

**UNIVERSITATEA "ALEXANDRU IOAN CUZA" DIN IAȘI  
FACULTATEA DE EDUCAȚIE FIZICĂ ȘI SPORT  
ȘCOALA DOCTORALĂ ÎN ȘTIINȚA SPORTULUI ȘI EDUCAȚIEI FIZICE  
DOMENIUL: ȘTIINȚA SPORTULUI ȘI EDUCAȚIEI FIZICE**

**STRESUL METABOLIC ÎN EFORTUL FIZIC EFECTUAT  
LA NIVELUL MAXIM AL CONSUMULUI DE OXIGEN,  
LA SPORTIVII DE PERFORMANȚĂ**

**REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT**

**Conducător științific,  
Prof. univ. dr. habil. Beatrice Aurelia ABĂLAȘEI**

**Doctorand,  
Cezar HONCERIU**

**Iași, 2023**

## PLANUL TEZEI DE DOCTORAT

Listă abrevieri .....	8
Listă tabele .....	9
Listă figuri .....	10
<b>Introducere</b> .....	12

### PARTEA I

#### FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A TEMEI DE CERCETARE

##### CAPITOLUL I

###### Stres metabolic, stres oxidativ, sindrom metabolic.

###### Definirea termenilor și asocierea cu efortul fizic sportiv

1.1.	Stresul metabolic .....	16
1.2.	Stresul oxidativ .....	17
1.3.	Sindromul metabolic .....	19

##### CAPITOLUL II

###### Consumul maxim de oxigen ( $VO_2max$ )

2.1.	Consumul maxim de oxigen ( $VO_2max$ ). Definirea termenului .....	20
2.2.	Consumul maxim de oxigen, indicator important al efortului fizic .....	21
2.3.	Timpul limită de menținere a vitezei de alergare la consumul maxim de oxigen ( $TlimVO_2max$ ) .....	22

##### CAPITOLUL III

###### Markeri salivari și sangvini ai efortului la $VO_2max$

3.1.	Acidul lactic și exercițiul fizic .....	24
3.1.1.	Legătura $VO_2max$ – acid lactic în timpul exercițiilor fizice de rezistență .....	28
3.1.2.	Pragul lactat (PL) și performanța în alergarea pe distanțe lungi .....	29
3.1.3.	Pragul lactat (% din $VO_2max$ ) și antrenamentul de rezistență .....	30
3.1.4.	Legătura $VO_2max$ – acid lactic în timpul exercițiilor fizice pe distanțe scurte .	31

3.1.5.	Profilul lactatului sangvin .....	33
3.1.6.	Parametrii acidului lactic în relație cu VO <sub>2</sub> max .....	34
3.2.	Creatinkinaza, marker al stresului metabolic, și legătura cu VO <sub>2</sub> max .....	36
3.3.	Cortizolul, marker salivar al efortului fizic .....	41
3.3.1.	Intensitatea exercițiului fizic (%VO <sub>2</sub> max) și cortizolul .....	42
3.3.2.	Durata exercițiului fizic (%VO <sub>2</sub> max constant) și nivelul cortizolului și/sau a testosteronului .....	45
3.4.	Amilaza, marker salivar al efortului fizic .....	49
3.4.1.	Amilaza și efortul fizic .....	49
3.4.2.	Amilaza și VO <sub>2</sub> max .....	50
3.5.	Sulfatul de dehidroepiandrosteron (DHEA-S) .....	54
3.5.1.	Funcțiile DHEA și DHEA-S .....	55
3.5.2.	DHEA-S și exercițiul fizic .....	56
	Concluzii teoretice .....	57

## **PARTEA A II-A**

### **PARTEA APLICATIVĂ A CERCETĂRII**

#### **CAPITOLUL IV**

##### **Evaluarea și evoluția VO<sub>2</sub>max în perioada competițională**

###### **Studiu preliminar**

4.1.	Premisele studiului preliminar .....	59
4.2.	Scopul, obiectivele, sarcinile ipotezele și variabilele cercetării .....	59
4.2.1.	Scopul, obiectivele și variabilele studiului preliminar .....	59
4.2.2.	Ipoteza studiului preliminar .....	60
4.3.	Organizarea cercetării.....	60
4.3.1.	Protocolul de testare și evaluare .....	62
4.3.2.	Subiecții cercetării preliminare .....	62
4.3.3	Programul de exerciții realizat în cadrul studiului preliminar .....	62
4.3.4.	Metode matematico-statistice utilizate în cercetare .....	66
4.4.	Statistica rezultatelor din cadrul studiului preliminar .....	67

4.5.	Discuții și verificarea ipotezei studiului preliminar .....	71
	Concluzii studiu preliminar .....	72

## CAPITOLUL V

### **Evaluarea complexă a VO<sub>2</sub>max, evoluție și corelații cu indicatori antropometrici, motrici și biologici - Studiul principal**

5.1.	Premisele studiului principal .....	73
5.2.	Obiectivele, scopul și variabilele cercetării .....	74
5.3.	Ipoteze studiu principal .....	75
5.4.	Organizarea cercetării. Protocolul de testare și evaluare .....	76
5.4.1.	Măsurători antropometrice .....	74
5.4.2.	Evaluarea VAM, VO <sub>2</sub> max și TlimVO <sub>2</sub> max prin probă de teren .....	78
5.4.2.1.	Testul VAMEVAL .....	78
5.4.2.2.	Evaluarea TlimVO <sub>2</sub> max .....	79
5.4.3.	Evaluarea VO <sub>2</sub> max și a TlimVO <sub>2</sub> max în laborator .....	80
5.4.4.	Evaluarea forței membrelor inferioare, a vitezei și a mobilității .....	82
5.4.5.	Aparatura utilizată pentru analizele biochimice de laborator .....	83
5.5.	Subiecții și locul cercetării .....	89
5.6.	Metode matematico-statistice utilizate în cercetare .....	89
5.7.	Statistica rezultatelor din cadrul studiului principal .....	94
5.7.1.	Statistica rezultatelor obținute la măsurătorile antropometrice, testarea forței, vitezei și mobilității coloanei vertebrale .....	94
5.7.2.	Statistica rezultatelor înregistrate la evaluarea VO <sub>2</sub> max și a TlimVO <sub>2</sub> max .....	100
5.7.3.	Interpretarea statistică a rezultatelor din cadrul studiului principal .....	105
5.7.3.1.	Interpretarea statistică a rezultatelor VO <sub>2</sub> max, TlimVO <sub>2</sub> max, Fcmax_VAM .....	105
5.7.3.2.	Planificarea intensității efortului de antrenament pe baza rezultatelor în vederea creșterii VO <sub>2</sub> max .....	110
5.7.3.3.	Statistica și analiza rezultatelor analizelor biochimice .....	116
5.7.3.3.1.	Analiza rezultatelor T-Test a rezultatelor biochimice .....	118
5.7.3.3.2.	Analiza ANOVA privind cortizolul, DHEA-S și amilaza la 10 și 30 de minute .....	125

5.7.3.3.3.	Corelații între rezultatele cortizolului, amilazei și DHEA-S, sânge versus salivar .....	126
5.8.	Discuții și verificarea ipotezelor studiului principal .....	129
	Concluzii .....	136
	Limitele cercetării .....	137
	Perspectivile și gradul de aplicativitate a rezultatelor cercetării .....	137
	Diseminarea rezultatelor .....	138
	Bibliografie .....	139
	Anexa 1 Graficele Frecvenței cardiace înregistrate la proba VAMEVAL și $T_{lim}VO_2$ .....	169
	Anexa 2 Statistica descriptivă a rezultatelor din cadrul testării preliminare .....	174
	Anexa 3 Statistica descriptivă a rezultatelor din cadrul testării principale .....	181

**Cuvinte cheie:** consum maxim de oxigen ( $VO_2max$ ), stres metabolic, intensitate efort, antrenament, fotbal.

## PARTEA I

### FUNDAMENTAREA TEORETICĂ A TEMEI DE CERCETARE

#### Concluzii teoretice

Exercițiul fizic, în funcție de intensitatea, volumul și complexitatea lui, poate fi considerat ca un factor de stres asupra organismului uman, care răspunde, atât imediat, prin modificări acute, cât și pe termen lung, prin modificări tardive, printr-o avalanșă de adaptări la nivelul întregului organism, care funcționează ca un sistem integrativ.

Stresul metabolic poate fi definit deci ca fiind un proces fiziologic și biochimic care apare în timpul efortului fizic, ca răspuns la acumularea de metaboliți și produși de catabolism (lactat, fosfat anorganic și ioni de hidrogen etc.) în celulele musculare, proces care declanșează o avalanșă de adaptări fiziologice și biochimice acute, în vederea realizării sarcinii și menținerii homeostaziei, dar și modificări tardive atât la nivel muscular, cardiovascular sau respirator cât și la nivelul întregului organism, în vederea creșterii potențialului fizic al sportivului.

Performanța generală și economia efortului în timpul alergării pe distanțe lungi sunt ambele influențate de o varietate de variabile metabolice, mecanice și fizice, care includ în principal sexul, indicele de masă corporală, absorbția maximă de oxigen, nivelul de antrenament, alături de caracteristici de antropometrie și utilizarea eficientă a substraturilor metabolice. Dintre aceste variabile,  $VO_2\text{max}$  predomină și explică mai mult de jumătate din varietatea totală a rezultatelor finale.

Evaluarea și cunoașterea consumului maxim de oxigen este esențială în stabilirea nivelului individual al capacității de efort aerob, rezultatele putând fi corelate cu indici fiziologici sau biochimici, sangvini sau salivari. Exercițiile fizice care ating consumul maxim de oxigen pot modifica compoziția proteică a plasmei și a salivei.

Nenumărate studii au cercetat corelațiile dintre răspunsul unor biomarkeri, fiziologici sau biochimici, sangvini sau salivari, la efortul specific consumului maxim de oxigen. Hormonii endogeni ca DHEA-S, sau cortizolul, care este un hormon glucocorticoid secretat de cortexul glandei suprarenale ca răspuns la factorii de stres fizici, psihologici sau fiziologici, au un rol important în realizarea adaptării organismului la exercițiile fizice de diferite intensități. Pe lângă efectele cunoscute pe termen lung ale exercițiilor fizice asupra organismului și a celor pe termen scurt (îmbunătățirea comportamentului, cogniției, sistemului neuromuscular, metabolismului) s-a observat că nivelul hormonilor crește după efortul depus.

Cortizolul are rol direct în efortul sportiv. El mediază procesele fiziologice critice care ajută la creșterea capacității fizice și la recuperare, de exemplu, promovând descompunerea proteinelor din mușchiul scheletic în aminoacizi și trigliceridele din țesutul adipos pentru a fi hidrolizate în acizi grași liberi și glicerol.

Există dovezi în literatura de specialitate care sugerează că, parametrii lactatului sangvin ar fi influențați nu numai de nivelul pregătirii fizice pe filiera aerobă, ci și de alți factori, care ar schimba astfel relațiile acestor parametri ai lactatului cu capacitatea aerobă și performanța propriu zisă a efortului aerob.

Rezultatele acestor studii au lărgit aria de cunoaștere și înțelegere a modului de funcționare a organismului și a mijloacelor prin care acesta răspunde la stres, dar evidențiază în dese rânduri concluzii care nu se corelează, în principal din cauza protocoalelor diferite de studiu sau a metodelor diferite de măsurare și evaluare.

**PARTEA A II-A**  
**PARTEA APLICATIVĂ A CERCETĂRI**

**Evaluarea și evoluția VO<sub>2</sub>max în perioada competițională**

**Studiu preliminar**

**Premisele studiului preliminar**

Efortul specific jocului de fotbal implică, preponderent, pe toată durata meciului filiera aerobă de producere a energiei necesară contracțiilor musculare. Evaluarea și cunoașterea consumului maxim de oxigen sau a vitezei aerobe maxime este importantă pentru stabilirea nivelului capacității de efort aerob la fotbaliști. Un nivel bun al consumului maxim de oxigen poate contribui la susținerea unui efort susținut pe toată durata jocului. Deoarece perioadele de pregătire au fost scurtate prin modificarea structurii campionatelor, antrenorii se văd nevoiți să continue pregătirea fizică specifică, incluzând aici și dezvoltarea VO<sub>2</sub>max, în perioada competițională, pentru atingerea unui platou de formă sportivă optim, pe care să îl mențină apoi până la finalul sezonului. Există un trend, tot mai preferat de către jucători și utilizat deci de antrenori, în care se încearcă dezvoltarea consumului maxim de oxigen și deci a rezistenței aerobe, prin mijloace tehnico-tactice executate cu mingea sau prin jocuri pe teren redus. Acest aspect al pregătirii poate fi unul plăcut deoarece presupune lucru cu mingea sau forma ludică a antrenamentului însă, conform unor specialiști, el nu poate asigura, pentru toți jucătorii, volumul și intensitatea de efort necesare dezvoltării consumului maxim de oxigen și deci a dezvoltării acestor modificări tardive, explicate anterior. În acest sens am organizat o cercetare prin care am urmărit să aprofundez acest subiect și să aduc un punct de vedere argumentat la această problematică a practicii domeniului.

**Scopul, obiectivele și variabilele studiului preliminar**

În cadrul cercetării preliminare, scopul principal a constat în evaluarea modului în care componenta aerobă a pregătirii fizice poate fi realizată, în perioada competițională, doar prin exerciții tehnico-tactice executate cu mingea, prin jocuri dinamice pe spații reduse, la o echipă de fotbal. Obiectivul principal al studiului preliminar este legat de evaluarea consumului maxim de oxigen (VO<sub>2</sub>max), a vitezei aerobe maxime (VAM sau vVO<sub>2</sub>max), prin probă de teren, dar și a frecvenței cardiace pe perioada desfășurării probei (Fc) și a frecvenței cardiace maxime înregistrate în timpul probei (Fc<sub>max</sub>). Sarcinile cercetării au presupus evaluarea inițială (VAM,

VO<sub>2</sub>max, Fc<sub>max</sub>), implementarea programului de antrenament bazat doar pe exersarea mijloacelor tehnico-tactice cu mingea sau jocuri dinamice executate pe spații reduse, pe o perioadă de nouă săptămâni, perioadă care a coincis cu perioada competițională a echipei participante la studiu, iar la final, evaluarea finală (VAM, VO<sub>2</sub>max, Fc<sub>max</sub>).

Tabel 2 – Variabilele dependente sau independente ale studiului

Variabila independentă a studiului	Variabilele dependente ale studiului
Mijloacele tehnico-tactice din cadrul antrenamentului, realizate pentru creșterea VO <sub>2</sub> max	VO <sub>2</sub> max (ml.min <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )
	VAM (km/h)
	Fc <sub>max</sub> (b/min)

### Ipoteza studiului preliminar

Ipoteza studiului preliminar este următoarea: realizarea componentei aerobe din cadrul pregătirii fizice, cu scopul creșterii capacității aerobe de efort, poate fi realizată prin exerciții executate cu mingea, bazate pe mijloace tehnico-tactice.

### Statistica rezultatelor din cadrul studiului preliminar

În tabelul următor este expusă statistica descriptivă a rezultatelor înregistrate la studiu preliminar:

Tabel 4 – Statistica descriptivă studiu preliminar

Statistică descriptivă	VO <sub>2</sub> max_ inițial	VAM_ inițial	Fc_max_ VAM_ inițial	VAM_ final	VO <sub>2</sub> max final	Fc_max_ final
Valid	18	18	18	18	18	18
Medie	59.217	16.594	193.667	16.611	59.394	193.167
Deviația Std.	2.247	0.626	9.592	0.579	2.05	7.532
Minima	55.3	15.5	183	15.6	55.8	184
Maxima	62.5	17.5	218	17.5	62.5	211

În vederea verificării ipotezei studiului preliminar, am aplicat student T-test pentru valorile VAM (vVO<sub>2</sub>max – viteza de alergare la care sportivul atinge consumul maxim de oxigen), VO<sub>2</sub>max (consumul maxim de oxigen) și ale Fc (frecvența cardiacă). În tabelul următor este exemplificată statistica rezultată în urma aplicării Paired Sample T-test:



Tabel 5 – Analiza Paired Samples T-Test pentru valorile VO<sub>2</sub>max, VAM și Fc<sub>max</sub>

Paired Samples T-Test					
<b>Măsura 1</b>		<b>Măsura 2</b>	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
VO <sub>2</sub> max_inițial	-	VO <sub>2</sub> max_final	-0.589	17	0.564
VAM_inițial	-	VAM_final	-0.23	17	0.821
Fc_max_VAM_inițial	-	Fc_max_final	0.615	17	0.547

### **Concluzii studiu preliminar**

Rezultatele evaluării VO<sub>2</sub>max, VAM și Fc<sub>max</sub> VAM arată că jucătorii au un nivel bun de pregătire, pe filiera de efort aerob, datele înregistrate fiind comparabile și cu cele prezentate de alți autori.

Datele studiului realizat, privind viteza aerobă maximală, VAM\_inițial versus valoarea VAM\_final, arată că antrenamentul realizat nu a condus la o creștere semnificativă a acestui parametru fizic, ci doar la o menținere a acestuia la nivelul valorilor înregistrate cu ocazia testării inițiale.

Datele studiului realizat, privind consumul maxim de oxigen, VO<sub>2</sub>max\_inițial versus valoarea VO<sub>2</sub>max\_final arată că antrenamentul realizat nu a condus la o creștere semnificativă a acestui parametru fiziologic, ci doar la o menținere a acestuia la nivelul valorilor înregistrate cu ocazia testării inițiale.

### **Evaluarea complexă a VO<sub>2</sub>max, evoluție și corelații cu indicatori antropometrici, motrici și biologici - Studiu principal**

#### **Obiectivele, scopul și variabilele cercetării**

Cercetarea principală urmărește, într-o primă etapă, evaluarea consumului maxim de oxigen (VO<sub>2</sub>max) dar și a timpului limită de menținere a intensității efortului la consumul maxim de oxigen (TlimVO<sub>2</sub>max), cu măsurarea unor indicatori fiziologici la un grup de sportivi, tineri fotbaliști, comparativ, prin ergospirometrie sau probă de teren. Pe baza rezultatelor obținute, am propus un program de exerciții de alergare, utilizând metoda eforturilor continue și intermitente, individualizat, pe grupe de jucători (Tabel 13). Această etapă a presupus evaluarea inițială, implementarea programului pe o perioadă de nouă săptămâni (Tabel 23), perioadă ce a coincis cu

perioada competițională a echipei participante la studiu, iar la final, evaluarea finală. De asemenea, în partea a doua a cercetării, studiul urmărește analiza unor probe sangvine și salivare, înainte și după proba de efort, cu scopul de a evidenția modificările acute care se petrec în organismul sportivilor la efectuarea unui efort ce atinge ca intensitate consumul maxim de oxigen.

Obiectivele cercetării includ și se substituie scopului acesteia prin organizarea unei cercetări care presupune teste realizate atât în laborator cât și pe teren, cu preluare de probe biologice sangvine și salivare, în vederea evaluării consumului maxim de oxigen și evidențierii modificărilor acute, atât fiziologice cât și biochimice. Studiul are avizul comisiei de etică a Școlii Doctorale în Știința Sportului și Educației Fizice.

### **Ipoteze studiu principal**

**Ipoteza generală numărul 1** a studiului preliminar este următoarea: evaluarea unor indicatori fiziologici, specifici efortului aerob, și antropometrici la sportivi de performanță, respectiv fotbaliști, poate evidenția nivelul individual de antrenament.

Ipoteza secundară 1: evaluarea consumului maxim de oxigen ( $VO_{2max}$ ) și a timpului limită de menținere a intensității efortului la consumul maxim de oxigen ( $T_{lim}VO_{2max}$ ), prin probă de teren versus probă de laborator, indică diferit nivelul de antrenament al sportivilor.

Ipoteza secundară 2: indicatorii antropometrici corelează cu consumul maxim de oxigen și timpul limită de menținere a intensității la consumul maxim de oxigen.

Ipoteza secundară 3: utilizarea datelor privind evaluarea  $vVO_{2max}$  pentru calcularea intensității eforturilor de antrenament, planificarea distanțelor și timpilor de alergare și individualizarea acestora pe grupe de jucători, conduc la creșterea consumului maxim de oxigen.

**Ipoteza generală numărul 2** a studiului este următoarea: măsurarea unor indicatori biochimici, sangvini și salivari, evidențiază modul în care organismul reacționează biochimic la stresul metabolic specific efortului la consumul maxim de oxigen.

Ipoteza secundară 1: analiza statistică comparativă a unor indicatori biochimici, sangvini și salivari, recoltați înainte, în stare de repaus, și după atingerea  $VO_{2max}$ , indică modificările acute ale acestora. Ipoteza secundară 2: analiza statistică comparativă a unor indicatori biochimici, sangvini și salivari, recoltați înainte, în stare de repaus, și după atingerea  $VO_{2max}$ , poate stabili anumite corelații între analizele biochimice recoltate din sânge și salivă.

## Statistica rezultatelor din cadrul studiului principal

Tabel 7 - Statistica rezultatelor obținute la măsurătorile antropometrice, testarea forței membrilor inferioare, vitezei și mobilității coloanei vertebrale

	Medie	Deviația standard	Skewness (Înclinare)	Kurtosis (Boltire)	Minima	Maxima
Înălțime (cm)	178,125	5,328	0,129	-0,885	170	188
Greutate (kg)	71,244	8,899	-0,922	0,612	50,10	83,70
IMC (m <sup>2</sup> /kg <sup>-1</sup> )	22,446	2,582	-1,058	1,310	16,359	26,128
Masă_Musculară (%)	41,888	2,082	-0,492	0,233	37,70	45,60
Grăsime_Corporală(%)	15,725	4,224	0,187	0,579	7,60	23,90
Squat-Jump (cm)	35,094	4,339	0,554	-0,047	29,10	44,70
CountermoveJump(cm)	36,362	4,559	0,518	1,191	28,10	47,30
Free Jump (cm)	39,875	6,526	0,669	-0,048	29,70	53,40
5 m (sec)	1,044	0,038	-0,181	-1,032	0,980	1,10
10 m (sec)	1,722	0,103	-0,451	-0,118	1,50	1,88
20 m (sec)	2,995	0,107	0,663	-0,637	2,85	3,20
Mobilitate_coloană(cm)	-7,188	10,895	1,926	4,455	-18,0	25,0

Tabel 8 – Statistica rezultatelor pentru VO<sub>2</sub>max, TlimVO<sub>2</sub>max și FcTlimVO<sub>2</sub>max, teren și laborator

	Medie	Deviația standard	Skewness (Înclinare)	Kurtosis (Boltire)	Minima	Maxima
VO <sub>2</sub> max (ml <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	58,522	2,758	0,824	-0,360	55,30	64,30
VAM_pistă (km/h)	16,406	0,773	0,813	-0,379	15,50	18,0
Fc_max_VAM (b/min)	201,733	16,786	1,153	0,186	185,0	238,0
400 m (min, sec)	1,27	0,045	-1,028	0,103	1,17	1,32
TlimVO <sub>2</sub> max (sec)	219,222	47,656	1,418	2,026	154,0	340,0
FcTlimVO <sub>2</sub> max (b/min)	195,563	16,793	0,058	-0,778	166,0	223,0
VO <sub>2</sub> max_lab (ml <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	56,822	2,549	0,392	-0,505	52,30	61,7
FC_VO <sub>2</sub> max_lab (b/min)	187,278	3,754	0,634	-0,357	182,0	195,0
TlimVO <sub>2</sub> max_lab (sec)	201,944	36,143	1,859	3,098	160,0	300,0
FcTlimVO <sub>2</sub> max_lab(b/min)	196,667	7,806	0,390	-0,788	185,0	211,0

Tabel 9 – Analiza T-test pentru VO<sub>2</sub>max, TlimVO<sub>2</sub>max și FcTlimVO<sub>2</sub>max

Măsura 1	Măsura 2	t	Df	p	Cohen's d
VO <sub>2</sub> max(ml.min <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	VO <sub>2</sub> max_lab (ml.min <sup>-1</sup> kg <sup>-1</sup> )	9,100	17	< .001	2,145
TlimVO <sub>2</sub> max (sec)	TlimVO <sub>2</sub> max_lab (sec)	3,807	17	0,001	0,897
Fc_max_VAM(b/min)	Fc_VO <sub>2</sub> max_lab (b/min)	3,631	14	0,003	0,938
FcTlimVO <sub>2</sub> max (sec)	FcTlimVO <sub>2</sub> max_lab(sec)	-0,204	15	0,841	-0,051

Pentru a explica mai clar aceste aspecte cu privire la importanța punerii în practică a rezultatelor evaluărilor, se poate da ca exemplu diferența intensității de antrenament a jucătorilor care au obținut minimul ( $VO_2\text{max}=55,300 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ;  $VAM=15,5 \text{ km/h}$ ), respectiv maximul ( $VO_2\text{max}=64,300 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ;  $VAM=18 \text{ km/h}$ ), la evaluarea  $VAM$  și  $VO_2\text{max}$  (tabel 12).

Tabel 12 - Diferența intensității de antrenament între doi jucători cu  $vVO_2\text{max}$  diferit

Jucător	$VO_2\text{max}$ / $vVO_2\text{max}$ (VAM)	2'30" la 100% din $vVO_2\text{max}$	400 m la 110% din $vVO_2\text{max}$	20 sec la 120% din $vVO_2\text{max}$	15 sec 130% din $vVO_2\text{max}$
A	$55,300 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ; $VAM=15,5 \text{ km/h}$	645 metri	85 sec (1'25")	103 metri	84 metri
B	$64,300 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$ ; $VAM=18 \text{ km/h}$	750 metri	73 sec (1'13")	120 metri	97 metri

Tabel 24 – Statistica descriptivă pentru valorile  $VO_2\text{max}$  și  $VAM$ , initial și final

### Statistică descriptivă

	$VO_2\text{max}$ (initial) $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$	$VAM_{\text{pistă}}$ (initial) $\text{km/h}$	$VAM_{\text{pistă}}$ (final) $\text{km/h}$	$VO_2\text{max}$ (final) $\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}\text{kg}^{-1}$
Valide	18	18	18	18
Medie	58.522	16.406	16.983	60.583
Deviația Std.	2.758	0.773	0.659	2.369
Minima	55.3	15.5	16	57.1
Maxima	64.3	18	18.5	66

În tabelul următor este prezentată statistica indicatorilor biochimici din sânge și salivă: cortizol, amilaza, DHEA-S și lactatul, în urma efectuării Student T-Test (Tabel 26):

Tabel 26 - Paired Samples T-Test pentru cortizol, amilaza, DHEA-S și lactat

### Paired Samples T-Test

Măsura 1	Masura 2	t	df	p	Cohen's d	95% CI pt Cohen's d	
						Minima	Maxima
Cortizol_SER_R	- CORTIZOL_SER_E	1.296	18	0.211	0.297	-0.166	0.753
DHEA_SER_R	- DHEA_SER_E	-1.080	18	0.295	-0.248	-0.701	0.212
Amilaza_SER_R	- Amilaza_SER_E	-2.455	18	0.025	-0.563	-1.042	-0.071
Lactat_R	- Lactat_E	-12.500	18	< .001	-2.868	-3.892	-1.828
Cortizol_S_Repaus	- Cortizol_S_10min	1.081	18	0.294	0.248	-0.212	0.702

## Paired Samples T-Test

Măsura 1	Masura 2	t	df	p	Cohen's d	95% CI pt Cohen's d	
						Minima	Maxima
Cortizol_S_Repaus - Cortizol_S_30min		2.016	18	0.059	0.463	-0.017	0.931
Cortizol_S_10min - Cortizol_S_30min		2.172	18	0.043	0.498	0.014	0.970
DHEA_S_Repaus - DHEA_S_10mins		-1.072	18	0.298	-0.246	-0.699	0.214
DHEA_S_Repaus - DHEA_S_30min		0.303	18	0.765	0.070	-0.382	0.519
DHEA_S_10mins - DHEA_S_30min		2.212	18	0.040	0.507	0.022	0.980
Amilaza_S_Repaus - Amilaza_S_10min		-2.768	18	0.013	-0.635	-1.122	-0.133
Amilaza_S_Repaus - Amilaza_S_30min		-0.833	18	0.416	-0.191	-0.642	0.265
Amilaza_S_10min - Amilaza_S_30min		2.349	18	0.030	0.539	0.050	1.015

### Concluzii

În urma realizării cercetării, colectării, analizei, interpretării rezultatelor obținute și verificării ipotezelor studiilor efectuate, se pot trage următoarele concluzii:

Rezultatele studiului preliminar arată că antrenamentul bazat pe lucru cu mingea, axat pe exerciții tehnico-tactice, executate în perioada competițională, nu crește nivelul consumului maxim de oxigen la fotbaliști. Totuși, cercetarea preliminară, demonstrează că utilizarea acestor metode asigură menținerea nivelului consumului maxim de oxigen, în perioada competițională.

Evaluarea consumului maxim de oxigen, prin probă de laborator sau probă de teren, conduce la asigurarea raportării nivelului individual de performanță aerobă și la posibilitatea de a realiza o planificare a volumului și intensității efortului fizic, pentru creșterea rezistenței aerobe, bazată pe repere științifice, reale și aplicabile, în cadrul unei echipe de fotbal.

$VO_2\max$  evaluat în laborator corelează cu cel realizat pe teren. Totuși,  $VO_2\max$  evaluat în laborator este semnificativ statistic mai mic decât  $VO_2\max$  evaluat pe teren. Același lucru se înregistrează și în cazul  $TlimvVO_2\max$ .

Consumul maxim de oxigen, indiferent dacă este realizat în laborator sau pe teren, nu corelează cu indicii antropometrici dar corelează pozitiv cu scorul de detentă (jump score). De asemenea, studiul scoate în evidență o corelație pozitivă între scorul de viteză (speed score) și scorul de detentă (jump score).  $TlimvVO_2\max$  nu corelează cu indicii antropometrici.

Utilizarea rezultatelor privind evaluarea  $vVO_2\max$  pentru calcularea intensității eforturilor de antrenament, planificarea distanțelor și timpilor de alergare și individualizarea

acestora pe grupe de jucători, conduc la creșterea consumului maxim de oxigen, la fotbaliști, în perioada competițională.

Privitor la modificările acute ale cortizolului, rezultatele Anova ar putea fi interpretate în sensul că analizele din sânge ale cortizolului sunt mai elocvente decât cele din salivă. În același timp, în urma analizei indicelui de corelație Pearson's realizată pentru valorile înregistrate de cortizol, în sânge versus salivă, se constată o corelație puternică între răspunsul cortizolului în sânge și cel al cortizolului din salivă. Acest aspect ar putea constitui un argument pentru prelevare probe biologice salivare în locul celor sangvine, pentru alte studii. De asemenea, faptul că nivelul cortizolului nu a crescut după efort, nici în sânge, nici în salivă, fapt constatat și de alte cercetări, poate constitui o ipoteză pentru alte studii care să plece de la ideea că, în ceea ce îi privește pe sportivii bine antrenați, efortul la  $VO_2max$  nu induce un stres metabolic important pe axa hipotalamo-hipofizo-adrenocorticală.

Studiul realizat nu arată nici o corelație între răspunsul la efort al nivelului DHEA-S salivar și cel sangvin. De asemenea, modificarea semnificativă a amilazei după efort dar și nivelul mai ridicat al acesteia, în salivă față de cel înregistrat în sânge după efort, ar putea reprezenta un argument pentru viitoare cercetări care să stabilească faptul că amilaza ar putea fi prelevată salivar în locul prelevării sangvine.

### **Perspectivile și gradul de aplicativitate a rezultatelor cercetării**

Rezultatele studiului, unele publicate în reviste de specialitate, cotate ISI, sau prezentate la conferințe internaționale, aduc date interesante pentru bibliografia domeniului, ele putând fi utilizate pentru noi cercetări. Pe lângă reperatele clare date de rezultatele evaluărilor efectuate în cadrul studiului, teza oferă un model original de planificare a mijloacelor specifice pentru antrenarea rezistenței aerobe la fotbaliști, demonstrând importanța individualizării efortului pentru dezvoltarea consumului maxim de oxigen. De asemenea, softul creat pentru calculul timpilor de alergare la o anumită intensitate a  $vVO_2max$  este original și novativ. În același timp, teza aduce ca noutate, calcularea unui indice de scor de viteză "speed score" și scor de detentă „jump score” pe care le corelează cu datele antropometrice sau consumul maxim de oxigen. Aceste date pot constitui instrumente cu un grad mare de aplicativitate, utile pentru practicienii domeniului. Rezultatele înregistrate oferă posibilitatea de a continua cercetările în direcția stabilirii unor reperate clare, pentru practicienii domeniului, în sensul individualizării planificării efortului de antrenament pe baza reperelor biomarkerilor fiziologici și biochimici, sangvini sau

salivari. Rezultatele înregistrate asupra cortizolului și amilazei dau perspective favorabile pentru alte cercetări care să stabilească utilitatea și acuratețea utilizării probelor salivare în locul celor sanguine. De asemenea, o continuare extrem de interesantă ar putea fi reprezentată de un studiu care să stabilească nivelul optim, înainte de meci, al unor hormoni ca testosteronul, endorfina, dopamina sau cortizolul, în corelație cu factori psihologici cum ar fi motivația, încrederea, stima de sine și utilizarea unor tehnici atât motrice cât și cognitive pentru aducerea acestora la parametri optimi.

### **Diseminarea rezultatelor**

Rezultatele cercetărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat s-au concretizat prin publicarea unor articole în reviste de specialitate.

**Honceriu, C.**, Curpan, A.S., Ciobica, A., Trus, C., Timofte, D. (2021). Connections between Different Sports and Ergogenic Aids-Focusing on Salivary Cortisol and Amylase. *Medicina-Lithuania* 2021, Volume 57, Issue 8, article Number 753, DOI10.3390/medicina57080753.

**Honceriu, C.**, Pătrășcan, A. (2021). Study on  $\dot{V}O_2\text{MAX}$  in soccer players. *Sport și Societate*, Vol. 21, nr. 1 (2021), p. 1-6.

Costache A.D, Leon-Constantin M.M., Roca M., Mastaleru A., Anghel R.C., Zota I.M., Drugescu A., Costache I.I, Chetran A., Moisă S.A., Huzum B., Mitu O., Cumpăt C., **Honceriu C.**, Mitu F. (2022). Cardiac Biomarkers in Sports Cardiology. *J. Cardiovasc. Dev. Dis.* 2022, 9, 453. <https://doi.org/10.3390/jcdd9120453>

Costache, A.D., Roca, M., **Honceriu, C.**, Costache, I.I., Leon-Constantin, M.M., Mitu, O., Miftode, R.S, Mastaleru, A., Iliescu-Halitchi, D., Halitchi-Iliescu, C.O., Ion, A., Duca, S.T. Popa, D.M., Abalasei, B., Mocanu, V., Mitu, F. (2022). Cardiopulmonary Exercise Testing and Cardiac Biomarker Measurements in Young Football Players: A Pilot Study. *Journal Of Clinical Medicine*, Volume11, Issue10, Article Number 2772.

Costache A.D., Costache, I.I., Miftode, R.S., Stafie, C.S., Leon-Constantin, M.M., Roca, M., Drugescu, A., Popa, D.M., Mitu, O., Mitu, I., Miftode, L.I., Iliescu, D., **Honceriu, C.**, Mitu, F. (2021). Beyond the Finish Line: The Impact and Dynamics of Biomarkers in Physical Exercise—A Narrative Review. *Journal of clinical medicine*, 10, 4978. <https://doi.org/10.3390/jcm10214978>

### **Bibliografie selectivă:**

Acala, J.J., Roche-Willis, D., Astorino, T.A. (2020). Characterizing the heart rate response to the 4 x 4 interval exercise protocol. *International journal of environmental research and public health*. Vol. 17 Issue 14, Article Number: 5103, DOI: 10.3390/ijerph17145103.

Adaikina, A., Hofman, P.L., O'Grady, G.L., Gusso, S. (2020). Exercise Training as Part of Musculoskeletal Management for Congenital Myopathy: Where Are We Now? *Pediatric Neurology*, Vol. 104, Pages: 13-18. DOI: 10.1016/j.pediatrneurol.2019.10.008

Agrawal, I., Jha, S. (2020). Mitochondrial Dysfunction and Alzheimer's Disease: Role of Microglia. *Front. Aging Neurosci*, Vol 12, art.nr.252. doi.org/10.3389/fnagi.2020.00252.

Ahmadi, M.A., Ahmadi, F., Zar, A., Krstrup, P. (2018). Testosterone and cortisol response to acute intermittent and continuous aerobic exercise in sedentary men. *Sport Sci. Health* Volume: 14, Pages: 53-60.

Al Meshari, S. Z., Aldweesh, A. H. (2022). Correlation between salivary dehydroepiandrosterone sulfate (DHEA-S) levels and cervical vertebral maturation in Saudi individuals. *The Saudi dental journal*, 34 (5), 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2022.05.001>

Bekris, E., Mylonis, L., Gioldasis, A., Gissis, I., Kombodieta, N. (2016). Aerobic and anaerobic capacity of Professional soccer players in annual macrocycle. *J. Phys. Educ. Sport*, 16, 527.

Budijanto, R. K. (2020). Aerobic Vs. Anaerobic Training to Increase VO<sub>2</sub>max Soccer Players. *Int. Journal of Multicultural and Multireligious Understanding*, Vol. 7, No. 9, p.383-387.

Honceriu, C., Pătrășcan, A. (2021). Study on TlimvVO<sub>2</sub>MAX in U16 soccer players. *Sport și Societate*, Vol. 21, nr. 1, p. 1-6.

Parmar, A., Jones, T.W., Hayes, P.R. (2021). The dose-response relationship between interval-training and VO<sub>2</sub>max in well-trained endurance runners: A systematic review. *Journal of Sport Sciences*, Volume: 39, Issue: 12, Pages: 1410-1427.

Pavlović, R., Mihajlović, I., Radulović, N., Gutić, U. (2021). Functional capabilities of runners: estimation of maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max) and heart rate percentage (%HRmax) based on running results. *Adv Health Exerc*, 1(1): 1-6.

Riboli, A., Rampichini, S., Cè, E., Limonta, E., Borrelli, M., Coratella, G., Esposito, F. (2021). Training status affects between-protocols differences in the assessment of maximal aerobic velocity. *Eur J Appl Physiol*. 2021; 121(11): 3083–3093.

Silva, A.F., Aghidemand, M.H., Kharatzadeh, M., Ahmadi, V.K.,Oliveira, R., Clemente, F.M., Badicu, G., Murawska-Ciałowicz, E. (2022). Effects of High-Intensity Resistance Training on physical fitness, hormonal and antioxidant factors: a randomized controlled study conducted on young adult male soccer players. *Biology* 2022, 11, 909.