MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI - CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚA SPORTULUI ȘI EDUCAȚIEI FIZICE

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Îndrumător științific,
Prof. univ. dr. Pierre Joseph de HILLERIN

Doctorand,
Vlad Adrian GEANTĂ

PITEȘTI
2026

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII
UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI - CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI
ȘCOALA DOCTORALĂ ȘTIINȚA SPORTULUI ȘI EDUCAȚIEI FIZICE

ANALIZA CRITICĂ A MODULUI DE CALCUL AL PUTERII ÎN SĂRITURILE VERTICALE CU IMPLICAȚII ÎN PERFORMANȚA SPORTIVĂ

Îndrumător științific,
Prof. univ. dr. Pierre Joseph de HILLERIN

Doctorand,
Vlad Adrian GEANTĂ

Comisia de îndrumare și integritate academică:
1. Prof. univ. dr. habil. Mihăilă Ion
2. Prof. univ. dr. habil. Potop Vladimir
3. Conf. univ. dr. Ilie Mihai
4. Conf. univ. dr. Oancea Bogdan

PITEȘTI
2026

CUPRINS

PARTEA I.
FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A DOMENIULUI DE CERCETARE ÎN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT

INTRODUCERE....6

CAPITOLUL I. CONCEPTUL DE SĂRITURĂ PE VERTICALĂ....7

1.1. De la evaluarea calităților motrice la cuantificarea puterii prin sărituri pe verticală....7

CAPITOLUL II. FUNDAMENTE BIOMECANICE ȘI NEUROMUSCULARE ALE ELASTICITĂȚII ÎN MIȘCĂRILE PLIOMETRICE....7

2.1. Proprietățile funcționale ale musculaturii striate....7

2.2. Elasticitatea — definiție, mecanisme și expresie în contracția musculară....7

2.3. Rolul componentei elastice în performanța săriturilor pe verticală....8

2.4. Mecanisme neuromusculare implicate în declanșarea contracției....8

2.5. Componenta anticipativă în recuperarea elastică a săriturilor....8

CAPITOLUL III. MODELE TEORETICE ȘI INSTRUMENTE DE EVALUARE A CALITĂȚILOR MOTRICE PRIN SĂRITURI PE VERTICALĂ....9

3.1. Săritura pe verticală ca instrument de evaluare a calităților motrice și a puterii musculare....9

3.2. Testul Miron Georgescu....9

3.3. Testul Bosco....9

3.4. Testul Miron Georgescu Modificat-15s (MGM-15)....10

3.5. Conceptul de putere în testele de sărituri pe verticală....10

3.6. Argumente experimentale privind rolul componentei elastice în evaluarea performanței în sărituri pe verticală....10

CAPITOLUL IV. CONCLUZIILE FUNDAMENTĂRII TEORETICE....11

CAPITOLUL V. STUDIU PRELIMINAR I – COMPARAREA ABORDĂRILOR METODOLOGICE DE CALCUL AL PUTERII ÎN TESTELE DE SĂRITURI PE VERTICALĂ....11

5.1. Repere teoretico-metodice privind calculul puterii în săriturile pe verticală....11

5.2. Premise....12

5.3. Ipotezele cercetării preliminare....12

5.4. Scop....12

5.5. Obiective....12

5.6. Metode de cercetare....12

5.6.1. Metoda studiului bibliografic....12

5.6.2. Metoda studiului pilot....12

5.6.3. Metoda statistico-matematică....13

5.6.4. Metoda reprezentării grafice....13

5.7. Organizarea și desfășurarea testărilor 13
5.7.1. Organizarea cercetării 13
5.7.2. Subiecții cercetării 14
5.7.3. Locația investigațiilor preliminare 14
5.8. Metodologia de investigare 14
5.8.1. Descrierea testelor utilizate în studiul preliminar 1 14
5.8.2. Aparatura de cercetare 15
5.8.3. Formule de calcul pentru înălțimea săriturii și putere unitară în testul de sărituri „ca mingea", cu explicații 15
5.9. Rezultate 15
5.9.1. Rezultate și discuții privitoare la testul săriturii unice pe verticală 15
5.9.2. Rezultate și discuții privitoare la testul de sărituri „ca mingea" 16
5.10. Discuții 17
5.10.1. Propuneri pentru cercetări viitoare 17
5.10.2. Limitări ale cercetării preliminare 17
5.11. Concluzii 17

PARTEA A II-A.
CERCETĂRI PERSONALE PRIVIND DISCREPANȚELE DE PUTERE CALCULATE ȘI MĂSURATE ÎN MEMBRELE INFERIOARE CA FACTOR ÎN INTERPRETAREA REZULTATELOR ȘI OPTIMIZAREA PERFORMANȚEI SPORTIVE

CAPITOLUL VI. CERCETĂRI PRELIMINARE II — COMPARAREA ERGOMETRELOR CA INSTRUMENTE DE MĂSURARE DIRECTĂ A PUTERII ȘI ANALIZA INFLUENȚEI POZIȚIEI MEMBRELOR SUPERIOARE ÎN TESTUL DE SĂRITURI REPETATE PE VERTICALĂ 18
6.1. Introducere 18
6.2. Premisele cercetării 18
6.3. Ipotezele 18
6.4. Scop 18
6.5. Obiectivele cercetării preliminare 18
6.6. Metodele de cercetare 19
6.7. Organizarea cercetării 19
6.8. Metodologia de verificare a echipamentelor și descrierea testelor utilizate în studiul preliminar 19
6.8.1. Aparatura de cercetare 19
6.9. Rezultate 22
6.9.1. Rezultatele preliminare ale testelor la ergometrele BikeErg și RowErg 22
6.9.2. Rezultate și discuții privitoare la diferențele dintre modele în testele de sărituri „ca mingea" 22

6.9.3. Rezultate privind discrepanțele de putere unitară în funcție de tipul de săritură și modelul de calcul 23
6.10. Discuții 25
6.10.1. Analiza diferențelor de putere unitară între ergometre 25
6.10.2. Discrepanțele dintre modelele de calcul pe eșantion extins 25
6.10.3. Alegerea condiției experimentale: ML versus MS 25
6.10.4. Indicii preliminari de validitate convergentă pentru MGM-15 25
6.10.5. Propuneri pentru cercetări viitoare 26
6.10.6. Limitări ale cercetării 26
6.11. Concluzii 26
CAPITOLUL VII. CERCETARE COMPARATIVĂ CVASI-EXPERIMENTALĂ PRIVIND MODELELE DE CALCUL ALE PUTERII UNITARE ÎN TESTUL DE SĂRITURI „CA MINGEA" RAPORTATE LA MĂSURĂTORI DIRECTE 26
7.1. Introducere 26
7.2. Premisele cercetării 26
7.3. Ipotezele cercetării 27
7.4. Scopul cercetării 27
7.5. Obiectivele cercetării 27
7.6. Metode de cercetare 27
7.7. Organizarea cercetării 27
7.8. Protocoale de testare și metodologia achiziției datelor 28
7.8.1. Testul de sărituri pe verticală „ca mingea" 28
7.8.2. Testul de efort maximal pe cicloergometru 29
7.8.3. Testul de efort maximal pe simulatorul de canotaj 29
7.9. Prezentarea, analiza și interpretarea rezultatelor obținute 30
7.9.1. Rezultate comparative privind discrepanțele valorilor de putere calculate și măsurate 30
7.9.3. Analiza intra-grup a diferențelor între modalitățile de evaluare a puterii unitare 31
7.9.4. Analiza relațiilor dintre metode: corelații Pearson și regresie liniară 32
7.9.5. Evaluarea gradului de acord dintre metode 33
7.10. Concluzii experimentale 33
7.10.1. Limitări ale cercetării experimentale 33
7.10.2. Perspective și recomandări pentru cercetări viitoare 34
CAPITOLUL VIII. CONCLUZIILE TEZEI DE DOCTORAT 34
8.1. Concluziile tezei de doctorat 34
8.2. Contribuții personale 34
8.3. Perspective de dezvoltare ulterioară 35
Referințe Bibliografice 35

INTRODUCERE

Tema prezentei cercetări, *„Analiza critică a modului de calcul al puterii în săriturile verticale cu implicații în performanța sportivă"*, a urmat unui fir logic care s-a conturat treptat, pe parcursul documentării și al primelor contacte cu literatura de specialitate dedicată evaluării performanței sportive prin testele de sărituri pe verticală.

În timp ce studiam modelele consacrate de calcul al puterii utilizate în aceste teste, am observat că valorile raportate de diferiți autori pentru aceeași variabilă puterea unitară difereau semnificativ, fără ca aceste diferențe să fie explicate sau măcar semnalate în mod explicit. Această constatare aparent simplă a ridicat o întrebare care a stat la baza întregului demers doctoral: de ce există discrepanțe atât de mari între metode care pretind că măsoară același lucru?

Încercând să răspundem la această întrebare, am pornit de la o analiză teoretică a principalelor modele de calcul al puterii în testele de sărituri repetate pe verticală, în special testele Bosco și Miron Georgescu. În acest context, ne-am propus să aprofundăm, din punct de vedere științific, fundamentele biomecanice și neuromusculare ale mișcărilor pliometrice, cu accent pe rolul elasticității musculo-tendinoase și al mecanismelor anticipative în recuperarea și reutilizarea energiei în săritura repetată pe verticală „ca mingea". Totodată, am examinat critic premisele teoretice ale formulelor de calcul utilizate, identificând surse structurale de eroare care generează supraestimări sistematice ale valorilor de putere.

Pe baza acestor observații, am considerat necesară, într-o primă etapă, verificarea practică a discrepanțelor identificate teoretic, printr-un studiu pilot pe un eșantion restrâns. Aceasta ne-a deschis calea spre o cercetare mai amplă, în care am comparat valorile calculate prin modelele tradiționale cu măsurători directe de putere obținute pe ergometre Concept2, pe un eșantion de 51 de subiecți activi sportiv. Această etapă ne-a oferit datele necesare pentru a evalua în ce măsură modelul alternativ propus Miron Georgescu Modificat-15s (MGM-15) se apropie mai fidel de realitatea biomecanică a efortului pliometric, comparativ cu metodele clasice.

Rezultatele obținute susțin necesitatea unei reconsiderări a modului în care sunt interpretate valorile din testele de sărituri pe verticală nu ca expresie directă a capacității metabolice, ci ca indicator al calității organizării psiho-neuro-motrice a efortului.

PARTEA I. FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A DOMENIULUI DE CERCETARE ÎN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT

CAPITOLUL I. CONCEPTUL DE SĂRITURĂ PE VERTICALĂ

1.1. De la evaluarea calităților motrice la cuantificarea puterii prin sărituri pe verticală

Căutarea unor mărimi cuantificabile capabile să surprindă complexitatea calităților motrice umane a reprezentat, de-a lungul timpului, o preocupare comună atât pentru comunitatea medicală, cât și pentru cea științifică din domeniul sportului. Calitățile motrice de bază viteza, forța, îndemânarea și rezistența, au constituit axele principale ale evaluării, fiecare solicitând instrumente și protocoale specifice. Dintre toate probele propuse, săriturile pe verticală s-au impus ca probe integratoare prin excelență, oferind simultan informații despre forța explozivă, coordonarea neuromusculară și capacitatea de valorificare a energiei elastice. Treptat, puterea membrelor inferioare a fost recunoscută ca variabila cu cel mai mare impact predictiv asupra performanței sportive (Bosco et al., 1983), devenind indicatorul central al modelelor de evaluare.

Primele contribuții sistematice au apărut la sfârșitul secolului al XIX-lea. Testul Sargent (1921) a propus evaluarea capacității explozive prin înălțimea săriturii, iar testul Abalakov (1938) a rafinat metodologia prin corectarea erorilor generate de deplasarea centrului de masă. O contribuție remarcabilă din spațiul românesc îi aparține medicului Miron Georgescu, care, în 1953, a propus prima metodă de evaluare prin sărituri repetate pe verticală, utilizând o platformă improvizată concepută de el însuși (Georgescu, 1953), plasând cercetarea românească printre precursorii acestui domeniu. La începutul anilor 1980, Carmelo Bosco a dezvoltat sistemul ErgoJump, bazat pe același principiu al măsurării timpului de zbor, popularizat ulterior la scară internațională (Bosco et al., 1983). Cercetări ulterioare au demonstrat însă că testul Bosco și testul Wingate nu sunt echivalente, măsurând aspecte diferite ale puterii anaerobe (Sands et al., 2004), ceea ce ridică semne de întrebare privind temeinicia validării inițiale.

CAPITOLUL II. FUNDAMENTE BIOMECANICE ȘI NEUROMUSCULARE ALE ELASTICITĂȚII ÎN MIȘCĂRILE PLIOMETRICE

2.1. Proprietățile funcționale ale musculaturii striate

Musculatura striată scheletică este un țesut excitabil, caracterizat printr-o capacitate ridicată de adaptare structurală și fiziologică la diverse solicitări funcționale (Frontera, 2015; Barrett et al., 2019).Structura sa complexă filamentele de actină și miozină, titina și elementele elastice în serie și paralele conferă mușchiului capacitatea unică de a genera forță activă, dar și de a stoca și restitui energie elastică pasivă (Tskhovrebova & Trinick, 2012). Înțelegerea acestor proprietăți structurale reprezintă punctul de plecare pentru analiza mecanismelor implicate în mișcările pliometrice.

2.2. Elasticitatea — definiție, mecanisme și expresie în contracția musculară

Elasticitatea reprezintă capacitatea unui sistem de a stoca temporar energie în timpul deformării și de a o restitui parțial la revenirea la forma inițială, având un rol important în eficiența mișcărilor biomecanice (Enoka & Duchateau, 2018; Sfetcu, 2018; Burkett, 2018).

Din punct de vedere anatomic, la baza elasticității musculare stau fibrele elastice din structura perimisiumului, proprietățile tendoanelor și ligamentelor, dar și titina, a treia proteină ca abundență din mușchi, care conferă sarcomerului proprietăți de elasticitate pasivă esențiale în mișcările pliometrice (Maciejewska-Skrendo et al., 2020). Un mușchi mai rigid transferă energia mai eficient, cu un consum redus de oxigen, aspect cu implicații directe asupra randamentului în săriturile repetate (Dumke et al., 2010).

2.3. Rolul componentei elastice în performanța săriturilor pe verticală

În mișcările de tip săritură repetată pe verticală, energia elastică este stocată în tendoane și fascii în faza excentrică, urmând a fi reutilizată în faza concentrică în cadrul ciclului de întindere-scurtare (Roberts, 2016; Tomalka, 2023). Studii experimentale clasice au demonstrat că deformările produse în cadrul ciclului contractil muscular sunt determinate în mare parte de componentele elastice ale mușchiului (Asmussen & Bonde-Petersen, 1974; Cavagna et al., 1968; Komi & Bosco, 1978), concluzie confirmată ulterior de cercetări recente privind rigiditatea tendinoasă și coordonarea neuromusculară (Su et al., 2024; Zhang, 2026). Pentru ca energia elastică să nu se disipeze sub formă de căldură, tranziția dintre faza excentrică și cea concentrică trebuie să fie cât mai rapidă aspect fundamental în săriturile „ca mingea" (Verkhoshansky, 2009; Shestakov & Zubkova, 2021).

2.4. Mecanisme neuromusculare implicate în declanșarea contracției

Performanța în mișcările pliometrice presupune nu doar proprietăți mecanice favorabile, ci și o organizare neuromusculară eficientă a recrutării și sincronizării unităților motorii (Enoka, 2018). Recrutarea se realizează în ordine crescătoare a mărimii, de la unitățile motorii lente (tip I) spre cele rapide (tip II), esențiale în producerea forței explozive, principiu demonstrat pentru prima dată de Henneman (1957) și confirmat ulterior în contextul controlului motor (Rodriguez-Falces et al., 2022). Sincronizarea simultană a mai multor unități motorii amplifică forța produsă, factor determinant în performanța mișcărilor balistice (Zatsiorsky & Prilutsky, 2012).

2.5. Componenta anticipativă în recuperarea elastică a săriturilor

Un element esențial, adesea subestimat în literatura de specialitate, îl constituie componenta anticipativă mecanismele feedforward prin care sistemul nervos central emite comenzi motorii înainte de a primi informație senzorială de la periferie (Wolpert & Flanagan, 2001). Preactivarea musculară în faza de zbor, anterioară contactului cu solul, a fost documentată ca mecanism de reglare a rigidității membrelor inferioare, intervalul tipic de preactivare fiind cuprins între 100 și 200 ms anterior contactului (Gollhofer et al., 1991; Santello & McDonagh, 1998). Sistemul nervos central nu generează un răspuns motor fix, ci unul ”calibrat”, bazat pe modele interne ale mișcării o capacitate care se dezvoltă și se rafinează prin practică sportivă, cu implicații directe asupra eficienței utilizării componentei elastice în săriturile pe verticală.

CAPITOLUL III. MODELE TEORETICE ȘI INSTRUMENTE DE EVALUARE A CALITĂȚILOR MOTRICE PRIN SĂRITURI PE VERTICALĂ

3.1. Săritura pe verticală ca instrument de evaluare a calităților motrice și a puterii musculare

Interesul pentru evaluarea calităților motrice prin sărituri pe verticală s-a născut din nevoia de a obține informații obiective, rapide și reproductibile despre capacitatea de exteriorizare energetică a sportivului. Transformarea unei performanțe motrice complexe într-un indicator unic implică însă alegeri teoretice și metodologice care trebuie explicitate critic.

Prima probă în care sunt utilizate sărituri pe verticală a fost dezvoltată de Dudley Allen Sargent (1921), iar la distanță de trei ani, L.W. Sargent (1924) definește performanța săriturii pe verticală ca pe o expresie a puterii musculare, poate, o asociere timpurie care a deschis calea unui întreg curent de cercetare orientat spre dezvoltarea modelelor matematice de estimare a puterii.

Ani mai târziu, în 1938, cercetătorul rus Vitaly Abalakov a adus un progres metodologic important, utilizând o bandă de măsură fixată la centura sportivului pentru a corecta erorile generate de deplasarea centrului de masă (Klavora, 2000).

Aceste prime contribuții au consolidat săriturile verticale ca probe de evaluare și au conturat parcursul sinuos al cercetărilor din domeniu de la studiile lui Marey & Demeny (1885) până la protocoalele standardizate de astăzi.

3.2. Testul Miron Georgescu

Unul dintre primii cercetători din lume care a propus un instrument pentru evaluarea calităților motrice prin sărituri repetate „ca mingea" a fost medicul sportiv român Miron Georgescu. Acesta a publicat în 1953, în revista *Cultură Fizică și Sport*, o metodă de determinare a unor indici de capacitate motrică pentru membrele inferioare, utilizând o platformă improvizată concepută de el însuși (Georgescu, 1953). Demersul său plasează cercetarea românească printre precursorii acestui domeniu, cu câteva decenii înaintea răspândirii internaționale a metodologiei similare propuse de Bosco.

3.3. Testul Bosco

La distanță de 30 de ani, medicul italian Carmelo Bosco a propus, în 1983, o metodologie simplificată și similară de evaluare a calităților motrice prin calculul puterii mecanice anaerobe în timpul săriturilor repetate (Bosco et al., 1983). Sistemul ErgoJump, bazat pe același principiu al măsurării timpului de zbor folosit inițial de Georgescu (1953), a fost validat prin comparații cu testul Margaria, sprintul în linie dreaptă și testul Wingate. Popularizat rapid la scară internațională, testul Bosco a devenit un standard de facto în evaluarea performanței sportive, deși cercetări ulterioare au demonstrat că nu este echivalent cu testul Wingate, cele două măsurând aspecte diferite ale puterii anaerobe (Sands et al., 2004).

3.4. Testul Miron Georgescu Modificat-15s (MGM-15)

O contribuție relevantă în actualizarea metodologiei de testare îi aparține profesorului universitar Pierre Joseph de Hillerin, autorul versiunii modificate cunoscute sub denumirea de MGM-15. Această versiune a fost fundamentată pornind de la concluziile Laboratorului de Biomotricitate al Centrului de Cercetări pentru Probleme de Sport din perioada 1971–1972 (Ionescu et al., 1982), observația centrală fiind că mișcarea implicată în testul Georgescu nu este compusă din două faze distincte, amortizare și împingere, ci dintr-o succesiune integrată. Față de testele Georgescu și Bosco, MGM-15 introduce testarea unilaterală și doi parametri de control suplimentari: Coeficientul de Variabilitate Energetică (CVE) și Coeficientul de Variabilitate Structurală (CVS), transformând evaluarea dintr-un simplu indicator numeric într-un instrument activ de suport decizional pentru antrenor și sportiv.

3.5. Conceptul de putere în testele de sărituri pe verticală

Unul dintre aspectele care ne-au atras atenția în documentarea pentru această teză a fost gradul de inconsecvență cu care noțiunea de putere este utilizată în literatura internațională de specialitate, frecvent ca termen generic pentru performanța atletică, fără raportare explicită la definiția sa fizică strictă: rata efectuării lucrului mecanic în unitatea de timp (Knuttgen & Komi, 2003; Hall, 2021).

Diverse studii consacrate au calculat puterea luând în considerare exclusiv înălțimea săriturii și greutatea subiecților, fără ca timpul de acțiune al forțelor să fie inclus în formulă (Harman et al., 1991; Johnson & Bahamonde, 1996; Sayers et al., 1999), o limitare metodologică cu implicații practice semnificative.

O ilustrare concretă a acestor implicații este oferită de variația valorilor calculate pentru același subiect de 70 kg, 178 cm și 30 cm înălțime de săritură: de la 833 W prin formula Lewis până la 6.199 W, echivalentul a 8.31 CP prin formula Harman pentru putere maximă. Această variabilitate, insuficient discutată în literatura de specialitate, constituie unul dintre argumentele care fundamentează demersul critic al prezentei teze.

3.6. Argumente experimentale privind rolul componentei elastice în evaluarea performanței în sărituri pe verticală

Înainte de a construi un cadru metodologic alternativ, am considerat util să testăm validitatea algoritmului Bosco într-o situație în care răspunsul corect este cunoscut cu exactitate: o minge de baschet normală, lăsată să cadă liber de la înălțimea de 1 m pe o suprafață dură, un sistem fizic fără mușchi, fără sistem nervos, fără niciun consum energetic activ. Algoritmul Bosco, aplicat celor 31 de desprinderi succesive înregistrate, a calculat o energie totală de 2.237,93 J, de aproximativ 357 de ori mai mare decât energia reală introdusă în sistem (Geantă & de Hillerin, 2022).

Rezultatul acestui experiment demonstrează că eroarea algoritmului nu este marginală, ci structurală: fiecare timp de zbor este tratat exclusiv ca expresie a lucrului mecanic activ, energia elastică recuperată în faza de amortizare fiind complet ignorată. Paradoxul este cu atât mai profund cu cât ambele teste Bosco și Georgescu, solicită explicit sărituri „ca mingea", tocmai gestul motor în care componentele elastice ale complexului musculo-tendinos joacă rolul central.

CAPITOLUL IV. CONCLUZIILE FUNDAMENTĂRII TEORETICE

Parcurgerea fundamentării teoretice a conturat un tablou provocator al unui domeniu în care popularitatea unei metode nu a fost întotdeauna însoțită de rigoarea conceptuală necesară. Studiile analizate au relevat că performanța în săriturile pe verticală nu poate fi redusă la o singură variabilă numerică, elasticitatea musculo-tendinoasă, mecanismele de control motor și organizarea neuromusculară contribuie în egală măsură la rezultatul final, aspecte ignorate sistematic de modelele clasice de calcul al puterii.

O constatare centrală este că algoritmul Bosco tratează fiecare timp de zbor exclusiv ca expresie a lucrului mecanic activ, ignorând contribuția energiei elastice recuperate în faza de amortizare, o omisiune paradoxală tocmai pentru că protocolul solicită explicit săritura „ca mingea", gestul motor în care elasticitatea joacă rolul central. Argumentul experimental al mingii de baschet, care a generat prin algoritmul Bosco o energie de 357 de ori mai mare decât cea introdusă real în sistem, demonstrează că această eroare nu este marginală, ci structurală (Geantă & de Hillerin, 2022).

Aceste concluzii constituie fundamentul teoretic al demersului aplicativ din Partea a II-a, unde ipotezele formulate au fost supuse verificării experimentale comparative.

PARTEA A II-A.
CERCETĂRI PERSONALE PRIVIND DISCREPANȚELE DE PUTERE CALCULATE ȘI MĂSURATE ÎN MEMBRELE INFERIOARE CA FACTOR ÎN INTERPRETAREA REZULTATELOR ȘI OPTIMIZAREA PERFORMANȚEI SPORTIVE

CAPITOLUL V. STUDIU PRELIMINAR I – COMPARAREA ABORDĂRILOR METODOLOGICE DE CALCUL AL PUTERII ÎN TESTELE DE SĂRITURI PE VERTICALĂ

5.1. Repere teoretico-metodice privind calculul puterii în săriturile pe verticală

Înainte de orice demers comparativ de natură experimentală, se impune clarificarea ipotezelor implicite care stau la baza modelelor de calcul utilizate în evaluarea puterii în testele de sărituri pe verticală.

Primele formule destinate estimării puterii dintr-o săritură unică au fost propuse de Fox & Mathews (1974), Harman et al. (1991), Johnson & Bahamonde (1996) și Sayers et al. (1999), modele analizate critic în prima parte a tezei, unde s-a demonstrat că noțiunea de putere nu este întotdeauna aplicată sau interpretată corect.

Una dintre principalele surse de eroare rezidă în lipsa omogenității dimensionale a ecuațiilor propuse, ceea ce generează artefacte numerice cu consecințe directe asupra interpretării performanței sportive.

5.2. Premise

Studiul preliminar pornește de la constatarea faptului că modele diferite de calcul pot genera valori semnificativ diferite pentru aceeași performanță motrică. Această observație justifică o etapă preliminară de verificare, menită să clarifice în ce măsură echipamentele disponibile și modelele de calcul asociate afectează comparabilitatea rezultatelor obținute.

5.3. Ipotezele cercetării preliminare

H_1: Există discrepanțe semnificative din punct de vedere al omogenității dimensionale între modelele Lewis, Harman și Johnson & Bahamonde pentru calculul puterii unitare în testul săriturii pe verticală.

H_2: Utilizarea unor echipamente validate, capabile să calculeze direct parametrii energetici ai mișcării, va permite evidențierea diferențelor sistematice dintre modelele de calcul Bosco, Miron Georgescu și MGM-15.

5.4. Scop

Identificarea și validarea operațională a echipamentelor și procedurilor necesare pentru compararea modelelor de calcul aplicate în testele de sărituri pe verticală atât în varianta săriturii singulare, cât și în cea a săriturilor repetate „ca mingea".

5.5. Obiective

1. Identificarea și stabilirea echipamentelor adecvate pentru calcularea parametrilor energetici necesari fazei preliminare
2. Constituirea unui eșantion corespunzător cerințelor etapei preliminare
3. Administrarea testelor de sărituri pe verticală în ambele variante: singulară și repetată
4. Compararea valorilor de putere absolută obținute prin cele patru modele de calcul și a celor de putere unitară prin modelele Bosco, MG și MGM-15
5. Valorificarea rezultatelor prin elaborarea raportului de cercetare și diseminare în publicații de specialitate

5.6. Metode de cercetare

5.6.1. Metoda studiului bibliografic

Utilizată pentru identificarea, analiza și sistematizarea modelelor de calcul al puterii în testele de sărituri pe verticală, furnizând cadrul teoretic de referință pentru interpretarea discrepanțelor dimensionale dintre ecuațiile analizate.

5.6.2. Metoda studiului pilot

A fost aplicat un design de studiu pilot ca verificare operațională a aparaturii și a procedurilor de testare, administrând testul săriturii singulare și testul de sărituri repetate 15s, cu înregistrarea timpilor de zbor, contact și înălțimilor prin sistemul OptoJump Next.

5.6.3. Metoda statistico-matematică

Prelucrarea datelor a fost realizată cu IBM SPSS v.31.0. Normalitatea a fost verificată prin testul Shapiro-Wilk. În absența normalității (săritura pe verticală singulară), s-a aplicat testul Friedman; pentru săriturile repetate, ANOVA cu măsuri repetate. Pragul de semnificație: $p<.05$.

5.6.4. Metoda reprezentării grafice

Reprezentările grafice (coloane, violin, scatter) au fost realizate cu ajutorul GraphPad Prism v.10, facilitând vizualizarea discrepanțelor dintre modele.

5.7. Organizarea și desfășurarea testărilor

5.7.1. Organizarea cercetării

Studiul s-a desfășurat în perioada iulie–octombrie 2023 și a fost structurat în două componente complementare: prima vizând estimarea puterii absolute și unitare în săritura singulară pe verticală prin modelele Harman, Lewis, Johnson & Bahamonde și Sayers, iar a doua orientată spre compararea puterii unitare în săriturile repetate „ca mingea" prin modelele Bosco, Miron Georgescu și MGM-15. Pentru contextualizarea istorică a acestor modele, Figura 31 prezintă o sinteză cronologică a principalelor formule de calcul dezvoltate în literatura de specialitate.

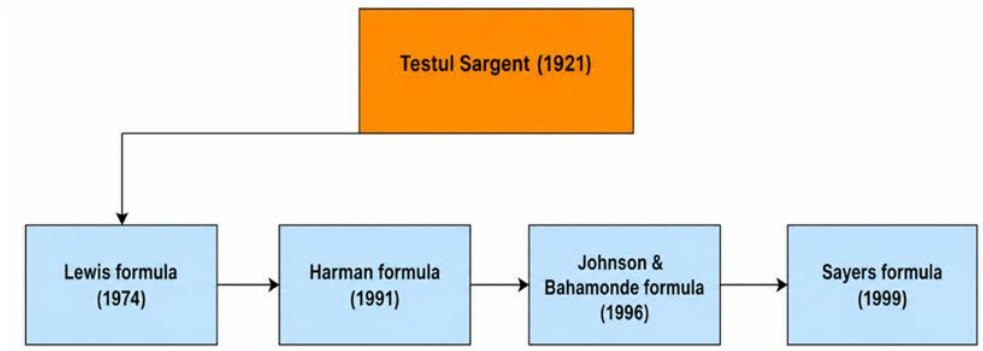


Figura 31. *Evoluția modelelor de calcul pentru putere pentru în testul săriturii pe verticală.*

Pentru completarea cadrului teoretic, Figura 32 prezintă modelele de calcul ale puterii unitare incluse în cercetare, utilizate pentru raportarea valorilor puterii la masa corporală a subiecților în testul de sărituri pe verticală 15s „ca mingea”.



Figura 32. *Modelele de calcul pentru puterea unitară.*

5.7.2. Subiecții cercetării

Eșantionul a inclus n=5 subiecți (5 bărbați, vârsta medie 20±0.45 ani, înălțime 178.6±4.72 cm, greutate 73±8.12 kg), studenți ai Facultății de Educație Fizică și Sport, Universitatea "Aurel Vlaicu" din Arad, selectați aleatoriu.

5.7.3. Locația investigațiilor preliminare

Testările s-au desfășurat la Centrul de Cercetări pentru Activități Fizice (C.C.A.F.) al Facultății de Educație Fizică și Sport, Universitatea "Aurel Vlaicu" din Arad, locație dotată cu infrastructura tehnică necesară și utilizată ulterior și pentru studiile II și III.

5.8. Metodologia de investigare

5.8.1. Descrierea testelor utilizate în studiul preliminar 1

Prima componentă a utilizat testul săriturii pe verticală cu elan din membrele superioare (CMJ), cu valori antropometrice individuale introduse în calculatorul BrianMac (Mackenzie, 2007) pentru obținerea puterii prin cele patru modele. Cea de-a doua componentă a utilizat testul de sărituri succesive „ca mingea" cu elan din MS, 15 secunde din care datele brute (timpi de zbor, contact, înălțimi) extrase din OptoJump Next au permis aplicarea paralelă a celor trei modele de calcul.

Pentru evaluarea puterii în săritura singulară a fost utilizat testul săriturii pe verticală cu elan din membrele superioare, ilustrat în Figura 33

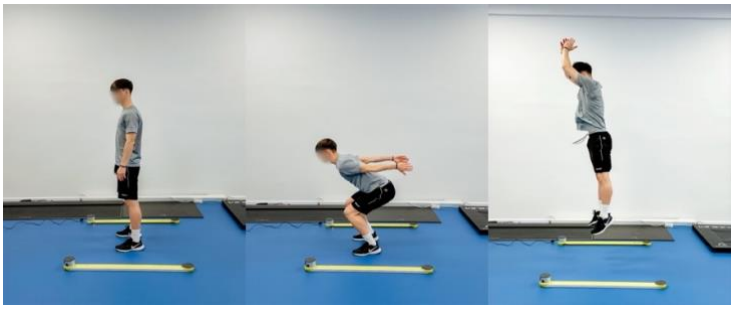


Figura 33. *Testul săriturii pe verticală cu elan din membrele superioare.*

Procedura de inițiere a testului de sărituri succesive pe verticală „ca mingea", desfășurat pe durata a 15 secunde, este prezentată în Figura 34.

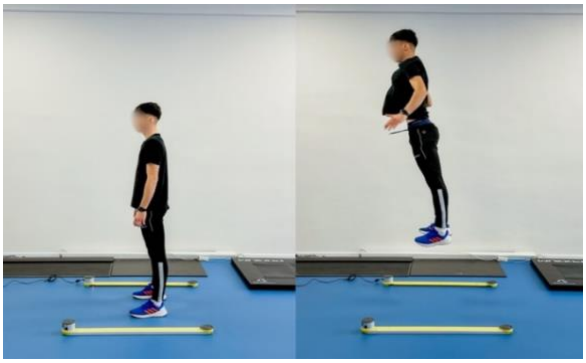


Figura 34. *Inițierea testului de sărituri succesive pe verticală cu elan din membrele superioare.*

5.8.2. Aparatura de cercetare

A fost utilizat sistemul OptoJump Next (Microgate, Bolzano, Italia), omologat conform standardelor UNI EN ISO 9001:2015 și UNI EN ISO 13485:2016. Sistemul înregistrează timpii de zbor și de contact cu o precizie de 1/1000s, calculând înălțimea săriturii pe baza formulei:

$$h = \frac{g \times T_{zbor}^{\ 2}}{8} \qquad (6)$$

Limitările tehnice recunoscute datorate poziției senzorilor la 0.3 cm față de sol pot genera erori sistematice minore de detecție (Glatthorn et al., 2011; Ammann et al., 2016).

5.8.3. Formule de calcul pentru înălțimea săriturii și putere unitară în testul de sărituri „ca mingea", cu explicații

Cele trei modele de calcul comparate pot fi consultate în rândurile de mai jos.

Modelul de calcul Miron Georgescu (Georgescu, 1953):

$$PU_{MG} = 1{,}5 \times \frac{g^2 \times T_{zbor}^{\ 2}}{8 \times T_{contact}} \qquad (16)$$

Modelul de calcul Carmelo Bosco (Bosco et al., 1983):

$$PU_{Bosco} = 2 \times \frac{g^2 \times T_{zbor} \times 60}{4n \times (60 - T_{zbor})} \qquad (8)$$

Modelul Miron Georgescu Modificat 15-s (Hillerin, 1997):

$$PU_{MGM-15} = \frac{g^2 \times T_{zbor}^{\ 2}}{8 \times (T_{contact} + T_{zbor})} \qquad (20)$$

Modelul MGM-15 (de Hillerin, 1997) include în numitor atât timpul de contact, cât și timpul de zbor reflectând întregul ciclu de mișcare, nu doar faza de contact.

5.9. Rezultate

5.9.1. Rezultate și discuții privitoare la testul săriturii unice pe verticală

Valorile de putere unitară calculate prin cele trei modele au variat semnificativ: Lewis a generat cele mai mici valori (M=15.36±0.97 W/kg), Harman valori intermediare (M=18.38±2.22 W/kg), iar Johnson & Bahamonde cele mai ridicate (M=27.46±4.42 W/kg) pentru aceiași subiecți, cu aceleași date de intrare.

Testul Friedman a confirmat diferențele (χ^2=10.000, p=.07, Kendall's W=.67), iar analiza post-hoc Bonferroni a indicat că toate perechile diferă semnificativ.

Diferențele dintre modelele de calcul sunt evidențiate prin valorile individuale și descriptive ale puterii absolute și ale puterii exprimate în cai putere, prezentate în Tabelul 9.

Tabel 9. *Rezultate comparative calculate prin inferență statistică pentru valorile de putere raportate cu medie și abatere standard.*

Subiect	Lewis		Harman		Johnson &Bahamonde	
	[W]	[CP]	[W]	[CP]	[W]	[CP]
S1	887	1.19	939	1.26	1279	1.72
S2	1113	1.49	1345	2.00	2145	2.88
S3	1210	1.62	1489	2.00	2270	3.04
S4	1076	1.44	1308	1.75	1994	2.67
S5	1335	1.79	1671	2.24	2393	3.21
M	1124.20	1.51	1350.40	1.85	2016.20	2.70
SD	166.22	0.22	270.68	0.37	437.88	0.59

Notă. Valorile reprezintă puterea absolută (W = Wați) și puterea exprimată în Cai Putere (CP) calculate pentru fiecare subiect (S1–S5) prin formulele Lewis, Harman și Johnson & Bahamonde. Valorile medii (M) și abaterea standard (SD) sunt prezentate pentru întregul eșantion.

Pentru verificarea semnificației statistice a diferențelor dintre cele trei modele de calcul a fost aplicat testul Friedman. Rezultatele analizei inferențiale, inclusiv mărimea efectului estimată prin coeficientul Kendall's W, sunt prezentate în Tabelul 10.

Tabel 10. *Rezultatele testului Friedman între modelele de calcul.*

Test	χ^2	df	p	Kendall's W	Mărimea efectului
Friedman	10.000	2	0.007	.67	Mare

Notă. Testul Friedman a fost aplicat pentru a identifica diferențele semnificative dintre formulele de calcul. Kendall's W a fost utilizat ca un etalon de calculare a mărimii efectului (W = .67, un efect mare conform ghidului lui Cohen's).

5.9.2. Rezultate și discuții privitoare la testul de sărituri „ca mingea"

ANOVA cu măsuri repetate a evidențiat diferențe foarte semnificative între cele trei modele ($F(2,8)=111.50$, $p<.001$, $\eta^2p=.965$): Bosco a generat M=39.43±7.74 W/kg, MG M=20.38±5.60 W/kg, iar MGM-15 M=4.14±0.54 W/kg. Toate perechile au diferit semnificativ ($p<.001$).

Valorile descriptive ale puterii unitare, exprimate prin medie și abatere standard pentru fiecare model de calcul, sunt prezentate în Tabelul 12.

Tabel 12. *Valori medii de putere unitară în funcție de model.*

Model de calcul	M (W/kg)	SD (W/kg)
Bosco	39.43	7.74
Miron Georgescu	20.38	5.60
Miron Georgescu Modificat-15s	4.14	0.54

Notă. M = Media aritmetică; SD = Abaterea standard. Datele prezintă valorile puterii unitare, exprimate în wați per kilogram-corp (W/kg), pentru fiecare model de calcul utilizat în cadrul testului de sărituri verticale de 15 secunde.

Pentru o reprezentare sintetică a diferențelor dintre modele și a rezultatelor analizei inferențiale, rezultatele testului ANOVA cu măsuri repetate sunt ilustrate în Figura 53.

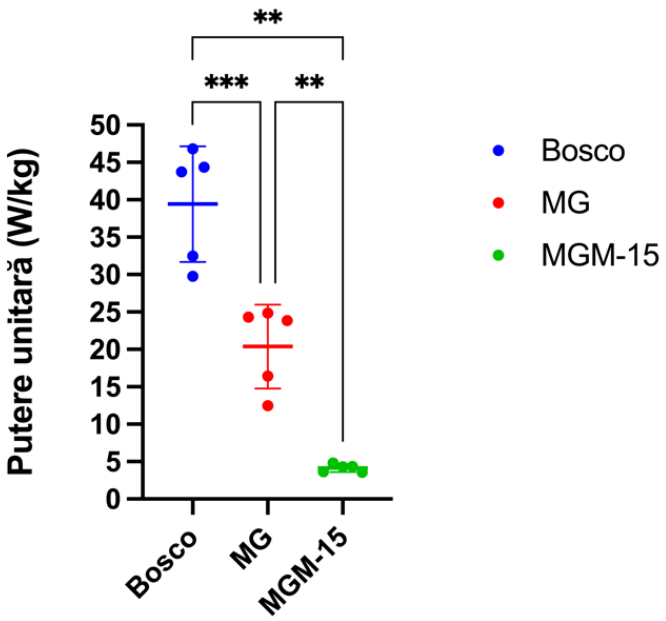


Figura 53. *Comparații post-hoc Bonferroni între modelele de calcul al puterii unitare. Cu reprezentarea mediei și abaterii standard. Marcajele de semnificație indică diferențele statistic semnificative identificate prin comparațiile post-hoc Bonferroni (**p< .01; ***p< .001).*

5.10. Discuții

Dat fiind că testul săriturii unice nu include variabila timp de acțiune în formulele de calcul, el nu poate estima corect puterea mecanică. Din această etapă, cercetarea se concentrează exclusiv pe testul de sărituri repetate, unde cele trei modele pot fi comparate pe baze metodologice solide.

5.10.1. Propuneri pentru cercetări viitoare

Extinderea eșantionului și diversificarea sporturilor reprezentate, precum și includerea unor măsurători directe ale puterii prin ergometre validate, direcție urmărită explicit în Studiul Preliminar II.

5.10.2. Limitări ale cercetării preliminare

Eșantionul redus (n=5), omogenitatea de gen și proveniența participanților dintr-un grup omogen limitează generalizarea rezultatelor la populații cu caracteristici diferite.

5.11. Concluzii

Studiul Preliminar I confirmă că modelele de calcul al puterii unitare generează valori semnificativ diferite pentru aceeași performanță motrică, cu discrepanțe de până la 10 ori între MGM-15 și Bosco, fapt ce a generat semne de întrebare.

Lipsa omogenității dimensionale în formulele pentru săritura singulară invalidează utilizarea acestora ca “estimatori” reali ai puterii mecanice. MGM-15 produce valorile de putere unitară cele mai mici, justificând investigația extinsă din etapele ulterioare ale tezei.

CAPITOLUL VI. CERCETĂRI PRELIMINARE II — COMPARAREA ERGOMETRELOR CA INSTRUMENTE DE MĂSURARE DIRECTĂ A PUTERII ȘI ANALIZA INFLUENȚEI POZIȚIEI MEMBRELOR SUPERIOARE ÎN TESTUL DE SĂRITURI REPETATE PE VERTICALĂ

6.1. Introducere

Capitolul extinde investigația preliminară din Capitolul V în două direcții complementare. Prima vizează introducerea ergometrelor Concept2, cicloergometrul BikeErg și simulatorul de canotaj RowErg ca instrumente capabile să măsoare direct puterea exteriorizată, oferind un termen de referință mai potrivit decât modelele de calcul.

A doua direcție urmărește extinderea eșantionului la 25 de subiecți și analiza influenței poziției membrelor superioare asupra valorilor de putere unitară, comparând săriturile „ca mingea" cu mâinile pe șold (MS) față de cele cu elan din membrele superioare (ML). Capitolul realizează, totodată, o primă analiză de validitate convergentă a modelului MGM-15 prin raportarea sa la modelul Bosco ca referință din literatură.

6.2. Premisele cercetării

Premisa centrală este că măsurarea directă a puterii pe ergometre poate funcționa ca reper comparativ pentru modelele indirecte de calcul utilizate în săriturile pe verticală. Astfel, demersul se desfășoară în două direcții metodologice: evaluarea puterii unitare pe BikeErg și RowErg pe un eșantion de 5 subiecți, respectiv compararea valorilor din săriturile ML vs. MS pe un eșantion de 25 de subiecți, cu aplicarea celor trei modele de calcul (Bosco, MG, MGM-15).

6.3. Ipotezele

H_1. Există diferențe semnificative între valorile puterii unitare măsurate direct la BikeErg și RowErg, deși ambele instrumente evaluează aceeași variabilă de exteriorizare energetică.

H_2. Există diferențe semnificative între valorile puterii unitare obținute în săriturile MS față de ML, pentru toate cele trei modele de calcul.

H_3. Valorile de putere unitară calculate prin MGM-15 prezintă o corelație semnificativă cu cele calculate prin modelul Bosco, oferind evidențe preliminare de validitate convergentă.

6.4. Scop

Explorarea posibilității de a utiliza măsurătorile directe pe ergometre ca termen de comparație pentru estimările de putere unitară din modelele de calcul aplicate săriturilor pe verticală și fundamentarea alegerilor metodologice pentru etapa experimentală principală.

6.5. Obiectivele cercetării preliminare

- Compararea valorilor de putere unitară măsurate direct la BikeErg și RowErg
- Analiza influenței modului de execuție a săriturilor (MS vs. ML) asupra valorilor de putere unitară prin cele trei modele

- Identificarea discrepanțelor metodologice și formularea implicațiilor pentru studiul experimental principal
- Diseminarea rezultatelor prin publicarea unor lucrări științifice în domeniu

6.6. Metodele de cercetare

Studiul a adoptat un design transversal cu măsurători repetate intra-subiecți *(*cross-sectional, within-subjects*)*.

Au fost utilizate: metoda studiului bibliografic (pentru fundamentarea utilizării ergometrelor Concept2), metoda experimentală (eforturi maximale de 20s pe BikeErg și RowErg + testele de sărituri OptoJump 15s), metoda statistico-matematică (IBM SPSS v.31, GraphPad Prism v.10.3; test t pereche pentru n=5, ANOVA cu măsuri repetate pentru n=25, corecție Greenhouse-Geisser acolo unde sfericitateaa fost încălcată, comparații post-hoc Bonferroni) și metoda reprezentării grafice.

6.7. Organizarea cercetării

Cercetarea s-a desfășurat în perioada iulie–octombrie 2023, în două etape distincte.

Etapa I — evaluare directă la ergometre: n=5 subiecți (20±0.45 ani, 178.6±4.72 cm, 73±8.12 kg), efort maximal de 20 de secunde pe BikeErg și RowErg, locație: CrossFit Arad (Arad FitGroup SRL).

Etapa a II-a — sărituri „ca mingea" ML vs. MS: n=25 subiecți (19.80±1.58 ani, 179.60±7.07 cm, 75.08±10.14 kg), ambele teste în aceeași sesiune, locație: Centrul de Cercetări pentru Activități Fizice (C.C.A.F.), Universitatea “Aurel Vlaicu” din Arad.

6.8. Metodologia de verificare a echipamentelor și descrierea testelor utilizate în studiul preliminar

6.8.1. Aparatura de cercetare

Au fost utilizate trei echipamente principale, toate supuse verificărilor metrologice anterior testărilor:

Concept2 BikeErg — cicloergometru cu volant cu rezistență aerodinamică, monitorul PM5 furnizând în timp real puterea (W), rpm-ul, distanța și caloriile (Concept2 -BikeErg, f.a.). Datele pot fi exportate prin aplicația Concept2 Utility. *(Figura 54–55)*



Figura 54. *Cicloergometru al firmei Concept2 (Concept2 BikeErg).*

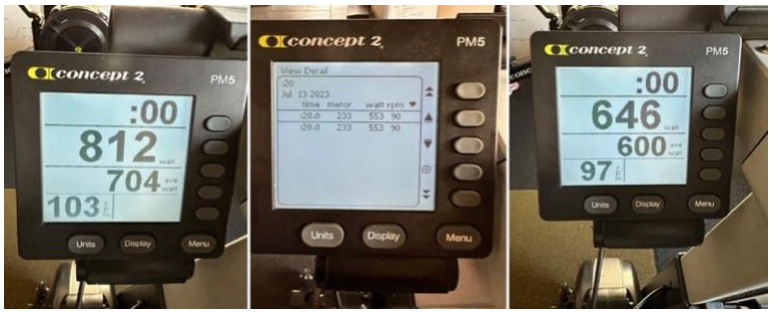


Figura 55. *Monitorul PM5 pe BikeErg Concept2.*

Concept2 RowErg — simulator de canotaj cu același monitor PM5, solicită aproape întreaga masă musculară în extensie și contracție maximă; utilizat ca standard de referință în evaluarea loturilor naționale de canotaj (Concept2 – RowErg, f.a.) și a forțelor de ordine. *(Figura 58–59).*



Figura 58. *Simulatorul de canotaj al firmei Concept2 (Concept2 RowErg).*



Figura 59. *Monitorul PM5 pe RowErg Concept2.*

OptoJump Next - Același sistem OptoJump Next (Microgate, f.a.) utilizat în Studiul Preliminar I a fost configurat cu două protocoale distincte în funcție de condiția de testare. Prima condiție a fost: MS (mâini pe șold) — protocolul „15 SEC. JUMPS Bosco". A doua condiție de testare a fost: ML (elan din membrele superioare), protocolul „15 SEC. JUMPS MG.”. Sistemul este ilustrat în Figura 60, iar interfața software cu denumirile protocoalelor utilizate este prezentată în Figura 61.



Figura 60*. Sistemul OptoJump Next (MicroGate).*

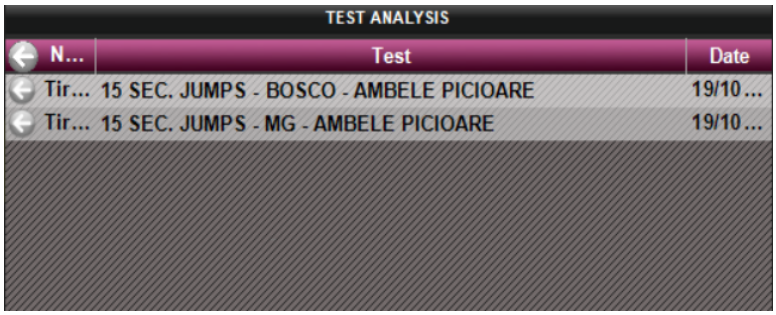


Figura 61*. Output din programul OptoJump cu denumirile testelor de sărituri pe verticală.*

Testele aplicate:

- **Testul 1:** Efort maximal 20s pe BikeErg — pedalare cu intensitate maximală, din poziție șezând (Figura 62).



Figura 62. Desfășurarea testului de efort de 20 de secunde, la BikeErg Concept2.

- **Testul 2:** Efort maximal 20s pe RowErg — tracțiuni maximale succesive, cu accent pe extensia membrelor inferioare și a trunchiului (Figura 63*).*



Figura 63. Desfășurarea testului de efort pentru 20 de secunde, la RowErg Concept2.

- **Testul 3:** Sărituri „ca mingea" MS 15s — mâinile pe șolduri pe toată durata, puterea unitară a fost calculată prin modelele Bosco, MG și MGM-15 *(*Figura 64*).*
- **Testul 4:** Sărituri „ca mingea" ML 15s — elan activ din membrele superioare, puterea unitară a fost calculată prin modelele Bosco, MG și MGM-15 (Figura 65).

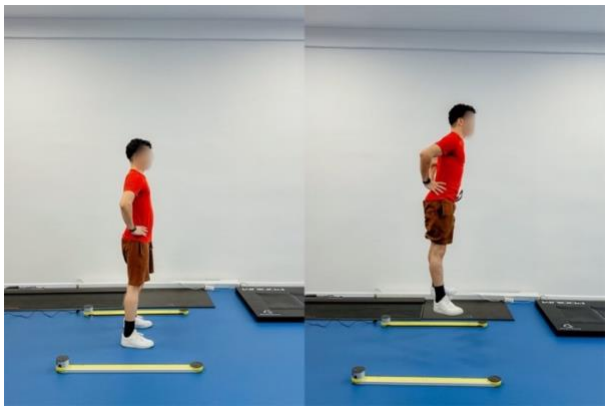


Figura 64. *Executarea testului de sărituri succesive pe verticală cu mâinile pe șold.*

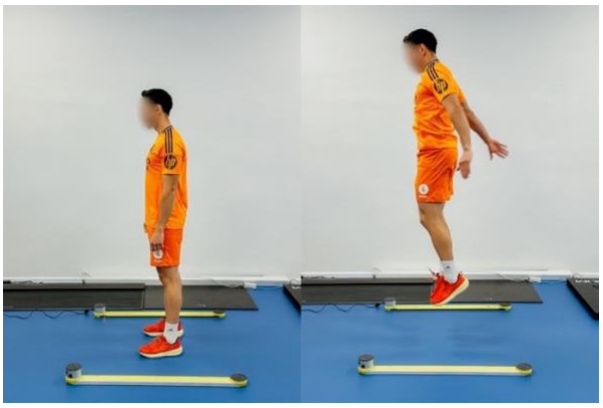


Figura 65. *Executarea testului de sărituri succesive pe verticală cu elan din membrele superioare.*

6.9. Rezultate

6.9.1. Rezultatele preliminare ale testelor la ergometrele BikeErg și RowErg

Valorile medii de putere unitară au fost de 8.67±0.39 W/kg la BikeErg și 5.43±0.75 W/kg la RowErg, cu diferențe semnificative confirmate prin testul t pereche (t=11.09, p<.001, Cohen's d=.65, efect moderat spre mare). Rezultatele obținute prin statistică descriptivă sunt prezentate în Tabelul 16.

Tabel 16. *Statistică descriptivă pentru rezultatele testelor de măsurare directă a puterii.*

Subiect	BikeErg 20s (W/kg)	RowErg 20s (W/kg)
S1	8.51	6.23
S2	9.17	5.87
S3	8.35	5.26
S4	9.03	5.54
S5	8.33	4.25
M	8.67	5.43
SD	0.39	0.75
CV%	4.50	13.81

Notă. BikeErg 20s reprezintă testul de efort maximal de 20 de secunde efectuat la cicloergometru, iar RowErg 20s reprezintă testul de efort maximal de 20 de secunde efectuat la simulatorul de canotaj. Valorile sunt exprimate în wați per kilogram-corp (W/kg).

Valoarea medie la RowErg (5.43 W/kg) a fost cea mai apropiată de rezultatele modelului MGM-15 din etapa anterioară (4.14 W/kg), aspect cu relevanță metodologică directă, iar diferența dintre cele două ergometre s-a menținut sistematic la nivelul întregului lot (Figura 67).

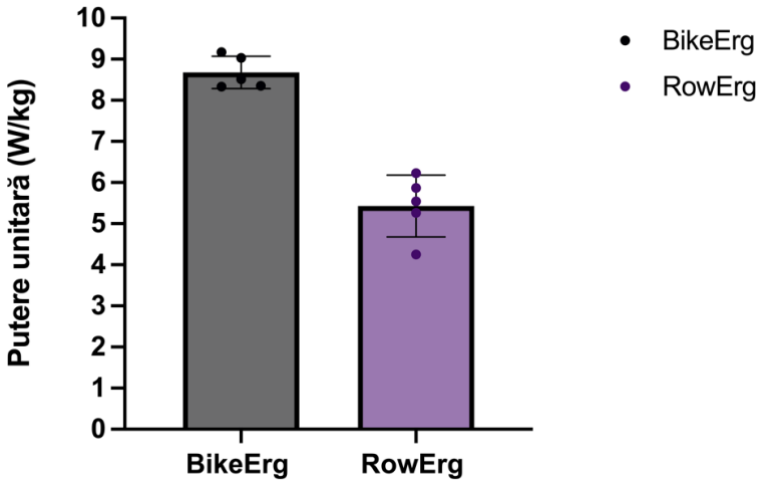


Figura. 67. *Compararea valorilor medii ale puterii unitare (W/kg) între ergometrele BikeErg și RowErg.*

6.9.2. Rezultate și discuții privitoare la diferențele dintre modele în testele de sărituri „ca mingea"

Pe eșantionul extins (n =25), modelul Bosco a generat cele mai ridicate valori ale puterii unitare, urmat de Miron Georgescu și MGM-15, acesta din urmă prezentând și cea mai redusă variabilitate interindividuală (Tabelul 19).

Tabel 19. Valorile medii și deviația standard ale puterii calculate prin testele Bosco, Miron Georgescu și MGM-15 (n = 25).

Variabilă (n=25)	M±SD (W/kg)
Bosco	40.13 ± 8.56
Miron Georgescu	21.07 ± 5.92
MGM-15	4.08 ± 0.61

Notă. Valorile sunt exprimate ca medie ± deviație standard (M ± SD); W/kg = wați pe kilogram; N reprezintă numărul de subiecți.

Presupunerea de sfericitate a fost încălcată (Mauchly, p=.001), impunând corecția Greenhouse–Geisser (ε=0.531). ANOVA cu măsurători repetate a evidențiat un efect principal foarte puternic al metodologiei de calcul (F(1.06; 25.47)=479.89, p<.001, η^2p=.952). Comparațiile post-hoc Bonferroni au confirmat diferențe semnificative între toate perechile de modele, cu amplitudini cuprinse între 16.99 și 36.04 W/kg (Tabelul 24).

Tabel 24. *Comparații perechi între modelele de calcul (corecție Bonferroni).*

Comparații	Diferența medie	SE	p	CI 95%
Bosco vs. MG	19.05	0.61	.001	[17.47, 20.63]
Bosco vs MGM-15	36.04	1.59	.001	[31.93, 40.15]
MG vs MGM-15	16.99	1.06	.001	[14.24, 19.73]

Notă. Comparațiile perechi au fost ajustate utilizând corecția Bonferroni. SE = eroare standard; CI = interval de încredere. *Diferențe semnificative la p < .05.

Reprezentarea grafică din Figura 68 evidențiază separarea clară dintre cele trei modele și poziționarea relativă a fiecăruia în raport cu celelalte.

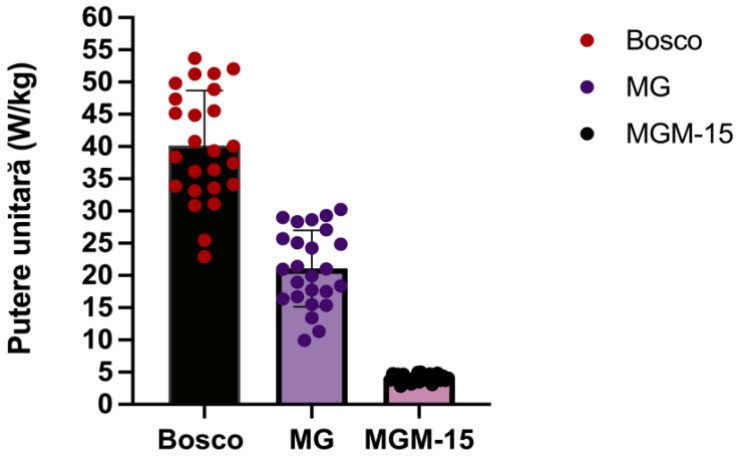


Figura 68. *Diferențe în valorile de putere unitară în funcție de modelul de calcul.*

6.9.3. Rezultate privind discrepanțele de putere unitară în funcție de tipul de săritură și modelul de calcul

ANOVA factorială 2×3 cu măsuri repetate a evidențiat efecte principale semnificative atât ale tipului de săritură (η^2p=.478), cât și ale modelului de calcul (η^2p=.956), precum și o interacțiune semnificativă între cei doi factori (η^2p=.449), după cum ilustrează Tabelul 26.

Tabel 26. *Rezultatele ANOVA factoriale 2×3 cu măsuri repetate.*

Efect	df	F	p	η²p
Tip săritură	1,24	21.99	<.001	.478
Model	1.03, 24.66	525.84	<.001	.956
Tip săritură × Model	1.39, 33.31	19.56	<.001	.449

Notă. df ajustate prin corecția Greenhouse–Geisser acolo unde a fost necesar; nivelul de semnificație statistică a fost stabilit la α = .05; η²p = eta pătrat parțial.

Săriturile cu elan din membrele superioare (ML) au generat valori sistematic superioare celor cu mâinile pe șold (MS) pentru toate modelele analizate, iar comparațiile post-hoc Bonferroni au confirmat diferențe semnificative între toate perechile (p<.001), cu amplitudini între 16.23 și 34.47 W/kg (Tabelul 27).

Tabel 27. *Comparații pereche (Bonferroni) între modelele de calcul pentru puterea unitară (W/kg).*

Comparație	Diferență medie (W/kg)	95% CI	p
Bosco-MG	18.24	[16.90; 19.58]	<.001
Bosco-MGM-15	34.47	[30.69; 38.25]	<.001
MG-MGM-15	16.23	[13.70; 18.76]	<.001

Notă. Comparațiile pereche au fost ajustate utilizând corecția Bonferroni; CI = interval de încredere de 95%.

Distribuția individuală a valorilor, prezentată în Figura 69, confirmă că această tendință se menține consistent la nivelul fiecărui participant, indiferent de modelul de calcul utilizat.

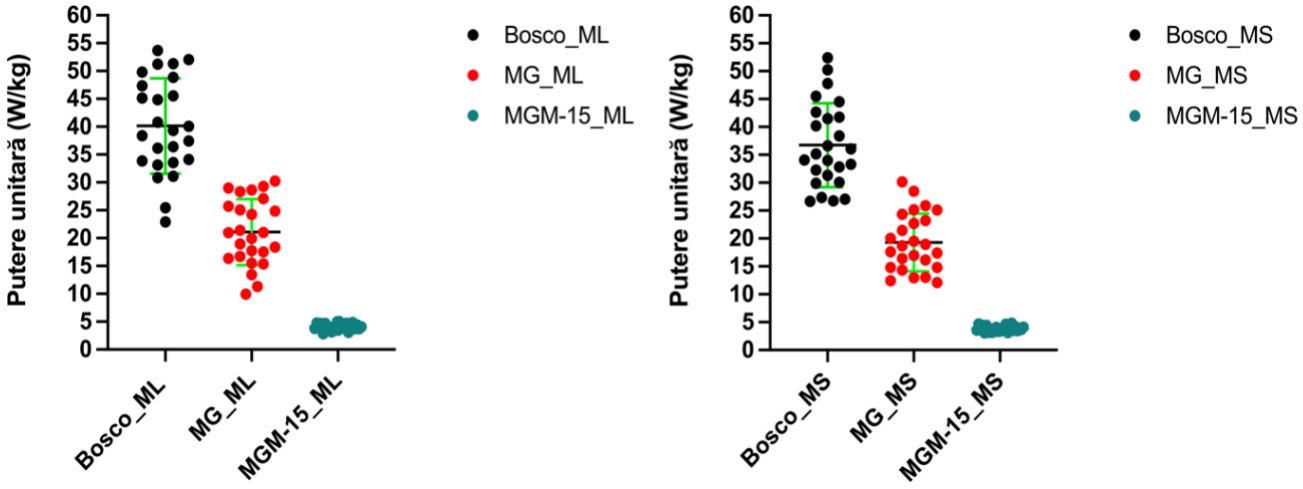


Figura 69. *Diferențe individuale privind valorile de putere unitară în funcție de tipul de test. (a) ML; (b) MS.*

Corelația Pearson dintre modelul Bosco și MGM-15 în condiția ML a indicat o asociere foarte puternică (r=.948; p<.001), coeficientul de determinare (R^2=.898) sugerând că aproximativ 90% din variația valorilor MGM-15 este explicată prin variația rezultatelor Bosco.

Aceste rezultate oferă primele argumente empirice privind validitatea convergentă a modelului MGM-15, relația aproape liniară dintre cele două modele fiind ilustrată în Figura 71.

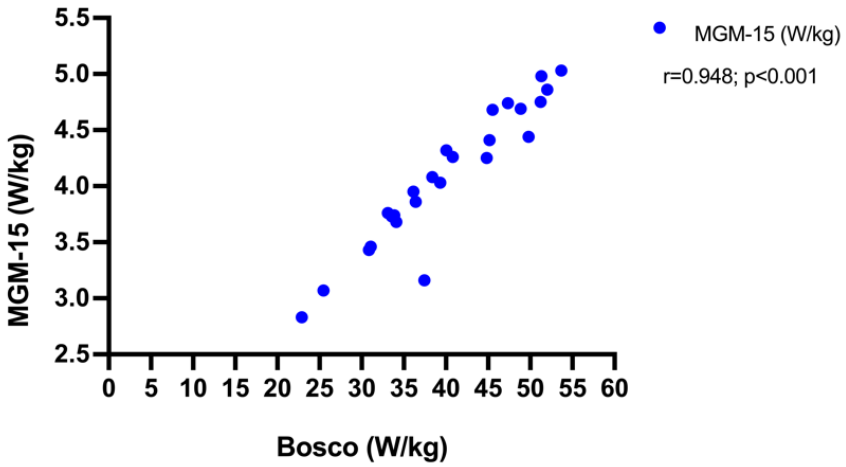


Figura 71. *Relația dintre valorile de putere unitară Bosco_ML și MGM-15_ML pentru n=25.*

6.10. Discuții

6.10.1. Analiza diferențelor de putere unitară între ergometre

Valorile obținute la BikeErg și RowErg au fost net inferioare celor furnizate de Bosco și MG, situându-se în aceeași ordine de mărime cu MGM-15 în special RowErg (5.43 W/kg) față de MGM-15 (4.14 W/kg). Această apropiere numerică sugerează că, dintre toate formulele analizate, MGM-15 se aliniază cel mai bine cu nivelul de putere indicat de ergometre, fără ca aceasta să constituie o confirmare definitivă.

6.10.2. Discrepanțele dintre modelele de calcul pe eșantion extins

Diferențele dintre modele s-au menținut semnificative statistic ($p<0.001$) și pe eșantionul de 25 de subiecți, confirmând că ele sunt generate de structura matematică a formulelor, nu de particularități accidentale ale eșantionului. MGM-15 a menținut o variabilitate redusă și valori moderate, consecventă cu logica biomecanică a săriturilor elastice în care raportul zbor/contact este integrat unitar în calcul.

6.10.3. Alegerea condiției experimentale: ML versus MS

Săriturile ML au generat valori superioare și o diferențiere mai clară între modele față de MS, solicitând în plus coordonarea intersegmentară, anticiparea și controlul ritmului. Pe baza acestor constatări, condiția ML a fost aleasă ca probă principală pentru etapa experimentală; testul MS rămâne cu statut explorator, limitat la prezenta fază.

6.10.4. Indicii preliminari de validitate convergentă pentru MGM-15

Corelația $r=.948$ ($p<.001$, $R^2=.90$) oferă primii indici de validitate convergentă ai modelului MGM-15, confirmând că acesta produce estimări consistente în raport cu modelul Bosco. Este important de precizat că această analiză se limitează la comparația dintre două formule de calcul și nu implică un criteriu extern independent, extinderea spre validarea față de măsurătorile directe pe ergometre constituind obiectivul explicit al etapei experimentale.

6.10.5. Propuneri pentru cercetări viitoare

Testarea mai riguroasă a MGM-15 pe un eșantion de cel puțin 40–50 participanți, cu raportarea nu doar la modelele Bosco și MG, ci și la valorile de putere unitară măsurate direct pe ergometrele Concept2, pentru a examina în ce măsură MGM-15 reproduce atât ierarhia internă dintre sportivi, cât și nivelul relativ al puterii măsurate direct.

6.10.6. Limitări ale cercetării

Dimensiunea redusă a eșantioanelor, dependența de disponibilitatea sportivilor, calendarul competițional și necesitatea utilizării a două locații diferite (sala OptoJump și sala cu ergometre) au limitat generalizabilitatea rezultatelor și au condus la pierderi de subiecți între etape. Utilizarea sălii cu ergometre și în scop comercial a redus flexibilitatea programării sesiunilor de evaluare.

6.11. Concluzii

Studiul Preliminar II confirmă că diferențele sistematice dintre modelele Bosco, MG și MGM-15, identificate pe n=5, se mențin stabile pe n=25, generând valori de până la 10 ori mai mari la Bosco față de MGM-15. Valorile MGM-15 (±4 W/kg) se situează în aceeași ordine de mărime cu cele înregistrate pe RowErg (±5.43 W/kg), sugerând că MGM-15 produce estimări mai apropiate de nivelul de putere observat în testele de laborator direct. Condiția ML a fost argumentată ca variantă principală pentru etapa experimentală, iar corelația preliminară r=.948 între Bosco-ML și MGM-15-ML justifică includerea MGM-15 ca principal candidat metodologic în Capitolul VII.

CAPITOLUL VII. CERCETARE COMPARATIVĂ CVASI-EXPERIMENTALĂ PRIVIND MODELELE DE CALCUL ALE PUTERII UNITARE ÎN TESTUL DE SĂRITURI „CA MINGEA" RAPORTATE LA MĂSURĂTORI DIRECTE

7.1. Introducere

Capitolul reprezintă studiul central al tezei. Dacă etapele preliminare au demonstrat că modelele de calcul generează valori radical diferite și că ergometrele pot funcționa ca reper de referință, demersul de față reunește toate aceste fire într-o cercetare sistematică, realizată pe un eșantion extins de 51 de sportivi activi. Scopul nu este optimizarea performanței, ci compararea critică a cinci metode de evaluare a puterii unitare, trei modele de calcul (Bosco, MG, MGM-15) și două instrumente de măsurare directă (BikeErg, RowErg) pentru a stabili în ce măsură estimările indirecte reflectă nivelul de putere înregistrat obiectiv.

7.2. Premisele cercetării

Etapele preliminare au evidențiat că alegerea modelului de calcul explică discrepanțe de până la 10 ori mai mult între valori obținute din aceleași date brute. Valorile MGM-15 (±4 W/kg) s-au dovedit mai aproape de nivelul ergometrelor față de Bosco (±40 W/kg), iar diferențele dintre BikeErg și RowErg au confirmat că și instrumentele de măsurare directă nu sunt perfect interschimbabile. Aceste constatări justifică o analiză comparativă sistematică, controlată și inferențial riguroasă.

7.3. Ipotezele cercetării

H_1. Există diferențe semnificative între valorile puterii unitare calculate prin modelele MG, Bosco și MGM-15.

H_2. Există diferențe semnificative între valorile calculate prin cele trei modele și valorile măsurate direct pe BikeErg și RowErg.

H_3. MGM-15 prezintă diferențe medii semnificativ mai mici față de măsurătorile directe, comparativ cu MG și Bosco.

H_4. Limitele de acord dintre MGM-15 și măsurătorile directe se încadrează într-un interval acceptabil pentru utilizare practică (analiză Bland-Altman).

H_5. Există o corelație pozitivă puternică între MGM-15 și Bosco, validare concurentă, în ciuda diferențelor de nivel absolut.

7.4. Scopul cercetării

Compararea valorilor puterii unitare obținute prin cele trei modele de calcul aplicate în testul de sărituri „ca mingea" (OptoJump Next) cu valorile de putere măsurate direct pe ergometrele Concept2 BikeErg și RowErg și evaluarea gradului în care MGM-15 poate fi considerat o alternativă metodologică mai adecvată decât modelele clasice.

7.5. Obiectivele cercetării

- Clarificarea modului în care MG, Bosco și MGM-15 generează valori de putere unitară din aceleași date brute.
- Determinarea relației dintre modele și măsurătorile directe prin validare concurentă (MGM-15 vs. Bosco) și criterială (MGM-15 vs. BikeErg)
- Stabilirea nivelului de acord dintre estimările MGM-15 și puterea măsurată direct (Bland-Altman).
- Formularea de recomandări pentru utilizarea și interpretarea testului „ca mingea" în evaluarea puterii la sportivii de performanță.

7.6. Metode de cercetare

Cercetarea a utilizat un design cvasi-experimental cu măsurători repetate *(within-subjects)*, fără grup de control și fără program de intervenție. Toate prelucrările statistice au fost realizate în IBM SPSS v.31 și GraphPad Prism v.10.3, aplicând: statistică descriptivă (M, SD, CV); testul Kolmogorov-Smirnov pentru normalitate; ANOVA cu măsuri repetate cu corecție Greenhouse-Geisser; comparații post-hoc Bonferroni; corelații Pearson și regresie liniară simplă; analiză Bland-Altman (bias, limite de acord 95%). Pragul de semnificație: $p<0.05$, mărimea efectului prin η^2p.

7.7. Organizarea cercetării

Lotul inițial de 75 de sportivi activi (studenți FEFS, Universitatea “Aurel Vlaicu” din Arad) a fost redus la n=51 după aplicarea criteriilor de includere/excludere. Diagrama de flux a participanților este prezentată în Figura 72 (adaptare TREND).

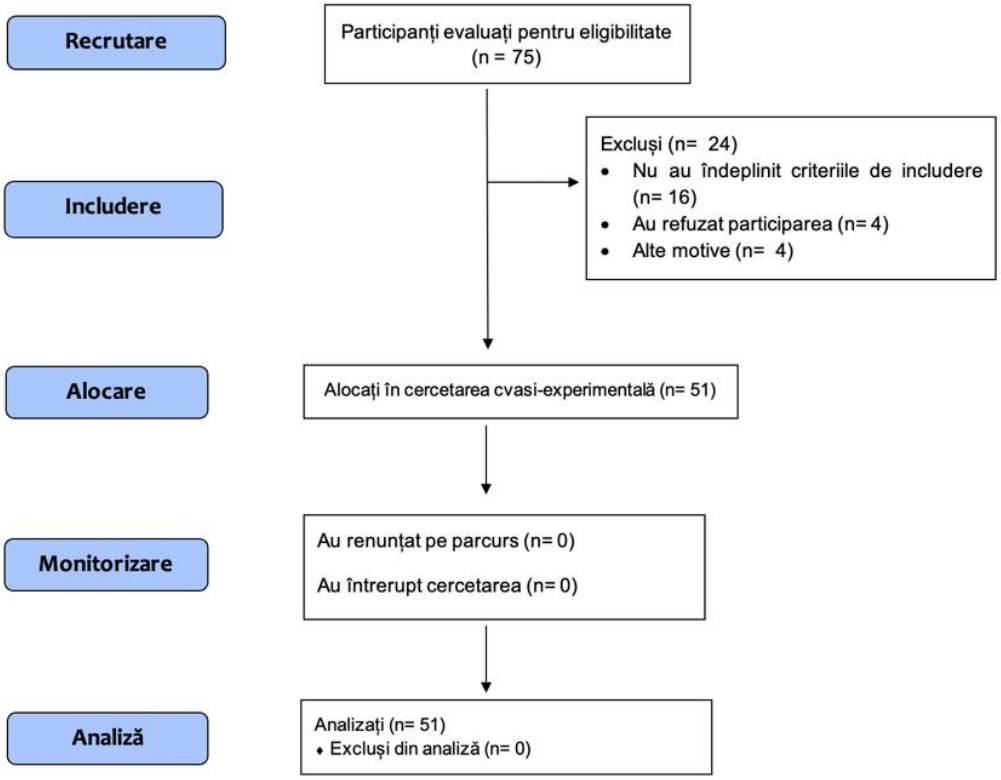


Figura 72. *Diagrama de flux a participanților în cadrul designului cvasi-experimental (adaptare TREND).*

Succesiunea standardizată a probelor:

1. Sărituri ca mingea 15s (OptoJump) - pauză ≥10 min
2. BikeErg 20s – urmat de pauză
3. RowErg 20s.

Testele de sărituri s-au desfășurat la C.C.A.F. (UAV Arad), cele pe ergometre la CrossFit Arad *(Figurile 73–74)*.



Figura 73. *Echipament de evaluare a performanței în laboratorul de cercetare al F.E.F.S – UAV.*



Figura 74. *Sala CrossFit Arad.*

7.8. Protocoale de testare și metodologia achiziției datelor

7.8.1. Testul de sărituri pe verticală „ca mingea"

Sărituri succesive cu elan din membrele superioare, 15 secunde, efort maximal, timp de contact minim. Datele brute (XML din OptoJump) au fost convertite și calculate prin cele trei formule (Figura 76):

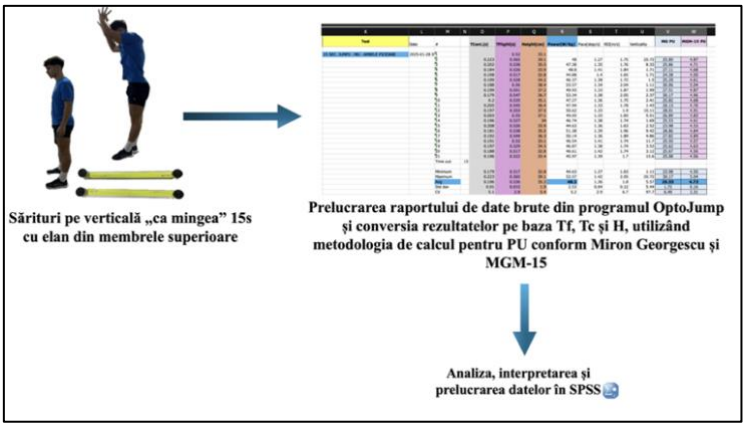


Figura 76. *Reprezentarea schematică a procesului de achiziție, prelucrare și interpretare a datelor de pe OptoJump Next.*

Modelul de calcul Miron Georgescu (Georgescu, 1953): $PU_{MG} = 1{,}5 \times \frac{g^2 \times T_{zbor}{}^2}{8 \times T_{contact}}$ (16)

Modelul de calcul Carmelo Bosco (Bosco et al., 1983): $PU_{Bosco} = 2 \times \frac{g^2 \times T_{zbor} \times 60}{4n \times (60 - T_{zbor})}$ (8)

Modelul Miron Georgescu Modificat 15-s (Hillerin, 1997): $PU_{MGM-15} = \frac{g^2 \times T_{zbor}{}^2}{8 \times (T_{contact} + T_{zbor})}$ (20)

7.8.2. Testul de efort maximal pe cicloergometru

Pedalare maximală 20s pe Concept2 BikeErg, monitor PM5, date exportate prin Concept2 Utility (XML -> XLS -> SPSS) *(*Figura 79).

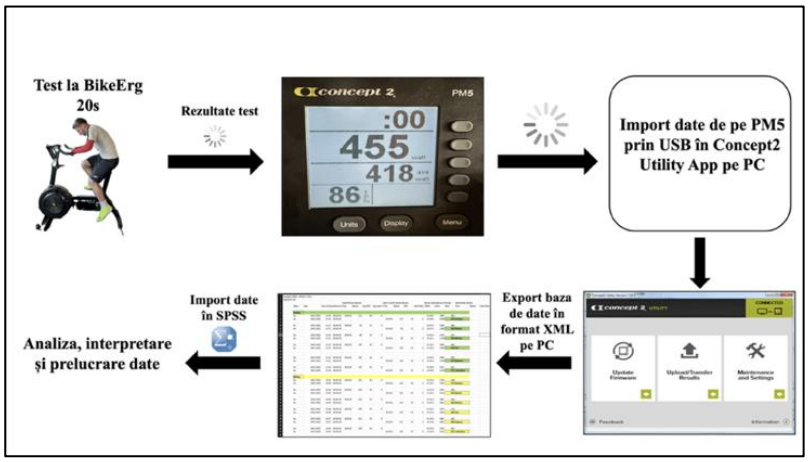


Figura 79. *Reprezentarea schematică a procesului de achiziție, prelucrare și interpretare a datelor de pe BikeErg.*

7.8.3. Testul de efort maximal pe simulatorul de canotaj

Tracțiuni maximale 20s pe Concept2 RowErg, același flux de achiziție a datelor ca la BikeErg (Figura 81).

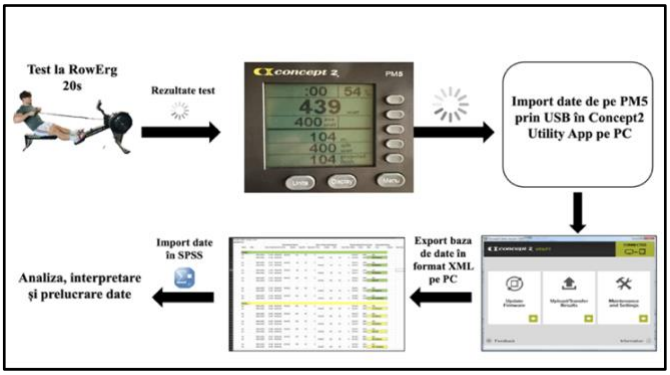


Figura 81. *Reprezentarea schematică a procesului de achiziție, prelucrare și interpretare a datelor de pe RowErg.*

7.9. Prezentarea, analiza și interpretarea rezultatelor obținute

7.9.1. Rezultate comparative privind discrepanțele valorilor de putere calculate și măsurate

Valorile descriptive ale puterii unitare estimate prin cele trei modele de calcul (n=51) sunt prezentate în Tabelul 30.

Tabel 30*. Valorile medii pentru rezultatele obținute prin calculare după cele trei metodologii la testul de sărituri ,,ca mingea".*

n	Variabilă	M±SD	CV%
51	PU Bosco	40.78±7.64	18.75
	PU MG	21.06±5.13	23.76
	PU MGM-15	4.19±0.53	12.76

Notă*:* PU Bosco = Putere unitară metodologie de calcul Bosco; PU MG = Putere unitară metodologie de calcul Miron Georgescu; PU MGM-15= Putere unitară metodologie de calcul Miron Georgescu Modificat 15-s.

Pentru a contextualiza aceste estimări, valorile au fost raportate la referința de aur reprezentată de măsurarea directă a puterii la ergometre, prezentată în Tabelul 31.

Tabel 31. *Valorile medii pentru rezultatele de putere unitară obținute prin testele de efort maximal la ergometre.*

n	Variabilă	M±SD	CV%
51	PU BikeErg	7.82±0.94	12.03
	PU RowErg	5.18±0.90	17.37

Notă: PU BikeErg = Putere unitară obținută la cicloergometrul Concept2; PU RowErg= Putere unitară obținută la simulatorul de canotaj Concept2.

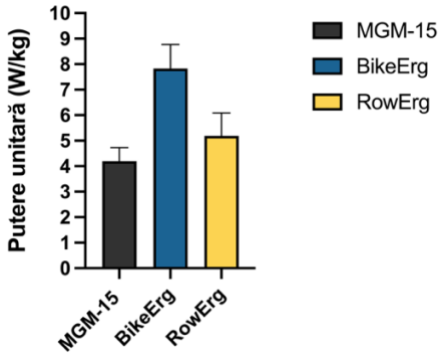


Figura 84. *Comparații între valorile medii PU ale MGM-15 – BikeErg – RowErg.*

Dintre cele trei modele analizate, numai MGM-15 (4.19 W/kg) a furnizat valori comparabile cu cele obținute la ergometre (BikeErg = 7.82 W/kg; RowErg = 5.18 W/kg), în timp ce modelul Bosco a supraestimat puterea de aproximativ 5–8 ori.

7.9.3. Analiza intra-grup a diferențelor între modalitățile de evaluare a puterii unitare

Compararea celor trei modele de calcul

Analiza comparativă realizată pe eșantionul de 51 de participanți a confirmat diferențe semnificative între toate cele trei modele de calcul ($F(1.01;50.69)=1345.35$, $p<.001$, $\eta^2p=.964$), modelul Bosco generând cele mai ridicate valori (M=40.79±7.65 W/kg), urmat de Miron Georgescu (M=21.67±5.12 W/kg) și MGM-15 (M=4.20±0.53 W/kg), după cum ilustrează Figura 86.

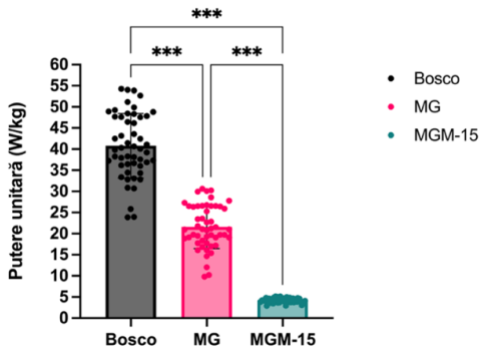


***Figura 86**. Compararea valorilor medii de putere unitară între cele trei modele de calcul utilizând ANOVA cu măsuri repetate. Barele de eroare reprezintă intervalul de încredere de 95%. Asteriscurile indică diferențe semnificative statistic conform testului post-hoc Bonferroni: *** p < .001.*

Raportate la măsurarea directă pe ergometre, modelul Bosco a înregistrat cele mai mari discrepanțe față de BikeErg (32.96 W/kg) și RowErg (35.60 W/kg), iar modelul Miron Georgescu diferențe considerabile față de BikeErg (13.77 W/kg) și RowErg (16.42 W/kg). Modelul MGM-15 a prezentat cea mai bună concordanță cu valorile măsurate direct, cu diferențe de doar 3.63 W/kg față de BikeErg și 0.99 W/kg față de RowErg, susținând utilizarea sa ca metodă cu cea mai ridicată validitate practică dintre cele analizate (Figura 89).

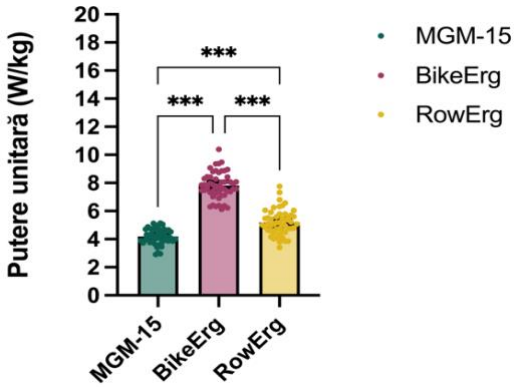


***Figura 89.** Compararea valorilor medii de putere unitară (W/kg) între metoda de calcul MGM-15 și măsurătorile directe pe ergometre (BikeErg, RowErg) utilizând ANOVA cu măsuri repetate. Barele de eroare reprezintă intervalul de încredere de 95%. Asteriscurile indică diferențe semnificative statistic conform testului post-hoc Bonferroni: *** p < .001.*

7.9.4. Analiza relațiilor dintre metode: corelații Pearson și regresie liniară

Analiza corelațiilor Pearson a evidențiat o asociere foarte puternică între MGM-15 și Bosco (r=.977, R^2=.955, p<.001), iar între MGM-15 și măsurarea directă pe BikeErg o corelație moderată, dar semnificativă statistic (r=.473, R^2=.224, p<.001), după cum sintetizează Tabelul 49.

Tabel 49. *Coeficienți de corelație Pearson între metoda MGM-15 și metodele Bosco și BikeErg.*

Variabile	*r*	R^2	*p*	95% CI
MGM-15 și Bosco	.977	.955	< .001	[.962, .986]
MGM-15 și BikeErg	.473	.224	<.001	[.218, .670]

Notă. *r* = coeficient de corelație Pearson; R^2 = coeficient de determinare; *p* = semnificație statistică (two-tailed); CI = interval de încredere; *N* = număr de participanți.

Relația aproape liniară dintre MGM-15 și Bosco, vizibilă în Figura 90, confirmă consistența internă a modelului, valorile estimate de cele două metode evoluează practic în tandem pe întregul eșantion de 51 de participanți.

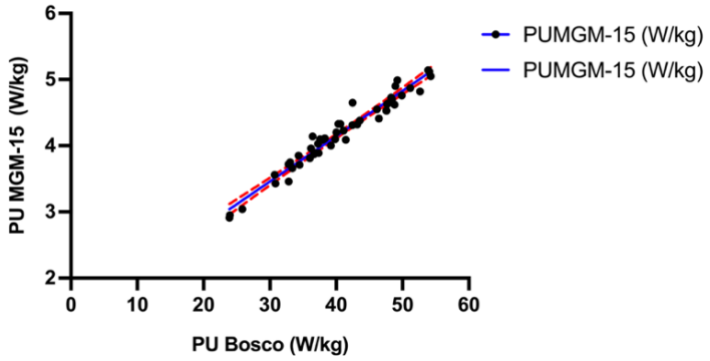


Figura 90. *Diagrama de dispersie ilustrând relația liniară între valorile de putere unitară calculate prin modelul MGM-15 și modelul Bosco. Linia continuă reprezintă dreapta de regresie liniară (y = -17.79 + 13.95x). Corelația Pearson este r = .977, p < .001, R^2 = .955.*

Dacă Figura 90 demonstrează coerența internă a modelului, Figura 91 extinde această perspectivă spre validarea externă, ilustrând relația dintre MGM-15 și măsurarea directă pe BikeErg argument esențial pentru susținerea validității practice a modelului propus.

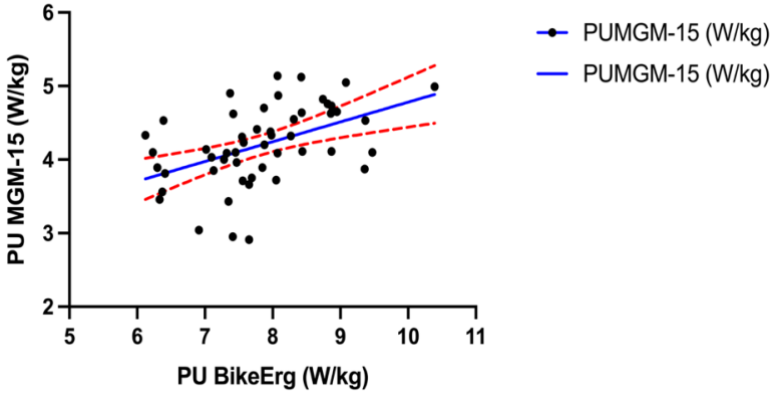


Figura 91. *Diagrama de dispersie ilustrând relația liniară între valorile de putere unitară calculate prin modelul MGM-15 și măsurătorile directe pe BikeErg (N = 51). Linia continuă reprezintă dreapta de regresie liniară (y = 4.34 + 0.83x). Corelația Pearson este r = .473, p < .001, R^2 = .224.*

7.9.5. Evaluarea gradului de acord dintre metode

Analiza Bland-Altman a evidențiat diferențe sistematice importante între modelele de estimare și măsurarea directă. Modelul Bosco a prezentat cel mai mare bias față de ergometre (BikeErg: 32.95 W/kg; RowErg: 32.60 W/kg), iar modelul Miron Georgescu diferențe considerabile (BikeErg: 13.72 W/kg; RowErg: 16.41 W/kg), ambele cu limite de acord largi, incompatibile cu utilizarea practică interschimbabilă.

Modelul MGM-15 a înregistrat cel mai mic bias față de BikeErg (−3.63 W/kg; limite: −5.26 – −1.99 W/kg) și față de RowErg (−0.98 W/kg; limite: −2.84 – 0.86 W/kg), cu o distribuție relativ uniformă a diferențelor, ilustrată în Figura 94.

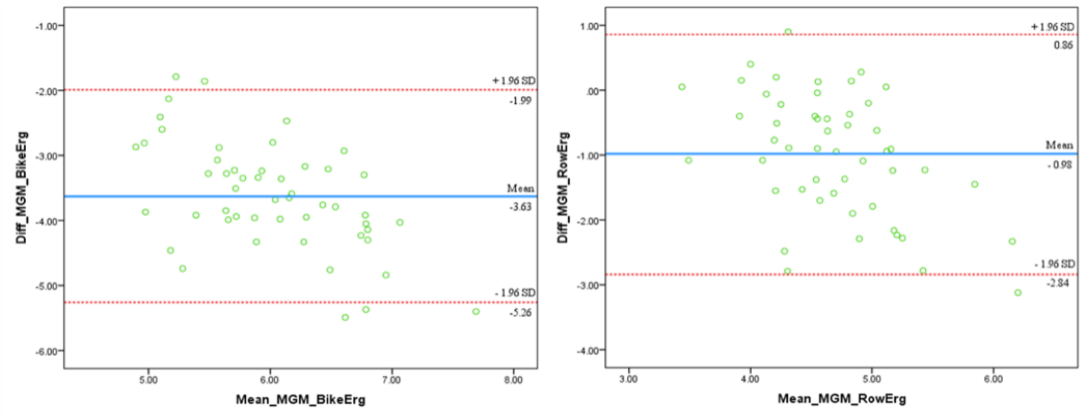


***Figura 94**. Bland-Altman Plot MGM-BikeErg-RowErg.*

Limitele de acord înguste și bias-ul redus confirmă că MGM-15 reprezintă singura metodă de estimare cu un grad acceptabil de concordanță față de măsurarea directă a puterii unitare.

7.10. Concluzii experimentale

Toate cele cinci ipoteze au fost validate integral:

- **H_1** ✓ — $F(1.01, 50.69)=1345.35$, $p<.001$, $\eta^2p=.964$
- **H_2** ✓ — toate diferențele față de ergometre: $p<.001$
- **H_3** ✓ — MGM-15 cu diferențe medii de −3.63 și −0.99 W/kg față de ergometre
- **H_4** ✓ — limite de acord Bland-Altman: BikeErg [−5.26; −1.99], RowErg [−2.84; +0.86]
- **H_5** ✓ — $r=.977$, $p<.001$

Dintre toate metodele investigate, MGM-15 este singurul model care produce valori de putere unitară comparabile cu măsurătorile directe pe ergometre, cu o apropriere remarcabilă față de RowErg (bias=−0.98 W/kg). Modelele Bosco și MG supraestimează sistematic puterea, cu bias-uri de 32–36 W/kg și limite largi de acord, ceea ce le discalifică din utilizarea alternativă directă fără recalibrare.

7.10.1. Limitări ale cercetării experimentale

Eșantionul format exclusiv din studenți activi (18–30 ani) limitează generalizarea rezultatelor la sportivi de elită, populații sedentare sau alte categorii de vârstă, reprezentând principala restricție a validității externe.

Testările nu au fost realizate în aceeași zi pentru toți participanții, din cauza restricțiilor logistice, ceea ce poate introduce o variabilitate temporală dificil de controlat.

Diferențele biomecanice dintre săriturile verticale și efortul pe cicloergometru sau simulatorul de canotaj constituie o limitare intrinsecă a designului de validare, iar calculul puterii unitare bazat exclusiv pe OptoJump Next, fără comparație simultană cu platforme de forță sau sisteme video 3D, limitează confirmarea independentă a rezultatelor.

7.10.2. Perspective și recomandări pentru cercetări viitoare

Se recomandă extinderea eșantioanelor cu sportivi de performanță din ramuri diverse, studii longitudinale pentru monitorizarea sensibilității MGM-15 la adaptările induse de antrenament și validarea convergentă prin comparație simultană cu platforme de forță și sisteme video 3D. Din perspectivă practică, se recomandă utilizarea formulei MGM-15 în evaluarea puterii unitare prin testul de sărituri repetate pe verticală, cu respectarea protocolului standardizat și interpretarea rezultatelor în dinamică, prin comparații intra-subiect, pentru monitorizarea progresului individual.

CAPITOLUL VIII. CONCLUZIILE TEZEI DE DOCTORAT

8.1. Concluziile tezei de doctorat

Prezenta teză a pornit de la constatarea că noțiunea de putere în testele de sărituri verticale este utilizată în literatura de specialitate cu un grad semnificativ de ambiguitate metodologică ambiguitate care generează diferențe de până la 36 W/kg între modele aplicate acelorași date.

Analiza ANOVA cu măsuri repetate a confirmat diferențe semnificative statistic între toate metodele investigate ($F(4,200)=4762.75$, $p<.001$, $\eta^2p=.990$). Modelele Bosco și Miron Georgescu au generat supraestimări sistematice față de măsurătorile directe pe ergometre, în timp ce modelul MGM-15 (M=4.17 W/kg) a produs estimări semnificativ mai apropiate de valorile înregistrate în condiții standardizate. Analiza Bland-Altman a confirmat un bias minimal al MGM-15 față de BikeErg (±3.63 W/kg) și RowErg (−0.98 W/kg), comparativ cu bias-urile de peste 32 W/kg înregistrate pentru modelul Bosco.

Concluzia centrală a tezei este că alegerea formulei de calcul al puterii nu reprezintă o opțiune tehnică neutră, ea determină în mod direct valorile pe baza cărora sunt evaluate performanța sportivului și eficiența programelor de antrenament. Modelul MGM-15 se conturează, în stadiul actual al cercetării, ca soluția cea mai potrivită pentru analiza săriturilor repetate de tip „ca mingea", deschizând totodată direcții clare pentru validări suplimentare pe populații și instrumente diverse.

8.2. Contribuții personale

Originalitatea prezentei teze rezidă în articularea unei perspective critice integrate, în care analiza biomecanică și experimentală a fost utilizată pentru a reevalua fundamentele unor metode de calcul considerate standard în evaluarea performanței sportive. Contribuția esențială nu se reduce la aplicarea unor proceduri statistice, ci include recontextualizarea conceptuală a noțiunii de putere în raport cu particularitățile reale ale săriturilor verticale repetate.

La nivel teoretic, teza identifică și argumentează limita structurală comună modelelor tradiționale: premisa că fiecare ciclu de săritură generează și disipează complet energia, ignorând rolul complexului musculo-tendinos în recuperarea energiei elastice. Această eroare conceptuală explică supraestimările

sistematice ale modelelor Bosco și Miron Georgescu și justifică necesitatea unui cadru de calcul alternativ.

La nivel metodologic, teza aduce o contribuție originală prin realizarea primei validări concurente a modelului MGM-15 față de modelul Bosco ($r=.977$, $p<.001$) și prin ancorarea criterială a acestuia față de măsurători directe pe ergometre Concept2. Rezultatele creează premisele metodologice pentru includerea probei MGM-15 în bateriile moderne de evaluare funcțională, ca probă de psiho-neuro-motricitate cu fundament biomecanic validat, în măsura în care etapele ulterioare de cercetare vor confirma utilitatea sa practică extinsă.

8.3. Perspective de dezvoltare ulterioară

Rezultatele prezentei teze justifică continuarea cercetării pe trei coordonate prioritare. Din perspectivă tehnologică, o direcție esențială o reprezintă integrarea formulei MGM-15 în platformele optice moderne (OptoJump Next, Microgate), pentru calculul automatizat al indicatorilor relevanți și standardizarea completă a protocolului în prezent realizabil prin platforma Neuromotrica sau prin calcul manual pe baza datelor brute exportate.

Din perspectivă științifică, este necesară validarea MGM-15 pe eșantioane mai largi și mai eterogene, incluzând ambele sexe, categorii variate de vârstă și discipline sportive cu cerințe diferite de forță explozivă la nivelul membrelor inferioare. Studiile longitudinale care monitorizează evoluția puterii unitare pe parcursul ciclurilor de antrenament reprezintă o direcție de prioritate, întrucât, până la finalizarea prezentei lucrări, nu a fost identificat niciun studiu intervențional care să fi utilizat MGM-15 ca instrument de monitorizare în timp real.

Din perspectivă instituțională, cercetările ulterioare ar putea urmări adoptarea probei MGM-15 în bateriile de evaluare ale federațiilor sportive și loturilor olimpice, nu ca înlocuitor al metodelor existente, ci ca instrument complementar cu fundament biomecanic mai solid. În această logică, MGM-15 se conturează ca un model cu potențial real de dezvoltare teoretică, validare suplimentară și transfer aplicativ în evaluarea modernă a performanței sportive.

Referințe Bibliografice

1. Asmussen, E., & Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta physiologica Scandinavica*, *91*(3), 385–392. https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1974.tb05693.x
2. Barrett, K. E., Barman, S. M., Boitano, S., & Brooks, H. (2010). *Ganong's review of medical physiology* (23rd ed.). McGraw-Hill Medical.
3. Bosco, C., Luhtanen, P., Komi, P.V. (1983a). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology 50, 273-282. Accesat la data de: 20.08.2021, de pe: http://pesquisa.ufabc.edu.br/bmclab/x/VerticalJump/BoscoEJAP83jump.pdf
4. Burkett, B. (2018). *Applied Sport Mechanics*.4th ed. Human Kinetics.
5. Cavagna, G. A., Dusman, B., & Margaria, R. (1968). Positive work done by a previously stretched muscle. *Journal of applied physiology*, *24*(1), 21-32. https://doi.org/10.1152/jappl.1968.24.1.21
6. Concept2 Bikeerg (f.a.). Accesat la data de: 13.10.2022, de pe: https://www.roguefitness.com/concept2-bike-erg

7. Concept2 Rowerg (f.a.) Accesat la data de: 12.10.2022, de pe: https://shop.concept2.com/indoor-rowers/298-model-d-with-pm5.html
8. Dumke, C. L., Pfaffenroth, C. M., Mcbride, J. M., & Mccauley, G. O. (2010). Relationship between muscle strength, power and stiffness and running economy in trained male runners. *International journal of sports physiology and performance*, *5*(2), 249-261. Accesat la data de: 05.04.2023 de pe:https://scholaworks.umt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1005&context=hhp_pubs
9. Enoka, R., M. & Duchateau, J. (2018). Muscle Function: Strength, Speed, And Fatigability. In: Zoladz, J. A. (Ed.). Muscle And Exercise Physiology. Academic Press. 129-157.
10. Fox, E. L., & Mathews, D. K. (1974). *The interval training: Conditioning for sports and general fitness*. W. B. Saunders.
11. Frontera, W. R., & Ochala, J. (2015). Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcified tissue international*, *96*(3), 183–195. https://doi.org/10.1007/s00223-014-9915-y
12. Geantă, V. A., De Hillerin, P. J., (2022). „Assessment of motor skills by jump tests - comparative analysis" În: Rad, D., Dughi, T., Maier, R., Egerău. A. (Ed.). Applied Research in Digital Wellbeing. Berlin: Peter Lang Publishing House.
13. Georgescu, M. (1953). Contribuții la studiul calităților fizice. În: Cultură fizică și sport. București, nr.2, 39-60.
14. Glatthorn, J. F., Gouge, S., Nussbaumer, S., Stauffacher, S., Impellizzeri, F. M., & Maffiuletti, N. A. (2011). Validity and reliability of Optojump photoelectric cells for estimating vertical jump height. *Journal of strength and conditioning research*, *25*(2), 556–560. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ccb18d
15. Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., Rosenstein, R. M., & Kraemer, W. J. (1991). Estimation of human power output from vertical jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *5*(3), 116-120. Accesat la data de: 25.06. 2022, de pe: https://journals.lww.com/nsca-jscr/abstract/1991/08000/estimation_of_human_power_output_from_vertical.2.aspx
16. Henneman E. (1957). Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge. *Science (New York, N.Y.)*, *126*(3287), 1345–1347. https://doi.org/10.1126/science.126.3287.1345
17. Johnson, D. L. And Bahamonde, R. (1996) Power Output Estimate in University Athletes. *Journal of strength and Conditioning Research*, 10(3), p. 161-166 Accesat la data de: 25.06.2022, de pe: https://journals.lww.com/nsca-jscr/Abstract/1996/08000/Power_Output_Estimate_in_University_Athletes.6.aspx
18. Gollhofer, A., & Kyröläinen, H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *International journal of sports medicine*, *12*(1), 34–40. https://doi.org/10.1055/s-2007-1024652
19. Hall, S. J. (2021). *Basic Biomechanics*. 9th ed. McGraw-Hill Education.
20. Hillerin, P.J., (1997a). Despre proba Miron Georgescu modificată. Material de uz intern, republicat. C.C.P.S, București.
21. Ionescu, A., Moroiu, I., Corbu, C., Stupineanu, I., Constantinescu, D., de Hillerin, P., Schor, V., Negoiță, D., Totescu, A., Cojocaru, A., & Simion, A. (1982). *Cercetarea și dirijarea efortului și randamentului optim al mijloacelor și metodelor integrate în procesul de pregătire a sportivilor de performanță pentru probele atletice de sărituri (lungime). Optimizarea modelelor de pregătire și concurs ale săritorilor, ca urmare a raționalizării și standardizării mijloacelor de antrenament și de măsurare a efortului* (Secret de serviciu nr. 28). Centrul de Cercetări pentru Educație Fizică și Sport.

22. Klavora, P. (2000). Vertical-jump tests: A critical review. *Strength and Conditioning Journal*, *22*(5), 70-75. Accesat la data de 20.09.2022, de pe: https://journals.lww.com/nsca-scj/Citation/2000/10000/Vertical_jump_Tests__A_Critical_Review.20.aspx
23. Komi, P. V., & Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. (Abstract). *Medicine and science in sports*, *10*(4), 261–265. Accesat la data de: 17.11.2022, de pe: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/750844/
24. Knuttgen, H. G., & Komi, P. V. (2003). Basic considerations for exercise. In: Komi, V., P. (eds). *Strength and power in sport*. The Encyclopedia of Sports Medicine. 2nd ed. pp. 3-7. Accesat la data de: 06.11.2022, de pe: http://www.atlalbiate.com/graziano/graziano2021/libri%20sito/STRENGTH%20AND%20POWER.pdf#page=19
25. Marey, E. J., & Demeny, G. (1885). Locomotion humaine, mécanisme du saut. *C. R Acad Sci (Paris)*, *101*, 489-494. Accesat la data de: 18.06.2022, de pe: https://www.wbc.poznan.pl/dlibra/show-content/publication/edition/173168?id=173168
26. Maciejewska-Skrendo, A., Leźnicka, K., Leońska-Duniec, A., Wilk, M., Filip, A., Cięszczyk, P., & Sawczuk, M. (2020). Genetics of Muscle Stiffness, Muscle Elasticity and Explosive Strength. *Journal of Human Kinetics*, *74*, 143–159. https://doi.org/10.2478/hukin-2020-0027
27. Microgate (f.a.). Home page: Microgate. Accesat la data de: 02.05.2023, de pe: https://www.microgate.it
28. Roberts T. J. (2016). Contribution of elastic tissues to the mechanics and energetics of muscle function during movement. *The Journal of experimental biology*, *219*(Pt 2), 266–275. https://doi.org/10.1242/jeb.124446
29. Rodriguez-Falces, J., Malanda, A., & Navallas, J. (2022). Effects of muscle shortening on single-fiber, motor unit, and compound muscle action potentials. *Medical & biological engineering & computing*, *60*(2), 349–364. https://doi.org/10.1007/s11517-021-02482-z
30. Sands, W. A., McNeal, J. R., Ochi, M. T., Urbanek, T. L., Jemni, M., & Stone, M. H. (2004). Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. *Journal of strength and conditioning research*, *18*(4), 810–815. https://doi.org/10.1519/13923.1
31. Sargent, D. A. (1921). The Physical Test Of Man. *American Physical Education Review*, *26,* 188-194.
32. Sargent, L. W. (1924). Some observations on the Sargent test of neuromuscular efficiency. *American Physical Education Review*, *29*(2), 47-56. https://doi.org/10.1080/23267224.1924.10652218
33. Santello, M., & McDonagh, M. J. (1998). The control of timing and amplitude of EMG activity in landing movements in humans. *Experimental physiology*, *83*(6), 857–874. https://doi.org/10.1113/expphysiol.1998.sp004165
34. Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., & Rosenstein, M. T. (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and science in sports and exercise*, *31*(4), 572-577. Accesat la data de: 25.06.2022, de pe: https://cefise.com.br/wp-content/uploads/2020/04/1999-Sayers-Cross-validation-of-three-jump-power-equations-_-Medicine-Science-in-Sports-Exercise.pdf
35. Sfetcu, N. (2018). Elasticitatea. Accesat la data de: 14.11.2022, de pe: https://www.telework.ro/ro/elasticitatea/
36. Shestakov, M., & Zubkova, A. (2021). Peculiarities of Muscle-Tendon Mechanics and Energetics in Elite Athletes in Various Sports. *Contemporary Advances in Sports Science. London: IntechOpen*, 159-176. Accesat la data de: 07.03.2023, de pe: https://www.intechopen.com/chapters/75919
37. Su, E. Y., Carroll, T. J., Farris, D. J., & Lichtwark, G. (2024). Increased force and elastic energy storage are not the mechanisms that improve jump performance with accentuated eccentric loading

during a constrained vertical jump. *PloS one*, *19*(8), e0308226. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0308226
38. Tskhovrebova, L., & Trinick, J. (2012). Making Muscle Elastic: The Structural Basis of Myomesin Stretching. PLoS Biol 10(2): e1001264. https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001264
39. Zatsiorsky, V. M., & Prilutsky, B. I. (2012). Biomechanics Of Skeletal Muscles 1st Ed. Human Kinetics.
40. Verkhoshansky, Y., & Siff, M. C. (2009). Supertraining. Rome: Verkhoshansky Sstm.
41. Zhang, F., Liu, Y., Liu, J., Yeremenko, O., & Shi, L. (2026). The effects of plyometric training on physical fitness in adolescent team sports: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in physiology*, *17*, 1760239. https://doi.org/10.3389/fphys.2026.1760239