectul a fost instruit să mențină această poziție pentru 30 de secunde, atât cu ochii închiși (EC), cât și cu ochii deschiși (EO). Evaluarea a fost realizată o singură dată pentru fiecare protocol.

2.7 Variabilele măsurate

Aria CoM Inițial Ochii deschiși (mm²) = Aria Centrului de Masă (CoM) evaluată înaintea programului de intervenție, atunci când pacientul este poziționat în poziție ortostatică ochii deschiși;

Aria CoM Final Ochii deschiși (mm²) = Aria Centrului de Masă (CoM) evaluată după programul de intervenție, atunci când pacientul este poziționat în poziție ortostatică cu ochii deschiși;

Aria CoM Inițial Ochii închiși (mm²) = Aria Centrului de Masă (CoM) evaluată înaintea

programului de intervenție, atunci când pacientul este poziționat în poziție ortostatică ochii închiși;

Aria CoM Final Ochii închiși (mm^2) = Aria Centrului de Masă (CoM) evaluată după programul de intervenție, atunci când pacientul este poziționat în poziție ortostatică cu ochii închiși.

2.8 Protocol de intervenție

Ca mijloace de realizare programul de kinetoterapie conține exerciții izometrice realizate în poziții fixe. Exercițiile statice sunt derivate din pozițiile fundamentale ca ortostatismul și poziția șezând și au fost folosite pentru tonifierea musculaturii membrelor inferioare. Pozițiile stabile șezând și pe genunchi sunt folosite sub forma posturilor corective și hipercorective deoarece sunt mai puțin obositoare. După tonifierea musculaturii am folosit exercițiile din ortostatism.

2.9 Discuții

În urma testului Wilcoxon pacienții din grupul de control, GC, au avut modificări semnificative în mișcarea CoM. Valoarea rangurilor pozitive arată că toți membrii grupului au avut modificări semnificative între evaluarea finală și evaluarea inițială, măsurătorile fiind efectuate cu ochii închiși și cu ochii deschiși.

Rezultatele indicelui p arată modificări semnificative în mișcarea CoM, pentru pacienții din grupul experimental, GE. Valoarea rangurilor negative arată că 27 de pacienți au avut îmbunătățiri ale mișcării CoM între evaluarea finală și evaluarea inițială, atunci când evaluarea a fost făcută cu ochii închiși. În timpul evaluării cu ochii deschiși, valoarea rangurilor negative arată că 26 de pacienți au avut diferențe între evaluarea finală și evaluarea inițială.

În baza analizei datelor rezultate în urma testelor putem spune că pacienții care nu au realizat programul de intervenție au avut modificări pozitive în mișcarea CoM ca și pacienții care au realizat acest program de intervenție. Analiza valorilor rangurilor negative ne confirmă faptul că aceste modificări au fost prezente la toți cei 29 de membrii ai grupului spre deosebire de grupul experimental unde modificări semnificative au fost doar la 26 de membri.

Prin compararea grupului experimental cu grupul de control cu ajutorul testului Mann-Whitney, am analizat dacă intervenția a avut un efect semnificativ asupra mișcării CoM.

Datele din tabelul Nr. 52 arată că indicele p nu are valoare semnificativă pentru nici un parametru evaluat. Acest aspect ne face să înțelegem că nu există diferențe semnificative între rezultatele obținute în urma intervenției făcute cu grupul experimental și în urma activităților zilnice recomandate de medic, realizate de grupul de control. Grupurile acestui studiu au pornit de la același nivel, deoarece valoarea indicelui p pentru parametrul Aria CoM era cu diferențe

foarte mici între grupuri și la finalul intervenției valorile indicelui p erau la fel de apropiate.

Aceste date ne arată importanța activităților zilnice realizate de pacienții din mediul rural care duc o viață activă.

În studiul său Chau et al. (2013) a observat că pacienții care nu-și controlează diabetul prezintă frecvent instabilitate posturală, datorită menținerii nivelului ridicat de glucoză pentru o perioadă lungă de timp. Modificări ale strategiilor de menținere a echilibrului static sunt reducerea activității articulației gleznei (ankle strategy) și creșterea activității articulației șoldului (hip strategy). Diminuarea riscului de cădere presupune realizarea unui program de exerciții care să includă și susținerea acestui mecanism compensator. În studiul nostru am acordat atenție grupelor musculare de la nivelul articulației șoldului dar pentru rezultate cu diferență semnificativă statistic este nevoie de o perioadă mai lungă de timp de implementare.

Malwanage et al. (2024) în studiul lor au realizat reabilitarea senzomotorie în combinație cu antrenamentul mersului, antrenament de forță și antrenament de echilibru. Astfel efectul exclusiv al antrenamentului senzomotor asupra îmbunătățirii rezultatului dorit nu poate fi determinat în mod direct. Îmbunătățirea observată ar putea rezulta datorită efectelor combinate ale diferitelor programe de exerciții. Programul de reeducare proprioceptivă (PRP) dezvoltat în studiul actual confirmă faptul că efectul vizează în mod direct îmbunătățirea deficitului proprioceptiv la persoanele cu neuropatie diabetică. Deoarece propriocepția îmbunătățită poate duce la o programare motorie corectă și la un control motor eficient al mișcării îmbunătățirea ADL în urma Programului de reeducare proprioceptivă este justificată. La pacienții cu neuropatie diabetică, reducerea capacității funcționale este asociată cu o propriocepție deficitară. Rezultatele studiului de față a constatat că genul pacienților nu influențează eficiența PRP, arătând că femeile și bărbații pot obține beneficii comparabile în urma aplicării acestuia. PRP a demonstrat eficiență în ameliorarea propriocepției statice și dinamice la nivelul membrelor inferioare, iar valorile nu diferă semnificativ între partea dreaptă și cea stângă.

2.10 Concluzii

Ipoteza de lucru nu se confirmă deoarece diferențe semnificative din punct de vedere statistic nu există între grupul experimental și grupul de control.

Cercetările viitoare ar putea examina modul în care protocoalele de antrenament care combină stimulii vizuali cu mișcări posturale complexe, cum ar fi utilizarea platformelor de echilibru, ar putea îmbunătăți stabilitatea pacienților.

Aceste constatări ar putea contribui la dezvoltarea unor programe de exerciții mai personalizate, menite să reducă riscul de cădere și să îmbunătățească calitatea vieții pacienților vârstnici cu diabet. Deoarece majoritatea pacienților trăiesc în medii relativ previzibile, aceștia

pot încă să se confrunte cu riscuri de cădere din cauza unor factori precum neuropatia diabetică periferică.

STUDIU EXPERIMENTAL NR. 3

ROLUL ANTRENAMENTULUI PROPRIOCEPTIV CU SARCINĂ DUBLĂ ȘI ANTRENAMENTULUI REACTIV PE PLATFORMA DE ECHILIBRU CORE-TEX ASUPRA ECHILIBRULUI STATIC AL PACIENTULUI CU DIABET ZAHARAT TIP 2

Antrenamentul combinat – care implică exerciții cognitive și motorii – contribuie semnificativ la menținerea stării de alertă și a atenției la vârstnici în timpul activităților menite să îmbunătățească echilibrul în mers. Atunci când se desfășoară simultan sarcini multiple sau în condiții de teren variabil, s-a constatat că modelul de mers se modifică notabil comparativ cu mersul pe suprafețe omogene, diferențele obținute fiind semnificative din punct de vedere statistic ($p < 0,0001$) (Anandh et al., 2021).

Echilibrul, tehnica de mers și viteza de deplasare a pacienților cu diverse afecțiuni neurologice pot fi îmbunătățite cu ajutorul programului de reabilitare motor-cognitiv, bazat pe abordarea duală a sarcinilor.

Managementul riscului de cădere la pacienții cu afecțiuni neurologice are un suport experimental valoros prin rezultatele obținute în acest studiu în care a fost implementat un program de intervenție bazat pe abordarea duală a sarcinilor (Spano et al., 2022).

Capacitatea de a efectua simultan două sau mai multe activități cognitive indică folosirea abordării duale a sarcinilor. Activități cotidiene, cum ar fi vorbitul la telefon sau transportul obiectelor în timp ce te deplasezi, implică gestionarea sarcinilor în mod simultan. performanța în sarcinile dual-task poate fi compromisă dacă există modificări structurale în regiunile prefrontale ale creierului, care sunt asociate cu atenția și funcțiile executive la adulții în vârstă (Braver & Barch, 2002, as cited in Yildiz et al., 2024).

Programul de antrenament dual-task de 8 săptămâni axat pe activități motor-cognitive și motor-motor are rezultate care nu prezintă diferențe semnificative în îmbunătățirea echilibrului reducerea temerii de cădere, optimizarea mersului și creșterea forței musculare. Ambele intervenții au condus la progrese notabile în capacitatea de echilibru, doar programul motor-cognitiv a demonstrat o ameliorare semnificativă a parametrilor de mers. Astfel putem concluziona că ambele tipuri de antrenament pot fi recomandate pentru a spori aceste funcții la populația de adulți în vârstă (Akin et al., 2021).

Optimizarea diferitelor componente ale controlului neuromotor prin intermediul antrenamentului de echilibru reactiv (RBT) presupune expunerea în mod repetat la perturbări posturale pentru a-și antrena și perfecționa răspunsurile de menținere a echilibrului. Până în prezent, RBT este singura tehnică de exercițiu care a demonstrat că mecanismele de reacție necesare pentru prevenirea căderilor cauzate de dezechilibre pot fi îmbunătățite cu ajutorul unor

mișcări rapide și coordonate ale întregului corp menite să contracareze deplasarea centrului de masă în timpul pierderii echilibrului (Barzideh et al., 2020).

Meta-analiza a demonstrat că intervenția de antrenament pentru echilibru produce beneficii comparabile cu cele obținute prin programele de antrenament de forță în îmbunătățirea echilibrului dinamic. Programele dedicate formării echilibrului combină exerciții funcționale ce vizează diverse zone ale corpului și includ componente de antrenament senzorial, în timp ce exercițiile de forță se concentrează exclusiv pe întărirea mușchilor articulației gleznei afectate de entorse (Molla-Casanova et al., 2021).

3.1 Scopul cercetării

Studiul final are ca scop verificarea efectelor asupra echilibrului static a exercițiilor din cadrul antrenamentului proprioceptiv cu dublă comandă și a antrenamentului realizat pe platforma de antrenament reactiv Core-tex. Pentru a evalua echilibrul pacienților cu DZ tip 2, am analizat valoarea parametrului Aria CoM, având în vedere că acesta este un indicator relevant și frecvent utilizat în literatura de specialitate. Scopul acestui studiu experimental nu este de a emite concluzii calitative despre echilibru, ci de a analiza o scădere a valorilor parametrului Aria CoM.

3.2 Obiectivele cercetării

- Elaborarea unui program de exerciții cu abordare duală pentru îmbunătățirea echilibrului static;
- Elaborarea unui program de exerciții pe platforma de antrenament reactiv Core-tex;
- Evaluarea nivelului de echilibru static la pacienții cu DZ tip 2 înainte și după intervenție;
- Identificarea nivelului de funcționalitate al pacienților cu DZ tip 2;
- Implementarea programului de exerciții și analiza impactului său asupra echilibrului static.

3.3 Ipotezele cercetării

Ipoteza de lucru a cercetării finale prevede că există diferențe semnificative în mișcarea CoM la pacienții cu diabet zaharat tip 2 între un program de exerciții cu dublă comandă a atenției și un program de exerciții realizat pe platforma de antrenament reactiv Core-tex. Prin rezultatele obținute nu dorim să avem concluzii calitative ale echilibrului ci ne dorim ca valorile parametrului Aria CoM să scadă.

3.4 Organizarea cercetării

În această etapă a studiului am realizat un experiment format din trei grupe de pacienți cu DZ tip 2 cu care am realizat două programe de intervenție diferite.

La Fundația de îngrijire a vârstnicului (FIV) din Cluj Napoca, str. Tazlău nr. 11 am efectuat evaluarea inițială a echilibrului cu ajutorul testului Romberg urmat de implementarea programului de antrenament proprioceptiv cu exerciții care au dublă comandă a atenției. La finalul celor 8 săptămâni am realizat evaluarea finală a pacienților participanți la studiu cu aceleași tip de teste .

La Centrul de zi pentru seniori nr. 1 din cadrul direcției de Asistență Socială a Primăriei Cluj Napoca, pe parcursul celor 8 săptămâni, am realizat evaluare inițială a echilibrului cu ajutorul testului Romberg. După evaluare am început implementarea programului kinetic de antrenament reactiv al echilibrului pe platforma Core-Tex. La terminarea perioadei de antrenament am realizat evaluarea finală a participanților cu aceleași test Romberg aplicat în evaluarea inițială.

La Clubul Pensionarilor din cartierul Mărăști, care a fost grupul de control, am realizat evaluarea inițială și finală a echilibrului cu ajutorul testul Romberg cu o pauză de 8 săptămâni între evaluări. Membri acestui grup de control, în perioada celor 8 săptămâni, au respectat indicațiile medicului de familie, care au inclus: efectuarea de activități fizice moderate timp de 150 de minute pe săptămână; menținerea unei greutate stabile pentru a facilita controlul glicemiei și a preveni complicațiile; monitorizarea regulată a glicemiei pentru a ajusta dieta; exercițiile și tratamentul medicamentos; adoptarea unei diete echilibrate, cu un consum redus de zaharuri rafinate și produse din făină albă.

Variabila independentă este programul de intervenție destinat îmbunătățirii echilibrului static, aplicat doar grupurilor experimentale. Măsurătorile repetate (inițial și final) sunt reprezentate de testul Romberg și sunt utilizate pentru a evalua modificările variabilei dependente. Variabila dependentă este reprezentată de valoarea parametrului Aria CoM, precum presiunile plantare, care sunt măsurate înainte și după programul de intervenție pentru a observa efectele acesteia.

În cele trei grupuri au fost incluse 89 de pacienți cu DZ tip 2 din zona urbană a orașului Cluj Napoca, județul Cluj. Eșantionarea a fost realizată aleatoriu pe baza recomandării primite de la medicul de familie care are în evidență pacienți cu DZ tip 2, și pe bază de voluntariat fiecare pacient exprimându-și acordul de participare la studiu. Am urmărit ca participanți să facă parte din categorie de vârstă a persoanelor ieșite din activitatea profesională, iar vârsta lor minimă sa fie de 65 ani. De asemenea am urmărit ca persoanele participante la studiu să aibă același nivel de activitate, prin urmare toți pacienții locuiesc în Cluj Napoca și participă la activitățile

cluburilor de pensionari din cartier. Selecția pe categoria de gen a fost făcută aleator în funcție de disponibilitatea de participare la programul din cadrul studiului.

Pentru a înțelege nivelul de complexitate a programului de intervenție fiecare pacient a fost instruit înainte de începe ce protocoale de evaluare exercițiile din programul kinetic care urmează să fie realizate. Programul de intervenție a fost realizată într-un mediu controlat, menținând aceleași condiții pentru fiecare participant (sala de kinetoterapie a Centrului de seniori nr. 1 din Cluj Napoca, sala de kinetoterapie a Fundației de Îngrijire a Vârstnicului și vestiar Clubul pensionarilor cartier Mărăști). Intervalul orar de desfășurare a programului de intervenție pentru cele două grupuri implicate în studiu a fost între ora 9 A.M și ora 14 P.M.

Studiul a fost realizat cu aprobarea comisiei de etică a cercetării sub numărul de aprobare 6652/24.06.2021 al UBB. Participanții au semnat un consimțământ informat privind participarea voluntară la acest studiu.

Am inclus 89 de pacienți cu diabet zaharat tip 2 din zona urbană a județului Cluj. Criteriile de includere au presupus un diagnostic confirmat de diabet zaharat tip 2, vârsta peste 60 de ani și capacitatea de a efectua testul Romberg.

Primul grup (1) a fost Grupul de control (GC), care a respectat indicațiile medicului diabetolog a fost format din 15 bărbați și 15 femei.

Al doilea grup (2) Grupul de studiu numărul 1 (GE1), care a efectuat antrenamentul proprioceptiv cu dublă comandă, a fost format din 14 bărbați și 16 femei.

Al treilea grup (3) Grupul de studiu numărul 2 (GE2), care a efectuat antrenamentul reactiv pe platforma Core-Tex, a fost format din 14 bărbați și 15 femei.

Pacienții cu complicații cardiace legate de diabet sau ulcere la picioare nu au participat la acest studiu. Studiul a primit aprobarea Comisiei de Etică a UBB (aprobare nr. 6652/24.06.2021).

3.5 Materiale și metodele cercetării

Metoda experimentală permite verificarea ipotezei cercetării finale prin observație provocată ce determină o abordare particulară a evaluărilor. Această metodă presupune manipularea unor variabile specifice, provocând anumite reacții de reechilibrare, pentru a observa efectele lor asupra pacienților.

Metoda statistico-matematică permite analiza și interpretarea datelor obținute în urma evaluărilor. În această cercetare, am folosit programul IBM SPSS Statistics 23 (Statistical Package for Social Sciences) pentru a efectua analizele statistice. Analiza a cuprins atât metode descriptive, cât și analitice.

3.6 Echipamente folosite

Placa de baropodometrie BTS Pwalk, compusă dintr-o placă de Dimensiune 675x540x5 mm ce conține un număr de 2304 senzori, dimensiune sensor 1x1 cm, Tip sensor: rezistiv, Presiune 30-400 kPa, frecvența achiziție 100 Hz, alimentare adaptor c.a./USB, de 7 kg.

Minge reversibilă pentru echilibru, cu aer care are lungimea și lățimea de 33 de centimetri, înălțimea de 3 centimetri, și greutatea de 0.5 kilograme compusă din material PVC.

O sticlă de plastic cu volum de 330 ml, un pahar de hârtie cu volum de 250 ml.

O pernă de echilibru având greutatea de 0,34 kilograme, compoziție din TPE de densitate 50 (kg/m³) și dimensiuni: 40 cm lungime X 33 cm lățime X 5 cm grosime.

Laser pointer cu fascicul de lumină roșie.

Jalon din plastic cu următoarele dimensiuni: 15 cm lungime X 15 cm lățime X 20 cm înălțime.

Baghetă din spumă de 118 cm lungime.

Tableta Android pe care este instalată aplicația Bubble level din Magazin Play.

Minge din spumă cu diametru de 25 cm cu o greutate de 50 grame.

Minge din PVC cu un diametru de 10 centimetru și cu o greutate de 500 grame.

Platforma de antrenament reactiv Core-Tex (figura 16) care se deosebește de alte echipamente prin conceptul de „variabilitate reactivă”, oferind în permanență stimulări variate pentru mușchi, sistemul nervos și articulații. Echipamentul permite o schimbare rapidă și variabilă a modului în care corpul reacționează în timpul utilizării platformei de echilibru. Platforma de echilibru răspunde rapid la mișcările generate de pacient, modul în care răspunde este unul foarte variat. Construcția sa include o platformă semicirculară așezată pe un cadru de oțel prevăzut cu trei mecanisme care au la bază bile metalice, permițând mișcări multidirecționale și multiplanare.

3.7 Testele de evaluare folosite

Testul Romberg presupune poziționarea pacientului într-o poziție ortostatică pe placa baropodometrică (figura 17). Subiectul a fost instruit să mențină această poziție pentru 30 de secunde, atât cu ochii închiși (EC), cât și cu ochii deschiși (EO). Evaluarea a fost realizată o singură dată pentru fiecare protocol.

3.8 Variabilele măsurate

Softul BTS G Studio generează o hartă unde sunt reprezentate fiecare zonă a piciorului după cum urmează:

- Zona T 1= corespunde zonei M1 (metatarsiană 1)
- Zona T 2= corespunde zonei M2 (metatarsiană 2)
- Zona T 3= corespunde zonei M3 (metatarsiană 3)
- Zona T 4= corespunde zonei M4 (metatarsiană 4)
- Zona T 5= corespunde zonei M5 (metatarsiană 5)
- Zona T 1.5= corespunde zonei intermediare dintre M1 și M2
- Zona T 2.5= corespunde zonei intermediare dintre M2 și M3
- Zona T 3.5= corespunde zonei intermediare dintre M3 și M4
- Zona T 4.5= corespunde zonei intermediare dintre M4 și M5
- Zona T 6= corespunde antepiciorului unde toate zonele de la M1 până la M5 au

valori egale ale forței

- Zona T 7= corespunde situație în care forța a fost aplicată și pe M1și pe M5

3.9 Programul kinetic propriu zis pentru grupul experimental 1

Exercitiul 1. Exerciții de încălzire pentru zona cervicală

Exercitiul 2. Exerciții de încălzire a articulației gleznei

Exercitiul 3. Exerciții de stretching

Exercitiul 4. Exerciții de echilibru cu sarcină dublă prin utilizarea cu mâinile a unei tablete cu aplicația Bubble Level și sprijin cu picioarele pe o suprafață instabilă

Exercitiul 5. Exerciții de echilibru cu sarcină dublă prin utilizarea cu mâinile a unui laser pointer și sprijin cu picioarele pe o suprafață instabilă

Exercitiul 6. Exerciții de echilibru cu sarcină dublă prin utilizarea cu mâinile a unui pahar cu apă împreună cu o sticlă și sprijin cu picioarele pe o suprafață instabilă.

Exercitiul 7. Exerciții de echilibru cu sarcină dublă prin utilizarea cu mâinile a unei baghete din spumă și sprijin cu picioarele pe o suprafață instabilă .

Exercitiul 8. Exerciții de echilibru cu sarcină dublă prin aruncarea-prinderea mingii și sprijin cu picioarele pe o suprafață instabilă.

3.10 Programul kinetic pentru grupul experimental 2

Exercitiul 1. Exerciții de echilibru prin menținerea poziției ortostatice pe platforma Core-Tex.

Exercitiul 2. Exerciții de echilibru prin menținerea poziției ortostatice pe platforma Core-Tex și folosirea simultană a mâinilor.

3.11 Concluzii

Studiul 1

Acest studiu a arătat în ce mod comorbiditățile diabetului zaharat tip 2 poate influența, distribuția presiunilor plantare. Printr-o abordare comparativă a presiunilor la nivel plantar în funcție de prezența anumitor comorbidități precum hipertensiune arterială, dislipidemia, polineuropatia diabetică.

Rezultatele studiului arată că bărbații au prezentat o masă musculară semnificativ mai mare, în timp ce femeile au avut o masă de grăsime crescută. Sprijinul pe suprafețe instabile sau cu ochii închiși prin lipsa inputului senzorial (vizual și proprioceptiv) au influențat aria descrisă de CoM.

Postura de semiflexie este solicitantă din punct de vedere biomecanic dar nu a generat o mișcare a CoM pe o arie mai mare cum s-a întâmplat în cazul evaluării pacienților cu DZ tip 2 în absența informațiilor senzoriale.

Activitățile zilnice ale pacienților din mediul rural desfășurate în condiții variate de mediu permite o adaptare la factori destabilizatori și astfel la o reducere a riscului de cădere.

Distribuția greutății corporale pe suprafața plantară în timpul mersului s-a realizat prin analiza presiunilor plantare care a permis să diferențiem, în funcție de comorbidități, zonele de presiune maximă. Pacienți cu Hipertensiunea arterială nu au prezentat diferențe semnificative din punct de vedere statistic în cea ce privește presiunile plantare pe anumite zone ale piciorului. În schimb pacienții cu comorbiditatea hipercolesterolemie au prezentat o presiune crescută pe zona medială a călcâiului și în regiunea metatarsiană a piciorului stâng.

Pacienții cu polineuropatie diabetică au prezentat o distribuire a greutății corporale către haluce, pacienții cu cardiopatie ischemică au avut o suprasolicitare a zonei metatarsiene M1 și M2. Analiza non-parametrică a datelor rezultate din evaluarea mersului pe placa de baropodometrie arată schimbări ale distribuției greutății în funcție de aceste comorbidități.

Aceste informații ne arată importanța abordării personalizate a procesului de reabilitare a pacientului cu diabet zaharat tip 2.

Programele de kinetoterapie care au ca scop dezvoltarea echilibrului prin control neuromuscular trebuie să fie completate prin strategii care să mențină mobilitatea funcțională și să prevină complicațiile tisulare (ulcere plantare).

Studiul 2

Eficiența unui program de exerciții proprioceptive au fost analizat prin analiza modificărilor în mișcarea centrului de masă (CoM). În urma rezultatelor grupul experimental

împreună cu grupul de control au obținut modificări semnificative între cele două evaluări. De aici putem trage concluzia că activitățile zilnice au un impact favorabil asupra echilibrului pacienților din mediul rural, comparabil cu un program de exerciții.

Aceste rezultate indică adaptarea pe viitor a programelor de intervenție prin schimbarea duratei, complexității și frecvenței exercițiilor.

Utilizarea unor platforme instabile combinate cu exerciții care combină stimulii vizuali pot crește eficiența programelor de kinetoterapie.

Adaptarea exercițiilor în funcție de nivelul funcțional al pacientului, înțelegerea contextului de viață, a factorilor comportamentali sunt necesare pentru a îmbunătăți controlul asupra CoM al corpului.

Studiul 3

Analiza efectelor programului de antrenament proprioceptiv cu dublă comandă, asupra ariei descrise de CoM permite observarea îmbunătățirilor care au apărut la bărbații și femeile din grupul experimental 1 mai ales în timpul evaluării echilibrului cu ochii închiși. Eficiența intervenției a fost susținută de rezultatele obținute în urma testelor non – parametrice Wilcoxon și Kruskal-Wallis asupra parametrilor analizați.

Grupul experimental 2 nu a realizat schimbări relevante din punct de vedere statistic a parametrilor analizați și datorită faptului că antrenamentul pe placa Core-tex a fost realizat cu ochii deschiși. Controlul postural s-a realizat în principal pe informații vizuale ceea ce limitat utilizarea informațiilor proprioceptive.

Diferențele inițiale între grupuri arată că pacienții din grupul de control a avut valori bune ale parametrilor evaluați încă de la începutul studiului și au reușit să le mențină fără un antrenament structurat.

Parametrul compus de forță (Dr_MComp_Forța și Stg_MComp_Forța) au evidențiat adaptări diferențiate în funcție de condițiile de testare și grupul de apartenență. Scăderea valorilor acestui parametru pe zona metatarsiană la unele participante poate semnala fie o greutate, fie o suprasolicitare a membrului dominant.

Eficiența antrenamentului reactiv, realizat de grupul experimental 2, este condiționată de modul de implementarea a exercițiilor (cu sau fără input vizual) precum și de nivelul inițial de activitate al pacienților.

CONCLUZIE GENERALĂ

Cele trei studii incluse în această cercetare evidențiază faptul că mișcarea CoM la pacienții cu DZ tip 2 este influențată de gen, comorbidități, de contextul activităților zilnice și de tipul intervenției terapeutice implementate.

Măsurarea mișcării CoM, a presiunilor plantare, a forțelor exercitate în timpul realizării poziției de simiflexie au permis o înțelegere a modului în care pacienții răspund la sarcini motorii complexe și limitări senzoriale permițând realizarea unor programe de intervenție personalizate.

Originalitatea acestor studii constau într-o evaluare funcțională complexă a mișcării CoM în poziții cu model biomecanic diferit de testul Romberg clasic, care permit evaluarea indirectă a forței musculare necesare menținerii fixe a poziției de semiflexie a picioarelor.

Un alt aspect original este evaluarea presiunilor plantare pentru fiecare tip de comorbiditate existentă la pacientul cu DZ tip 2. Această evaluare personalizată permite analiza tiparelor posturale pe care pacienții le formează în timp și pot ajuta la stabilirea planului de intervenție optim necesar tratamentului piciorul diabetic.

Acest studiu a permis, prin analiza datelor, evidențierea duratei de încărcare a zonelor plantare suprasolicitate din timpul mersului prin măsurarea timpului de contact a fiecărei zone a piciorului cu solul. Acest model de analiză împreună cu date din analiza cinetică și cinematică pot oferi informații valoroase legate de biomecanica piciorului în timpul mersului.

Prin implementarea programelor de intervenție a acestor studii am observat importanța abordării mai multor tipuri de intervenție complementare deoarece nici un program nu se dovedește a fi superior față de celălalt, în schimb fiecare program poate oferi beneficii în funcție de situația fiecărui pacient.

Pentru prevenirea căderilor s-au arătat eficiente activitățile zilnice realizate în medii variate, antrenamentul proprioceptiv cu sarcină dublă realizat pe suprafețe instabile și rămâne de analizat efectele antrenamentului reactiv pe placa Core-Tex realizat cu ochii închiși.

Rezultatele obținute în aceste studii contribuie la realizarea unor intervenții centrate pe nevoile și particularitățile pacientului cu DZ tip 2.

BIBLIOGRAFIE

- Ackerley, R., & Samain-Aupic, L. (2022). Passive proprioceptive training alters the sensitivity of muscle spindles to imposed movements. *eNeuro*, 9(1), 0249-21. <https://doi.org/10.1523/ENEURO.0249-21.2021>
- Agostini, V., Chiaramello, E., & Knaflitz, M. (2013). Circular components in center of pressure signals. *Motor Control*, 17, 355-369. <https://doi.org/10.1123/mcj.17.4.355>
- Ahmad, I., Shalini, V., Noohu, M. M., Shareef, M. Y., & Ejaz, H. (2020). Sensorimotor and gait training improves proprioception, nerve function, and muscular activation in patients with diabetic peripheral neuropathy: A randomized control trial. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 20(2), 234-238.
- Ahmad, I., Noohu, M. M., Verma, S., Singla, D., & Hussain, M. E. (2019). Effect of sensorimotor training on balance measures and proprioception among middle and older age adults with diabetic peripheral neuropathy. *Gait & Posture*, 74, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.08.018>
- Akin, H., Senel, A., Taskiran, H., & Mutlu, E. K. (2021). Do motor-cognitive and motor–motor dual task training effect differently balance performance in older adults? *European Geriatric Medicine*, 12, 371–378. <https://doi.org/10.1007/s41999-020-00434-8>
- Amat-Martínez, A., Hita-Contreras, F., Lomas-Vega, R., Caballero-Martínez, I., Alvarez, P. J., & Martínez-López, E. (2013). Effects of 12-week proprioception training program on postural stability, gait, and balance in older adults: A controlled clinical trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(8), 2180-2188. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31827da35f>
- Amemiya, A., Noguchi, H., Oe, M., Ohashi, Y., Ueki, K., Kadowaki, T., Mori, T., & Sanada, H. (2014). Elevated plantar pressure in diabetic patients and its relationship with their gait features. *Gait & Posture*, 40(4), 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.05.063>
- Anandh, S., Varadharajulu, G., Alate, M. M., & Mane, D. A. (2021). *Effect of dual task training on balance and gait over regular and diversified land surfaces in independent elderly*. *International Journal of Current Research and Review*. <http://dx.doi.org/10.31782/IJCRR.2021.13113>

- Armstrong, D. G., Boulton, A. J. M., & Bus, S. A. (2017). Diabetic foot ulcers and their recurrence. *New England Journal of Medicine*, 376(24), 2367–2375. <https://doi.org/10.1056/NEJMra1615439>
- Barzideh, A., Marzolini, S., Danells, C., et al. (2020). Effect of reactive balance training on physical fitness poststroke: Study protocol for a randomised non-inferiority trial. *BMJ Open*, 10, e035740. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-035740>
- Barry, E., Galvin, R., Keogh, C., Horgan, F., & Fahey, T. (2014). Is the Timed Up and Go test a useful predictor of risk of falls in community-dwelling older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2318-14-14>
- Brognara, L., Sempere-Bigorra, M., Mazzotti, A., Artioli, E., Julián-Rochina, I., & Cauli, O. (2023). Wearable sensors-based postural analysis and fall risk assessment among patients with diabetic foot neuropathy. *Journal of Tissue Viability*, 32(4), 516-526. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2023.10.002>
- Boulton, A. J. M., Armstrong, D. G., Albert, S. F., Frykberg, R. G., Hellman, R., Kirkman, M. S., & Wukich, D. K. (2008). Comprehensive foot examination and risk assessment: A report of the task force of the foot care interest group of the American Diabetes Association. *Diabetes Care*, 31(8), 1679–1685. <https://doi.org/10.2337/dc08-9021>
- Bus, S. A., Lavery, L. A., Monteiro-Soares, M., Rasmussen, A., Raspovic, A., Sacco, I. C., & van Netten, J. J. (2019). Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2019 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 36(S1), e3269. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3269>
- Campolettano, E. T., Madigan, M. L., & Rowson, S. (2020). Reliability of center of pressure-based measures during dual-task postural control testing in a youth population. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(16), 1036. <https://doi.org/10.26603/ijsp20201036>
- Chau, R. M. W., Ng, T. W. H., Kwan, R. L. C., Choi, C. H., & Cheing, G. (2013). Risk of fall for people with diabetes. *Disability and Rehabilitation*, 35, 1975-1980.

- Chebel, E., & Tunc, B. (2021). Deep neural network approach for estimating the three-dimensional human center of mass using joint angles. *Journal of Biomechanics*, 126, 110648. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110648>
- Chen, S. M., Shen, F. C., Chen, J. F., Chang, W. D., & Chang, N. J. (2019). Effects of resistance exercise on glycated hemoglobin and functional performance in older patients with comorbid diabetes mellitus and knee osteoarthritis: A randomized trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), 224. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010224>
- Cicchella, A. (2020). Development of the biomechanical technologies for the modeling of major segments of the human body: Linking the past with the present. *Biology (Basel)*, 9(11), 399. <https://doi.org/10.3390/biology9110399>
- Comfort, P., & Kasim, P. (2007). Optimizing squat technique. *Strength and Conditioning Journal*, 29(6), 10-13. <https://doi.org/10.1519/00126548-200712000-00001>
- Degache, F., et al. (2007). Enhancement of isokinetic muscle strength with a combined training programme in chronic heart failure. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27, 225-230. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.2007.00741.x>
- Demirchyan, G. I., Mkrtchyan, H., & Petrosyan, T. (2025). Tai Chi exercises with multi-parameter balance feedback enhance recovery in athletes after orthopedic injuries: A case study. DOI:10.7752/jpes.2025.01001
- Donath, L., et al. (2012). Comparison of COP path length evaluation between two devices. *Gait & Posture*, 36, 439-443. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.04.001>
- Epuran, M. (2002). *Motricitate și psihism: Fascicula 2. Psihomotricitatea*. Facultatea de Educație Fizică și Sport
- Espejo-Antúnez, L., Pérez-Mármol, J.M., Cardero-Durán, M.L.A., Toledo-Marhuenda, J.V., Albornoz-Cabello, M., (2020). The Effect of Proprioceptive Exercises on Balance and Physical Function in Institutionalized Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 101(10):1780-1788. doi: 10.1016/j.apmr.2020.06.010

- Ewan, T., Battaglia, G., Patti, A., Brusa, J., Leonardi, V., Palma, A., Bellafiore, M., (2019). Physical activity programs for balance and fall prevention in elderly A systematic review. *Medicine*, 98:27. DOI: 10.1097/MD.00000000000016218
- Fernando, M., Crowther, R., Lazzarini, P., Sangla, K., Cunningham, M., Buttner, P., & Golledge, J. (2013). A systematic review and meta-analysis of findings from the gait cycle, muscle activity and dynamic barefoot plantar pressure. *Clinical Biomechanics*, 28(8), 831–845. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2013.08.004>
- Freitas, S. M. S. F., & Duarte, M. (2011). Joint coordination in young and older adults during quiet stance: Effect of visual feedback of the center of pressure. *Gait & Posture*, 35, 83-87. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2011.08.011>
- Freire, L. B., Brasil-Neto, J. P., da Silva, M. L., Miranda, M. G. C., Cruz, L. M., Martins, W. R., & da Silva Paz, L. (2024). Risk factors for falls in older adults with diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatr*, 24. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04668-0>
- Frykberg, R. G., Zgonis, T., Armstrong, D. G., Driver, V. R., Giurini, J. M., Kravitz, S. R., ... & Vanore, J. V. (2006). Diabetic foot disorders: A clinical practice guideline (2006 revision). *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 45(5 Suppl), S1–S66. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2006.07.001>