



Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași
Facultatea de Inginerie Electrică, Energetică și Informatică Aplicată

**CONTRIBUȚII ÎN DOMENIUL METODELOR DE
INVESTIGARE A MUȘCHILOR CU DINAMICĂ REDUSĂ
REZUMAT**

Coordonator:

Prof.Dr.Ing. Marian-Silviu Poboroniuc

Student doctorand:

Avădănei Alina Roxana(căs.Miron)

2025

CONTRIBUȚII ÎN DOMENIUL METODELOR DE INVESTIGARE A MUȘCHILOR CU DINAMICĂ REDUSĂ

Alina-Roxana Avădănei (căs. Miron)

Domeniul: Inginerie Electrică

Președinte comisie doctorat:

Prof.Univ.Dr.Ing. Gheorghe GRIGORAȘ

Conducător de doctorat:

Prof.Univ.Dr.Ing.Marian-Silviu POBORONIUC

Referenți oficiali:

Prof. Univ. Dr. Ing. Nirvana Alina POPESCU

Prof. Univ. Dr. Ing. Anca GALACTION

Prof. Univ. Dr. Ing. Cristian-Győző HABA

Comisia de îndrumare:

Prof.Univ.Dr.Ing. Dorin- Dumitru Lucache

Conf.Univ.Dr.Ing. Dănut-Constantin Irimia

Conf.Univ.Dr.Bioing. Călin-Petru Corciovă

S.L.Univ. Dr.Ing. Alina-Georgiana Baci

CUPRINS

CAPITOLUL I CONTEXTUL TEORETIC ȘI FUNDAMENTAREA CERCETĂRII

I.1.INTRODUCERE

I.2.JUSTIFICAREA ALEGERII TEMEI

I.3.SCOPUL, OBIECTIVELE LUCRĂRII ȘI METODOLOGIA GENERALĂ

I.4.STRUCTURA LUCRĂRII

CAPITOLUL II REZULTATELE AMBIANȚEI INTERDISCIPLINARE

II.1.ORITIZAREA ÎN RECUPERAREA MEDICALĂ

II.2.MODELEACTUALE DE COLABORARE INTERDISCIPLINARĂ ÎN CREAREA DE DISPOZITIVE

CAPITOLUL III PREMISE ANATOMICE ȘI BIOMECANICE PENTRU CUANTIFICAREA FORȚEI MUSCULARE A PLANȘEULUI PELVIN

III.1.CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND PLANȘEUL PELVIN

III.2. ANATOMIA PLANȘEULUI PELVIN

III.3.ROLUL PLANȘEULUI PELVIN

III.4. PATOLOGIA ASOCIATĂ DISFUNȚIEI MUSCULATURII PLANȘEULUI PELVIN

III.5.Biomecanica și modelarea planșeului pelvin

CAPITOLUL IV METODE CLINICE SAU INSTRUMENTALE DE EVALUARE A MUSCULATURII PLANȘEULUI PELVIN

III.1. METODE CLINICE TRADIȚIONALE DE EVALUARE

III.2.EVALUARE INSTUMENTALĂ

III.3.LIMITĂRI ȘI PROVOCĂRI ALE METODELOR ACTUALE

CAPITOLUL V CONCEPEREA, DEZVOLTAREA ȘI TESTAREA NOULUI DISPOZITIV DE EVALUARE

V.1.PRINCIPII ȘI NOI REALIZĂRI ALE DISPOZITIVELOR DE EVALUARE

V.2. ETAPELE DEZVOLTĂRII

V.3 DESCRIEREA PROTOTIPURILOR ȘI TESTAREA ACESTORA

V.4. REZULTATE OBTINUTE ÎN IMPLEMENTARE

CAPITOLUL VI CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI
PERSPECTIVE VIITOARE

VI.1. CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE VIITOARE

VI.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE

VI.3. PERSPECTIVE VIITOARE

VI.4. VALORIFICAREA REZULATATELOR

BIBLIOGRAFIE

ANEXE

ANEXA1: COD SURSĂ PYTHON

ANEXA2: GLOSAR DE TERMENI MEDICALI

CAPITOLUL I

CONTEXTUL TEORETIC ȘI FUNDAMENTAREA CERCETĂRII

I.1.INTRODUCERE

În ultimele decenii, dezvoltarea tehnologică a adus transformări și în domeniul medical. Noile tehnologii sunt folosite în domeniul profilaxiei medicale, diagnosticare, monitorizare, până la tratamente adaptate individului.

Proiectarea unui dispozitiv medical presupune un efort modern, interdisciplinar, care poate implica inginerie, informatică, fiziologie umană, astfel ca produsul final să poată fi validat clinic, procesul respectând reglementările internaționale.

Recuperarea medicală se axează pe segmentele corpului vizibile, cum ar fi membrele inferioare și superioare, datorită rolului lor central în activitățile zilnice și impactul unui deficit al acestor segmente, cu implicații individuale și sociale [1], [2]. Tehnologii de ultimă generație precum exoscheletele, sisteme electromiografice, dispozitive cu realitate virtuală au deschis noi perspective în reeducarea fizică a pacienților.

O zonă mai puțin abordată este musculatura planșeului pelvin, arie dificil de evaluat și antrenat. Musculatura planșeului pelvin este greu de abordat din cauza localizării sale profunde și din lipsa existenței unei metode obiective de evaluare, neinvazivă și reproductibilă.

În această lucrare se propune dezvoltarea unui dispozitiv creat pentru evaluarea forței musculaturii planșeului pelvin și poate chiar pentru îmbunătățirea programului de exerciții. Componentele dispozitivului se doresc a fi accesibile, atât financiar cât și prin utilizarea lor frecventă în domeniul medical.

I.2.JUSTIFICAREA ALEGERII TEMEI

Kinetoterapia este o disciplină, cu rădăcini încă din antichitatea, ajunsă în stadiul evidence based practice în zilele noastre. De la metodele de tratament până la evaluarea funcțională au fost influențate de dezvoltarea mai multor arii de inginerie, mecanică, electrică, IT etc. Accentul a fost pus pe recuperarea deficiențelor cu un impact imediat asupra activităților zilnice, autoservire, deplasare, reintegrare socială. Dar toate acestea nu ar fi complete, fără controlul sfincterian. O recuperare a membrului inferior sau superior, o reluare a unui job este imposibil de realizat fără integrarea componentei neuro-uro-genitale. Patologia acestei zone cât și lipsa de tratare a acestora, pot crea complicații importante a diagnosticului conex. Din pudoare sau din neglijență, atât medicii cât și pacienții au tendința de a ignora procesul de recuperare a planșeuului pelvin.

S-a dorit rezolvarea acestor limitări în recuperarea planșeului pelvin. S-a considerat că o metodă de evaluare a mușchilor planșeului pelvin ar putea ajuta la o intervenție precoce, orientând pacientul în identificarea zonei și poate, la o mai bună recuperare prin exercițiu fizic.

.3. SCOPUL, OBIECTIVELE LUCRĂRII ȘI METODOLOGIA GENERALĂ

Scopul lucrării este dezvoltarea unui dispozitiv pentru evaluarea forței musculaturii planșeului pelvin. Proiectarea, dezvoltarea și testarea dispozitivului se desfășoară în condiții de laborator. Acest sistem este unul accesibil și obiectiv, cu potențial de aplicabilitate clinică în sfera reabilitării uroginecologice.

Obiectivele lucrării sunt reprezentate de **alegerea și testarea componentelor tehnice ale dispozitivului, asamblarea prototipului de laborator, calibrarea și testarea prototipului.**

Metodologia utilizată este descrisă succint în următoarea enumerare:

- Documentarea teoretică
- Conceperea și proiectarea prototipului
- Testarea de laborator

I.4. STRUCTURA LUCRĂRII

Lucrarea este structurată în șase capitole, respectând firul logic în crearea și dezvoltarea cercetării, argumentând alegerea temei, prezentarea etapelor din cercetare și în final prezenarea rezultatelor cu perspective de valorificare a dispozitivului.

CAPITOLUL II

REZULTATELE AMBIANȚEI INTERDISCIPLINARE

II.2.PRIORITIZAREA ÎN RECUPERAREA MEDICALĂ

Activând în domeniul recuperării medicale și fiind contemporană cu beneficiile aduse de tehnologie, am decis urmarea studiilor doctorale într-o echipă multidisciplinară. Fizioterapeuți și ingineri din diverse specialități își aduc aportul pentru dezvoltarea dispozitivelor folosite în medicină.

Primele proiecte la care am contribuit au fost cele de îmbunătățire a unor sisteme de reabilitare și evaluare a membrului superior.

II.2. MODELE ACTUALE DE COLABORARE INTERDISCIPLINATĂ ÎN CREAREA DE DISPOZITIVE

În cadrul Universității Tehnice Gheorghe Asachi din Iași studenților li se oferă posibilitatea studierii controlului motor biomecanic și a interfețelor creier-calculator, atât în cadrul masterelor dar și în cadrul studiilor doctorale. Colaborarea Universității Tehnice cu Spitalul de Recuperare din Iași a încheiat și susținut dezvoltarea proiectelor în echipe interdisciplinare [3].

Pe parcursul anilor de studii doctorale, unul din sistemele testate clinic, a fost reprezentat de MANUTEX, în diverse stadii de inovare și updatare a acestuia. Sistemul a fost conceput pentru programe de reabilitare a mâinii în urma accidentului vascular cerebral, fiind folosit și ca instrumente de evaluare.

Un alt dispozitiv cuprins în testările noastre clinice a fost reprezentat de Grip Force Tracking System (GFTSN) . Sistemul este o versiune modernizată, compatibil cu noile sisteme de operare, cu interfață LabView și transmisie wireless , folosit în mediul clinic pentru evaluarea și antrenamentului forței și coordonării membrului superior [4], [5].

Ca urmare a acestor colaborări am fost coautor în trei articole Web of Science, răsplătite cu premii la saloanele și expozițiile de specialitate.

CAPITOLUL III

PREMISE ANATOMICE ȘI BIOMECHANICE PENTRU CUANTIFICAREA FORȚEI MUSCULARE A PLANȘEI PELVINE

III.1. CONSIDERAȚII GENERALE PRIVIND PLANȘEA PELVINĂ

Dacă dispozitivele create pentru grupele musculare cu o dinamică evidentă , iau în calcul unghiuri articulare și deplasarea unor repere în spațiu, când vine vorba despre planșea pelvină lucrurile sunt puțin mai delicate. Această structură de mușchi și ligamente are roluri importante în susținerea organelor pelvine, funcționarea sfincterelor, stabilitatea corpului, circulație veno-limfatică și funcție sexuală. Orice abatere de la normal a acestor structuri poate duce la apariția unor pataologii în sfera uro-genitală în cazul ambelor sexe.

III.2. ANATOMIA PLANȘEI PELVINE

Prezentarea datelor anatomice este mai ușor de înțeles începând de la nivelul scheletului, care ne ghidează și în denumirea mușchilor țintă. **Bazinul (pelvisul)** este alcătuit din sacrum, cocis și 2 oase coxale.

Musculatura planșeului pelvin este componenta voluntară și controlabilă a acestei structuri. Dintre stucturile musculare cele mai importante putem numi mușchiul **levator ani**, alcătuit din trei straturi musculare, cu mușchi perechi: **pubococcigianul, puborectalul și iliococcigianul**. Denumirea lor este dată de locul de inserție la nivelul bazinului osos [6] .

De menționat sunt și organele pelvine (**vezica urinară, vaginul și rectul**), ele aflându-se sub directă coordonare a mușchilor pelvini. Fasciile au rolul de a întări și de a susține organele interne, pe când ligamentele le ancorează pentru a facilita acțiunea musculară. Mușchii sunt cei care dau forma și forța acestor organe.

Distribuirea musculară descrisă mai sus este aceeași pentru ambele sexe, diferența este reprezentată de lipsa uterului și vaginului la sexul masculin. La bărbați găsim descrierea conținutului de sac Douglas. Poziția, orientarea fibrelor, funcțiile de susținere și fiziologia diferită duce la o patologie mai frecventă la femei decât la bărbați.

Uretra este unul din canalele care străbate planșeul pelvin cu importanță pentru acest studiu.

III.3. ROLUL PLANȘEULUI PELVIN

1. **Susținerea organelor pelvine** (vezica urinară, rectul și anusul —la femei: uterul și vaginul, iar la bărbați prostata);
2. **Control sfinterian** de conținere sau golire a vezicii urinare sau a intestinului;
3. **Stabilizează** bazinul, umerii și zona lombară
4. **Sexuală/sarcină și naștere**

III.4. PATOLOGIA ASOCIATĂ DISFUNCTIEI MUSCULATURII PLANȘEULUI PELVIN

-**Incontinența urinară** sau pierderile involuntare de urină.

- **Poliachiuria**, urinarea frecventă.

- **Nicturia** este o problemă a vezicii urinare definită ca necesitatea de a urina mai mult de două ori pe noapte.

- **Retenția de urină** este un fenomen care apare frecvent fie ca lezare a căilor nervoase din plexul lombosacrat, dar și postchirurgical.

La nivel intestinal apare problemele de evacuare ale acestuia. Poate fi dificultate în evacuare sau **constipația**, fie pierderi involuntare de fecale sau **incontinența fecală**.

O patologie destul de frecventă este reprezentată de **prolaps**. În cazul bărbaților se poate manifesta **hernia inghinală**, cu un impact asemănător cu prolapsul.

III.5. BIOMECANICA ȘI MODELAREA PLANȘULUI PELVIN

Biomecanica zonei a făcut ca urologia, chirurgia și fizioterapia să se bazeze pe **teoria integrală**, conform căreia *restabilirea formei (structurii) duce la refacerea funcției* [9]. Mușchii planșului pelvian susțin organele interne tensionându-le în sens opus față de structurile ligamentare, conferindu-le formă, căpătând aspectul unui *pod suspendat* [7], [8], [9], [10].

O componentă importantă este mușchiul scheletic care este sub controlul voluntar al sistemului nervos și prin urmare poate fi antrenat ca oricare mușchi scheletic. Randamentul contracției musculare se supune **legii lui Gordon** care stabilește că eficiența musculară maximă apare doar pe distanță scurtă a sarcomerelor [7], [8], [9].

Randamentul contracției musculare se supune **legii lui Gordon** care stabilește că eficiența musculară maximă apare doar pe distanță scurtă a sarcomerelor [7], [8], [9]. Canalele uretral și anal nu se mai închid, apare astfel incontinența sau nu mai pot fi deschise, descriind tulburările de golire, retenție urinară sau constipație, conform vectorilor musculari.

Mușchiul este o structură organică care convertește energia dinamică derivată din alimente în energie fizică (forță), devenind astfel motorul mișcării [11]. . Dacă discutăm despre modelarea mușchiului scheletic, acesta este descris de la originea sa proximală la inserția distală, porțiuni care poartă numele de *corp muscular* [12]. **Teoria legăturilor (punților) transversale** (crossbridge) este folosită pentru explicarea contracției și a legăturilor forță, lungime, viteză. Se poate considera ca lege **forța variază cu variația de lungime a mușchiului**.

Mușchiul nu este format exclusiv din fibre musculare, are o componentă matricială conjunctivă (endomysium, perimysium, epimysium, tendon) cât și o componentă citoscheletică (filamente intermediare, titin, nebulin). Aceste componente au un **comportament de material elastic**. Toate elementele descrise mai sus sunt importante în modelarea musculaturii scheletice și poate fi utilizată și în modelarea musculaturii planșului pelvian.

Există trei categorii de modele musculare care pot simula forța musculară: **modelul biochimic** (ciclul punților transversale= crossbridge, glisarea fibrelor de actină și miozină), **model constitutiv** și **modelul fiziologic Hill** [12]. **Modelul Coss-Bridge** dezvoltat de **Huxley** are drept scop **determinarea forței în urma reacției chimice din ciclul punților transverse**.

Modelul Hill poate fi utilizat în calcularea forței musculare dacă lungimea mușchiului viteza și viteza de contracție sunt cunoscute.

Modelele teoriei elementelor finite sunt modele matematice, care se bazează pe soluții computerizate, pentru găsirea unor soluții cât mai reale, prin rezolvarea unei succesiuni de ecuații.

Modelele constitutive sunt cele mai numeroase și utilizate în modelarea musculaturii planșeului pelvian. Țesuturile moi ale corpului uman au un **comportament nelinier** din punct de vedere mecanic, iar elementele lor pasive sunt descrise prin **relații constitutive hiperelastice neliniare sau vâscoelastice** [13].

Unul din **modelele hiperelastice** este **modelul Humphrey**, model gândit pentru deformarea pasivă a țesutului cardiac. Ronald Rivlin și Melvin Mooney au dezvoltat primele modele hiperelastice, solidele **Neo Hooke** și **Mooney Rivlen**. Modelul a fost propus de Melvin Mooney în 1940 și definitivat în 1948 de Ronald Rivlin.

Un alt model, întâlnit în articolele care dezbate tema modelării țesutului muscular, este **modelul hiperelatic Yeoh**. Modelul se bazează pe observațiile lui Ronald Rivlin, care descrie proprietățile materialelor elastice sub forma funcției de densitate a energiei de deformare. [14], [15].

Achiziția imaginilor RMN ajută la constituirea **modelelor Geometrice**. Aceste modele oferă date și repere pentru aplicarea modelării cu metoda elementelor finite sau pentru expresiile matematice.

Modelarea este o simplificare conceptuală care nu surprinde variațiile individuale. Din păcate accesul la baze de date cu pacienți, care să ne ofere acordul folosirii investigațiilor lor imagistice ar fi fost imposibil, motiv pentru care ideea modelării individuale a fost abandonată.

CAPITOLUL IV

METODE CLINICE SAU INSTRUMENTALE DE EVALUARE A MUSCULATURII PLANȘEULUI PELVIN

IV.1.METODE CLINICE TRADIȚIONALE DE EVALUARE

Testarea manuală a forței musculaturii planșeului pelvin, se realizează prin tușeu vaginal la femei și anal la bărbați, fiind exprimată cu ajutorul Scalei Oxford [16]. Aceasta cuprinde 6 nivele de forță musculară

0 = nici o contracție

1 = ușoară fasciculație

2 = contracție slabă

3 = contracție moderată (cu ridicare)

4 = contracție bună (cu ridicare)

5 = contracție puternică (cu ridicare)

Testarea manuală nu oferă informații despre tonusul muscular sau capacitatea sa de a se relaxa. Deși este simplă și cu un cost redus, subiectivismul metodei nu o recomandă a fi potrivită pentru un studiu științific.

Manometria folosită pentru evaluarea planșeului pelvin nu are susținere documentară despre acuratețe, fiabilitate și precizia măsurătorilor.

Primele atestări de folosire a testării manuale au fost ale lui Kegel, care însă folosea tușeul pentru a face mai ușoară identificarea zonei și pentru corectitudinea contracției voluntare.

Pe parcurs tot el a dezvoltat primul dispozitiv de evaluare a planșeului pelvin numit **perineometru**, având la bază un manometru pentru înregistrarea variațiilor de presiune create de contracția musculară [17]. Termenul de perineometru nu a fost acceptat, deoarece plasarea se face la nivelul mușchiului levator ani și nu în perineu.

Dinamometria, Sampselle et al. [18] au fost primii care au utilizat un dinamometru conceput sub forma unui specul, capabil să măsoare direct forța musculară anteroposterioară, exprimată în Newtoni (N). Un model dezvoltat de Dumoulin et al. [19] era alcătuit din două brațe paralele din aluminiu – unul fix și unul reglabil în funcție de diametrul vaginului – conectate la un computer pentru înregistrarea datelor [39]. Forța măsurată varia între 0 și 15 N, cu cea mai mare acuratețe la o deschidere a brațelor de 1 cm.

Conurile intravaginale (greutățile intravaginale), concepute în anul 1985 de Plivnik [20], ca instrumente de evaluare și antrenament al planșeului pelvin. Setul inițial cuprindea 9 conuri de aceeași dimensiune dar de greutăți diferite între 20 și 100g, pe când cele moderne conțin 3 sau 5 conuri de dimensiuni și greutăți variate.

Dispozitivul Kolpexin îmbină principiile dinamometriei și conurile intravaginale [21]. Este alcătuit dintr-o sferă intravaginală Kolpexin (diametru 28–44 mm) conectată printr-un fir la un manometru digital portabil Dillon 500 N. Metoda rămâne puțin utilizată, necesitând studii suplimentare, la fel cu celelalte metode prezentate în acest capitol.

Electromiografie (EMG) măsoară activitatea electrică a mușchilor scheletici și funcționalitatea neuronilor motori. Deși oferă date obiective, EMG-ul nu este recomandat ca metodă unică de evaluare a forței musculare din cauza răspunsului nonlinear al mușchilor [22].

Ecografia și Rezonanța Magnetică Nucleară (RMN)

Ecografia este una dintre cele mai uzuale metode de investigare a sferei urogenitale. Planșeul pelvin poate fi investigat ecografic cu soned convexe (3,5–5 MHz), intravaginale sau intraanale, cu abordare suprapubian sau perineală [23].

RMN-ul caldic sau dinamic, permite analiza structurii și funcției planșeului pelvin. Oferă date care pot fi măsurate și apoi folosite în crearea unor modele sau apersonalizării unui tratament. Deși nu măsoară direct forța musculară, RMN-ul și ecografia sunt esențiale în evaluarea integrității anatomice și a dinamicii planșeului pelvin.

IV.2. EVALUARE INSTRUMENTALĂ

Peritron 9300A (Laborie, Canada), păstrează la bază manometria, fiind un dispozitiv folosit în studii de evaluare pentru bărbați. În componența sa intră o sondă intraanală protejată de un balon de cauciuc, conectată printrul tub Luer la un ecran digital. Măsurătorile sunt exprimate în cm H₂O, cu o eroare maximă de 0,7 cm H₂O [24].

Odată cu progresul tehnologic au fost create sonde capabile să măsoare presiunile din mai multe direcții de acțiune. Un exemplu de o asemenea sondă se găsește descris în articolul lui Salem C. et al. [25]. Componenta principal este sonda intravaginală cu 8 senzori de presiune, distribuiți pe patru fațete octagonale. Fiecare senzor este acoperit de un strat de silicon pentru o mai bună acuratețe. Acest tip de sondă permite culegerea datelor din mai multe zone de acțiune a musculaturii pelvine, cu o medie orientativă mai precisă. Este compatibilă cu investigația RMN, care permite verificarea poziționării corecte a sondei. Diametrul cilindrului este de 35mm la exterior și 22 mm la interior, locul unde sunt conectate cablurile senzorilor. Se termină cu un mâner care permite manevrarea sondei intravaginale.

Egorov V. et al. [26] au dezvoltat Vaginal Tactile Imager, un system de cartografiere a planșeului pelvin, cu un comporatment similar testării manuale, oferind și informații despre tonusul acestor mușchi.

Bazându-se pe tehnologia EMG, MAPLe (Multiple Array Probe Leiden) descris de Voorham-van der Zalm P. et al. [27], are încorporați 24 de electrozi, dispuși pe 6 nivele, compatibil ambelor sexe pentru explorarea musculaturii pelvine. O poziționare corectă a sondei este necesară de aceea este prevăzută cu repere care să ajute terapeutul la poziționarea ei în adâncime sau orientarea electrozilor, poziționare care poate fi verificată RMN sau ecografic.

John Perry aduce în fața Societății de biofeedback din Anglia, în anul 1968 primul electromiograf pelvin. Atât Perry cât și Kegel au avut o viziune modernă asupra reeducării planșeului pelvin, antrenamentul zilnic în confortul locuinței proprii [49]. Datorită evoluției

tehnologice, bazându-se pe același principiu au fost dezvoltate o serie de dispozitive folosite pentru evaluare și pentru antrenament de tip biofeedback.

Manometria anorectală este o metodă de evaluare a sfînceterului anal și a rectului, utilizat în proctologie, neurologie și alte patologii din sfera planșeului pelvin. Cu ajutorul a cewstei tehnici este determinată capacitatea de contracție-relaxare a sfînceterului și planșeului pelvin, dar și a reflexivității anale.

Evoluția tehnologică a metodei a fost semnificativă. Inițial relizată cu ajutorul cateterelor de tip Foley, care permiteau folosirea a unul sau mai multe canale de măsurare. Puteau oferi informații despre presiunea anală și rectală dar cu o rezoluție limitată. Ulterior cateterele Foley au fost înlocuite de cateterele solide, cu senzori de presiune încorporați, care a crescut acuratețea măsurătorii [28]. În prezent, sondele rigide sunt prevăzute cu senzori miniaturali de înaltă sensibilitate, capabili să înregistreze presiuni din sute de puncte de la nivelul canalului anorectal.

IV.3. LIMITĂRI ȘI PROVOCĂRI ALE METODELOR ACTUALE

Metodele clinice de evaluare a planșeului pelvin sunt folosite de foarte mult timp și rămân instrumente valoroase de investigare, doar că prezintă limite și cerințe care pot scădea aderența pacienților la terapii specifice.

Testarea manuală (tușeul vaginal/anal, evaluarea vizuală externă, Scala Oxford modificată, chestionare și jurnale specifice)

Electromiografia (EMG) poate fi ralizat cu electrozi de suprafață, interni sau aciformi.

Ecografia pelvină (transperineală, endovaginală, endorectală, suprapibiană) oferă imagini în timp real a structurilor pelvine și a mișcărilor acestora.

Rezonanța Magnetică Nucleară (RMN) este considerată o metodă consacrată și revoluționară pentru informații anatomice.

Dinamometria intravaginală măsoară forța și presiunea exercitată de musculatura planșeului pelvin asupra unui sensor intravaginal.

Conurile intravaginale metoda presupune introducerea unor conuri de greutate progresive, pacientele fiind intruite să le mențină prin contracția musculaturii planșeului pelvin.

Manometria s-a impus ca metodă de evaluare funcțională a planșeului pelvin, prin capacitatea sa de a înregistra fluctuațiile de presiune create de contracția și relaxarea musculaturii planșeului pelvin.

Dispozitivele de biofeedback permit pacientului o interacțiune permanentă cu activitatea muscularii planșeului pelvin, visual sau auditiv. Metoda poate combina mai multe tipuri din evaluările funcționale EMG, sonde senzoriale intravaginale sau intrarectale, etc.

CAPITOLUL V

CONCEPEREA, DEZVOLTAREA ȘI TESTAREA NOULUI DISPOZITIV DE EVALUARE

V.1.PRINCIPII ȘI NOI REALIZĂRI ALE DISPOZITIVELOR DE EVALUARE

Cateterismul vezicii urinare este una din cele mai vechi practici medicale documentate, cu dovezi arheologice care atestă folosirea sa cu 3500 de ani în urmă.

Un progres major în dezvoltarea cateterelor urinare contemporane a fost adus de urologul american Fredric Foley, prin conceperea cateterului care îi poartă numele. În prezent aria utilizării cateterului Foley s-a extins, fiind utilizat cu rol curativ dar și profilactic, pentru prevenția escarelor de decubit la pacienții cu indicație de repaos prelungit, sau administrarea unor tratamente specifice zonei [29].

Pe lângă îmbunătățirile enumerate mai sus, cateterelor urinare le-au fost atribuite în timp, funcții suplimentare prin intergarea unor senzori de monitorizare și diagnostic. Printre primele inovații s-au folosit **senzorii biochimici**, pentru identificarea eventualelor infecții sau a riscului de blocare a cateterului prin depuneri de cristale de calciu sau magneziu pe pereții săi. O altă categorie adaptată este cateterul Foley cu **senzori de temperatură**, în care este încorporat un fir cu termistor miniatural la capăt.

Un sistem inovator care să includă folosirea senzorilor pentru un plus adus sondei urinare, aparține inventatorului Beer Marc [30]. Scopul dispozitivului este de a oferi informații despre funcționarea unor structuri pelvine, inclusive musculatură, dar și a altor afecțiuni.

Utilizarea senzorilor integrați cateterului urinar apare și în studiul realizat de Mahdi et al [68], unde au fost folosiți senzori pentru măsurarea presiunii din interiorul uretrei, cu potențial în diagnosticarea incontinenței urinare.

În cercetarea lui Sun H. et al. [31], sunt analizate limitele și avantajele utilizării mai multor tipuri de senzori, integrați cateterului Foley, în vederea diagnosticării. Schema dispozitivului arată integrarea mai multor accelerometre MEMS (Microelectromechanical Systems), pe o placă de circuit subțire, introdusă într-un cateter Foley cu o lungime de 30 cm și un diametru interior de 5mm. Alimentarea se realizează prin baterii AA (3V cc), iar datele sunt stocate pe un card de memorie conectat cu un fir de cupru. Accelerometrele MEMS(3×3×1 mm)

sunt montate într-o carcasă de 0,2 mm , adaptată sondei urinare de 26Fr (8,67mm exterior, 5mm interior).

Un exemplu prezentat de Zang Y.et al [32], descrie dezvoltarea unui cateter urinar cu senzori capacitivi integrați, pentru măsurarea presiunii de la nivelul uretrei. Dispozitivul este realizat prin imprimare 3D, cu alternare de material moi și dure, pentru a menține structura flexibilă necesară cateterismului urinar.

V.2.PROPUNEREA UNUI NOU ECHIPAMENT DE EVALUARE

Procesul de dezvoltare urmează o structură precisă care parcurge:

- Definirea cerințelor clinice și tehnice
- Realizarea prototipului
- Verificarea funcțională
- Validare clinică
- Producere și utilizare pe scară largă.

Dispozitivul propus urmărește să ofere măsurători cât mai precise, prin presiunile create de contracția musculaturii planșeului pelvin, cu costuri reduse și posibilitate de utilizare la domiciliu.

Dispozitivul senzorial tip seringă (Fig.1), este conceput pentru a măsura modificarea presiunii la nivelul planșeului pelvin, (Cerere Brevet OSIM A/00594 20.10.2023) [33]. Din componența sa face parte cateterul urinar Foley, iar dispozitivul senzorial este integrat într-o seringă, urmând a fi atașată la capătul de umplere a balonașului. În interiorul canalului de fixare și a dispozitivului senzorial se află un fluid, care va acționa asupra senzorului plasat pe partea frontală a pistonului seringii. Semnalul preluat de sensor este trimis către un modul electronic de adaptare și conversie, care îl transformă într-un semnal electric compatibil cu sistemul de înregistrare și afișare. Alimentarea circuitului este integrată la capătul distal al pistonului, la o sursă de energie plasată extern, tip baterie.

Pentru siguranța utilizării clinice și eficiența măsurărilor, seringă are un sistem de blocare la conectarea cu sonda urinară. Aceasta este configurația considerată utilă pentru monitorizarea variațiilor de presiune din zona pelvină și posibilitatea repetitivității măsurărilor.

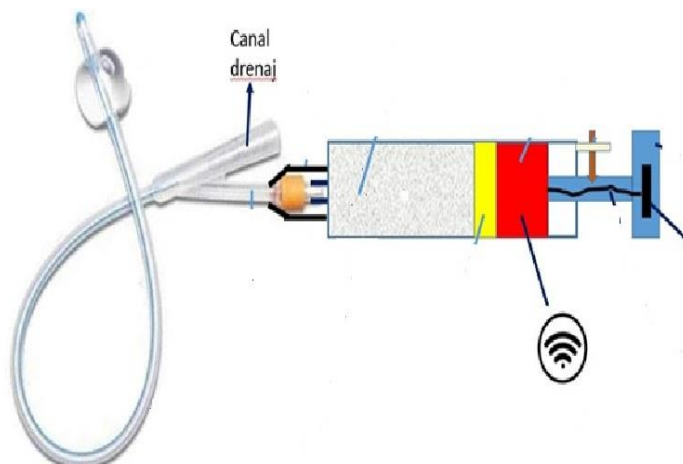


Fig.1 Dispozitiv senzorial tip seringă atașat unui cateter Foley (adaptare după [33])

Contractia voluntară a mușchilor, generează o forță asupra peretelui elastic al sondei, care duce la modificarea presiunii în fluidul din canalul de umplere al balonașului. Aceste variații de presiune se propagă în întreaga masă a fluidului, având un impact direct asupra senzorului de presiune amplasat în partea frontală a pistonului. Modificările presiunii din circuit sunt transmise către componenta electrică a sistemului, care le transmite către dispozitivul de înregistrare și afișare.

Pentru a studia comportamentul fluidului în interiorul sondei urinare și a dispozitivului senzorial s-a utilizat Legea lui Bernoulli [34], care reprezintă unul dintre fundamentele mecanicii fluidelor, enunțând că pentru un fluid ideal, incompresibil și aflat în regim staționar, energia totală de-a lungul unei linii de curent se conservă. Formula clasică a legii este:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constant} \quad (5.1)$$

unde:

- P reprezintă presiunea statică
- ρ este densitatea fluidului
- v este viteza de curgere
- g este accelerația gravitațională,
- h este înălțimea la care se află fluidul față de un plan de referință.

În studiul [35], forța musculaturii planșeului pelvin a fost evaluată de un medic ginecolog utilizând un perineometru – dispozitiv care măsoară obiectiv presiunea exercitată de mușchii vaginali. Sonda vaginală este introdusă la o adâncime de aproximativ 3,5 cm, iar pacienta este instruită să contracte musculatura pelvină. Intervalul considerat normal este de 30–60 cm H₂O,

valorile între 12–30 cm H₂O fiind considerate scăzute, iar cele sub 12 cm H₂O patologice. Astfel, presiunea generată voluntar de contracțiile musculare pelvine se încadrează între 1,18 kPa (~12 cm H₂O) și 5,88 kPa (~60 cm H₂O).

Simularea din MATLAB & Simulink a fost realizată considerând o lungime a tubului de $l = 40$ cm, înălțimea $h_1 = 60$ cm (capătul introdus în vezică) și $h_2 = 50$ cm (capătul conectat la sistemul senzorial). A fost introdusă și o variație de ± 3 cm pentru h_2 , simulând posibilele mișcări ale dispozitivului din cauza manipulării de către personalul medical.

Durata medie a contracțiilor musculare a fost estimată la aproximativ 14-15 secunde. Durata contracției devine mai scurtă, 8,3 secunde, la comanda „ridică planșeul” („draw in”). aceste valori au fost introduse în simulare, pentru a reflecta cât mai fidel comportamentul musculaturii planșeului pelvin.

Rezultatele simulării au arătat că presiunile din interiorul sistemului poate atinge valori de până la 8000 Pa. Această presiune este un parametru important în procesul de identificare al senzorilor necesari, întrucât determină specificațiile minime necesare pentru monitorizarea forțelor exercitate de mușchii pelvini. În cadrul testărilor viitoare, s-a dorit validarea în laborator a configurației sistemului. În prezent printre senzorii considerați adecvați se numără:

- **HP02S** – barometru digital, cu interval de măsurare între 300–1100 hPa, interfață I²C, rezoluție de 16 biți, SMD, conform standardului RoHS, (fabricat de HOPE Microelectronics),
- **MPX5700AP** – senzor de presiune absolută, sensibilitate 6,4 mV/kPa, interval de funcționare 15–700 kPa, (fabricat de NXP).

V.3.DESCRIEREA PROTOTIPURILOR ȘI TESTAREA ACESTORA

În cadrul etapei de cercetare experimentală, s-a urmărit precizia determinării către diverse tipuri de senzori cu scopul integrării lor într-un prototip de laborator. Scopul acestor teste preliminare a fost validarea principiilor de detecție și evaluarea performanței senzorilor în condiții controlate. În aceste teste au fost incluse două tipuri de senzori: senzori serigrafiați (dezvoltați în cadrul Universității Tehnice Gh. Asachi Iași) și FSR (Force Sensor Resistance), senzori comerciali.

Componenetele folosite în montaj au inclus senzori serigrafiați sau senzori FSR Interlink, un microcontroler Arduino UNO pentru achiziția și transmiterea datelor către PC, o placă de testare (breadboard) pentru realizarea rapidă a conexiunilor, un cablu USB –Serial, precum și fire de conexiune tip Dupont. *Prin acest montaj, răspunsul senzorilor a fost analizat atât static dar și cvasi-dinamic, raportat la forța aplicată mecanic asupra senzorului.*

Rezultatele testării acestor senzori sunt expuși în Tabelul V.1, o comparație a senzorilor FSR și serigrafiați.

Criteriu de evaluare	Senzor FSR (Force Sensor Resistance)	Senzor serigrafiat
<i>Principiul de funcționare</i>	Film polimeric gros (PTF) cu rezistență variabilă la presiune	Strat conductor depus prin serigrafie pe substrat flexibil
<i>Domeniu de stabilitate</i>	0,1N-10N (extensibil la 50 kg)	Configurabil prin design, sensibilitate ridicată la sarcini mici
<i>Rezoluție/ liniaritate</i>	Rezoluție bună, caracteristică neliniară, precizia scade la forțe mari	Rezoluție ridicată, comportament aproape liniar, dependent de stabilitatea stratului conductor
<i>Durabilitate</i>	Până la 10 milioane de acționări	Limitată, susceptibilă la uzură și oxidare
<i>Timp de răspuns</i>	Foarte rapid ($< 3 \mu s$)	Depinde de materialele utilizate
<i>Integrare în circuite</i>	Simplă,divisor de tensiune +ADC	Posibilă, dar necesită condiții stricte pentru protecție și stabilitate
<i>Cost</i>	Redus, disponibil în comerț	Foarte redus(costuri de producție prin imprimare)
<i>Grosime/ flexibilitate</i>	Subțire($\approx 0,45$ mm), flexibil	Foarte flexibil, foarte flexibil, adapatabil la diverse suprafețe și material
<i>Biocompatibilitate</i>	Bună,utilizați în unele dispozitive medicale	Excelentă,materiale compatibile biomedical
<i>Limitări</i>	Precizie scăzută, sensibil la condiții de mediu	Oxidare rapidă, instabilitate electrică, fiabilitate scăzută în timp
<i>Compatibilitate pentru Prototip</i>	Utilizabil în testări preliminare, dar cu măsurători imprecise	Inadecvat din cauza oxidării rapide

În următoarele prototipuri de laborator a fost integrat senzorul de presiune GD-0056 este un dispozitiv compact și robust, destinat măsurării presiunii lichidelor sau gazelor în intervalul de 0 până la 1,2 megapascali (MPa), echivalent cu aproximativ 12 bari sau 174 psi. Datorită construcției sale din oțel inoxidabil și a alimentării cu 5 V DC, acesta este ideal pentru aplicații de automatizare, monitorizare industrială, robotică sau proiecte cu microcontrolere.

Incluzând în sistem senzorul GD-0056, a fost creat un prim model de laborator pentru testările preliminare, scopul principal fiind reprezentat de optimizarea transmisiei presiunii, din cateterul urinar spre senzorul de presiune. Sistemul a fost construit utilizând conducte PVC, care au permis crearea unui circuit hidraulic închis, conectând cateterul urinar Foley la senzorul de presiune (Fig.2). Presiunea variază în urma acțiunii musculaturii planșeului pelvin, fiind transmisă prin fluid către senzor, unde este convertită într-un semnal electric analog, preluat de microcontroler și procesat pentru afișare pe interfața software a laptopului.

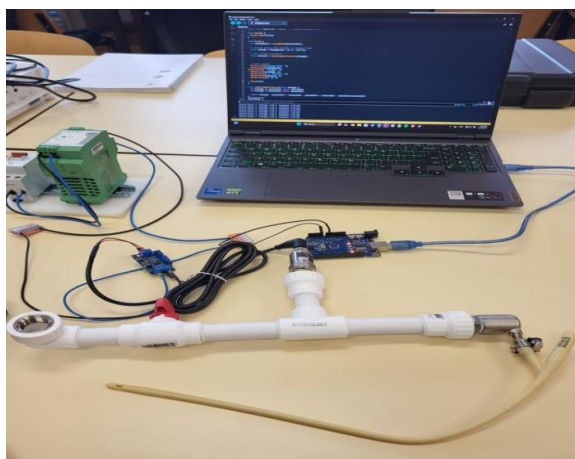


Fig.2 Prototip de laborator 1

Prototipul din Fig. 2, a prezentat o serie de probleme funcționale, precum lipsa unei căi de umplere a sondei urinare cu fluid și masivitatea sistemului care a dus la pierderi importante de presiune și prin pătrunderea aerului în sistem. Diametrul mare al conductelor PVC au redus sensibilitatea la variații mici de presiune. Alimentarea senzorului și a moduluilui de conversie dintr-o sursă individuală a introdus zgomot și instabilitatea semnalului analogic (Fig. 3).

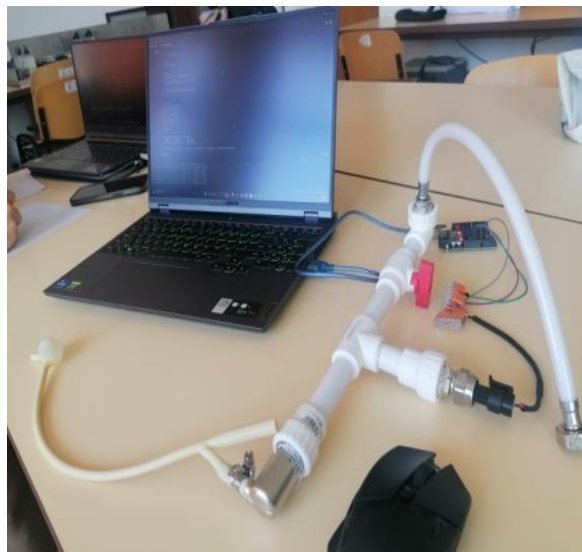


Fig. 3 Varianta finală a prototipului de laborator

Un alt prototip de laborator este un dispozitiv mecatronic, care combină aspecte fiziologice, bioingineresti și electronică integrată rezultând un sistem intuitiv pentru evaluarea forței musculaturii planșeului pelvin și ghidarea kinetoterapiei . Structura dispozitivului este organizată în patru blocuri principale, care funcționează independent, pentru a asigura achiziția, transmiterea și analiza datelor fiziologice.

1. Interfața fiziologică – reprezentată de catetrul urinar Foley, cu doua canale, importat pentru fiind canalul de umplere a balonașului cu ser fiziologic steril. Ca și în prototipurile anterioare, rolul sondei urinare v-a fi să transmită schimbările de presiune din interiorul coloanei de fluid către sistemul electronic.

2. Lanțul de transmisie a presiunii–semnalul preluat este condus către modulul de detecție, printr-un circuit hidraulic etanș, o seringă la al cărei corp se atașează un tub flexibil de la un perfuzor, care poate fi blocat cu un robinet de blocare a debitului. Această configurație are drept scop minimizarea pierderilor de presiune și o măsurare cât mai fidelă.

3. Modulul de detecție și achiziție – captarea semnalului de la un senzor diferențial de presiune (în urma simulării Matlab MPXV2010DP), calibrat pentru intervale reduse de presiune. Conversia semnalului analogic în semnal digital este realizată printr-un convertor de 16 biți (ADS1115), cu interfață I²C, ceea ce permite achiziția de date precise și robuste la zgomot.

4. Unitatea de procesare și afișare – prelucrarea informației se face prin intermediul unui microcomputer Raspberry Pi 5, conectat la un ecran tactil de 7 inch. O interfață grafică afișează valorile în timp real, permite stocarea datelor și feedback imediat utilizatorului. Sistemul poate interpreta automat parametri și poate exporta fișiere pentru interpretare clinică.

Dispozitivul are capacitatea de a păstra funcția de bază a sondei urinare, respectiv drenarea urinei, pe lângă care se poate folosi pentru evaluarea forței musculaturii planșeului pelvin, dacă este necesar.

Componentele sistemului de evaluare a contracției mușchilor pelvini sunt expuse în Fig.4, care poate fi privită ca o hartă logică a întregului lanț hardware, a cărei componentă urmează a fi detaliată.

Cateterul urinar Foley cu două căi, este un element care a fost descris și în capitolele anterioare. Este un tub flexibil, cu două lumenuri, unul de golire a vezicii urinare și celălalt de umplere a balonașului, cu rol în fixarea sondei urinare. Sunt tuburi înguste, cu un diametru de $\approx 4 - 5\text{mm}$. Este un instrument cu un cost redus, prezent în orice unitate medicală, folosit de zeci de ani în folosul pacienților. Manevra de montare este una des folosită de cadrele medicale medii.

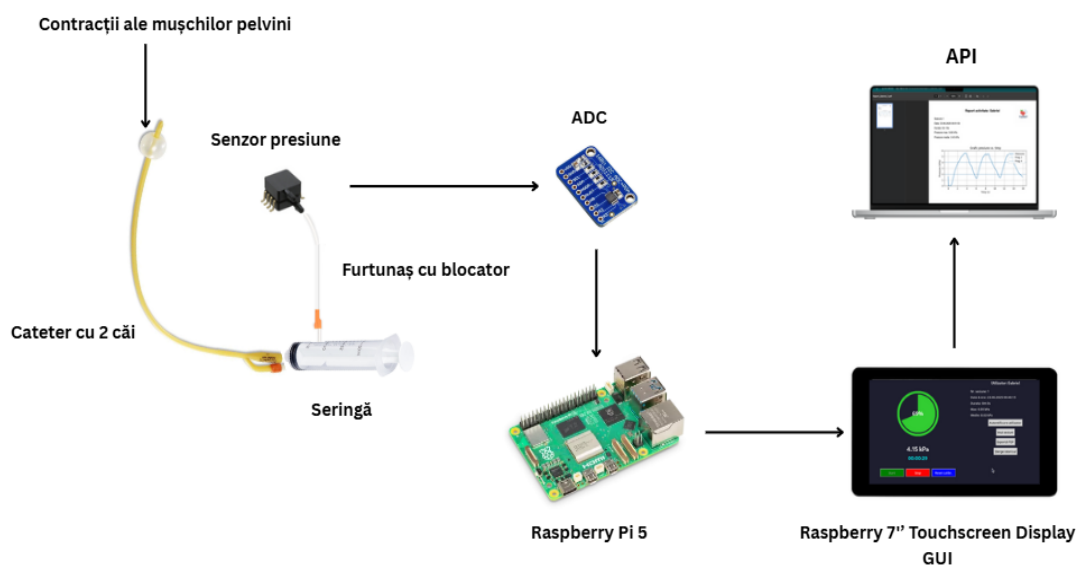


Fig.4 Componentele sistemului mecatronic

Modulul de transmitere a presiunii prin fluid (Fig.5) Elemental principal al acestui modul este o seringă, care poate fi conectată la capătul distal al lumenului de umplere a balonașului din sonda Foley. Seringa poate fi folosită pentru introducerea serului fiziologic în acest canal, în consecință se obține o creștere a presiunii la nivelul canalului, dilatarea balonașului și fixarea sondei urinare. În corpul seringii este plasat un roller de debit pe un tub flexibil, care face conexiunea dintre seringă și sensor. Rollerul permite izolarea senzorului în

vederea înlocuirii sau calibrării, fără a pierde din presiunea din sistem. Modul de funcționare este explicat cu ajutorul Legii lui Bernoulli, conform căreia presiunea transmisă din canalul de umplere al balonului este aceeași cu cea înregistrată de sensor.

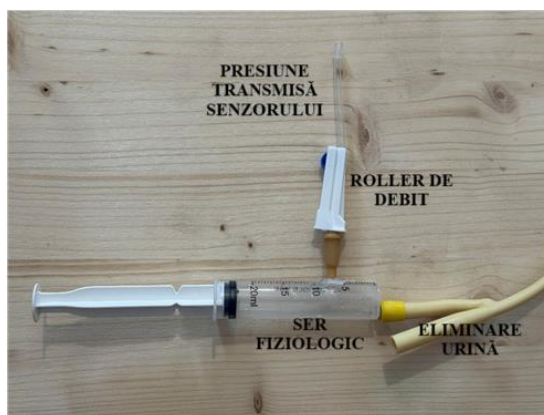


Fig.5 Modulul de transmitere a presiunii prin fluid

Minicomputerul Raspberry Pi 5 reprezintă cea mai nouă generație dezvoltată de Fundația Raspberry Pi, cu menirea utilizării inițiale în informatică, în prezent folosit pe scară largă în cercetare și aplicații industriale. În cadrul cercetării noastre această platformă joacă rolul central de unitate de procesare, achiziție și afișare a datelor primite de la senzor.

Modulul Analog-Digital ADS1115 a fost necesar de implementat pentru ca semnalele analogice generate de senzorul de presiune, să poată fi procesate de unitatea centrală, și conversia lor în format digital, deoarece Raspberry Pi 5 nu dispune de intrări analogice native.

Raspberry Touchscreen Display 7" în cadrul sistemelor integrate medicale, interfața om-mășină (HMI), facilitează interacțiunea directă dintre utilizator și dispozitiv, prin afișarea parametrilor în timp real și posibilitatea introducerii unor comenzi. Un HMI bine conceput crește gradul de siguranță și ușurință în utilizare.

Senzorul de presiune diferențială MXPV2010DP este un senzor produs de NXP și este elementul central al sistemului mecatronic dezvoltat în cadrul cercetării vizate. Alegerea acestui tip de senzor s-a datorat și experienței cu senzorii de la prototipurile anterioare, cu simularea Matlab, dar și cu testări în paralel al altor tipuri de senzori.

Caracteristicile tehnice ale senzorului MXPV2010DP sunt prezentate în Tabelul V.2

Tabelul V.2- Caracteristici tehnice ale senzorului MXPV2010DP

DOMENIUL DE MĂSURARE	0-10 kPa (0-1.45 PSI)
----------------------	-----------------------

SENSIBILITATE	$\approx 2.5 \text{ mV/kPa}$ la 10 V (echivalent la 2.5mV la 10 kPa)
PRECIZIE	$\pm 1\%$ în intervalul 0-85°C (din cauza compensării interne de temperatură)
TIMP DE RĂSPUNS	$\approx 1\text{ms}$ (10%-90% semnal), asigurând detecție rapidă
CARCASĂ	SO-8 cu două porturi tată, compatibile cu tuburi flexibile de 3.3mm
CALIBRARE	realizată din fabrică prin tăiere laser, pentru interval de măsurare și offset stabil

Configurarea pinilor - Senzorul este livrat într-o carcasă de tip SO-8 cu două porturi diferențiale, cu următoarea dispunere a pinilor, ilustrată în imaginea de mai jos (Fig.6) și în Tabelul V.4:

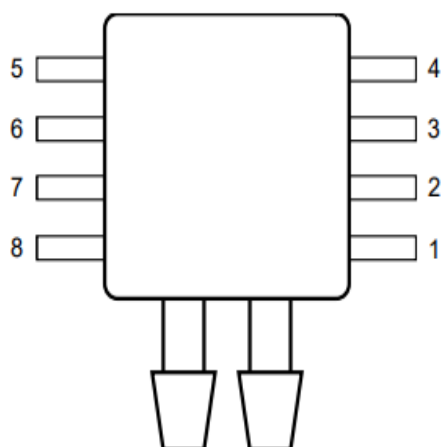


Fig.6 - Vedere schematică a pinilor și porturilor senzorului MPXV2010DP

Tabelul V.4- Funcțiile pinilor senzorului MPXV2010DP

Pin	Simbol	Funcție
1	GND	Masa - referință

2	+Vout	Ieșire analogică pozitivă
3	VCC	Alimentare – 10Vcc
4	-Vout	Ieșire analogică negativă
5-8	n.c.	Neconectați

VNC Viewer (Virtual Network Computing) reprezintă o tehnologie de partajare și control la distanță a interfeței grafice de pe un calculator. Se poate astfel accesa desktopul unui dispozitiv aflat la distanță și poate interacționa asemănător ca și prin prezența fizică. Mecanismul de funcționare are la bază o arhitectură client-server, pe dispozitivul Raspberry Pi rulează VNC Server, care transmite imaginea ecranului, în timp ce pe computerul de la distanță se instalează VNC Viewer, care recepționează fluxul graphic și trimite înapoi comenzi către tastatură sau mouse.

V.4. REZULTATE OBTINUTE ÎN IMPLEMENTARE

Dispozitivul mecatronic, sub forma sa de prototip de laborator, (Fig.7) poate îndeplini două funcții, cea de diagnostic și monitorizare dar și reabilitare prin biofeedback.

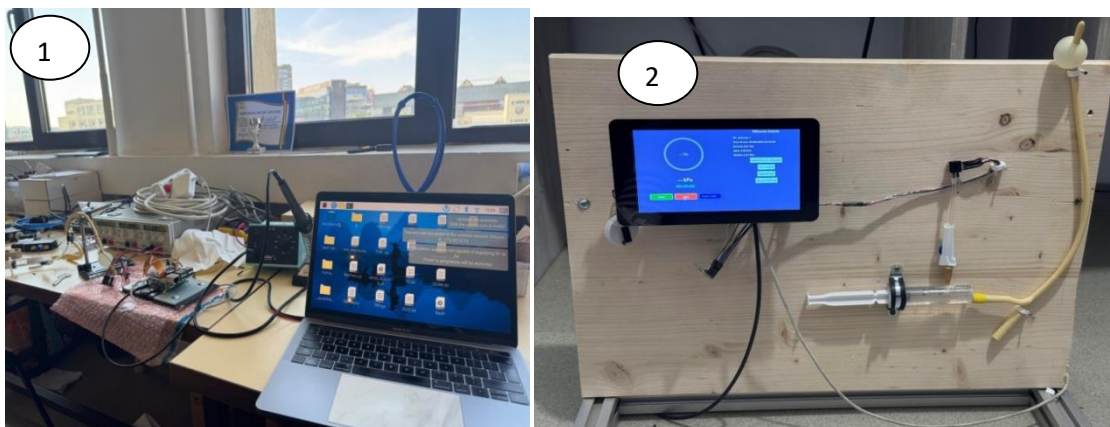


Fig.7

Prototipul de laborator cu seringă: 1.Inițial , 2 Forma actuală

Arhitectura electronică a sistemului

Pentru a asigura funcționalitatea prototipului, **subsistemul electronic** reprezintă nucleul de achiziție, prelucrare și transmitere a datelor (Fig.8). Acesta are rolul de a converti variațiile de presiune generate de contracțiile musculare într-un flux informațional fiabil, ușor de interpretat clinic.

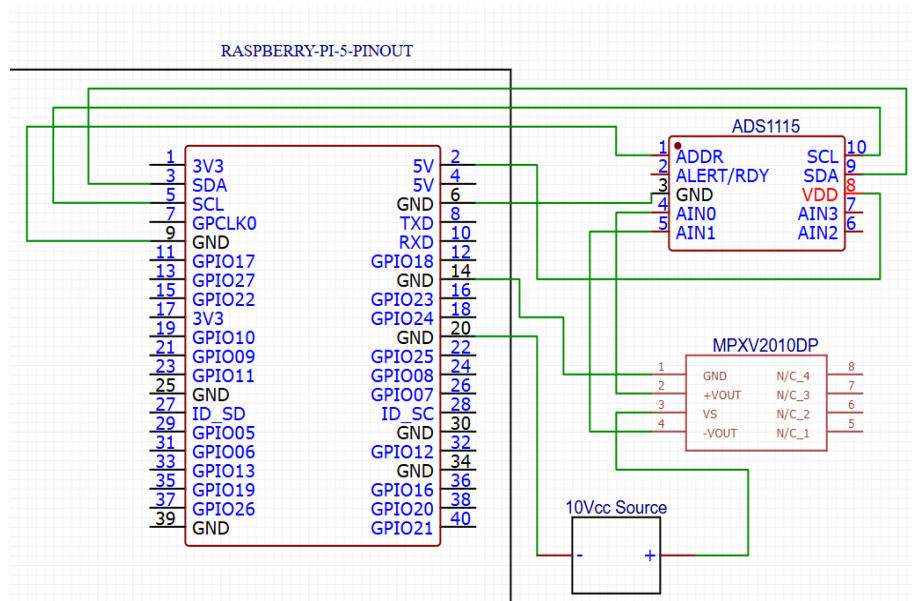


Fig. 8 Schema electrică a conceptului, în care sunt evidențiate principalele blocuri funcționale:

- **Senzorul de presiune MPX2010DP** – element senzorial care transformă variațiile mecanice (presiune) într-un semnal electric proporțional;
- **Circuitul de condiționare a semnalului (modul intern al ADS1115)** – amplifică și filtrează semnalul pentru a elimina zgomotul și a asigura compatibilitatea cu etajul următor;
- **Convertorul analog–digital (ADC-ADS1115)** – digitizează semnalul, permițând procesarea numerică ulterioară;
- **Unitatea de procesare (Raspberry Pi 5)** – gestionează datele, rulează algoritmi de analiză și furnizează interfața grafică de vizualizare prin intermediul display-ului sau al accesului remote prin VNC;
- **Modulul de interfațare cu utilizatorul (HMI)** – oferă reprezentarea grafică a activității musculare și funcționalități de biofeedback.

Această arhitectură modulară permite atât posibilitatea de extindere, prin adăugarea de noi funcții software, cât și portabilitate, datorită integrării într-o platformă încorporată compactă.

Arhitectura software : achiziție, procesare și interfața cu utilizatorul

Arhitectura software este nucleul de control, interpretare și comunicare, pentru un dispozitiv medical care combină senzori, elemente fizice și fiziologice. Pentru prototipul cu seringă, descris în capitolul anterior, partea de software are mai multe roluri importante:

- Achiziție de date de înaltă fidelitate
- Prelucrare matematică și compensarea pierderilor pneumatice
- Vizualizarea în timp real al rezultatelor
- Generarea de rapoarte clinice

Alegerea limbajului și a paradigmei software

Pentru dezvoltarea aplicației s-a optat pentru un design modular, implementa în Python, datorită următoarelor caracteristici:

- Claritate și concizie a sintaxei, favorizând dezvoltare rapidă și lizibilitatea codului. Un cod clar și concis reduce riscul de erori, ajută la identificarea și corectarea rapidă a problemelor și permite o dezvoltare mai rapidă a aplicațiilor.
- Suport extins pentru senzori și comunicație hardware, inclusiv interfața I²C, importantă în preluarea datelor de la convertorul ADS1115
- Ecosistem vast de biblioteci, care acoperă de la interfețele grafice, până la vizualizarea și raportarea datelor
- Compatibilitate nativă cu platforme integrate (ex. Raspberry Pi), ceea ce permite integrarea în dispozitive medicale compacte și mobile

Astfel Python devine alegerea naturală pentru prototipuri medicale sau cercetări, întrucât facilitează integrarea rapidă a senzorilor, realizarea de interfețe intuitive, obținere de rezultate replicabile și documentate.

Funcționalități cheie

Aplicația software are rolul de a transforma ansamblul hardware – compus din cateter, senzor de presiune MPX2010, convertor ADS1115 și elemente pneumatice auxiliare – într-un **instrument clinic complet**, capabil să furnizeze date obiective și feedback instant utilizatorului. Funcționalitățile majore sunt:

1. **Achiziția datelor** – semnalul de la senzorul MPX2010 este preluat prin ADS1115 și transmis digital aplicației.
2. **Conversia fizică a semnalului** – valorile electrice sunt transformate în presiune (kPa) pe baza relațiilor de calibrare furnizate în fișa tehnică.

3. **Compensarea pierderilor pneumatice** – algoritm dedicat care calculează atenuările de presiune în cele trei volume distincte: cateter, segment intermediar și cameră de detecție.
4. **Vizualizarea în timp real** – datele sunt afișate atât numeric, cât și grafic (curbă temporală, procent dintr-un prag maxim).
5. **Logica de sesiune** – gestionarea duratei testului, identificarea presiunii maxime și calculul valorilor medii.
6. **Managementul utilizatorilor** – autentificare, salvare de profil și stocare istoric în fișiere Comma-Separated Values (CSV).
7. **Export și interoperabilitate** – generare automată de rapoarte PDF și trimitere prin API către un server central sau platformă de stocare în cloud.

Modulul de achiziție și calibrare a datelor

Achiziția corectă a valorilor de presiune este fundamentul funcționării întregului sistem de monitorizare. Acest proces implică două componente principale:

- citirea tensiunii electrice analogice generate de senzorul de presiune MPXV2010DP;
- convertirea acestuia în valori utile de presiune, exprimate în kilopascali (kPa), corectate pentru pierderile din sistemul pneumatic.

În cadrul aplicației, aceste funcționalități sunt gestionate de funcțiile *read_voltage_mV()*, *calibrare()* și *update_loop()*.

Citirea tensiunii analogice- Această funcție este responsabilă cu comunicarea cu senzorul prin protocolul I²C, utilizând convertorul analog-digital ADS1115. Această funcție este necesară pentru obținerea datelor digitale precise de la senzor, cu rol principal în analiza și procesarea ulterioară. Protocolul I²C și convertorul ADS1115 permit comunicarea eficientă și stabilă între senzor și dispozitivul de procesare, garantând acuratețea și fiabilitatea măsurărilor.

Conversia în presiune și corectarea pierderilor -Pentru a converti valoarea tensiunii în presiune exprimată în kPa, se folosește rezoluția declarată de producător : 2.5 mV/kPa.

$pressure_kPa = \Delta / SENSITIVITY$, unde Δ este diferența dintre tensiunea curentă și valoarea de offset citită la calibrare.

Funcția de calibrare - La inițializarea aplicației și la apăsarea butonului *Reset calibr.*, se efectuează o calibrare automată.

Calculul pierderilor - Această funcție aplică relația de calcul a pierderii de presiune pe

fiecare segment de tub, pe baza formulei de rezistență hidraulică. Formula este derivată din relațiile de curgere laminară și ține cont de:

L – lungimea tubului;

D – diametrul interior;

Q – debitul de aer presupus constant;

μ , ρ – vâscozitatea și densitatea aerului.

Modulul GUI: interfață grafică și afișare în timp real

Pentru ca sistemul să poată fi utilizat cu ușurință de personal medical sau pacienți, este esențială existența unei interfețe grafice clare, intuitive și responsive. În cadrul acestui proiect, interfața a fost dezvoltată folosind biblioteca nativă *Tkinter*, care oferă suport pentru construirea rapidă a aplicațiilor grafice în Python.

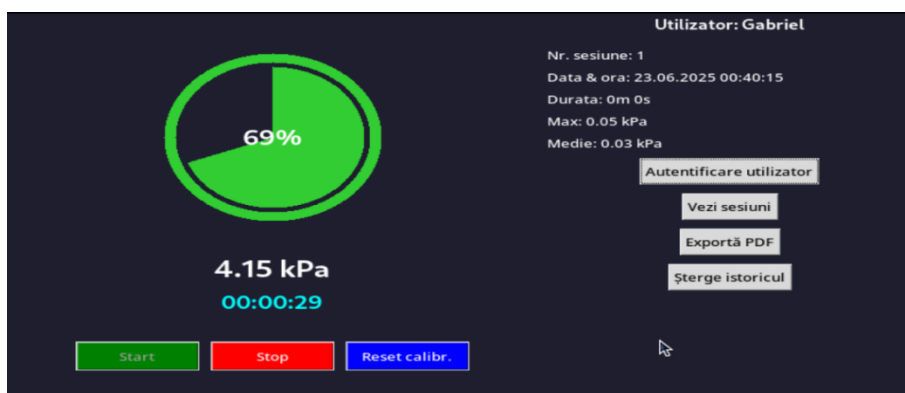


Fig.9 Interfața grafică cu utilizatorul

Interfața este cuprinsă în clasa GaugeApp și este formată din două zone principale (Fig.9):

- Panoul stâng, unde se afișează presiunea în timp real, un ceas digital și butoanele de control;
- Panoul drept, unde se găsesc informații despre sesiune și comenzile pentru gestionarea utilizatorului și exportul datelor.

Culoarea gauge-ului (afișaj tip sector de cerc) se schimbă în funcție de valoare (Fig.10):

- verde pentru presiuni mari (efort bun),
- galben pentru presiuni medii,
- roșu pentru contracții slabe sau absență de activitate.

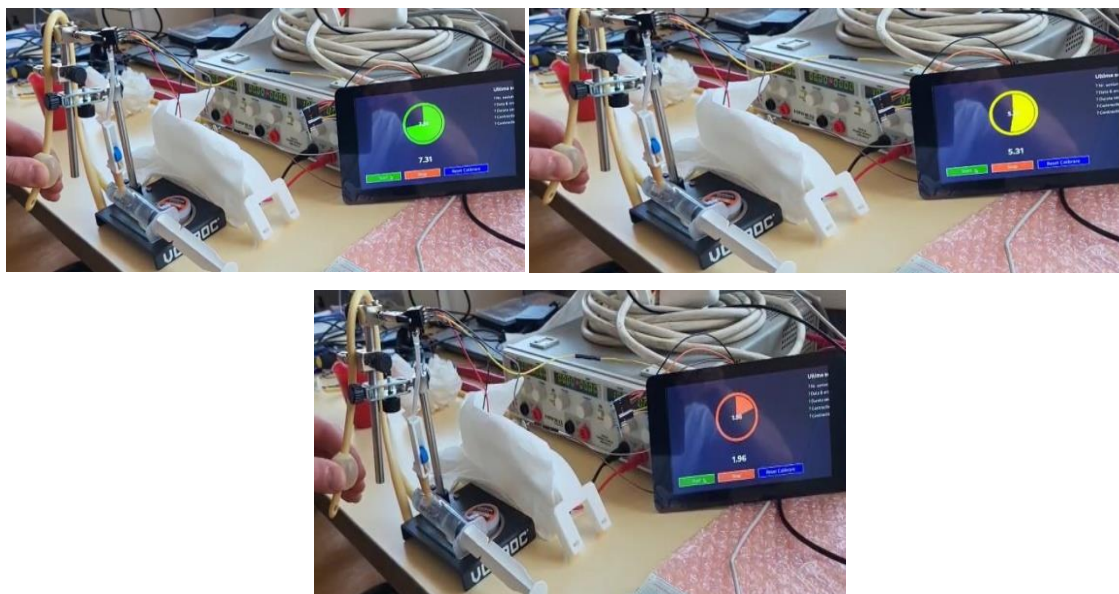


Fig.10 Culoarea gauge-ului se schimbă în funcție de valoare

Gestionarea utilizatorilor și a sesiunilor

Pentru a crea o experiență personalizată și o evidență clară a activităților efectuate, aplicația software integrează un sistem simplu, dar eficient, de gestionare a utilizatorilor și înregistrare a sesiunilor. Fiecare utilizator poate fi autentificat, iar datele asociate fiecărei sesiuni (durată, presiune maximă, presiune medie etc.) sunt salvate într-un fișier local, accesibil ulterior pentru analiză sau export.

1. Autentificarea și gestionarea utilizatorilor - Funcția dedicată autentificării este *autentificare_utilizator ()*. Aceasta deschide o fereastră pop-up în care utilizatorul poate fie să selecteze un cont existent, fie să creeze unul nou (Fig. 11).

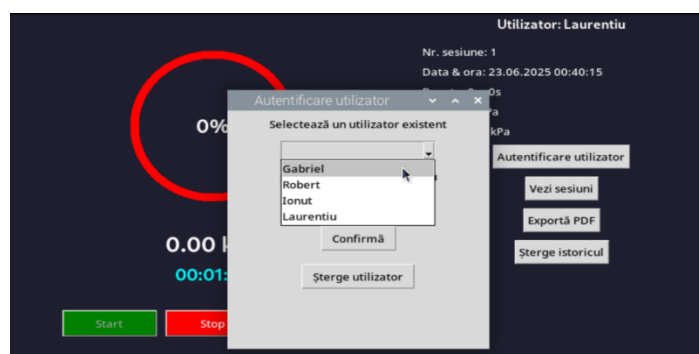


Fig.11 GUI - Gestionare utilizatori

2.Înregistrarea sesiunilor – structura fișierului CSV - La finalul fiecărei sesiuni, atunci când utilizatorul apasă butonul „Stop”, aplicația salvează automat o linie de date în fișierul sesiuni.csv. Fiecare sesiune salvată include: numele utilizatorului, numărul sesiunii (incremental), data și ora

sesiunii, durata totală, presiunea maximă atinsă, valoarea medie a presiunii. Salvarea acestor date permite urmărirea evoluției performanței utilizatorului și analiza obiectivă a rezultatelor în timp.

3. Vizualizarea sesiunilor anterioare - Utilizatorul are posibilitatea de a accesa un istoric vizual al sesiunilor proprii, afișat sub formă de tabel (*Treeview*) într-o fereastră nouă. Această funcție filtrează datele în funcție de utilizatorul curent și afișează doar sesiunile asociate, facilitând analiza progresului individual în timp.

Modulul de export și integrare cu API

Pe lângă funcționalitățile de afișare în timp real și stocare locală, aplicația include o componentă suplimentară extrem de utilă în contexte clinice moderne: generarea automată a rapoartelor și transmiterea acestora către un server extern printr-o interfață API. Această etapă transformă sistemul dintr-un simplu prototip într-un instrument scalabil, capabil de integrare într-o infrastructură de tip cloud sau rețea medicală.

Concluzii și perspective pentru componenta software

Analiza integrată a tuturor modulelor software, implementate în cadrul sistemului demonstrează că aplicația dezvoltată nu reprezintă doar o interfață de suport pentru hardware, ci poate fi numit nucleul central al dispozitivului. Prin arhitectura sa modulară, scalabilă și orientată către utilizator, software-ul garantează o funcționare fiabilă, o interacțiune intuitivă și o documentare riguroasă a procesului de evaluare.

Arhitectura software-ului se distinge prin:

- **Achiziție de date robustă și precisă** – valorile de la senzorul MPXV2010DP sunt corect preluate, convertite și calibrate pentru a reflecta cât mai fidel contracția musculaturii planșeului pelvin.
- **Procesare matematică și compensare adaptativă** – algoritmi integrați aplică corecții în timp real pentru pierderile pneumatic asigurând astfel o evaluare clinică validă
- **Interfața grafică intuitivă** – designul full-screen, simplu și clar, permite utilizarea dispozitivului chiar de personae fără pregătire tehnică, facilitând adoptarea în diverse context clinice.
- **Documentarea completă a sesiunilor** – datele sunt salvate atât în format CSV (pentru analiza ulterioară), cât și în format PDF (pentru integrare în dosare medicale)
- **Integrare cu sisteme externe** – prin API, aplicația permite transmiterea și arhivarea digitală a informațiilor, deschzând calea către interoperabilitate cu infrastructuri medicale existente.

Avantaje majore ale aplicației software:

- **Stabilitate și extensabilitate**- datorită structurii modulare, care permite testarea fiecărui subsistem
- **Feedback vizual în timp real**- oferind utilizatorului de a urmări contracția musculaturii pelvine în timp real
- **Procedură automată de calibrare**- elimină astfel erorile umane și garantează acuratețea măsurărilor.
- **Export automat de rapoarte clinice**- care includ grafice clare și ușor de interpretat
- **Compatibilitate cu platforme integrate** (Raspberry Pi 5) – ceea ce face sistemul portabil, compact și un consumator de energie prietenos cu mediul.

Perspective de dezvoltare

Prin rezultatele obținute , software-ul poate fi extins prin implementarea unor funcții avansate:

- **Autentificare securizată** – introducerea unui mecanism bazat pe parolă, cod unic sau identificare multifactorială, pentru a respecta cerințele de confidențialitate a datelor medicale
- **Acces prin aplicație mobilă**- sincronizare în cloud și și disponibilitatea rezultatelor direct pe smartphone sau tabletă
- **Analiza automată inteligentă** – integrarea unor algoritmi de recunoaștere a contracțiilor musculaturii pelvine, capabile să identifice anomalii sau să ofere scoruri clinice automatizate
- **Export standardizat** – compatibilitate cu protocoale utilizate în sistemele informatice medicale, precum Health Level Seven (HL7) sau Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), pentru integrare în dosarele electronice ale pacienților
- **Biofeedback** – afișarea conatrctiilor sub formă de joc interactive.

Componeneta software proiectată, reprezintă o bază solidă pentru validarea clinică a prototipului, asigurând în același timp flexibilitate și scalabilitate pentru evoluțiile ulterioare. Datorită arhitecturii sale, sistemul poate fi extins de la instrument de cercetare la un dispozitiv clinic validat, capabil să susțină atât evaluarea funcțională, dar și terapii personalizate bazate pe biofeedback.

CAPITOLUL VI

CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE VIITOARE

VI.1.CONCLUZII GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE VIITOARE

Progresul în microelectronică și mecatronică a făcut posibilă miniaturizarea componentelor și integrarea mai multor funcții în dispozitive și prototipuri compacte. În ceea ce privește recuperarea mâinii, dispozitivele portabile și perfecțarea exoscheletelor, au evoluat de la sisteme voluminoase și dificil de utilizat, la soluții ergonomice cu acționări pneumatice sau motoare liniare de mici dimensiuni. În paralel, reabilitarea planșeului pelvin, a beneficiat de dezvoltarea unor sisteme dedicate, instrumente mecatronice capabile să poartă măsura presiuni fine interne sau presiuni create de contracțiile musculaturii, transmise în timp real și cu un grad de precizie ridicat.

Tendința comună constă în optimizarea raportului între portabilitate și performanță, ceea ce permite utilizarea dispozitivelor atât în mediul clinic dar și la domiciliul pacientului, reducând necesitatea unor infrastructuri speciale și crescând accesul pre recuperarea medicală.

Rolul senzorilor se dovedește a fi unul foarte important în ambele domenii de cercetare. Reeducarea mâinii implică detectarea contracțiilor musculare integre, chair și cele sub un prag de percepție umană, forța de prehensiune și activitatea degetelor sunt preocupări pentru specialiști.

Planșeul pelvin necesită de asemenea evaluarea forței musculare și criterii de discriminare între celelate presiuni ale ariei vizate. Evoluția senzorilor, a convertoarelor analog-digitale și a tehnologiilor wireless a permis:

- Creșterea rezoluției și sensibilității
- Reducerea zgomotului de măsurare
- Implementarea auto-calibrării
- Transmiterea rapidă a datelor către platforme mobile sau cloud.

În ambele arii senzorii nu folosesc doar pentru înregistrarea unor parametri, ci devin fundamentul pentru biofeedback, oferind pacientului sau clinicianului informații vizuale sau haptice în timp real.

Softul a trecut de la simple aplicații de achiziții de date, la arhitecturi modulare, extensibile, capabile să înregistreze:

- Procesare matematică avansată pentru corectarea pierderilor pneumatice sau identificarea semnalelor musculare valide
- Vizualizarea datelor în timp real cu interfețe HMI intuitive chiar și pentru utilizatorii nedeprinși cu tehnologia
- Generarea automată de rapoarte zilnice și integrarea cu servere externe
- Analiză predictivă și machine learning, pentru anticiparea progresului pacientului și individualizarea protocoalelor de terapie

Astfel, software-ul nu mai este simplu suport al hardware-ului, ci devine elementul principal care asigură interoperabilitatea, validare clinică și extinderea funcționalităților către telemedicină.

Atât în reabilitarea mâinii, cât și aplanșeului pelvin, tehnologia se îndreaptă către platforme biomedicale inteligente, caracterizate prin:

- Compatibilitate cu standarde clinice pentru integrare directă în dosarele electronice a pacienților
- Portabilitate și autonomie energetică pentru folosirea în spital sau la domiciliu
- Extinderea către aplicații mobile și cloud oferind acces pentru monitorizare continuă și de la distanță
- Validarea multicentrică, necesară pentru acceptare clinică și standardizarea utilizării

Evoluția tehnologică în domeniul recuperării medicale, cu indicație specifică pentru mână și planșeu pelvin, evidențiază un proces de convergență multidisciplinară, în care patru direcții majore se conturează a avea roluri importante: miniaturizarea hardware, perfecționarea senzorilor, dezvoltarea unui software inteligent și integrarea în fluxuri clinice moderne.

VI.2.CONTRIBUȚII ORIGINALE

Prototipul dezvoltat aduce un set de contribuții originale, la nivel sensorial, hardware, software, dar și clinic, reprezentând un pas important către validarea clinică. Aceste contribuții se găsesc detaliate în rândurile de mai jos.

- O inovație majoră este conceptul în sine, de transformare a unui cateter urinar Foley, într-un sistem mecatronic, capabil să transmită variațiile de presiune generate de contracțiile musculaturii planșeului pelvin. Această abordare aduce un avantaj practic important prin folosirea unei sonde urinare, instrument familiar și cu utilizare frecventă în spitale, crește gradul de acceptare clinică.
- Un aport esențial a fost introducerea algoritmului de compensare a pierderilor de presiune, folosind principii de mecanică a fluidelor (legea lui Bernoulli). Astfel datele

înregistrate reflectă cât mai fidel forța de contracție a musculaturii planșeului pelvin, reducând influența fenomenelor parazite din coloana de fluid.

- Componenta software nu se limitează la achiziția de date, ci include calibrare automată, vizualizare grafică în timp real, înregistrarea sesiunilor, generarea de rapoarte PDF și transmiterea prin API. Această modularitate permite atât extinderea ulterioară cu funcții suplimentare (analiză automată, integrare mobilă), cât și izolarea rapidă a erorilor în timpul testării.
- Prin intermediul interfeței grafice pacientul poate vizualiza în timp real, activitatea musculaturii planșeului pelvin. Acest tip de feedback implică pacientul în procesul de recuperare și îl motivează.
- Dispozitivul a fost gândit ca să fie portabil, oferind posibilitatea folosirii sale în medii diferite, majorând accesul spre tratamente specifice.
- Dispozitivul original propus a fost protejat prin depunerea unei cereri de brevet la OSIM [71]

Contribuțiile aduse vizează transformarea unui dispozitiv uzual într-un instrument, inteligent, capabil să furnizeze măsurători obiective, să ofere suport în diagnosticare și sprijin în recuperare prin biofeedback. Aceste inovații poziționează prototipul ca o etapă intermediară importantă între cercetarea experimentală și crearea unui dispozitiv valid pentru uz clinic.

-Inventatori: Poboroniuc M.S., **Miron A.R.**; Dispozitiv *Senzorial pentru Cateter Urinar Intern Uretral*; Aplicație Patent No. A/00594 20.10.2023.OSIM

-**Miron A.R.**, et al - *Preliminary Results on Designing Mechatronic Devices for Pelvic Muscles Floor Assessment*, - 2024 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), IASI, Romania, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/EHB64556.2024.10805730. IEEE

-A. Piseru, T. Piseru, **A. -R. Miron** and M. -S. Poboroniuc, -*Fostering Upper Limb Recovery through Interdisciplinary Collaboration: A Review of Robotic Devices, Functional Electrical Stimulation, and Mirror Therapy*-2024 IEEE International Conference And Exposition On EleT.ctric And Power Engineering (EPEi), Iasi, Romania, 2024, IEEE

-Piseru, E. -A. Piseru, T. -I. Roman, R. Ionascu, M. -S. Poboroniuc and **A. -R. Miron**, -*Revolutionizing Upper Limb Motor Control Restoration: A Novel EMG-Based Feedback System for Individuals with Neurological Diseases*,-2024 International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava, Romania, 2024, pp. 160-167, doi: 10.1109/DAS61944.2024.10541156. IEEE

-T. Piseru, E. -A. Piseru, A. -I. Roman, R. Ionascu, M. -S. Poboroniuc and **A. -R. Miron**, *Advancing Towards Clinical Validation of an Innovative System for Restoring Upper Limb Control in Individuals with Neurological Disorders*,-2024 International Conference on

IV.3. PERSPECTIVE VIITOARE

Proiectarea unui sistem mecatronic dedicate evaluării forței musculaturii pelvine, este o inițiativă inovatoare, aflată în prezent la stadiul de prototip, ceea ce a deschis o perspectivă largă pentru perfecționări. După stabilirea conceptului de bază, devine importantă analiza limitărilor practice și a modalităților de depășire a acestora. Identificarea unor factori perturbatori, precum influența poziției corpului asupra măsurătorilor sau necesitatea recalibrărilor frecvente, pot reprezenta punctul de pornire pentru introducerea unor noi soluții tehnologice.

1. **Investigarea elementelor anatomice componente ale planșeului pelvin și identificarea problemelor asociate monitorizării acestuia.** Investigarea detaliată a elementelor anatomice care alcătuiesc planșeul pelvin constituie un demers important pentru înțelegerea mecanismelor sale biomecanice și funcționale. Această analiză permite, totodată, identificarea limitărilor actuale în monitorizarea activității planșeului pelvin, determinate de complexitatea structurală, accesibilitatea redusă și dificultatea cuantificării obiective a activității muscular în condiții fiziologice.
2. **Prezentarea comparativă a sistemelor de evaluare mecatronice și senzoriale,** aduce în atenție diversitatea soluțiilor tehnice, utilizate pentru măsurarea forței musculaturii planșeului pelvin, de la dispozitive mecanice și pneumatic până la sisteme electronice bazate pe senzori de presiune sau semnale bioelectrice. Această comparație permite identificarea avantajelor și limitărilor fiecărei abordări în ceea ce privește precizia măsurării, reproductibilitatea datelor, nivelul de discomfort creat de procedură, precum și posibilitatea de integrare clinică.
3. **Realizarea unui model matematic pentru simularea în Matlab&Simulink a acțiunii musculaturii pelvine** cu țință în identificarea celor mai adecvați senzori pentru realizarea unui prototip de laborator. Modelul, implementat și simulat în mediul Matlab&Simulink, a integrat parametri precum amplitudinea forței musculare, complianța materialului elastic al balonașului și comportamentul coloanei de fluid. Simulările au facilitat evaluarea influenței caracteristicilor senzorilor (sensibilitate, domeniu de măsurare, liniaritate, timp de răspuns și stabilitate termică) asupra fidelității semnalului achiziționat și a compatibilității acestuia cu etapele de conversie analog digital.
4. **Conceperea unor standuri de laborator pentru testarea diverselor soluții propuse pentru investigarea planșeului pelvin.** Prototipurile de laborator au integrat senzori de presiune diferențiali (MPXV2010DP), senzori barometrici (BMP180), senzori de presiune (GD-0056) și rezistori sensibili la forță (FSR

Pololu 5 mm), integrate în configurații cât mai apropiate de condițiile concepute inițial.

5. **Propunerea unui prototip sensorial de laborator** pentru evaluarea forței musculaturii planșeului pelvin, în care presiunea creată de contracția acestor mușchi este transmisă printr-un fluid, din lumenul de umplere a balonașului a cateterului urinar Foley, către un sensor.

Migrarea prototipului către o producție industrială ar presupune o abordare sistemică în care software-ul, hardware-ul și ergonomia sunt dezvoltate în paralel. Integrarea de noi senzori avansați, algoritmi de procesare inteligentă și soluții de personalizare, transformă acest dispozitiv într-un instrument clinic robust și scalabil. În perspectivă, aceste îmbunătățiri nu doar că sporesc acuratețea și fiabilitatea măsurărilor, ci deschid calea unei utilizări extinse în recuperarea medicală și auto-monitorizarea pacienților la domiciliu.

Din perspectiva medicală, acest dispozitiv ar rezolva câteva probleme :

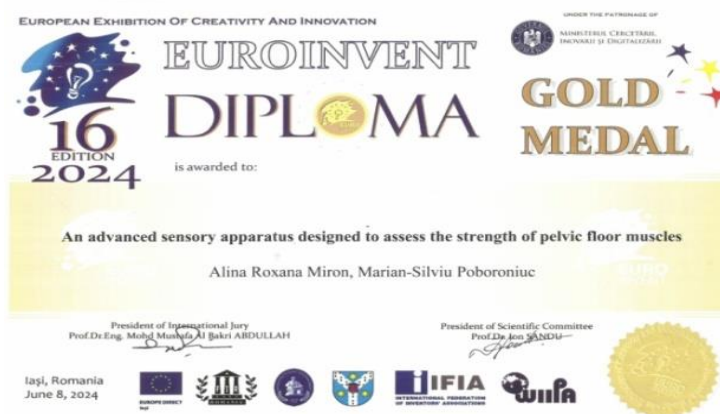
- Elimină necesitatea unui spațiu dedicat evaluării musculaturii pelvine;
- Permite evaluări obiective și reproductibile;
- Poate fi utilizat atât la femei, cât și la bărbați, la același nivel al planșeului;
- Grăbește procesul de diagnostic și tratament;
- Adaugă o funcție suplimentară cateterului Foley, un dispozitiv medical accesibil și utilizat pe scară largă. Cateterul Foley păstrează funcția de bază de drenare a urinei, adăugând , la nevoie, sistemul senzitiv de evaluare a musculaturii planșeului pelvin.
- Ajută personalul medical să decidă momentul optim de îndepărtare a cateterului urinar;
- Reduce riscul de infecții urinare și traume uretrale;
- Estimează forța musculară pelvină și monitorizează progresul terapiei fizice;
- Ghidează pacientul în identificarea și controlul mușchilor pelvini;
- Sprijină personalul medical în comunicarea cu pacientul.

În concluzie, acest prototip deschide calea spre o nouă generație de dispozitive medicale inteligente, cu impact direct atât asupra calității actului medical, cât și asupra experienței pacientului. El combină accesibilitatea, funcționalitatea și siguranța, oferind o soluție practică și inovatoare pentru diagnostic, tratament și reabilitare în disfuncțiile planșeului pelvin.

VI.4. VALORIFICAREA REZULTATELOR

Rezultatele privind crearea și testarea acestui dispozitiv a fost promovat în diverse conferințe, expoziții și competiții dedicate domeniului tehnic și medical. Participarea a fost apreciată prin premiile obținute.

-Medalie de aur din partea EUROINVENT 2024



-Special Award de la Croation Inventor Network ,Euroinvent 2024



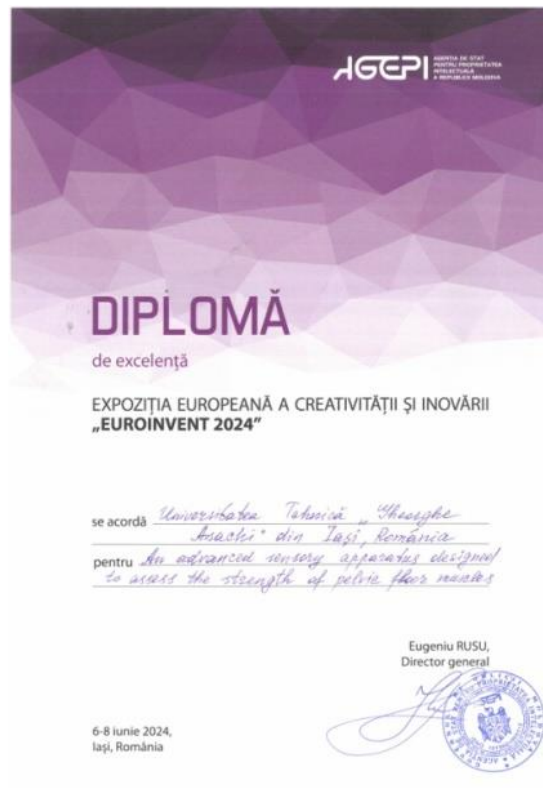
-Special Award din partea Universității Tg.Jiu Constantin Brâncuși, Euroinvent 2024



-Certificat de Excelență din partea Universității Tg.Jiu Constantin Brâncuși, Euroinvent 2024



-Diplomă de Excelență din partea Agenției de stat pentru proprietate intelectuală Republica Moldova, Euroinvent 2024



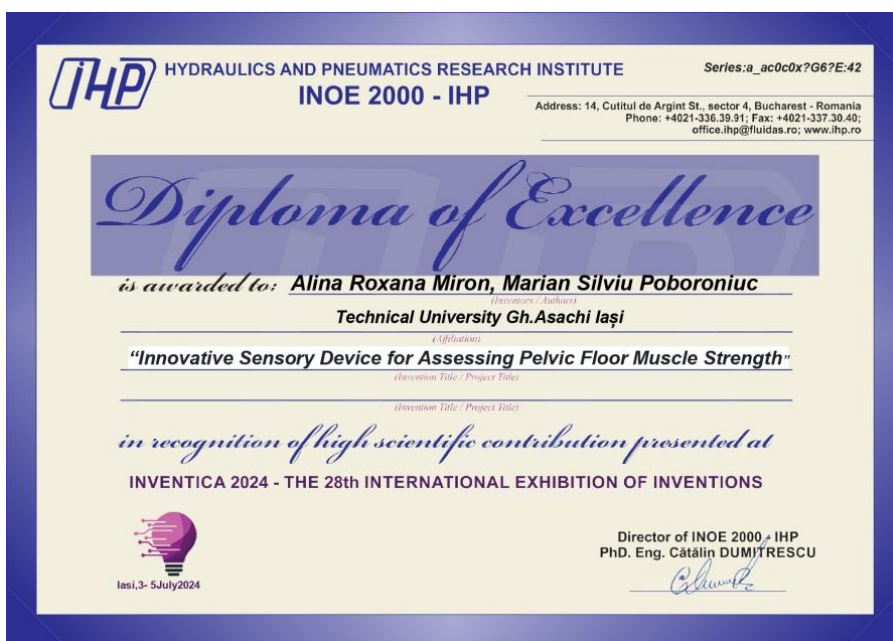
-ICE-USV Medalie de aur



-Medalie de aur Inventica 2024



-Diplomă de Excelență din partea INOE 2000- IHP- Hydraulics and Pneumatics Research Institute în cadrul INVENTICA 2024



-Medalie de aur Euro –Politehnicus 2024



Munca în echipă a fost răsplătită cu premii și în proiectele de recuperare a mâinii





Cercetarea realizată a fost validată științific printr-un număr de 4 publicații științifice (1 indexată WoS; 3 indexate IEEEExplore) și o propunere de brevet OSIM. De asemenea, un număr de 11 diplome au răsplătit aceste rezultate obținute individual și în cadrul colectivului de cercetare.

-Inventatori: Poboroniuc M.S., **Miron A.R.**; Dispozitiv *Senzorial pentru Cateter Urinar Intern Uretral*; Cerere de brevet OSIM No. A/00594 20.10.2023.

-**Miron A.R.**, et al - *Preliminary Results on Designing Mechatronic Devices for Pelvic Muscles Floor Assessment*, - 2024 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), IASI, Romania, 2024, pp. 1-5, doi: 10.1109/EHB64556.2024.10805730. Indexare WoS

-A. Piseru, T. Piseru, **A. -R. Miron** and M. -S. Poboroniuc, *Fostering Upper Limb Recovery through Interdisciplinary Collaboration: A Review of Robotic Devices, Functional Electrical Stimulation, and Mirror Therapy*-2024 IEEE International Conference And Exposition On Electric And Power Engineering (EPEI), Iasi, Romania, 2024, indexare IEEEExplore

-Piseru, E. -A. Piseru, T. -I. Roman, R. Ionascu, M. -S. Poboroniuc and **A. -R. Miron**, - *Revolutionizing Upper Limb Motor Control Restoration: A Novel EMG-Based Feedback System*

for Individuals with Neurological Diseases, -2024 International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava, Romania, 2024, pp. 160-167, doi: 10.1109/DAS61944.2024.10541156. Indexare IEEEExplore

-T. Piseru, E. -A. Piseru, A. -I. Roman, R. Ionascu, M. -S. Poboroniuc and **A. -R. Miron**, *Advancing Towards Clinical Validation of an Innovative System for Restoring Upper Limb Control in Individuals with Neurological Disorders*, -2024 International Conference on Development and Application Systems (DAS), Suceava, Romania, 2024, pp. 168-175, doi: 10.1109/DAS61944.2024.10541162. Indexare IEEEExplore

BIBLIOGRAFIE

- [1]Díaz, Iñaki, et al- *Literature Review and Challenges*,- Journal of Robotics, 2011, 759764, 11 pages, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/759764>
- [2]Lang CE, et al- *Assessment of upper extremity impairment, function, and activity after stroke: foundations for clinical decision making*. J Hand Ther. 2013 Apr-Jun;26(2):104-14;quiz 115. doi: 10.1016/j.jht.2012.06.005. Epub 2012 Sep 10. PMID: 22975740; PMCID: PMC3524381.
- [3]PoboroniucM.S.,-*Integration of Strong Interdisciplinary Research on Master's Research Programs in the Electrical Engineering Area*,-2022 31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEIE), Coimbra, Portugal, 2022, pp. 1-6, doi: 10.1109/EAEIE54893.2022.9820346.
- [4]E. -A. Piseru, T. Piseru, **A. -R. Miron** and M. -S. Poboroniuc,-*Fostering Upper Limb Recovery through Interdisciplinary Collaboration: A Review of Robotic Devices, Functional Electrical Stimulation, and Mirror Therapy*-2024 IEEE International Conference And Exposition On Electric And Power Engineering (EPEi), Iasi, Romania, 2024
- [5] A. -I. Roman, et al - *Clinical Tests of a New Device Aiming to Assess and Rehabilitate the Hand in Stroke People*,-2022 E-Health and Bioengineering Conference (EHB), Iasi, Romania, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/EHB55594.2022.9991559.
- [6]Petros P. et al; *TransvaginalPerineal Body Repair for Low Rectocel* – Tech Coloproctol aug. 2013, pp.449-454 <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-03787-0>
- [7] Dorey G.; *Pelvic Dysfunction in Men. Diagnoses and Treatment*- Ed. John Wiley and Sons 2006<https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-567840-b0f9603352.pdf>
- [8]Enache T et all; *Tulburări de statică pelviană* – Ed. All București 2020
- [9]Petros P.; *The Female Pelvic Floor, Function, Dysfunction and Management According to Integral Theory* – Ed. Springer 2010https://archive.org/details/springer_10.1007-978-3-662-05445-1
- [10] Bassler K. et al; *Pelvic Floor Re-educatin.Priciples and Practice*-Sec Edition- Ed. Springer 2017<https://download.e-bookshelf.de/download/0000/0076/11/L-G-0000007611-0002336287.pdf>
- [11]Sbenghe T.; *Bazele teoretice și practice ale kinetoterapiei* – Editura Medicală 1999
- [12] Peterson D.R./Bronzino J.D.; *Biomechanics Principles and Parctices* – Ed.CRC Press. Taylor & Francis Group, 2015<https://doi.org/10.1201/b15575>

- [13] Parente P.M.L; *Biomechanics of the Pelvic Floor During Vaginal Delivery* –Teză de Doctorat, University of Porto 2008<https://www.semanticscholar.org/paper/Biomechanics-of-the-pelvic-floor-during-vaginal-Parente/f3f6250dc8ca79e8ab17158d8f9b1defaa31a203>
- [14] Silva MET, et al - *Biomechanical properties of the pelvic floor muscles of continent and incontinent women using an inverse finite element analysis.*- Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2017 Jun;20(8):842-852. doi: 10.1080/10255842.2017.1304542. Epub 2017 Mar 17. PMID: 28303730.
- [15] Sun, W., et al- *.Finite element implementation of a generalized Fung-elastic constitutive model for planar soft tissues.*- Biomech Model Mechanobiol **4**, 190–199 (2005). <https://doi.org/10.1007/s10237-005-0075-x>
- [16] Bø K, Sherburn M.-*Evaluation of female pelvic-floor muscle function and strength.*- Phys Ther. 2005 Mar; 85(3):269-82. PMID: 15733051.
- [17] Laycock J. et all; *Development of the Bradford Perineometer*– Physiotherapy, pp. 139–142, Vol.80, 1994 [https://doi.org/10.1016/S0031-9406\(10\)61262-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9406(10)61262-X)
- [18] Sampselle CM, et al- *Effect of pelvic muscle exercise on transient incontinence during pregnancy and after birth.* Obstet Gynecol. 1998 Mar;91(3):406-12. doi: 10.1016/s0029-7844(97)00672-8. PMID: 9491869.
- [19] Dumoulin C, Bourbonnais D, Lemieux MC. Development of a dynamometer for measuring the isometric force of the pelvic floor musculature. Neurourol Urodyn. 2003;22(7):648-53. doi: 10.1002/nau.10156. PMID: 14595608.
- [20] Plevnik S; *A New Method for Testing and Strengthening of Pelvic Floor Muscles* [Abstract] -International Continence Society, pp. 267-268, Ediția 15, 1985
- [21]Guerette N, et al- *Initial experience with a new method for the dynamic assessment of pelvic floor function in women: the Kolpexin Pull Test.* - Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct. 2004 Jan-Feb; 15(1):39-43; discussion 43. doi: 10.1007/s00192-003-1115-7. Epub 2004 Jan 9. PMID: 14752597.
- [22] Türker KS. Electromyography: some methodological problems and issues. Phys Ther. 1993 Oct;73(10):698-710. doi: 10.1093/ptj/73.10.698. PMID: 8378425.
- [23] Navarro Brazález B, et al -*The evaluation of pelvic floor muscle strength in women with pelvic floor dysfunction: A reliability and correlation study.*-Neurourol Urodyn. 2018 Jan;37(1):269-277. doi: 10.1002/nau.23287. Epub 2017 Apr 28. PMID: 28455942.

- [24] Ouchi M, et al- *Reliability of manometry for assessing pelvic floor muscle function in healthy men.*- Neurourol Urodyn. 2020 Jun;39(5):1464-1471. doi: 10.1002/nau.24374. Epub 2020 Apr 27. PMID: 32339324; PMCID: PMC7384036.
- [25] Saleme CS, et al - *Multidirectional pelvic floor muscle strength measurement.*- Ann Biomed Eng. 2009 Aug;37(8):1594-600. doi: 10.1007/s10439-009-9728-8. Epub 2009 Jun 3. PMID: 19495980.
- [26] Egorov V, et al - *Biomechanical Mapping of the Female Pelvic Floor: Prolapse versus Normal Conditions.*-Open J Obstet Gynecol. 2018 Aug;8(10):900-924. doi: 10.4236/ojog.2018.810093. Epub 2018 Aug 31. PMID: 31080695; PMCID: PMC6508651.
- [27] Voorham-van der Zalm PJ, et al - *Reliability and differentiation of pelvic floor muscle electromyography measurements in healthy volunteers using a new device: the Multiple Array Probe Leiden (MAPLe).* - Neurourol Urodyn. 2013 Apr;32(4):341-8. doi: 10.1002/nau.22311. Epub 2012 Sep 12. PMID: 22972554.
- [28]Ihnát P, et al-*3D high resolution anorectal manometry in functional anorectal evaluation.* Rozhl Chir. 2014 Nov; 93(11):524-9. PMID: 25418939.
- [29]Lawrence E.L. et al -*Materials for urinary catheters: a review of their history and development in the UK*,Medical Engineering & Physics,Volume 27, Issue 6,2005,pp. 443-453,ISSN 1350-4533,<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2004.12.013>.
- [30]Lawrence E.L. et al -*Materials for urinary catheters: a review of their history and development in the UK*,Medical Engineering & Physics,Volume 27, Issue 6,2005,pp. 443-453,ISSN 1350-4533,<https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2004.12.013>.
- [31] Sun H. et al - *A MEMS accelerometer-based real-time motion-sensing module for urological diagnosis and treatment.* J Med Eng Technol. 2013 Feb; 37(2):127-34. Doi: 10.3109/03091902.2012.753127. PMID: 23360195.
- [32] Zhang Y. et al - *An Instrumented Urethral Catheter with a Distributed Array of Iontronic Force Sensors.* Ann Biomed Eng. 2021 Jan; 49(1):149-161. Doi: 10.1007/s10439-020-02528-7. Epub 2020 May 6. PMID: 32377979.
- [33] Inventatori: Poboroniuc M.S., **Miron A.R.**; Dispozitiv Senzorial pentru Cateter Urinar Intern Uretral; Cerere de brevet OSIM A/00594 20.10.2023
- [34] Chengel Y.A. et al; *Fluid Mechanics. Fundamental and Application*; Editura McGraw-Hill Education, Fourth Edition 2018

[35] Ozdemir FC. et al -*Pelvic floor muscle strength of women consulting at the gynecology outpatient clinics and its correlation with sexual dysfunction: A cross-sectional study.*- Pak J Med Sci. 2017 Jul-Aug;33(4):854-859. doi: 10.12669/pjms.334.12250. PMID: 29067053; PMCID: PMC5648952.