

**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI - CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI**

**ȘCOALA DOCTORALĂ ÎN DOMENIUL ȘTIINȚA SPORTULUI
ȘI EDUCAȚIEI FIZICE**



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**MODALITĂȚI DE INFLUENȚARE POZITIVĂ A DEPLASĂRILOR
VERTICALE ÎN JOUL DE POLO PE APĂ**

**Doctorand,
ALEXANDRU IOAN BĂLTEAN**

**Conducător Științific,
Prof. Univ. Dr. PIERRE JOSEPH DE HILLERIN**

2025

**UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI - CENTRUL UNIVERSITAR PITEȘTI**

**ȘCOALA DOCTORALĂ ÎN DOMENIUL ȘTIINȚA SPORTULUI
ȘI EDUCAȚIEI FIZICE**

**MODALITĂȚI DE INFLUENȚARE POZITIVĂ A
DEPLASĂRILOR VERTICALE ÎN JOCUL DE
POLO PE APĂ**

**Doctorand,
ALEXANDRU IOAN BĂLTEAN**

**Conducător Științific,
Prof. Univ. Dr. PIERRE JOSEPH DE HILLERIN**

COMISIA DE ÎNDRUMARE

**Prof. univ. dr. habil. MIHĂILĂ ION
Conf. univ. dr. OANCEA BOGDAN
Conf. univ. dr. FLEANCU LEONARD
Conf. univ. dr. COJANU FLORIN**

CUPRINS

Lista figurilor.....	III
Lista tabelelor.....	VII
Lista abrevierilor.....	IX
Mulțumiri.....	X
INTRODUCERE.....	1
Tema și justificarea alegerii.....	1
Importanța și actualitatea temei.....	2
Scopul cercetării.....	3
Obiectivele cercetării.....	3
Metodologia cercetării (prezentare sintetică).....	3

PARTEA I

FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A TEMEI DE CERCETARE.....	5
CAPITOLUL 1. ISTORICUL ȘI STRUCTURA JOCULUI DE POLO PE APĂ.....	5
1.1. Istoria și evoluția jocului de polo pe apă.....	5
1.2. Jocul de polo feminin.....	6
1.3. Elemente de regulament în jocul de polo.....	7
1.4. Criterii de performanță și exemple din competiții.....	7
1.5. Caracterizarea efortului specific jocului de polo.....	8
1.6. Comparație între sporturi de echipă în care deplasarea pe verticală este esențială.....	11
CAPITOLUL 2. FUNDAMENTE ALE ANTRENAMENTULUI ȘI DEZVOLTAREA	
CAPACITĂȚII DE DEPLASARE VERTICALĂ.....	17
2.1. Principii și structura uzuală a antrenamentului	17
2.2. Cerințe fizice și roluri specifice posturilor în polo pe apă.....	18
2.3. Relevanța deplasărilor verticale pentru fiecare post.....	20
2.4. Rolul trenului inferior în performanța din polo pe apă.....	22
2.5. Evaluarea și optimizarea tehnicii de călcare a apei.....	25
2.6. Tehnici de obiectivizare a performanței verticale.....	27
2.7. Metode moderne de antrenament pentru dezvoltarea forței și deplasărilor verticale.....	34
2.8. Concluzii asupra rolului trenului inferior și necesitatea evaluării în antrenamentele moderne.....	37

PARTEA A II-A

II.1 STUDIUL PRELIMINAR..

CAPITOLUL 3. FUNDAMENTAREA CERCETĂRII PRELIMINARE.....	39
3.1. Exemple de programe de pregătire pentru echipe de nivel internațional.....	39
3.2. Ipoteze, scop, obiective și sarcini.....	43
3.2.1. Ipotezele cercetării preliminare.....	43

3.2.2. Scopul cercetării preliminare.....	43
3.2.3. Obiectivele cercetării preliminare.....	43
3.2.4. Sarcinile cercetării preliminare.....	44
3.3. Metodologia cercetării preliminare.....	44
3.4. Aparatura utilizată.....	45
3.5. Descrierea testărilor din experimentul preliminar.....	58
3.6. Rezultatele testărilor pe uscat.....	62
3.7. Rezultatele testărilor în apă.....	71
3.8. Concluziile cercetării preliminare.....	73

II. 2 EXPERIMENTUL FINAL

CAPITOLUL 4. METODOLOGIA EXPERIMENTULUI FINAL ÎN APĂ.....	75
4.1. Ipoteze și obiective specifice.....	75
4.1.1. Ipotezele cercetării experimentale.....	75
4.1.2. Obiectivele cercetării experimentale.....	75
4.2. Organizarea intervenției prin antrenament.....	76
4.3. Descrierea testărilor în apă.....	104
4.4. Aparatura utilizată (EasyForce, Xbox Kinect).....	104
4.5. Grupul experimental și selecția subiecților.....	105
CAPITOLUL 5. ANALIZA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR.....	107
5.1. Rezultatele testărilor inițiale și finale cu EasyForce.....	107
5.2. Rezultatele testărilor inițiale și finale cu camera Xbox Kinect.....	113
5.3. Analiza efectelor intervenției.....	115
CAPITOLUL 6. CONCLUZII EXPERIMENTALE ȘI PERSPECTIVE.....	121
6.1. Nivelul de verificare a ipotezelor.....	121
6.2. Posibile limitări și erori în faza experimentală.....	122
6.3. Utilitatea și perspectivele aplicative ale demersului experimental.....	122
CAPITOLUL 7. CONCLUZII GENERALE ALE TEZEI DE DOCTORAT.....	124
7.1. Concluziile tezei de doctorat.....	124
7.2. Contribuțiile personale.....	125
7.3. Perspective de dezvoltare ulterioară.....	126
REFERINȚE BIBLIOGRAFICE	127

INTRODUCERE

Alegerea temei acestei cercetări nu este una întâmplătoare, ci rezultatul unei implicări directe și de durată în sportul de performanță. În calitate de jucător activ de polo pe apă, cu experiență competițională pe toate posturile – cu excepția celui de portar – am avut oportunitatea de a înțelege profund cerințele fizice, tehnico-tactice și mentale ale acestui sport. Această perspectivă practică a constituit fundamentul motivației pentru explorarea unui aspect adesea insuficient evaluat în mod obiectiv: deplasările verticale în apă. Acestea sunt prezente în mod constant în acțiunile decisive de joc, fie în fazele ofensive (pasele între coechipieri, pregătirea aruncării, eliberarea de marcaj, finalizare), fie în cele defensive (blocaj, anticipare, interceptie), având o contribuție semnificativă la performanțele de pe parcursul meciurilor .

Literatura de specialitate oferă deja o bază solidă privind relația dintre forța musculară, puterea explozivă și performanța în polo pe apă, însă evaluările precise ale acestor componente în contextul deplasărilor verticale rămân limitate din punctul meu de vedere, pe plan intern. Studiile realizate de Martinez-Santos et al. (2016) au evidențiat faptul că forța maximă și puterea explozivă constituie factori determinanți în realizarea săriturilor verticale și a altor acțiuni motrice esențiale în acest sport. Din punct de vedere biomecanic, execuția unei „ieșiri” din apă eficiente, presupune o coordonare complexă a segmentelor inferioare, bazată pe tehnici de tip bras, care implică abducția extinsă a șoldului și o succesiune rapidă de flexie și extensie a genunchiului. Aceste aspecte au fost detaliate în cercetările lui Sanders (1999), care a subliniat rolul mecanicii articulare și al poziției corpului în optimizarea înălțimii de „ieșire” din apă.

Observațiile personale și experiența acumulată în practică, dublate de analiza literaturii de specialitate, au evidențiat nevoia unei abordări științifice aprofundate asupra rolului deplasărilor verticale în jocul de polo pe apă. Deși există contribuții valoroase privind componentele fizice implicate în performanță, încă se resimte lipsa unor metode riguroase de evaluare obiectivă adaptate contextului specific al acestui sport. Dezvoltarea și organizarea acestor informații devine esențială nu doar pentru o mai bună înțelegere a jocului, ci și pentru a adapta eficient metodele teoriei și practicii antrenamentului la cerințele reale ale sportivilor de performanță.

CAPITOLUL 2. FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A TEMEI TEZEI

Polo-ul pe apă și-a început evoluția în Marea Britanie, în perioada Revoluției Industriale, fiind inițial un joc haotic, asemănător rugby-ului, desfășurat fără reguli clare (Borges-Hernández et al., 2022). Primele reguli oficiale au fost stabilite în 1876, iar în 1900 sportul a fost inclus în programul Jocurilor Olimpice (Comitetul Olimpic Internațional, 2021). Înființarea FINA, în 1908, a contribuit decisiv la internaționalizarea sa (Grasso, 2019)

Antrenorii maghiari, precum Béla Komjádi, au revoluționat stilul de joc, iar trecerea la mingi din cauciuc și bazine standardizate a dus la o profesionalizare accelerată (Lord, 2008; Federația Română de Polo, n.d.). Modificările de regulament, precum timpul de atac și extinderea duratei meciului, au crescut spectaculozitatea jocului (Madera et al., 2017; Borges-Hernández et al., 2022).

După 2000, polo-ul feminin a intrat în programul olimpic (Comité International Olympique, 2017), iar profesionalizarea a continuat prin expunere mediatică și contracte importante (Harris, 2020). Astăzi, polo-ul pe apă este un sport global, dominat de echipe din Ungaria, Croația, Serbia și Spania, caracterizat prin intensitate fizică și rafinament tactic.

În acest context, deplasările verticale reprezintă o componentă fundamentală a performanței sportive. Acestea sunt esențiale în acțiunile tehnico-tactice precum interceptările, pasele, aruncările către poartă și blocajele defensive. Potrivit lui Lozovina (2010), citat în Dragomir (2016), jucătorii de polo petrec aproximativ 65% din timpul de joc în poziție verticală, doar 35% desfășurându-se în poziție orizontală. Această proporție evidențiază în mod clar importanța solicitărilor motrice verticale în jocul de polo pe apă și justifică necesitatea unei cercetări aprofundate asupra dezvoltării și evaluării acestor calități.

Dezvoltarea forței musculare, în special în zona membrelor inferioare și superioare, are un impact direct asupra eficienței mișcărilor verticale și a vitezei aruncării. Antrenamentul de forță contribuie semnificativ la îmbunătățirea performanței generale, influențând capacitatea jucătorilor de a executa mișcări explozive, rapide și eficiente. Bloomfield et al. (1990) subliniază că un program adecvat de dezvoltare a forței musculare conduce la creșterea vitezei aruncării, mai ales la sportivii de elită, în timp ce îmbunătățirea simultană a tehnicii optimizează și mai mult acest rezultat. Totodată, schimbările induse prin antrenamentul de forță, precum creșterea masei

musculare și dezvoltarea puterii explozive, influențează direct capacitatea sportivilor de a realiza deplasări verticale eficiente în mediu acvatic.

În concluzie, fundamentele teoretice susțin nevoia unei evaluări riguroase și obiective a performanței în ceea ce privește deplasările verticale, atât din perspectiva frecvenței acestora în timpul jocului, cât și a contribuției lor în acțiunile decisive. Studiile de specialitate validează conexiunile dintre forță, viteză, tehnică și performanța în apă, ceea ce justifică necesitatea unui demers științific aplicat în evaluarea acestor componente.

CAPITOLUL 3. FUNDAMENTAREA CERCETĂRII PRELIMINARE

3.4. Aparatura utilizată

În cadrul cercetării preliminare, au fost testate mai multe dispozitive specializate pentru măsurarea parametrilor de forță și a capacității de deplasare verticală, atât pe uscat, cât și în apă. Printre acestea, dinamometrul Takei a fost utilizat pentru evaluarea forței de apăsare la nivelul membrelor inferioare în condiții uscate, în timp ce sistemul OptoJump Next a permis măsurarea timpului de contact și a înălțimii săriturilor (CMJ și săritura „Broscuțe”), oferind date utile privind explozivitatea în plan vertical. De asemenea, dinamometrul EasyForce a fost analizat inițial în dublu mediu – uscat și acvatic – însă capacitatea sa de măsurare în condiții de efort maximal s-a dovedit a fi limitată pe uscat, ceea ce a condus la păstrarea lui exclusiv pentru testările efectuate în apă, unde forțele dezvoltate sunt mai mici din cauza rezistenței mediului.

Pe baza rezultatelor obținute și a adecvării fiecărui instrument la condițiile reale ale cercetării, în cadrul experimentului final au fost utilizate doar două echipamente: dinamometrul EasyForce, în variantă modificată pentru utilizare în apă, și camera video Xbox Kinect, conectată la un sistem de analiză în timp real prin intermediul software-ului TouchDesigner. Aceste dispozitive au permis evaluarea forței exercitate de sportiv și a înălțimii maxime de ieșire din apă în cadrul unei deplasări verticale standardizate.

Dinamometrul EasyForce

Dinamometrul EasyForce (fig.1), a fost unul dintre cele două dispozitive utilizate în cadrul experimentului final. Acest instrument portabil, conceput pentru măsurarea forței musculare, a fost folosit exclusiv în mediu acvatic, după ce în etapa preliminară s-a constatat că limita superioară a scalei sale de măsură (490 N) nu permite evaluări fiabile în condiții de efort maxim pe uscat. În

apă însă, unde forțele dezvoltate sunt mai reduse, EasyForce s-a dovedit a fi un instrument adecvat pentru monitorizarea parametrilor biomecanici relevanți pentru propulsia verticală.

Dinamometrul este capabil să înregistreze o serie de indicatori biomecanici: forța maximă (Peak Force), forța medie (Average Force), timpul necesar pentru atingerea vârfului de forță (Time to Peak Force – TTP) și timpul sub tensiune (Time Under Tension – TUT).

Pentru a permite utilizarea dinamometrului în apă și a obține o măsurătoare obiectivă în plan vertical, a fost proiectată o structură inovatoare — numită SMPS (fig.2 și fig.3) care a permis fixarea aparatului deasupra apei. Sportivul a fost echipat cu o centură atașată printr-un sistem de prindere direct la EasyForce, astfel încât în timpul mișcării explozive de ieșire din apă, forța exercitată în plan vertical era transmisă către dinamometru. Acest sistem de testare a permis înregistrarea în timp real a forței totale generate de sportiv în timpul unei propulsii verticale standardizate, în condiții de siguranță și reproductibilitate



Fig.1 Dinamometru Easyforce (<https://meloqdevices.com/products/digital-dynamometer-easyforce>)

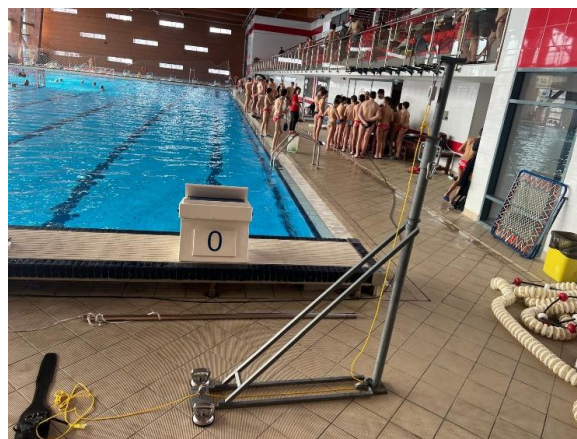


Fig.2 Vedere de ansamblu a sistemului SMPS (arhiva personală)

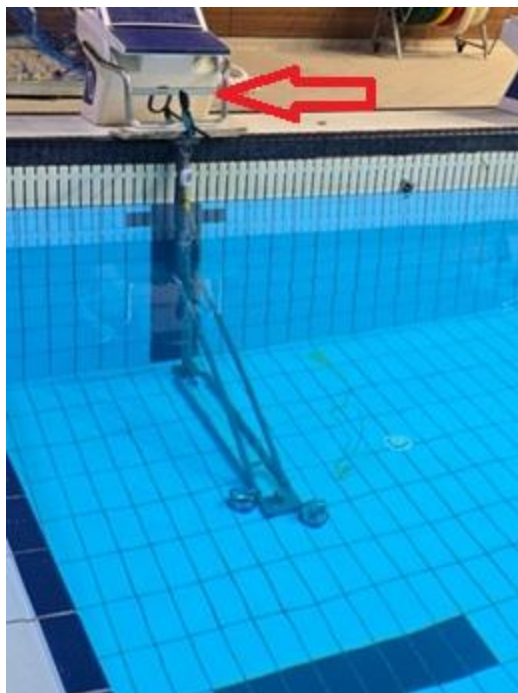


Fig.3 Montarea în apă a sistemului de măsurare a forței dezvoltate, în apă. (arhivă personală)

Camera Kinect și sistemul TouchDesigner

Pentru măsurarea înălțimii de ieșire din apă a sportivilor în cadrul deplasărilor verticale, a fost utilizată camera de detecție a mișcării Kinect (fig.4), dezvoltată de Microsoft pentru platforma Xbox. Acest dispozitiv este prevăzut cu două camere: una RGB (spectrul vizibil) și una infraroșu, care, împreună cu procesarea internă, permit determinarea poziției, distanței și mișcării în spațiu a obiectelor sau corpurilor umane, la distanțe cuprinse între 1 și 10 metri (Holmquest, 2012; Zhang, 2012). Datorită algoritmilor săi de urmărire, Kinect poate urmări simultan până la cinci corpuri umane și le poate reprezenta ca structuri schematice („skeleton”), alcătuite din segmente corespunzătoare părților anatomice principale (mâini, picioare, trunchi, cap etc.), fiecare având coordonate X (stânga-dreapta), Y (înălțime) și Z (distanță față de cameră).

Pentru această cercetare, parametrul urmărit a fost Y-ul (înălțimea), extras din poziția considerată a fi baza gâtului – punctul cel mai stabil și mai înalt din reprezentarea scheletică. Acesta a fost folosit ca reper pentru evaluarea înălțimii maxime de ieșire din apă. Camera a fost montată pe un trepied ajustabil, la o înălțime precis măsurată, iar distanța față de punctul de execuție al săriturilor a fost de asemenea controlată, pentru a asigura o geometrie optimă a capturii. Unghiul format de camera în raport cu suprafața apei a fost ajustat pentru a reduce reflexiile, iar

în plus a fost montat un filtru polarizant (lentilă de ochelari) pentru a îmbunătăți capacitatea de detecție în condiții de lumină variabilă.

Captura și analiza datelor au fost realizate cu ajutorul software-ului TouchDesigner, un instrument vizual, procedural, dezvoltat de compania Derivative, folosit în mod obișnuit pentru generarea de efecte vizuale în timp real. În contextul acestui studiu, TouchDesigner a fost utilizat pentru a colecta și procesa datele furnizate de Kinect. Programul a fost configurat să înregistreze coordonata verticală (Y) de zece ori pe secundă, pe durata fiecărei sărituri, salvând valorile într-un tabel împreună cu timestamp-ul corespunzător. Ulterior, datele au fost analizate pentru a determina valorile maxime (ieșirea maximă din apă), minime (nivelul de plutire) și medii, care au fost afișate grafic și numeric, oferind o reprezentare dublă: analitică și vizuală.

Fiecare sportiv a fost testat în patru etape: o măsurătoare inițială în poziție de plutire pentru stabilirea punctului de referință („zero”), urmată de trei sărituri separate, fiecare analizată pentru determinarea valorii maxime de ieșire. Dispozitivul a fost calibrat manual, prin măsurători efectuate la nivelul apei și la o distanță de 10 cm deasupra acesteia, permițând conversia valorilor Kinect (unități virtuale) în înălțimi reale, exprimate în centimetri. Acest sistem combinat a permis o evaluare obiectivă, non-invazivă și reproductibilă a înălțimii maxime de propulsie verticală în apă.



Fig.4 Camera Xbox Kinect

(<https://www.microsoftpressstore.com/articles/article.aspx?p=2201646>)

3.4. Concluzii preliminare și decizii pentru experimentul final

În etapa preliminară a cercetării, au fost testate mai multe metode de măsurare, atât în mediu acvatic, cât și pe uscat. Printre instrumentele analizate s-a numărat și dinamometrul EasyForce, care, deși a prezentat un potențial inițial ridicat, s-a dovedit inadecvat pentru înregistrarea forței maxime în condiții terestre, din cauza limitării plajei sale de măsurare. Valorile forței obținute în testele pe uscat au suferit de fenomenul de „plafonare”, ceea ce a condus la

inconsistențe între datele obținute în cele două medii și la pierderea capacității comparative între sportivi.

Ca urmare, s-a decis păstrarea EasyForce exclusiv pentru testările în apă, unde forțele dezvoltate sunt mai reduse datorită rezistenței mediului, iar dispozitivul a funcționat în parametri optimi. În același timp, măsurătorile privind înălțimea de ieșire din apă s-au dovedit relevante pentru diferențierea performanței între sportivi, confirmând potențialul acestor probe de a sprijini testarea ipotezelor formulate în etapa experimentală.

Pe baza observațiilor și a experienței acumulate în această fază inițială, s-a luat decizia de a elimina complet metodele de evaluare pe uscat, alături de rezultatele aferente, din cadrul studiului experimental. Deși volumul de muncă implicat în configurarea și desfășurarea acestor măsurători a fost considerabil, lipsa utilității practice și a fiabilității datelor a justificat această alegere. Studiul experimental a continuat astfel doar cu metodele validate în apă, considerate relevante și reproductibile pentru analiza capacității de propulsie verticală a sportivilor.

CAPITOLUL 4. METODOLOGIA EXPERIMENTULUI FINAL ÎN APĂ

4.1. Ipoteze și obiective specifice

Pornind de la concluziile formulate în cadrul studiului preliminar, dar și din analiza literaturii de specialitate, etapa finală a cercetării a vizat testarea unui program de antrenament specific, destinat optimizării deplasărilor pe verticală în jocul de polo pe apă. În acest context, ipotezele formulate derivă din cele generale stabilite anterior, fiind consolidate și adaptate prin aplicarea practică asupra unui grup experimental comparativ cu un grup martor.

Astfel, s-au formulat următoarele ipoteze de lucru:

- ❖ Aplicarea unui program specific de antrenament, orientat spre dezvoltarea forței și explozivității membrelor inferioare, va produce o îmbunătățire semnificativă a înălțimii de ieșire din apă a sportivilor de polo;
- ❖ Timpul necesar atingerii forței maxime dezvoltate în apă se va reduce semnificativ în urma aplicării programului experimental, indicând o îmbunătățire a capacității de reacție și de impulsie verticală;

- ❖ Valorile forței maxime înregistrate în apă vor crește semnificativ la sportivii care urmează programul de antrenament specific, comparativ atât cu valorile inițiale, cât și cu cele ale grupei martor.

Obiectivul principal al acestei etape experimentale a fost de a evidenția efectele unui program de antrenament orientat asupra capacității sportivilor de a realiza ieșiri eficiente din apă, cuantificabile prin parametri biomecanici măsurabili. Această alegere metodologică a fost susținută de caracteristicile particulare ale mediului acvatic — flotabilitate, rezistență hidrodinamică, instabilitate — care generează solicitări neuromusculare specifice, diferite față de cele din mediul terestru.

Utilizarea unui sistem video de analiză (camera Kinect + TouchDesigner) a permis o evaluare detaliată a mișcărilor verticale, iar integrarea testărilor inițiale și finale a oferit posibilitatea de a evalua impactul real al programului aplicat. Compararea rezultatelor între grupul experimental și cel martor a urmărit validarea unui model de intervenție aplicabil în contextul pregătirii fizice pentru sportivi de performanță din polo pe apă.

4.2. Organizarea intervenției prin antrenament

Pe baza concluziilor anterioare, a fost elaborat un protocol experimental centrat pe testarea eficienței unui program specific de antrenament, dedicat dezvoltării capacității sportivilor de a realiza deplasări verticale îmbunătățite. Această capacitate influențează direct acțiuni esențiale în jocul de polo, precum blocajul, interceptia, finalizarea sau recuperarea poziției în apă.

Lotul de participanți a fost compus din 17 sportivi activi, legitimați în competițiile interne. Dintre aceștia, 14 sportivi au fost repartizați în grupa experimentală, iar ceilalți 3 au format grupa martor. Grupa experimentală a urmat un program de antrenament specific, conceput pentru stimularea forței explozive și a eficienței propulsiei verticale. Grupa martor a continuat programul standard de pregătire generală.

Testările au fost efectuate în două momente: înainte de începerea programului și imediat după finalizarea acestuia, în condiții identice pentru ambele grupuri. Pentru măsurători au fost utilizate aceleași instrumente validate anterior în studiul preliminar: dinamometrul EasyForce și camera Kinect. Condițiile de testare au fost uniformizate, sportivii fiind instruiți să execute o săritură verticală din poziție statică, cu brațele scufundate, pentru a evidenția contribuția exclusivă a membrilor inferioare.

Diferențierea între cele două programe de pregătire a fost netă. Grupa martor a urmat un model standard inspirat din metodologia curentă a clubului Dinamo, orientat către menținerea condiției generale. Nu au fost incluse exerciții cu sarcină suplimentară sau cu specificitate pentru propulsia verticală.

În schimb, grupa experimentală a beneficiat de un program conceput special, construit pe principii metodologice clare, dintre care se remarcă:

- ✓ utilizarea de rezistențe externe (extensoare, mingi medicinale) în condiții de instabilitate;
- ✓ alternanța între faze de efort și pauze active pentru stimularea adaptărilor neuromusculare;
- ✓ exerciții asimetrice pentru implicarea trunchiului și dezvoltarea echilibrului dinamic;
- ✓ deplasări cu sarcină verticală (ex: înot cu mingea deasupra capului);
- ✓ secvențe de recuperare activă pentru prevenirea oboselii cronice.

Ambele grupe au fost monitorizate în condiții identice privind durata, frecvența și locația antrenamentelor. Diferența majoră a fost dată de conținutul metodic aplicat: în cazul grupei experimentale, accentul a fost pus pe dezvoltarea specifică a musculaturii implicate în impulsul vertical, ceea ce justifică ipoteza unei evoluții superioare a parametrilor urmăriți.

CAPITOLUL 5. ANALIZA ȘI INTERPRETAREA REZULTATELOR

Obiectivul principal al acestei etape a fost evaluarea efectelor programului de antrenament aplicat asupra performanței sportivilor în ceea ce privește deplasările verticale în apă. Analiza s-a concentrat exclusiv pe testări efectuate în mediu acvatic, utilizând două instrumente: dinamometrul EasyForce pentru măsurarea parametrilor de forță și camera Kinect, asistată de software-ul TouchDesigner, pentru evaluarea înălțimii de ieșire din apă.

Rezultatele au fost analizate comparativ între două momente (inițial și final), precum și între două grupuri (experimental și martor), în vederea verificării ipotezelor formulate anterior și a identificării diferențelor semnificative statistice.

Tabel 1 Grupa experiment, studiul final, analiza rezultate testări cu dinamometrul EasyForce, forță maximă

Parametri	Maxim forță			
Unități de măsură	[N]			[%]
	Testare inițială	Testare finală	Diferență final-inițial	Diferență final-inițial procentual

S1	256,0	292,0	36,0	14,1
S2	284,0	346,0	62,0	21,8
S3	359,0	370,0	11,0	3,1
S4	256,0	285,0	29,0	11,3
S5	403,0	418,0	15,0	3,7
S6	321,0	358,0	37,0	11,5
S7	284,0	350,0	66,0	23,2
S8	235,0	338,0	103,0	43,8
S9	320,0	405,0	85,0	26,6
S10	237,0	384,0	147,0	62,0
S11	255,0	339,0	84,0	32,9
S12	358,0	365,0	7,0	2,0
S13	296,0	410,0	114,0	38,5
S14	198,0	210,0	12,0	6,1
Medie	290,1	347,9	57,7	21,5
ab. st.	56,8	55,8	44,0	17,8
C.V. %	19,6	16,1	76,1	82,9
Maxim	403,0	418,0	147,0	62,0
Minim	198,0	210,0	7,0	2,0
Diferență Maxim - Minim	205,0	208,0	140,0	60,1
dif. %	49,1	50,2	4,8	-

Tabel 2 Grupa martor, studiul final, analiza rezultate testări cu dinamometrul EasyForce, forță maximă

Parametri	Maxim forță			
Unități de măsură	[N]			[%]
	Testare inițială	Testare finală	Diferență final- inițial	Diferență final- inițial procentual
S1	346,0	340,0	-6,0	-1,7
S2	388,0	390,0	2,0	0,5
S3	300,0	291,0	-9,0	-3,0
Medie	344,7	340,3	-4,33	-1,4
ab. st	44,0	49,5	5,7	1,8
C.V.%	12,8	14,5	-131,2	-126,3

Maxim	388,0	390,0	-9,0	-3,0
Minim	300,0	291,0	2,0	0,5
Diferență Maxim-Minim	88,0	99,0	11,0	-2,5
Dif. %	77,3	74,6	-450,0	-

În cadrul testărilor realizate cu ajutorul dinamometrului EasyForce, au fost urmăriți trei parametri esențiali pentru evaluarea impulsului vertical în apă: forța maximă dezvoltată, forța medie și timpul necesar atingerii forței maxime. Cu toate acestea, în rezumatul de față este prezentată doar analiza valorilor forței maxime, întrucât acest indicator este susținut de date comparative clare pentru ambele grupe (martor și experimentală).

Pentru grupa martor, valorile forței maxime s-au menținut sau au scăzut ușor în perioada analizată, sugerând lipsa unei evoluții semnificative în parametrii de explozivitate verticală. De exemplu, sportivul S1 a înregistrat o scădere de 6 N, iar S3 o scădere de 9 N, alături de o creștere a timpului de atingere a forței maxime. Aceste rezultate indică o stagnare sau chiar regres în capacitatea de generare a forței verticale, ceea ce reflectă limitele programului obișnuit de pregătire generală.

În schimb, grupa experimentală a înregistrat progrese semnificative în aproape toate cazurile. Valorile medii ale forței maxime au crescut de la 290,14 N la 347,86 N, cu o diferență absolută de +57,71 N și o variație procentuală medie de +21,48%. Cazuri individuale precum sportivul S10 (+147 N) sau S13 (+114 N) susțin eficiența programului de antrenament aplicat. Rezultatele obținute validează ipoteza conform căreia aplicarea unui program specific orientat către dezvoltarea impulsului vertical conduce la îmbunătățiri semnificative în forța maximă dezvoltată în apă.

Tabel 3 Studiul final Grupa martor, analiza rezultate testări cu ajutorul camerei Xbox Kinect

Subiecți	Înălțime inițială	Înălțime finală	Variație	Variația procentuală
Unități de măsură	[m]			[%]
S1	0.36	0.21	-0.14	-40.27
S2	0.40	0.21	-0.18	-46.25
S3	0.63	0.13	-0.50	-78.24

Medie	0.46	0.18	-0.27	-54.92
ab. st.	0.15	0.05	0.20	20.42
C.V.%	31.45	25.19	-72.19	-37.17
Maxim	0.63	0.21	-0.50	-78.24
Minim	0.36	0.13	-0.14	-40.27
Diferență Maxim-Minim	0.27	0.08	0.36	-118.51
Dif.%	57,14	61,90	357,14	-

Tabel 4 Studiul final Grupa experiment, analiza rezultate testări cu ajutorul camerei Xbox Kinect

Subiecți	Înălțime inițială	Înălțime finală	Variație	Variația procentuală
Unități de măsură	[m]			[%]
S1	0,26	0,26	0,00	0,77
S2	0,15	0,34	0,19	123,33
S3	0,27	0,22	-0,05	-18,15
S4	0,31	0,29	-0,02	-7,74
S5	0,32	0,39	0,07	22,50
S6	0,25	0,38	0,13	52,00
S7	0,10	0,10	0,00	2,00
S8	0,12	0,22	0,10	80,00
S9	0,18	0,24	0,06	35,00
S10	0,18	0,25	0,07	40,00
S11	0,29	0,29	0,00	-0,69
S12	0,26	0,26	0,00	0,00
S13	0,20	0,35	0,15	78,57
S14	0,41	0,41	0,00	0,24
Medie	0,20	0,30	0,10	29,10
ab. St.	0,10	0,10	0,10	41,40
cv %	36,40	29,10	142,30	142,30

Maxim	0,41	0,41	0,19	123,33
Minim	0,10	0,10	-0,05	-18,15
Diferență Maxim-Minim	0,31	0,31	0,23	141,48
Dif.%	24,39	24,82	-26,49	-

Înălțimea de ieșire din apă a fost utilizată ca indicator obiectiv pentru evaluarea eficienței impulsului vertical în mediu acvatic. Testările au fost realizate cu ajutorul camerei Xbox Kinect, iar rezultatele obținute au evidențiat diferențe notabile între cele două grupe de sportivi.

La grupa martor, care nu a beneficiat de antrenament specific, valorile înregistrate indică o scădere semnificativă a performanței. În medie, înălțimea de ieșire a scăzut de la 0,46 m la 0,18 m, ceea ce corespunde unei variații negative de peste 54%. Un exemplu elocvent este sportivul S3, care a înregistrat o scădere de 0,5 m (−78,24%).

În contrast, grupa experimentală a prezentat o tendință generală de îmbunătățire. Valoarea medie a înălțimii a crescut de la 0,235 m la 0,285 m, cu o variație pozitivă medie de 0,05 m (+29,13%). Mai mulți sportivi, precum S2 sau S13, au avut creșteri notabile, de +123,33% și +78,57% respectiv. Aceste rezultate sugerează o capacitate îmbunătățită de a converti forța generată în apă într-o deplasare verticală funcțională și eficientă, cu aplicabilitate directă în acțiunile din jocul de polo pe apă.

Prin urmare, această analiză susține eficiența programului de antrenament aplicat grupei experimentale în ceea ce privește dezvoltarea capacității de impuls vertical în apă, măsurată prin înălțimea ieșirii.

CAPITOLUL 6. CONCLUZII EXPERIMENTALE ȘI PERSPECTIVE

Rezultatele testărilor inițiale și finale confirmă, în mare parte, ipotezele formulate în etapa inițială a cercetării. Prin utilizarea combinată a dinamometrului EasyForce și a camerei Xbox Kinect, au fost evidențiate modificări relevante ale parametrilor urmăriți – în special forța de propulsie și înălțimea de ieșire din apă – la sportivii care au beneficiat de un program de antrenament specific, comparativ cu cei care au urmat un regim general. Grupa experimentală a înregistrat progrese notabile în ambele direcții de analiză, în timp ce grupa martor a manifestat stagnări sau chiar regresii.

Totodată, cercetarea a validat fiabilitatea și aplicabilitatea metodelor utilizate, confirmând că evaluarea comparativă a performanței în mediu acvatic poate fi realizată în mod obiectiv. Ipoteza privind eficiența unui antrenament orientat spre dezvoltarea impulsului vertical a fost confirmată empiric, iar rezultatele susțin necesitatea introducerii unor exerciții direcționate în planurile de pregătire.

Deși anumite limitări, precum dimensiunea eșantionului, distribuția numerică inegală între grupuri sau posibile variații individuale, pot influența amplitudinea generalizării, acestea nu compromit validitatea concluziilor. Dimpotrivă, ele subliniază relevanța direcțiilor de cercetare viitoare, cu scopul consolidării bazei de date și extinderii modelului aplicat.

CAPITOLUL 7. CONCLUZII GENERALE ALE TEZEI DE DOCTORAT

În cadrul acestei teze de doctorat, contribuțiile personale se regăsesc atât la nivel metodologic, cât și aplicativ și tehnic, vizând dezvoltarea unor soluții concrete pentru evaluarea specifică a performanței în polo pe apă.

Una dintre cele mai importante contribuții constă în crearea unui sistem de fixare în mediu acvatic a dinamometrului EasyForce, cu ajutorul SMPS, conceput special pentru a permite măsurători reproductibile în timpul acțiunilor de propulsie verticală. Acest sistem a fost realizat în colaborare, pornind de la cerințele concrete ale experimentului și a permis o poziționare sigură și eficientă a dinamometrului în apă, aspect esențial pentru acuratețea și repetabilitatea măsurărilor.

O altă contribuție importantă a fost combinarea măsurărilor de forță cu cele de înălțime, prin integrarea dinamometrului și a camerei video Xbox Kinect, într-un protocol unic, aplicabil direct în condiții de bazin. Această metodă a permis obținerea de date relevante despre impulsul vertical și nivelul de ieșire din apă, oferind astfel o imagine completă asupra capacității sportivului de a executa acțiuni explozive în plan vertical.

În plus, teza propune un protocol de testare coerent și reproductibil, aplicabil atât pe uscat, cât și în apă, adaptat particularităților polo-ului pe apă. Prin implementarea acestuia în cadrul loturilor de juniori U16 și U18, s-a demonstrat capacitatea sa de a diferenția nivelul de performanță între sportivi și de a evidenția efectele unui program de antrenament orientat pe dezvoltarea forței de propulsie verticală.

Lucrarea aduce o contribuție personală prin conceperea și aplicarea unui program de antrenament cu structură diferită față de modelul clasic utilizat în pregătirea jucătorilor de polo pe apă, având ca obiectiv principal optimizarea deplasărilor verticale prin utilizarea unor metode și mijloace moderne, adaptate specificului acestui sport. În plus, un element de originalitate al cercetării îl constituie elaborarea unui plan de pregătire anual dedicat polo-ului pe apă, structurat pe etape și perioade de antrenament, cu aplicabilitate directă în pregătirea de performanță și corelat cu cerințele calendarului competițional.

De asemenea, se remarcă valoarea aplicativă a cercetării, confirmată prin colaborarea directă cu antrenori și sportivi legitimați, dar și prin deschiderea exprimată de Federația Română de Polo pentru implementarea ulterioară a acestor metode de evaluare în cadrul testărilor oficiale.

Prin aceste contribuții, teza aduce un aport original la dezvoltarea cunoașterii și practicii din domeniul sporturilor acvatice, oferind un cadru metodologic aplicabil în antrenamentele de performanță și un model experimental transferabil și către alte discipline înrudite.

Referințe bibliografice:

1. Bloomfield, J., Blanksby, B. A., Ackland, T. R., & Allison, G. T. (1990). The influence of strength training on overhead throwing velocity of elite water polo players. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(2), 63-67, Accesat în 23.05.2024 din https://www.researchgate.net/publication/222100771_The_influence_of_strength_training_on_overhead_throwing_velocity_of_elite_water_polo_players
2. Borges-Hernández, P. J., Argudo-Iturriaga, F. M., García-Marín, P., & Ruiz-Lara, E. (2022). Originea, evoluția și influența regulilor de polo pe apă: Peste 150 de ani de istorie. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 17(51), 65-75. Accesat în 25.02.2024 din <http://dx.doi.org/10.12800/ccd.v17i51.167>
3. Comitetul Olimpic Internațional. (2021). Water polo at the Olympic Games. Accesat în 22.01.2024 din <https://olympics.com/en/olympic-games/paris-1900>
4. Dragomir, A. G. (2016). Performanța sportivă în jocul de polo pe apă sub influența relațiilor interpersonale (Teză de doctorat, Universitatea "Babeș-Bolyai" Cluj-Napoca, Facultatea de Sociologie și Asistență Socială). Accesat în 17.10.2023 din <https://teze.doctorat.ubbcluj.ro/doctorat/teza/fisier/3417>
5. Federația Română de Polo. (n.d.). Despre polo – Istorie din 1844, Polo în România, Accesat în 20.01.2024 din <https://frpolo.ro/despre-federatia-romana-de-polo/>
6. Grasso, J. (2019). *Historical Dictionary of the Olympic Movement*. Rowman & Littlefield. Accesat în 21.06.2024 din https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/63679/historical-dictionary-of-the-olympic-movement-john-grasso-bill-mallon-and-jeroen-heijmans?_lg=en-GB
7. Harris, T. (2020). The global history of water polo. *Total Waterpolo*. Accesat în 03.04.2024 din <https://total-waterpolo.com/what-is-the-history-of-water-polo/>
8. Lord, C. (2008). *Aquatic 1908 – 2008*. Lausanne: Federation Internationale de Natation, Accesat în 18.06.2024 din <https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACUSE/27639/aquatics-1908-2008-100-years-of-excellence-in-sport-ed-by-craig-lord>
9. Madera, J., Tella, V., & Saavedra, J.M. (2017). Effects of rule changes on game-related statistics in men's water polo matches. *Sports*, 5(4), 84. Accesat în 01.03.2024 din <https://doi.org/10.3390/sports5040084>

10. Martinez-Santos, R., García, J., & Palacios-Aguilar, J. (2016). Physical performance factors in water polo: A systematic review. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(9), 1221-1229. Accesat în 28.04.2024 din <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0005>
11. Meloq. (n.d.). *Digital Handheld Dynamometer | Precision Strength Gauge*. Accesat în 26.02.2025 din <https://meloqdevices.com/products/digital-dynamometer-easyforce>
12. The Microsoft Press Store by Pearson. (2012). An introduction to the Kinect sensor. Accesat în 27.01.2025 din <https://www.microsoftpressstore.com/articles/>
13. Sanders, R. H. (1999b). A model of kinematic variables determining height achieved in water polo 'boosts'. *Journal of Applied Biomechanics*, 15, 270-283. Accesat în 25.03.2024 din <https://doi.org/10.1123/jab.15.3.270>