

**IOSUD – UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN
GALAȚI**
Școala doctorală de ȘTIINȚE SOCIO-UMANE



REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT
CERCETĂRI PRIVIND RECUPERAREA
SPORTIVILOR DUPĂ EFORT
FOLOSIND OZONOTERAPIA

Doctorand
MARICELA DRAGOMIR

Președinte **Prof univ. dr. hab. NICOLETA IFRIM**
Universitatea „Dunărea de Jos” Galați

Conducător
științific, **Prof univ.dr. hab. CLAUDIU MEREUȚĂ**
Universitatea „Dunărea de Jos” Galați

Referenți
științifici **Prof univ.dr.hab. BEATRICE-AURELIA ABALAȘEI**
Universitatea ”Alexandru Ioan Cuza” Iași.
Prof univ. dr. hab. DANA BĂDĂU
Universitatea „Transilvania” Brașov
Prof univ. dr. LILIANA NANU
Universitatea „Dunărea de Jos” Galați

SSEF: Știința Sportului și Educației Fizice, Nr. 9
GALAȚI 2024

Seriile tezelor de doctorat susținute public în UDJG începând cu 1 octombrie 2013 sunt:

Domeniul fundamental ȘTIINȚE INGINEREȘTI

- Seria I 1: Biotehnologii
- Seria I 2: Calculatoare și tehnologia informației
- Seria I 3: Inginerie electrică
- Seria I 4: Inginerie industrială
- Seria I 5: Ingineria materialelor
- Seria I 6: Inginerie mecanică
- Seria I 7: Ingineria produselor alimentare
- Seria I 8: Ingineria sistemelor
- Seria I 9: Inginerie și management în agricultură și dezvoltare rurală

Domeniul fundamental ȘTIINȚE SOCIALE

- Seria E 1: Economie
- Seria E 2: Management
- Seria SSEF: Știința sportului și educației fizice

Domeniul fundamental ȘTIINȚE UMANISTE ȘI ARTE

- Seria U 1: Filologie- Engleză
- Seria U 2: Filologie- Română
- Seria U 3: Istorie
- Seria U 4: Filologie - Franceză

Domeniul fundamental MATEMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

- Seria C: Chimie

Domeniul fundamental ȘTIINȚE BIOLOGICE ȘI BIOMEDICALE

- Seria M: Medicină

CUPRINS

	Introducere	7
	Motivația alegerii temei	9
	Studiul actual în literatura de specialitate	13
	Importanța și scopul lucrării	15
	Notații și abrevieri	17
	Listă figuri	21
	Listă tabele	23
	PARTEA I Argumentarea teoretico – științifică a lucrării	25
	CAPITOLUL 1	25
1.	Aspecte legate de utilizarea ozonoterapiei	
1.1.	<i>Istoricul ozonoterapiei</i>	25
1.2.	<i>Ozonul, formă alotropă a oxigenului</i>	26
1.3.	<i>Surse de O₃</i>	27
1.3.1.	O ₃ stratosferic	27
1.3.2.	O ₃ troposferic	27
1.3.3.	O ₃ de proveniență endogenă	29
1.3.4.	O ₃ produs de generatoare	29
1.4.	<i>Este toxic O₃ pentru organism?</i>	29
1.5.	<i>Efectele OOT asupra organismului uman. Mecanisme de acțiune ale O₃.</i>	30
1.6.	<i>Indicațiile și contraindicațiile OOT</i>	36
1.7.	<i>Utilizarea OOT în recuperarea după efort</i>	38
1.8.	<i>Ozonoterapia, dopaj sau nu?</i>	42
1.9.	<i>Căi de administrare ale OOT, agreate în sportul de performanță</i>	43
1.9.1.	Administrarea transcutanată, sub formă de creme și uleiuri ozonate	43
1.9.2.	Apa ozonată	44
1.9.3.	Sauna (capsula) cu O ₃	44

„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”

1.9.4.	Băile cu ozon	44
1.9.5.	Infiltrațiile subcutanate, intramusculare, intraarticulare	45
1.9.6.	Insuflațiile rectale, vaginale	46
1.9.7.	Insuflații în fistule	46
1.9.8.	Administrarea sub formă de lipoperoxizi, nazal și auricular	46
1.9.9.	Sacii cu ozon	46
1.9.10.	Cupele cu ozon	47
1.9.11.	Administrarea O2 prin MiAH	47
1.10.	<i>Concluzii și elemente de noutate desprinse din aspectele teoretice ale studiului privind utilizarea OOT</i>	47
2.	CAPITOLUL 2. Efortul fizic și tehnici de recuperare după efort .Capacitatea de efort în sportul de performanță	51
2.1.	<i>Caracteristicile generale ale efortului</i>	51
2.2.	<i>Metode de evaluare a capacității de efort</i>	51
2.3.	<i>Teste pentru determinarea capacității de efort aerob</i>	53
2.4.	<i>Teste pentru determinarea efortului anaerob</i>	56
2.5.	<i>Determinarea pragului aerob - anaerob</i>	56
2.6.	<i>Utilizarea de software și dispozitive smart</i>	57
2.7.	<i>Modificările adaptative ale organismului induse de efort</i>	57
2.7.1.	Modificări respiratorii	58
2.7.2.	Modificări cardiovasculare	60
2.7.3.	Modificări musculare și osoase	60
2.7.4.	Modificări metabolice	62
2.7.5.	Modificări hormonale	63
2.7.6.	Modificări hidroelectrolitice	65

„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”

2.7.7.	Alte modificări	66
2.7.8.	Modificări posturale	66
2.8.	<i>Tehnici de recuperare după efort</i>	69
2.8.1.	Hidratarea și alimentația	69
2.8.2.	Refacerea prin odihnă și somn	70
2.8.3.	Terapia fizică	70
2.8.4.	Recuperarea cu amestec gazos O ₂ -O ₃ (OOT)	70
	P A R T E A a II- a Ozonoterapia, metodă alternativă de recuperare după efort	73
	CAPITOLUL 3	
3.	Atitudinea sportivilor față de procesul de recuperare fizică	73
3.1.	<i>Metode statistice utilizate în lucrare</i>	74
3.1.1.	Statistica variabilelor nominale	74
3.1.2.	Analiza variabilelor categoriale	74
3.1.3.	Analiza variabilelor numerice	74
3.1.4.	Analiza eșantioanelor perechi	74
3.1.5.	Analiza eșantioanelor independente	74
3.1.6.	Statistica în cazul măsurărilor repetate	75
3.2.	<i>Corelații în interpretarea chestionarelor</i>	75
3.3.	<i>Obiective propuse și rezultate așteptate privind cercetarea</i>	77
3.4.	<i>Aspecte etice</i>	78
3.4.1.	Aspecte etice generale	79
3.4.2.	Aspecte etice în legătură cu procedura de cercetare	79
3.4.3.	Probleme etice care țin de sportiv și modul de recuperare	80
3.5.	<i>Material și metodă</i>	81
3.5.1.	<i>Stabilirea eșantionului de cercetare</i>	81
3.5.2.	Procedura de lucru	82

„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”

3.6.	<i>Rezultate obținute în urma măsurărilor. Discuții.</i>	83
3.6.1.	Dinamica lactatului	83
3.6.2.	Analiza hemoleucogramei (HLG)	85
3.6.3.	Dinamica gazelor sangvine (pCO ₂ , pO ₂), pH-ului și creatinkinazei (CK)	87
3.6.4.	Dinamica valorilor presiunilor plantare și a staticii vertebrale. Efectul O ₃ asupra musculaturii scheletice	88
4.	CAPITOLUL 4 Concluziile generale, contribuții originale și perspective	91
4.1.	<i>Concluzii generale privind ozonoterapia. Aportul personal la dezvoltarea ozonoterapiei în România</i>	92
4.2.	<i>Concluzii legate de efortul fizic și de recuperarea după efort</i>	94
4.3.	<i>Concluzii legate de rezultatele obținute</i>	95
4.3.1.	Concluzii în legătură cu rezultatele privind dinamica acidului lactic	96
4.3.2.	Concluzii în legătură cu rezultatele privind dinamica hemoleucogramei	97
4.3.3.	Concluzii legate de dinamica valorilor pCO ₂ , pO ₂ , pH și CK	98
4.3.4.	Concluzii legate de evoluția presiunilor plantare și ale staticii vertebrale	100
4.4.	<i>Aportul personal</i>	101
4.5.	<i>Perspective ale cercetării viitoare, desprinse din cercetarea actuală</i>	102
	Anexe	105
	Referințe	107

INTRODUCERE

Încă din vremea Imperiului Roman, în una dintre satirele poetului Decimus Junius Juvenalis apare dictonul *”Mens sana in corpore sano”*, în forma sa originală „orandum est ut sit mens sana in corpore sano”, tradusă prin ”trebuie să ne rugăm pentru o minte sănătoasă într-un corp sănătos”. Acest concept evidențiază corelația existentă între sănătatea mentală și cea fizică, echilibrul dintre cele două fiind important. Dictonul a fost însușit de-a lungul timpului, mai ales în legătură cu mișcarea și sportul, promovând un stil de viață sănătos.

Dorința de a învinge a evoluat, de la lupta pentru supraviețuire la supremația dată de performanța sportivă obținută prin antrenament susținut de dezvoltările în domeniul tehnologiei, medicinei sportive și nutriției. Implementarea diferitelor tehnologii în domeniul sportului (recreativ sau de performanță), vizând atât antrenamentele cât și competițiile, a transformat sportul în stil de viață. Efortul din ce în ce mai mare depus în atingerea performanței determină sportivul să apeleze la diverse metode de creștere a rezistenței la efort și de scădere a perioadei de recuperare fizică care, uneori, sunt dezagreate de Asociația Mondială Antidoping (WADA), pe criterii etice sau privind sănătatea. Elaborarea unui cod cu substanțe și proceduri considerate dopante, stimulează găsirea metodelor de recuperare fizică și psihică dar și de creștere a rezistenței la efort care să fie în concordanță cu prevederile WADA.

Speranța de a găsi o soluție fiziologică, agreeată de WADA, pentru recuperarea fizică a sportivilor după efort, a stat la baza alegerii temei *„Cercetări privind recuperarea sportivilor după efort folosind ozonoterapia”*.

MOTIVAȚIA ALEGERII TEMEI

Observațiile constatate în activitatea de medic, atestat în „ozonoterapie în practica medicală”, m-au determinat să studiez posibilitatea aplicării acestei proceduri în recuperarea sportivilor după efort fizic și în anumite situații patologice. Analizând, cu ajutorul unor chestionare, popularitatea terapiei cu ozon în recuperarea sportivilor din România, am constatat că deși are multiple efecte benefice și o singură contraindicație absolută este foarte puțin (sau aproape deloc) utilizată, din diverse motive, mai ales subiective.

Deoarece ozonoterapia este un domeniu de noutate absolută în procesul de recuperare al sportivilor după efort am solicitat și obținut acordul Forului Mondial Anti Doping pentru utilizarea ei în cazul sportivilor de performanță. Pentru a avea o privire de ansamblu obiectivă asupra cercetării, în vederea alegerii strategiei potrivite de lucru, am apelat la o analiză SWOT (Strengths Weaknesses Opportunities Threats) pentru evaluarea punctelor tari și slabe, a oportunităților și amenințărilor, determinate de mediul intern și cel extern, cu impact asupra cercetării. Am stabilit și analizat „Factorii interni” (Figura 1) și Factorii externi” (Figura 2) care puteau influența cercetarea:

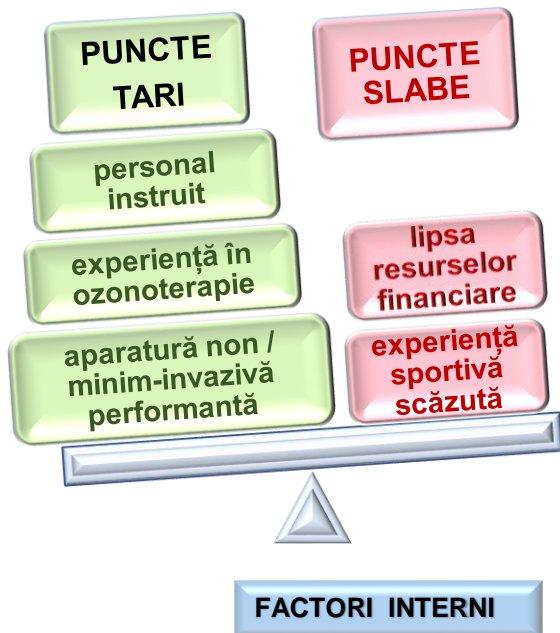


Figura 1. Analiza SWOT, factorii interni

Analiza *factorilor interni* a arătat că experiența și pregătirea personalului în domeniul ozonoterapiei în practica medicală reprezintă principalele puncte forte, împreună cu dotarea cu aparatură medicală non-invazivă și minim invazivă a Clinicii în care se desfășoară cercetarea.

Lipsa fondurilor pentru cercetare și experiența scăzută a personalului în legătură cu specificul activităților sportive au constituit punctele slabe.

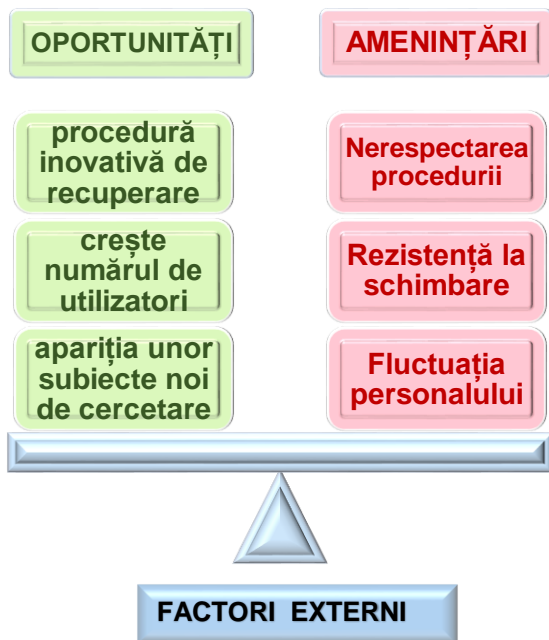


Figura 2. Analiza SWOT, factorii externi

Analizând *factorii externi* am concluzionat că oportunitățile oferite de acest studiu sunt reprezentate de faptul că OOT este o procedură inovativă de tratament medical complementar și uneori alternativ, care ar putea deveni o redutabilă modalitate de recuperare după efort fizic și după accidentare, iar în urma acestei cercetări pot apare noi subiecte de studiu, existând posibilitatea ca numărul sportivilor care să apeleze la această procedură să crească în viitor.

Am conștientizat amenințările care ar fi putut periclita desfășurarea și reușita cercetării și analizând factorii

favorabili și nefavorabili, am creat situații de transformare a oportunităților și punctelor slabe în puncte tari (pentru a putea fi valorificate), iar amenințările le-am transformat în oportunități și am instituit un plan de măsuri pentru a contracara eventualele neplăceri ce ar fi îngreunat desfășurarea cercetării:

- am analizat bibliografia de specialitate din platformele PubMed, Google Academic și Web of Science
- am utilizat căi suplimentare de comunicare, pentru a înțelege specificul activității sportive și pentru a veni în sprijinul participanților la studiu,
- am analizat punctul de vedere al sportivilor în legătură cu procesul de recuperare fizică, prin distribuirea unor chestionare
- am utilizat formulare pentru „Acordul privind prelucrarea datelor cu caracter personal” și „Acordul Informat privind participarea la studiu și procedura de lucru”

STADIUL ACTUAL ÎN LITERATURA DE SPECIALITATE

Despre ozon și efectele benefice ale ozonoterapiei s-a vorbit încă de la începutul secolului XIX (Schwartz, A, 2020), iar părerile au fost împărțite. O₃ constituie un paradox: este în egală măsură un oxidant dar și un medicament (Smith, N.L., et al., 2017) fiind produs și de corpul uman (Babior et al., 2003).

Folosit o perioadă îndelungată, fără a-i cunoaște foarte bine mecanismele de acțiune, O₃ a fost controversat (V. A. Bocci, 2007). Având în vedere efectele negative ale ozonului asupra aparatului respirator, mulți cercetători au susținut că efectul acestuia nu poate fi decât unul negativ (Kim et al., 2020; Nuvolone et al., 2018; Umar & Tasduq, 2022), fără a studia și efectul asupra celorlalte sisteme și organe (V. A. Bocci, 2007). **Viziunea asupra toxicității absolute a O₃ este incorectă, deoarece s-a bazat fie pe efectele adverse ale acestuia asupra plămânilor, fie pe studii efectuate în medii care nu sunt similare capacității antioxidante reale a organismului** (V. A. Bocci, 2007; Re et al., 2021).

Toți cercetătorii sunt unanim de acord că expunerea acută a aparatului respirator la ozonul atmosferic este toxică, putând duce la edem pulmonar și deces, iar **expunerea cronică este urmată de apariția hiperreactivității bronșice, emfizemului și fibrozei pulmonare** (Brown, 2009; Holm & Balmes, 2022; Lee et al., 2021), dar **expunerea controlată utilizând căi de administrare sigure are efecte benefice asupra sănătății** (V. Bocci, 2004; Clavo et al., 2019; León Fernández et al., 2012; Nazarov et al., 2021; Sagai & Bocci, 2011; Serra et al., 2022; Simonetti et al., 2019; Umar & Tasduq, 2022).

Unii autori menționează că **utilizarea terapiei cu ozon în cazul durerii** (Baeza-Noci, 2007; Hidalgo-Tallón et al., 2022) **poate avea efecte comparative sau chiar mai bune decât alte substanțe medicamentoase** (Babaei-Ghazani et al., 2018; Paoli et al., 2013; Ulusoy et al., 2019). **Tratamentul cu ozon este utilizat în scop curativ, în cazul a numeroase afecțiuni cronice și acute**, în fibromialgie și **sindromul de oboseală cronică** (Borrelli & Bocci, 2002) **întârziind procesul de îmbătrânire** (Schmidlin, C.J. et al., 2019; Zhang et al., 2015), **crescând calitatea vieții** (Clavo et al., 2019, 2022; Serra et al., 2022) (Serra et al., 2022).

Utilizarea ozonoterapiei ca mijloc de recuperare după efort sau după accidentare, în cazul sportivilor de performanță, a fost mai puțin studiată.

Cremele, uleiurile ozonate, hidroterapia cu barbotare de O₃, dar și MiAH, își găsesc aplicabilitate în cazul sportivilor, în: recuperarea după efort (Paoli et al., 2013) afecțiunile dermatologice, tratarea rănilor și arsurilor solare, combătând inflamația, stimulând proliferarea celulară și remodelarea țesuturilor (Anzolin et al., 2020; Song et al., 2018). Un studiu privind refacerea bicicliștilor după efort fizic susținut, folosind uleiuri ozonate, aplicate prin masaj, comparativ cu alte metode, a concluzionat că această terapie mărește eliminarea lactatului din sânge, crește performanța musculară, reducând durerea și percepția de oboseală (Paoli et al., 2013). **Insuflația rectală este argumentată științific fiind din ce în ce mai utilizată la sportivi** (Lerner & Eschenmoser, 2003). Efectele legate de oxigenarea musculaturii (Clavo et al., 2003), se traduc prin creșterea performanței sportive, a rezistenței de efort sau în recuperarea rapidă după accidentare (Re, 2005; Ulusoy et al., 2019).

IMPORTANȚA ȘI SCOPUL LUCRĂRII

Studiile reduse legate de utilitatea ozonoterapiei în procesul de recuperare fizică al sportivilor constituie un motiv important pentru alegerea unei teme de cercetare în acest domeniu.

Obiectivele studiului au fost grupate în 4 categorii:

- identificarea celor mai utilizate modalități de investigare ale efortului fizic și de recuperare după efort; **utilizarea unor metode de investigare non - invazive de tipul platformelor baropodometrice și stabilometrice** (pentru analiza mersului, echilibrului și coordonării), **a dispozitivelor de analiză a staticii vertebrale din categoria scan-erelor 3D și testarea prin biorezonanță electromagnetică;**
- **studierea mecanismelor fiziologice și biochimice ale terapiei cu ozon, în mod special, analiza dinamicii lactatului** (produs prin metabolizarea acidului lactic, rezultat din degradarea anaerobă a glucozei, implicat în oboseala musculară) **și creatin-fosfo-kinazei** (CPK, martor al distrucției musculare în timpul efortului fizic, dar și al producției de energie prin fosfocreatină și acid adenozin trifosforic, ATP);
- **evaluarea eficacității ozonoterapiei în cazul sportivilor**: scurtarea perioadei de recuperare după efort, prin prevenirea / reducerea febrei musculare, creștere rezistenței la efort și reducerea durerii, datorită scăderii inflamației;
- **probleme de etică privind recuperarea sportivilor după efort și după accidentare.**

NOTAȚII ȘI ABREVIERI

ABREVIERE	EXPLICAȚIE
ARE	elemente de răspuns anti oxidant
ATP	adenozin trifosfat
bpm	bătăi pe minut
CAT	catalaza
CO	monoxid de carbon
CO ₂	dioxid de carbon
COVID 19	Corona viruse disease 19
COX-2	ciclooxigenaza-2
CPK, CK	creatin-fosfo-kinază
DAF	deficit aerobic funcțional
DC	debitul cardiac
Delta CoF	variația centrului de forță în mers
G-6-PDH	glucozo-6-fosfat-dehidrogenază
GPx	glutathion peroxidază
GSH	glutathion redus
GSSG	glutathion oxidat
GST	glutathion S-transferaza
H ₂	hidrogen
HB	hemoglobină
HLG	hemoleucogramă
HO-1	hemoxigenază-1
H ₂ O ₂	peroxid de hidrogen
H ₂ S	hidrogen sulfurat
HSP-70	proteine de șoc termic
HT	hematocrit
IGF1	factorul de creștere asemănător insulinei 1
IO	indicele de oboseală
IR	insuflație rectală
L _{TH}	Limfocite T Helper
Load %	% de încărcare, sarcina
LOP	produși de oxidare lipidică

„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”

MDA	malonil di-aldehidă
MET	echivalentul metabolic
NFkB	factor transcripțional nuclear kappa B
Nrf-2	factorul nuclear 2, legat de factorul eritroid 2
NADPH	nicotinamide adenine dinucleotide phosphate
NO	oxid nitric
NQO-1	NADPH-chinonă-oxidoreductaza-1
O ₂	oxigen molecular
O ₃	oxigen triatomic, ozon
OOT, O ₂ -O ₃	oxigen-ozono-terapie
P Avg stg/dr	media presiunilor plantare stânga/ dreapta
PC	fosfocreatină
pCO ₂	presiunea parțială a CO ₂
PDGF	factorul de creștere derivat din trombocite
PGE	prostaglandina E
pH	concentrația ionilor de hidrogen în soluții
PLT	plachete, trombocite
pO ₂	presiunea parțială a O ₂
PRP	plasma îmbogățită în trombocite
PUFA	acizi grași polinesaturați
RBC	globule roșii, hematii
ROS	specii reactive de oxigen
RNS	specii reactive de azot
SARS CoV-2	Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2
SNVS / SNVPS	Sistemul nervos vegetativ simpatic / parasimpatic
SOD	superoxid dismutază
SSROOT	Societatea Științifică Română de Oxigen Ozono Terapie
TAS	tensiunea arterială sistolică
TAD	tensiunea arterială distolică
TGF	factorul de creștere β transformat

VO ₂ max	capacitatea aerobică maximă
W/s	Watt pe secundă
WADA	Agenția Mondială Anti Doping
WBC	globule albe, leucocite
WFOT	Forul Mondial de Ozono Terapie
2,3- DPG	2,3- difosfoglicerat
χ^2	Chi- pătrat

LISTĂ FIGURI

1.	Analiza SWOT, factorii interni	10
2.	Analiza SWOT, factorii externi	11
3.	Efectul bioreglator al H ₂ O ₂ (a) și al „peroxidului de O ₃ ” (b)	32
4.	Efectele efortului fizic asupra organismului	39
5.	Injectarea plasmei (PRP) ozonate	41
6.	Rolul O ₃ conform WFOT	43
7.	Dispozitiv pentru livrat O ₃ în cadă	45
8.	Infiltrații cu ozon: a- intraarticular, b- subcutanat	45
9.	Administrarea O ₃ pe cale intranazală prin barbotare în ulei de măsline	46
10.	Sac cu ozon	47
11.	Cupe pentru administrarea O ₃	47
12.	Volume și capacități pulmonare	59
13.	Cortexul motor	61
14.	Homunculus motor	62
15.	Analiza staticii articulare folosind goniometrul digital	67
16.	Spine 3D	67
17.	Spine 3D, reperi analizate în plan sagital	68
18.	Spine 3D, reperi analizate în plan frontal	68
19.	Examinarea staticii vertebrale în plan transversal, evoluție sub kinetoterapie	68
20.	Analiza amplitudinii mișcărilor articulare (a- umăr, b- coloană cervicală)	71
21.	Puncte cervicale pentru administrarea ozonului	72
22.	Amprenta podologică în proba Romberg, înainte (a) și după (b) de administrarea O ₃	72

*„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”*

23.	Relația dintre categoria de subiect (sportiv sau părinte) și dorința de a apela la ozonoterapie	76
24.	Dinamica lactatului la grupurile baschet și bowling care au primit O ₃	84
25.	Dinamica lactatului grup baschet versus grup martor	85

LISTĂ TABELE

1	Norme privind monitorizarea concentrației de O ₃ din aerul atmosferic	28
2	Plafoanele naționale de emisie de gaze stabilite pentru România	29
3	Efectele O ₃ asupra organismului uman	33
4	Interpretarea reducerii capacității de efort	54
5	Interpretarea testului Ruffier	54
6	Valorile de repaus (clinostatism) ale parametrilor mășurați, în vederea realizării testului Schellong-Letunov	55
7	Interpretarea testului Schellong-Letunov, conform parametrilor mășurați în ortostatism	55
8	Disfuncția ventilatorie	59
9	Valori analizate frecvent în aprecierea staticii vertebrale, folosind Spine 3D	69
10	Obiectivele cercetării și rezultatele așteptate	78
11	Statistică descriptivă, HLG grupul baschet	86

PARTEA I

ARGUMENTAREA TEORETICO – ȘTIINȚIFICĂ A LUCRĂRII

CAPITOLUL 1

1. Aspecte legate de utilizarea ozonoterapiei

1.1. Istoricul ozonoterapiei

În 1785 Martinus van Marum (1750-1837) a sesizat, în apropierea mașinilor electrice, un gaz cu miros distinctiv, care avea proprietatea de a distruge mercurul, iar în 1832, Christian Friedrich Schönbein (1799-1868) a reușit să-l sintetizeze, numindu-l „ozon”.

Nikola Tesla a brevetat primul generator de O₃ de uz medical în anul 1896, deschizând drumul utilizării tratamentului cu oxigen-ozon (O₂-O₃, OOT) iar în 1957 Dr. Joseph Hänslér (Germania) a fabricat primul generator modern de O₃ medical.

Secolul XX reprezintă pionieratul OOT, Payer, Fish și Wolf fiind printre primii clinicieni care au introdus această terapie în practica de zi cu zi. Interesul pentru OOT a crescut odată cu numărul tot mai mare de rapoarte, venite de la diferite clinici din întreaga lume, privind efectul biologic al O₃ și utilizarea cu succes a acestuia în tratamentul diferitelor boli. Primele informații despre insuflația intrarectală de O₃ în tratamentul colitei cronice și a fistulelor o găsim în anul 1936, în publicațiile medicului francez Paul Aubourg (Schwartz, A, 2020). Dr. Hans Wolff a creat primul introducea utilizarea în practica medicală a autohemoterapiei majore (MAH) și minore (MiAH) iar în 1974 publica primul raport despre

folosirea celor două proceduri, arătând efectele O₃ medical asupra îmbunătățirii circulației periferice.

În România OOT a apărut pentru prima dată în anul 1979 la Clinica ”Chirurgie I” a Spitalului din Cluj-Napoca. În 1981, în revista „Știință și Tehnică” nr 12 apărea un articol intitulat „Ozonoterapia”, sub semnătura dr Petru Pâtea și dr Adrian Blaj, de la Clinica „Chirurgie I”, Cluj, iar în 1985 în revista „Chirurgia” nr 3 din mai-iunie, publicată sub egida Uniunii Societăților de Științe Medicale din Republica Socialistă România, a apărut lucrarea „Ozonoterapia, o nouă metodă de tratament al arteriopatiei cronice obliterante” sub semnătura prof dr Ghorghe Ionescu, dr Petru Pâtea și dr Adrian Blaj. În anul 2008 s-au pus bazele Societății Științifice Române de Oxigen-Ozono Terapie (SSROOT), membră a Forului Mondial de Oxigen-Ozono-Terapie (FWOT) care, prin intermediul unui curs postuniversitar a pregătit medicii în practicarea OOT. Din februarie 2023 acest curs a fost înlocuit cu atestatul „Ozonoterapia în practica medicală”, stabilind că această procedură poate fi efectuată doar de către medicii acreditați de Ministerul Sănătății.

În 2018, cu ocazia celui de al 6-lea Congres al WFOT din China (Guangzhou), România a fost aleasă la conducerea WFOT.

Pandemia SARS-COV-2 a permis ca OOT să fie utilizată în tratarea pacienților afectați de COVID 19, aflați în secțiile de terapie intensivă (ATI), în mai multe țări, inclusiv în opt spitale din România 19

În perioada 5-7 mai 2022, România a organizat la București al 7-lea Congres al FWOT, cu participanți din 28 țări.

1.2. Ozonul, formă alotropă a oxigenului

În atmosferă, oxigenul, elementul indispensabil vieții, se găsește sub trei forme: singlet (- O -), molecular (O₂) și

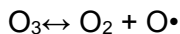
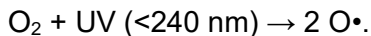
triatomic (O_3 , ozon). Oxigenul singlet, conform titlaturii, conține un singur atom și este instabil, extrem de reactiv având două legături covalente libere. O_2 molecular este forma cea mai stabilă și mai răspândită în natură, iar O_3 este forma cea mai instabilă și mai reactivă, puternic oxidantă, aptă să reacționeze cu toate tipurile de molecule organice sau anorganice, având afinitate crescută față de compușii cu duble legături (aminoacizi, proteine, lipide, acizi grași nesaturați, acizi nucleici).

1.3. Surse de O_3

Există patru surse de O_3 : ozonul din stratosferă, cel din troposferă, O_3 produs de generatoare și O_3 endogen.

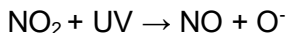
1.3.1. O_3 stratosferic

La nivelul stratosferei, între 20-25 km, O_3 ia naștere din O_2 , în prezența unor descărcări electrice de energie înaltă sau prin acțiunea luminii UVB, UVA, UVC cu o lungime de undă < 240 nm, rolul lui fiind de a proteja Pământul de aceste radiații. Transformarea O_2 în O_3 are loc permanent, printr-o reacție reversibilă:

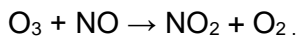


1.3.2. O_3 troposferic

În troposferă, O_3 se produce în urma combinării oxizilor de azot (NO_x) cu compușii volatili, în special cei organo-fluorurați, proveniți din gazele de ardere (Robert J. Blaszczak, 2006):



Reacția are loc în ambele sensuri:



Deoarece concentrația de O_3 în troposferă este mai mare vara, în zilele toride, când și poluarea generală este mai

ridicată, activitatea fizică în mediul extern, ar trebui să aibă loc doar după consultarea Indexului de Calitate a Aerului (Carlisle, A.J. & Sharp, N.C., 2001), pentru a preveni efectele toxice asupra organismului uman. Prezența O₃ în aerul respirat constituie una dintre cauzele care au dus la respingerea OOT (V. A. Bocci, 2007).

Începând cu anul 2010 nivelul emisiilor de O₃ și alte gaze toxice, sunt precizate în Protocolul Gothenburg (*Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-Level Ozone* / UNECE, 1999) ratificat prin Legea 271/2003 (Parlamentul României, 2003). Acest Protocol face referire la valorile țintă de O₃ din aerul atmosferic (Tabelul 1) stabilind plafoanele naționale emise pentru România (Tabelul 2).

Tabelul 1. Norme privind monitorizarea concentrației de O₃ din aerul atmosferic (Parlamentul României, 2003)

Prag de alertă	media orară: 240 μg/m³	
Valori țintă	pentru protecția sănătății umane (valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore)	120 μg/m³
	valoare țintă pentru protecția vegetației (perioadă de mediere: mai - iulie)	18.000 μg/m³ x h (AOT40)
Obiectiv pe termen lung	protecția sănătății umane (valoarea maximă zilnică a mediilor pe 8 ore dintr-un an calendaristic)	120 μg/m³
	protecția vegetației (perioadă de mediere: mai - iulie)	6000 μg/m³ x h (AOT40)

Tabelul 2. Plafoanele naționale de emisie de gaze stabilite pentru România

SO ₂ (mii tone /an)	NO _x (mii tone /an)	NH ₄ (mii tone /an)	COV (mii tone/an)
918	437	210	523

1.3.3. O₃ de proveniență endogenă

O altă sursă naturală de O₃ este de proveniență endogenă, produs de leucocitele și proteinele (anticorpilor) umane, în legătură cu inflamația, în prezența oxigenului singlet generat de neutrofile (Babior et al., 2003), cu rol benefic. Anticorpilor, folosesc O₃ pentru a distruge peretele bacterian și fungii (Lerner & Eschenmoser, 2003; Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021; Yamashita et al., 2008).

1.3.4. O₃ produs de generatoare

Artificial, O₃ poate fi produs cu ajutorul generatoarelor (medicale sau industriale). Acest O₃ este netoxic, dacă se respectă procedurile și protocoalele în vigoare.

O₃ folosit în practica medicală este obținut din O₂ medicinal pur 99.98% (V. Bocci et al., 2009), cu ajutorul unui dispozitiv medical, clasificat IIB conform Directivei Europene

1.4. Este toxic O₃ pentru organism?

Administrat pe cale aeriană O₃ este dăunător organismului. Fiind extrem de versatil și-a găsit întrebuințarea în tratamentul unei palete largi de afecțiuni: ortopedice, cutanate, infecțioase, neurologice, vasculare, dermatologice (Juchniewicz, H & Lubkowska, 2020; Smith, N.L., et al., 2017).

În ciuda multiplelor dovezi științifice și practice, apărute de-a lungul timpului, lumea medicală este împărțită, în ceea ce privește utilizarea O₃ în practica medicală, o parte susținând că încă mai trebuie aduse argumente în acest sens,

principala rețineră fiind aceea că este un produs foarte instabil, ale cărui efecte la distanță ar putea pune probleme (Smith, N.L., et al., 2017).

Societățile medicale care folosesc OOT au standarde și ghiduri terapeutice revizuite și publicate la nivelul FWOT, în conformitate cu cercetările și experiența în domeniu, ținând cont de mecanismele de acțiune și de farmacologia O₃ (Re et al., 2021).

Analiza efectelor biologice ale O₃ și contabilizarea efectelor adverse, au condus la apariția întrebării: are OOT un viitor în medicină? (V. Bocci, 1999). Dacă luăm în considerație tendința mondială crescătoare, în ceea ce privește utilizarea OOT, înțelegem că locul acesteia este între terapiile confirmate în tratamentul unui număr mare de afecțiuni, fiind legiferată în numeroase țări și regiuni autonome (Quintero, R., Schwartz, A., 2015), ultima fiind România în 2023.

2005). Dacă ar fi doar pentru efectele antioxidante ale O₃ sau pentru efectele sale benefice asupra metabolismului mitocondrial, a homeostaziei mediului intern (Yamashita et al., 2008) și inhibarea apoptozei neurocitelor, acesta trebuie să fie folosit, reprezentând o strategie promițătoare împotriva leziunilor cerebrale.

1.5. Efectele OOT asupra organismului uman. Mecanisme de acțiune ale O₃.

Viziunea asupra toxicității absolute a O₃ este incorectă, deoarece s-a bazat fie pe efectele adverse ale acestuia asupra plămânilor, fie pe studii efectuate în medii care nu sunt similare capacității antioxidante reale a organismului (V. A. Bocci, 2007; Re et al., 2021).

O₃ prezintă efecte diferite, în funcție de compartimentele pe care acționează, exercitând fie o activitate toxică puternică, fie una benefică, stimulând răspunsuri biologice de importanță vitală în funcție de concentrația utilizată și de

particularitatea sistemului biologic pe care acționează (Smith, N.L., et al., 2017). Administrat pe cale respiratorie directă O_3 este toxic, dar prin intermediul sângelui sau prin infiltrații are efecte terapeutice importante (Travagli & Iorio, 2023).

În timp ce O_3 din mediul ambiant crește morbiditatea și mortalitatea cardiovasculară (Liu et al., 2022), administrarea terapeutică a O_3 la pacienții hipertensivi și diabetici arteriopati, cu ischemie manifestă, ameliorează circulația sangvină, deschizând circulația colaterală, fără a se înregistra efecte adverse (Sagai & Bocci, 2011).

Un studiu în condiții asemănătoare, privind toxicitatea O_3 asupra sistemului nervos central (prin expunere respiratorie la O_3), relevă creșterea statusului oxidativ în hipocamp (Mokoena et al., 2010) în timp ce administrarea lui prin MAH, asigură protecție împotriva degradării neurologice și a bolii Alzheimer (Sagai & Bocci, 2011).

Capacitatea terapeutică a O_3 se datorează stresului oxidativ ușor spre moderat, controlat, produs prin reacționarea cu componentele biologice, atunci când este dizolvat în plasmă (Valacchi & Bocci, 2000). O_3 are efecte terapeutice, prin mesagerii săi secunzi („peroxizii de O_3 ”). (V. Bocci et al., 2009; Lerner & Eschenmoser, 2003; Valacchi & Bocci, 2000; Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021)

În mediul biologic, la pH acid ($pH \leq 7$) O_3 are afinitate crescută pentru acizii grași mononesaturați cu care formează „peroxidul de O_3 ” (Lerner & Eschenmoser, 2003) La pH alcalin ($pH \geq 8$), formează radicali. „Peroxidul de O_3 ” se comportă similar peroxidului de oxigen (H_2O_2). În concentrații și doze mici O_3 , ambele oxidează glutathionul (GSH), având efect bioreglator al proceselor fiziologice, prin

semnalizare redox, în timp ce dozele mari cresc stresul oxidativ și generează inflamație cronică (Figura 3).

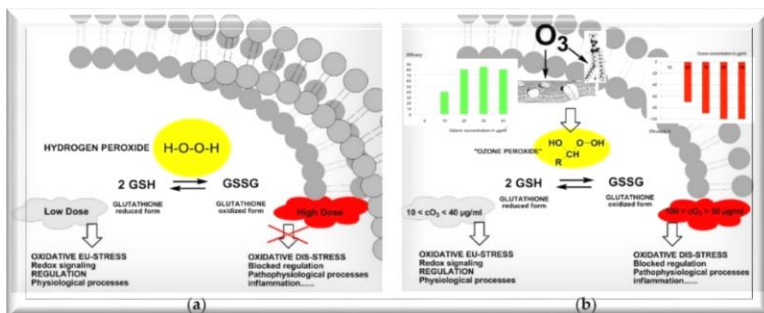


Figura 3. Efectul bioreglator al H_2O_2 (a) și al „peroxidului de O_3 ” (b), conform (Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021)

Speciile reactive de oxigen (ROS), secundare administrării de O_3 , cresc activarea factorului transcripțional, care mediază factorul nuclear 2, legat de factorul eritroid 2 (Nrf-2). **Antioxidanții creați stimulează formarea enzimelor antioxidante: superoxid dismutază (SOD), glutathion peroxidază (GPx) și glutathion S-transferaza (GST), NADPH – chinonă - oxidoreductaza (NQO-1), catalază (CAT), hemoxigenază-1 (HO-1), proteine de șoc termic (HSP-70) și enzime de fază II ale metabolismului medicamentelor, care combat stresul oxidativ cronic** (Sagai & Bocci, 2011).

Stresul oxidativ sever produce prostaglandina E (PGE), ciclooxigenaza-2 (COX-2), citokine proinflamatorii, prin activarea factorului transcripțional nuclear kappa B (NFkB), crescând inflamația și distrucția celulară, aspect ce a condus la utilizarea OOT în COVID-19 (Aldalaien & Martínez-Sánchez, 2005; Martínez-Sánchez et al., 2020) iar studiile sunt multiple (Martínez-Sánchez et al., 2020). De aceea,

tratamentul cu O₃ ar trebui administrat în funcție de mărimea stresului oxidativ, pentru a nu depăși capacitatea de protecție a sistemului antioxidant

(Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021)

Efectele tratamentului cu O₃ (Tabelul 3) asupra organismului sunt multiple (V. Bocci, 1999; Liu et al., 2022; Re et al., 2021; Tricarico & Travagli, 2021) și depind de doza utilizată și de calea de administrare folosită.

Tabelul 3. Efectele O₃ asupra organismului uman

LOCUL DE ACȚIUNE	EFECTE
<i>Eritrocite</i>	-crește livrarea de O ₂ către țesuturi, (Lerner & Eschenmoser, 2003; Tricarico & Travagli, 2021) - stimulează glicoliza aerobă și producerea de ATP, (Lerner & Eschenmoser, 2003) - „precondiționare oxidativă”, crește numărul eritrocitelor (Smith, N.L, et al., 2017), imunomodulare în corelație cu doza de O ₃ (Boczkowska-Radziwon et al., 2022)
<i>Celule mononucleate</i>	modulează răspunsul imun prin NFκB (Tricarico & Travagli, 2021)
Limfocite (T, B)	crește numărul limfocitelor T și CD8+ (Tricarico & Travagli, 2021)
Monocite	crește eliberarea de microparticule derivate din leucocite (LMP), (Boczkowska-Radziwon et al., 2022)
celule dendritice	crește activitatea fagocitară a macrofagelor (Diaz-Luis et al., 2015)
<i>Trombocite</i>	-modulează 2,3-di-fosfo-gliceratul (2,3-DPG),

	<p>-crește timpul de protrombină (PT) și de tromboplastină parțial activată (APTT) (Boczkowska-Radziwon et al., 2022)</p> <p>-scade D-dimerii,</p> <p>-crește eliberarea de microparticule derivate din trombocite (TMP), stimulează producția factorului de creștere derivat din trombocite (PDGF),</p> <p>-inhibă agregarea trombocitară (Juchniewicz, H & Lubkowska, 2020)</p>
<i>Vascular</i>	<p>-activează genele asociate cu expresia NO-sintetazei, având efect vasodilatator (Smith , N.L, et al., 2017)</p> <p>-crește biodisponibilitatea NO, CO,</p> <p>-stimulează microcirculația pe calea Nrf2 / angiogeneză, repară țesuturile (Juchniewicz, H & Lubkowska, 2020, 2020)</p> <p>-crește eliberarea de microparticule derivate din celulele endoteliale (EnMP), în corelație cu doza de O₃ (Boczkowska-Radziwon et al., 2022),</p> <p>-prin „precondiționare oxidativă” (Scassellati et al., 2020) și creșterea NO endogen previne leziunile de ischemie/reperfuzie, protejând ficatul, pancreasul, rinichiul (Smith , N.L, et al., 2017)</p> <p>stimulează producția factorului de creștere endotelial vascular (VEGF), factorului de creștere transformator-β (TGF-β), cu rol în angiogeneză (Juchniewicz, H & Lubkowska, 2020)</p>
<i>Echilibrul redox</i>	<p>-restabilește nivelurile de (V. A. Bocci, 2007; Smith , N.L, et al., 2017)</p> <p>-echilibrează sistemul antioxidant / pro-oxidant (de Sire et al., 2022)</p>

<i>Sistemul imun</i>	<ul style="list-style-type: none"> - stimulează producția antioxidantilor endogeni: SOD, CAT, GPx (V. A. Bocci, 2007; Sagai & Bocci, 2011) - activează sistemul de apărare nespecifică (imunitate umorală, celulară) (Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021) -modulează citokinele proinflamatorii (de Sire et al., 2022) - modulează echilibrul NF-kB / Nrf2 (Chirumboblo, S. et al., 2023; de Sire et al., 2022; Martínez-Sánchez et al., 2020)inhibă producerea citokinelor proinflamatorii IL-1β, IL-6, IL-18 (de Sire et al., 2022)TNFα (Lerner & Eschenmoser, 2003)
<i>Sistemul musculo-scheletal</i>	<ul style="list-style-type: none"> -antiinflamator, prin creșterea IL-10 și scăderea IL-6 (de Sire et al., 2022) -analgezic, -decontracturant muscular, limitează intrarea calciului în celula musculară, -crește TNF-α, IL1β și IFN-γ în jurul discului intervertebral herniat.
<i>Durere</i>	<ul style="list-style-type: none"> -stimulează căile antinociceptive (de Sire et al., 2022) și realizează modulare nociceptivă
<i>Sistem neuroendocrin</i>	<ul style="list-style-type: none"> -crește serotonina și endorfinele (Nazarov et al., 2021)crește rezistența la stres prin modularea cortizolului și catecolaminelor (Nazarov et al., 2021), -modulează secreția de insulină, grelină („hormonul foamei”) și leptină („hormonul sațietății”). -crește secreția de gonadotropine, prin stimularea axei hipotalamo-hipofizo-gonadală -modulează axa hipotalamo-tiroidiană (Nazarov et al., 2021)

<i>Metabolism</i>	-scade rezistența la insulină (Juchniewicz, H & Lubkowska, 2020) -stimulează degradarea glucozei pe calea ciclului Krebs (Elvis & Ekta, 2011).
-------------------	---

1.6. Indicațiile și contraindicațiile OOT

Se ridică întrebarea: de ce am alege OOT?

Există câteva răspunsuri importante: această terapie este naturală, se poate folosi fără limită de vârstă, nu generează efecte secundare dacă se evită inhalarea gazului și se respectă protocoalele WFOT, nu dă alergii, este ieftină și are puține contraindicații (V. Bocci, 2005).

OOT are o singură contraindicație absolută, deficitul enzimatic de glucozo-6-fosfat-dehidrogenază (G-6-PDH), la care se adaugă câteva contraindicații relative: criza hipertensivă, hipertiroidia decompensată, accidentul vascular hemoragic sau alt tip de hemoragie în ultimele 30 zile, trombocitopenia severă, sarcina în primele 3 luni.

OOT se adresează unui spectru larg de afecțiuni: musculo-scheletale, cardiovasculare, neurologice, digestive, dermatologice, imunologice, infecțioase, chirurgicale, cognitive, putând fi aplicată subiecților de orice vârstă, efectele constând în principal în stimularea circulației sangvine centrale și periferice, modulare imunologică, surplus de energie, regenerarea celulară și repararea tisulară, prin corectarea stresului oxidativ cronic și minimizarea efectelor acestuia (Masan, J. et al., 2021). OOT are efecte deosebite și în tratarea durerii acute sau cronice, în afecțiunile oftalmologice, în cele din sfera ORL, urologie, ginecologie, geriatrie, având efect anti-ageing, crescând calitatea vieții. În ultimii ani își găsește aplicabilitate în oncologie (Clavo et al., 2019, 2022) și în endocrinologie

(Acevedo-Rodriguez et al., 2018; Mbiydzennyuy & Qulu, 2024; Rivier & Rivest, 1991).

Terapia cu O₃ are efecte asemănătoare steroizilor (Ulusoy et al., 2019), combătând hipoxia (Zamora et al., 2005) și infecțiile (Serra et al., 2022; Silva et al., 2020). Multiple studii, din literatura de specialitate, efectuate pe pacienți cu afecțiuni musculo-scheletale (Dragomir, 2022; Emon et al., 2017; León Fernández et al., 2012; Seyam et al., 2018; X. Wang et al., 2018) au relevat rolul tratamentului cu O₃ în hernia și protruzia discală, în sindromul de chirurgie vertebrală eșuată, tulburările posturale de cauză musculară și degenerativă, folosind o tehnică de administrare minim invazivă.

În afecțiunile genunchiului, umărului (Seyam et al., 2018), tendoanelor (Rahimzadeh et al., 2022; Re, 2005), în contuziile și rupturile musculare OOT este însoțită de succes, chiar și la pacienții cu contraindicație sau fără răspuns (Ulusoy et al., 2019) la corticosteroizi (de Sire et al., 2022; Re, 2005)..

Cremele, uleiurile ozonate, hidroterapia cu barbotare de O₃, dar și MIAH, își găsesc aplicabilitate în cazul sportivilor, în: recuperarea după efort (Paoli et al., 2013), afecțiunile dermatologice, tratarea rănilor și arsurilor solare, combătând inflamația, stimulând proliferarea celulară și remodelarea țesuturilor (Anzolin et al., 2020; Song et al., 2018). Un studiu privind refacerea bicicliștilor după efort fizic susținut, folosind uleiuri ozonate, aplicate prin masaj, comparativ cu alte metode, a concluzionat că această terapie mărește eliminarea lactatului din sânge, crește performanța musculară, reducând durerea și percepția de oboseală (Paoli et al., 2013). O altă utilizare a uleiului ozonat lipozomal este în tratamentul plăgilor conjunctivale sau în infecțiile/inflamațiile conjunctivale, bacteriene și nebacteriene. Apa

ozonizată, ca și uleiul, are rezultate remarcabile în tratamentul afecțiunilor gingivale și parodontale (Isler et al., 2018; Khatri et al., 2015), putând fi utilizată și la sportivi. **Insuflația rectală este argumentată științific fiind din ce în ce mai utilizată la sportivi** (Lerner & Eschenmoser, 2003). Observăm, astfel, că OOT este folosită nu doar pentru recuperarea după efort sau creșterea performanței sportive, ci și în scop curativ, mai ales în tratamentul a numeroase afecțiuni cronice și acute. **Utilizarea OOT întârzie procesul de îmbătrânire** (Schmidlin, C.J. et al., 2019; X. Wang et al., 2018) **și crește, în mod cert, calitatea vieții** (Serra et al., 2022).

1.7. Utilizarea OOT în recuperarea după efort fizic

Procesul de recuperare fizică după efort are drept scop restabilirea homeostaziei interne și refacerea țesuturilor afectate de efortul anaerob. Astfel, **mulți sportivi apelează la diverse suplimente alimentare, cu efect antioxidant** (Hadžović-Džuvo et al., 2014), **expunându-se la multiple riscuri** (Apostu, 2014), cum ar fi: posologie inadecvată, efecte secundare necunoscute (Slattery et al., 2015) sau surse necontrolate din punct de vedere calitativ, contaminate cu substanțe dopante (Walpurgis et al., 2020). **Scăderea necontrolată a ROS se opune procesului fiziologic de adaptare la efort fizic** (Slattery et al., 2015), **fiind recomandată administrarea de O₃ drept sursă de antioxidanți, în funcție de statusul oxidativ al individului. Apelarea la diverse produse cu administrare orală, a căror absorbție intestinală nu poate fi controlată, este de evitat.**

Efortul fizic susținut, din sportul de performanță, dacă nu este corect gestionat, în timp aduce prejudicii sănătății (Sagai & Bocci, 2011), rezultând boli specifice, dar care pot fi întâlnite

și la alte sporturi. În timpul efortului fizic se produc ROS și LOP prin creșterea consumului de O₂ mitocondrial, cu rol în semnalizarea celulară și reglarea expresiei genelor. Intensitatea, durata și frecvența exercițiilor influențează intensitatea stresului oxidativ (Figura 4) (Koyama, 2014)

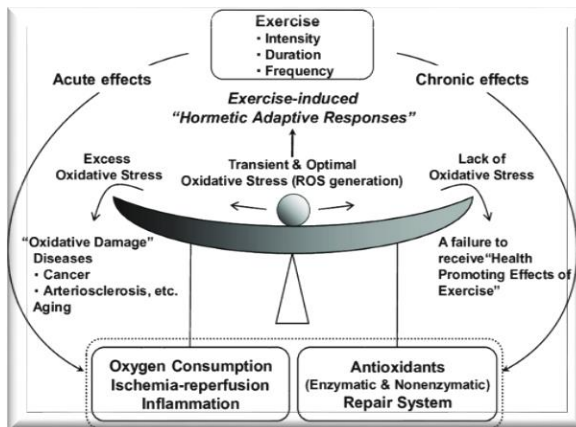


Figura 4. Efectele efortului fizic asupra organismului (Koyama, 2014)

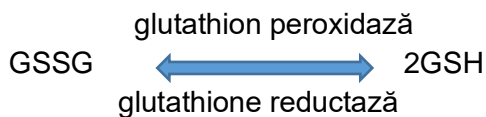
Stresul oxidativ este răspunzător de echilibrarea sistemului oxidanți / antioxidanți, cu efecte benefice pentru sănătate, prevenind afecțiunile cardiovasculare, diabetul, ateroscleroza, procesul de îmbătrânire și cancerul (Koyama, 2014). **Efortul susținut contribuie la apariția modificărilor secundare, fiziologice, benefice, induse de activitatea fizică** (Patel & Zwibel, 2024). Antrenamentele care presupun efort fizic ridicat (de intensitate înaltă – HIT, sau cu perioade de intensitate înaltă - HIIT), dacă nu sunt corectate corespunzător, duc la supra-antrenare și efecte negative asupra sănătății. Nu doar efortul anaerob produce ROS, ci și efortul aerob (de anduranță) care, necorectat, în timp duce la creșteri substanțiale ale ROS, mai ales la nivelul musculaturii scheletale (F. Wang et al., 2021) afectând

capacitatea de transfer a lactatului. La pH fiziologic (7,4), acidul lactic cedează un ion de hidrogen, transformându-se în lactat. În mod normal, lactatul (muscular sau sangvin) este implicat într-o serie de procese în organism:

- în ficat produce glucoză (gluconeogeneză),
- în musculatura striată, scheletică și cardiacă, produce energie
- mitocondriile din țesuturi și organe, produc energie prin oxidarea lactatului,
- prin transformarea lactatului în metaboliți (piruvat și alanină) intervine în alte procese metabolice.

În situații patologice, **prin acumularea lactatului, apare senzația de arsură musculară și scăderea performanței fizice. Exercițiile fizice epuizante scad rezervele de glutathion redus (GSH)**, crescând glutathionul oxidat (GSSG), cu efect citotoxic, asemenea ROS (Elokda & Nielsen, 2007).

Echilibrul dintre GSH și GSSG definește statusul oxidativ al individului, în mod normal fiind aproximativ 90% : 10%.



Frecvent, în timpul tratamentului cu O₃, subiecții afirmă că experimentează o stare de bine, prin efectul stimulat al produșilor de oxidare lipidică (LOP) asupra sistemului nervos central. Totodată, O₃ are efect favorabil asupra sistemului muscular, metabolismului și echilibrului neuro-hormonal, stimulând producerea de endorfine (V. Bocci, 2004).

OOT prin creșterea aportului de O₂ în fibrele musculare striate tip IIb, scade ROS, protejând fibra musculară.

Administrarea OOT sub formă de MAH a constituit subiectul unui studiu privind efectele O₃ asupra musculaturii (Seyam et al., 2018) arătând că oxigenarea este cu atât mai importantă cu cât musculatura a fost mai afectată sau la pacienții cu hipotonie musculară (Clavo et al., 2019).

Despre efectul OOT în afecțiunile musculo-scheletale, mai mulți autori afirmă că O₃ acționează similar steroizilor, dar fără efectele secundare ale acestora (de Sire et al., 2022; Seyam et al., 2018) având indicație și în ruptura parțială musculară sau de tendon la sportivi (Rahimzadeh et al., 2022; Re, 2005).

Folosirea plasmei îmbogățită în trombocite (PRP) ozonată (Bennell et al., 2021; Pavlovic et al., 2016) (Figura 5), favorizează reparația celulară și remodelarea tisulară. PRP ozonată beneficiază, de efectele O₃ asupra trombocitelor și, de efectele trombocitelor activate (Pavlovic et al., 2016)



*Figura 5. Injectarea plasmei (PRP) ozonate
(sursa: prelucrare proprie)*

Asociind mișcarea și infiltrațiile cu $O_2 - O_3$, efectul obținut este superior, recuperarea fiind mai scurtă, fapt observat în capsulita adezivă de umăr și în bursita de șold (Seyam et al., 2018).

1.8. Ozonoterapia, dopaj sau nu?

Având în vedere proprietățile O_3 se impune întrebarea: poate fi folosit acesta în cazul sportivilor, atât pentru tratamentul diferitelor afecțiuni, cât și pentru creșterea performanței sportive sau în recuperarea după efort?

În Codul procedurilor și substanțelor interzise publicată de Agenția Mondială Antidoping, valabil pentru anul 2024 (WADA, 2023), OOT nu este considerată dopaj, O_3 nefiind în categoria substanțelor interzise. Doar administrarea sub formă de MAH poate fi încadrată în categoria M1 („Manipularea sângelui și a produselor din sânge”).

SSROOT a solicitat punctul de vedere al Agenției Naționale Anti-Doping din România, iar aceasta a contactat WADA, care a precizat că doar forma de administrare MAH și administrarea directă intravenoasă sunt interzise (Anexa 1). Mass-media a prezentat în câteva rânduri alegerea unor sportivi de a beneficia de efectele OOT cum ar fi Cristiano Ronaldo sau Adrian Peterson.

Având în vedere că majoritatea cercetătorilor susțin beneficiile OOT în multiple situații (modularea imunității, creșterea producției de ATP, combaterea inflamației și durerii), aceasta ar putea fi folosită de sportivii de performanță cu scopul creșterii performanței, dar și pentru creșterea calității vieții, mai ales că nu este considerată dopaj. Administrarea sistemică a O_3 stimulează procesele fundamentale în organism (Figura 6), iar folosirea locală stimulează repararea țesuturilor deteriorate.



Figura 6. Rolul O_3 conform WFOT
(sursa: prelucrare proprie)

1.9. Căi de administrare ale OOT, agreate în sportul de performanță

În conformitate cu acordul WADA (Anexa 1), OOT poate fi aplicată pe mai multe căi:

1.9.1. Administrarea transcutanată, sub formă de creme și uleiuri ozonate

Cel mai frecvent, pentru ozonizare se folosește uleiul de măsline, floarea soarelui sau porumb. Personal, folosesc uleiul de măsline și de semințe de struguri.

Prin proprietățile sale antibacteriene și antifungice, O_3 are capacitatea de a vindeca rănilile și a reduce simptomele generate de arsuri, hiperpigmentarea post-leziune, durerea generată de leziunile ulcerative tegumentare și mucoase (Anzolin et al., 2020; Song et al., 2018), fiind preferate în raport cu cremele clasice (V. Bocci, 2005)

1.9.2. Apa ozonată

Apa ozonată se administrează local (pentru tratarea leziunilor cutanate, a arsurilor, a afecțiunilor cavității bucale) sau per os, în tratamentul diverselor afecțiuni digestive (gastrite, duodenite, boală de reflux gastro-esofagian, dispepsii acute sau cronice, parazitoze, sindromul de intestin iritabil (V. Bocci, 2005; Cattaneo, A. et al., 2017; Scassellati et al., 2020).

1.9.3. Sauna (capsula) cu O₃

Sauna cu ozon este un dispozitiv cu ajutorul căruia se administrează O₃ prin tegumentul aflat în contact cu vaporii de apă. A fost introdusă în terapie în 1997 de către canadieni (V. Bocci, 2005), fiind utilă în tratarea unor afecțiuni dermatologice (efect virusostatic și bactericid, prin afectarea peretelui fosfolipidic bacterian) și vasculare (efecte reologice pozitive), dar și în combaterea febrei musculare sau recuperarea după efort, crescând mobilitatea articulară. Procedura are efect de pierdere în greutate (prin consumul a 600 calorii / ședință), repară țesuturile lezate în timpul efortului fizic, crește masa musculară, prevenind și combătând durerile musculo-scheletale.

1.9.4. Băile cu ozon

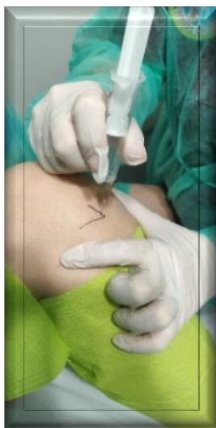
Produs din aer atmosferic și livrat prin intermediul unui dispozitiv tip covoraș (Figura 7) într-o cadă cu apă, O₃ pătrunde prin tegument, tratând afecțiunile dermatologice și vasculare, procedura fiind utilizată și în combaterea febrei musculare.



Figura 7. Dispozitiv pentru livrat O_3 în cadă
(sursa: prelucrare proprie)

1.9.5. Infiltrațiile subcutanate, intramusculare, intraarticulare

În anumite afecțiuni, în special pentru combaterea durerii musculo-scheletale (V. Bocci, 2005), O_3 se administrează în puncte trigger musculare sau intraarticulare. (Figura 8 a,b).



a



b

Figura 8. Infiltrații cu ozon: a- intraarticulare, b- subcutanat
(sursa: prelucrare proprie)

1.9.6. Insuflațiile rectale, vaginale

Folosind un dispozitiv tip pungă, prevăzut cu un robinet și o pară de silicon se introduce printr-o canulă siliconată în rect (IR), respectiv vagin, O₃ produs din O₂ medicinal .

IR reprezintă o alternativă la oxigenarea sângelui (MAH).

1.9.7. Insuflațiile în fistule

Prin administrarea amestecului O₂- O₃, în traiectul fistulos, cu ajutorul unei sonde, asemenea IR, scade inflamația închizând fistula, în 12-15 ședințe bisăptămânale.

1.9.8. Administrarea sub formă de lipoperoxizi, nazal și auricular

Triozonidele formate prin barbotarea O₃ în ulei de măsline (Figura 9), se administrează cu ajutorul unei măști. În contact cu mucoasa nazală generează ROS și LOP, distrug flora patogenă și scad inflamația.



Figura 9. Administrarea O₃ pe cale intranasală prin barbotare în ulei de măsline (sursa: prelucrare proprie)

1.9.9. Sacii cu ozon

În tratamentul diverselor leziuni cutanate, la nivelul membrelor (V. Bocci, 2005; Faraji et al., 2021) superioare și inferioare (Figura 10), se folosesc sacii cu O₃. Concentrațiile mari (60 – 80 μg/ml) sunt utile în prezența unei contaminări

bacteriene, cele medii (30- 40 $\mu\text{g/ml}$) pentru a stimula creșterea celulară, iar cele mici (20- 30 $\mu\text{g/ml}$) favorizează remodelarea tisulară.



Figura 10. Sac cu ozon



Figura 11. Cupe pentru administrarea O_3

(sursa: prelucrare proprie)

1.9.10. Cupele cu ozon

Dispozitive din sticlă, prevăzute cu două căi, una de acces și alta de eliminare, cupele pentru administrarea O_3 (Figura 11) sunt utilizate atunci când regiunile tegumentare afectate nu pot fi introduse în sac (abdomen, torace, lombe, glande mamare, organe genitale externe).

1.9.11. Administrarea O_2 prin MiAH

Prin administrarea O_3 cu ajutorul MiAH se obține stimularea imunității. Procedul se aplică în tratamentul afecțiunilor dermatologice (acnee, plăgi infectate), alergice (tegumentare, rinite alergice, astm bronșic), infecțioase (pneumonii, convalescență) și are mai mulți pași.

1.10. Concluzii și elemente de noutate desprinse din aspectele teoretice ale studiului privind utilizarea OOT

Ozonul, formă alotropă a oxigenului, descoperit în 1785 de Martinus van Marum, este un gaz instabil, extrem de reactiv, capabil să aibă efecte pozitive și negative asupra

organismului uman, a fost sintetizat în 1832, Christian Friedrich Schönbein a reușit să sintetizeze O_3 , observând proprietatea lui de a reacționa cu biomoleculele, la nivelul dublelor legături. Pe această proprietate se bazează și utilizarea amestecului O_2-O_3 în medicină.

Nikola Tesla a deschis calea utilizării medicale a O_3 , prin inventarea primului generator de ozon medical iar dr. Joseph Hänslér (Germania) a fabricat primul generator modern de O_3 medicinal, aflat la baza celor actuale.

OOT este o procedură medicală cu diferite efecte terapeutice, în funcție de concentrația de O_3 și calea de administrare folosite, precum și de statusul oxidativ al organismului.

În secolul XX, utilizarea terapiei cu amestec O_2-O_3 , a cunoscut o largă dezvoltare, literatura de specialitate prezentând rapoarte în legătură cu tratarea a peste o sută de afecțiuni, cum ar fi: afecțiuni dermatologice, rănilor de război (în timpul Primului Război Mondial), afecțiunile digestive, tuberculoza și alte afecțiuni respiratorii.

În România, OOT a fost utilizată pentru prima dată în perioada 1979 - 1987 la Clinica Chirurgie I Cluj. În 2008 a luat ființă SSROOT, membră a WFOT. În perioada 2018 – 2022 România s-a aflat la conducerea FWOT, iar în februarie 2023 a implementat Atestatul de Ozonoterapie în Practica Medicală.

În situația în care este inhalat, O_3 este extrem de toxic pentru organism dar când este administrat pe alte căi, la respectarea protocoalelor în vigoare, efectele O_3 sunt sigure, benefice. Legislația europeană monitorizează atent nivelul gazelor toxice și fac recomandarea sportivilor ca înainte de antrenamentul în aer liber, să le măsoare concentrația. Datorită preciziei de dozare a generatoarelor actuale, utilizarea OOT este sigură.

Raportul GSH/GSSG este cea mai fidelă dovadă a statusului oxidativ, fiind utilizat în stabilirea dozei de O₃.

Având o singură contraindicație absolută (favismul- deficitul de G-6-PHD) și alte câteva relative (sângerare recentă, discraziile sangvine, hipetensiunea arterială și hipertiroidia decompensate) consider că OOT poate fi aplicată cu succes în recuperarea după efort și în tratamentul diferitelor afecțiuni ale sportivilor, având efect similar corticosteroizilor, fără a avea reacții adverse și fără a genera alergii. Terapia nu este considerată doping, doar anumite căi de administrare (MAH și administrarea intravenoasă) sunt interzise. Există sportivi care au apelat la OOT.

Analiza bibliografiei bogate, legată de utilizarea OOT și experiența personală de peste zece ani în tratarea unei palete largi de afecțiuni cu ajutorul acestei terapii, m-au convins că O₃, aplicat conform protocoalelor WFOT, realizează un stres oxidativ ușor spre mediu, asemeni exercițiilor fizice de intensitate mică sau medie, motiv pentru care se potrivește foarte bine sportivilor de performanță.

Deși există multe studii legate de utilizarea OOT (în vitro, in vivo, studii clinice randomizate) majoritatea autorilor consideră că sunt necesare studii suplimentare, în vederea stabilirii unor protocoale standardizate și stabilirii efectelor în procesul de recuperare fizică, creșterea performanței sportive și a rezistenței la efort, mai ales că aplicarea OOT în sport a fost mai puțin studiată.

De aceea, am considerat necesar să abordez aceste aspecte în cercetarea mea.

CAPITOLUL 2.

EFORTUL FIZIC ȘI TEHNICI DE RECUPERARE DUPĂ EFORT

2. CAPACITATEA DE EFORT ÎN SPORTUL DE PERFORMANȚĂ

2.1. Caracteristicile generale ale efortului

Orice activitate presupune depunerea unui *efort*, definit ca ”încordare voluntară a puterilor fizice sau psihice ale organismului în vederea realizării unui randament superior celui obișnuit, Efortul sportiv poate fi considerat un stimul biologic apărut în afara activității curente, care produce din partea organismului reacții fizice și chimice. Acumulările fizice, de tip calitativ și cantitativ, obținute prin adaptarea stimulului biologic (efortului) la particularitățile individuale, definesc performanța fizică. Obținerea performanței fizice este dependentă de capacitatea de efort a organismului care reprezintă însușirea unui organism de a produce și a menține, cât mai mult, un lucru mecanic. Amplitudinea capacității de efort se obține prin exerciții repetate de adaptare la efort (antrenament), este dependentă de o multitudine de factori și scade odată cu vârsta (Lander et al., 2022; Milman et al., 2017).

2.2. Metode de evaluare a capacității de efort

Pentru a obține rezultate deosebite, în limita evitării supra sollicitării și a păstrării stării de sănătate, se impune evaluarea și monitorizarea permanentă a capacității de efort a sportivului, cu scopul creșterii sau diminuării efortului depus la antrenament (Ghosh, 2004). Prin capacitate de

efort se înțelege efortul maxim ca intensitate și durată, constant, depus de un sportiv pentru a atinge cea mai bună formă a activității sale, astfel încât modificările fiziologice ale organismului să rămână în echilibru.

Printre obiectivele principale ale evaluării capacității de efort se numără:

- stabilirea pragului maximal de efort în vederea atingerii performanței
- întocmirea unui plan personalizat de antrenament și recuperare (Sleamaker & Browning, 1996)
- prevenirea sindromului de suprasolicitare (supraantrenare) (Kreher, 2016) menținerea unui efort fizic minimal, în perioada de recuperare, astfel încât să nu apară fenomenul de „dezantrenare” (Girardi et al., 2020).

Pentru a afla capacitatea de efort în cazul sportivilor trebuie calculat lucrul mecanic total, în funcție de activitatea prestată: distanța parcursă, greutatea ridicată, durata antrenamentului, numărul de exerciții sau repetări de exerciții (Anca Ionescu et al., 2013).

Efortul fizic constant induce în organism modificări adaptative, imediate și la distanță, în vederea obținerii homeostaziei (echilibrului funcțional al organismului).

Intensitatea efortului fizic depus de un sportiv variază, putând fi: maximală (câteva secunde), submaximală (mai mult de un minut), mare (5-6 minute), moderată (o oră) sau mică (peste o oră).

În funcție de prezența O₂ în timpul efortului fizic, acesta este anaerob (intensitate maximală și submaximală), aerob (intensitate moderată și mică) și mixt (intensitate mare).

În timpul *efortului aerob* organismul se adaptează rapid unui exercițiu intens, influențând performanța, dar nu poate satisface necesitățile energetice necesare contracției musculare la începutul exercițiului, având o capacitate scăzută de regenerare a ATP-ului. În *efortul anaerob*, energia se produce prin scindarea legăturilor fosfat-macroergice (Parolin et al., 1999) din ATP resintetizat din fosfocreatină (efort alactacid) sau din acid lactic (efort lactacid). Caracteristic acestui tip de metabolism este turn-overul ATP-ului, după consumare.

Dacă efortul anaerob este de intensitate maximală și supramaximală sau cu durată mai mare de 60 secunde, este urmat de acumularea toxică de acid lactic, puterea anaerobă maximă lactacidă fiind redusă față de cea alactacidă, având o durată de 40 - 60 secunde. În urma acestui tip de efort se produce scăderea pH-ului celular, cu instalarea acidozei, ceea ce conduce rapid la epuizare și la abandonul efortului.

2.3. Teste pentru determinarea capacității de efort aerob

Determinarea capacității de efort aerob se bazează pe calcularea capacității aerobice maxime (VO_2max). Măsurarea cu exactitate a capacității de efort este o provocare, cel mai fidel parametru al acesteia, consumul de O_2 al organismului, fiind dificil de analizat deoarece presupune aplicarea unor sisteme de respirație în circuit închis, în condiții de laborator.

Capacitatea de efort aerobă este determinată folosind explorări funcționale cardiovasculare, care corelează frecvența cardiacă și tensiunea arterială cu efortul sau revenirea după efort. În acest sens sunt folosite unul sau mai multe teste: Ruffier, Schelong și Martinet, Letunov, Flack, Liam. De multe ori, în practică, pentru a aprecia statusul cardiovascular și respirator se folosesc metode indirecte,

bazate pe tabele, calculând trei parametri: echivalentul metabolic, capacitatea aerobică maximă și deficitul aerobic funcțional, testul Astrand fiind cel mai frecvent folosit.

Aprecierea severității reducerii capacității de efort este în funcție de procentul deficitului aerobic funcțional obținut (Tabelul 4):

Tabelul 4. Interpretarea reducerii capacității de efort

%DAF	Interpretare
0%	Capacitate de efort normală
1-25 %	Afectare minimă a capacității de efort
26-50 %	Afectare ușoară a capacității de efort
51-75%	Afectare moderată a capacității de efort
≥ 76%	Afectare importantă a capacității de efort

Proba Ruffier analizează pulsul în condiții de repaus (P1), imediat după efort (P2) și la un minut după efort (P3).

Se calculează indicele Ruffier, după formula:

$$I.R. = \frac{P1+P2+P3-200}{10}$$

Interpretare (Tabelul 5):

Tabelul 5. Interpretarea testului Ruffier

Indice Ruffier	Interpretare
≤0	Ideal, foarte bine
1-5	Bine
6-10	Mulțumitor
11-15	Satisfăcător
>15	Nesatisfăcător, necesită investigații cardiovasculare

Testul Schellong testează reactivitatea sistemului nervos vegetativ simpatic (SNVS), analizând tensiunea arterială sistolică (TAS), diastolică (TAD) și pulsul.

Proba Schellong-Letunov examinează tonusul SNV, prin adaptarea cardiovasculară (TAS, TAD, puls) la trecerea lentă din clinostatism în ortostatism. Se analizează comparativ valorile de decubit (Tabelul 6) și cele din ortostatism și se interpretează (Tabelul 7).

Tabelul 6. Valorile de repaus (clinostatism) ale parametrilor măsurați, în vederea realizării testului Schellong-Letunov

Clinostatism		
FC	60-80 bpm	valoare normală
	> 80 bpm	tahicardie
	< 60 bpm	bradicardie
TAS	100-145 mm Hg	valoare normală
	≥145 mm Hg	hipertensiune arterială sistolică
	<100 mm Hg	hipotensiune arterială sistolică
TAD	$\frac{1}{2} \cdot \text{TAS} + 10$ mm Hg	valoare normală

Tabelul 7. Interpretarea testului Schellong-Letunov, conform parametrilor măsurați în ortostatism

TAS	TAD	FC	Interpretare
↑/↓ 5-10 mm Hg	↑ / ↓ 5 mm Hg	↑ cu 10-18 bpm	status normal
↓ cu 20 mm Hg	↑ 15 mm Hg	↑ cu peste 45 bpm	status hipoton
↓ 20- 25 mm Hg	↓ 10 mm Hg	↑ cu peste 40 bpm	status hipodinamic

2.4. Teste pentru determinarea efortului anaerob

Pentru determinarea efortului anaerob (Gastin, 2001) testarea se realizează în condiții de laborator sau în condiții de teren, folosind metode indirecte care determină randamentul activității musculare în absența O₂. Se folosesc numeroase teste, cum ar fi:

- *Testul Wingate* –este folosit pentru determinarea capacității și puterii maxime anaerobe dar și pentru calculul indexului de oboseală (I.O.), definit ca:

$$I.O.(%) = \frac{\text{Puterea maximă} - \text{Puterea minimă}}{\text{Puterea maximă}} .$$

- *Testul Miron Georgescu și Miron Georgescu modificat* (Bulduș, 2017) determină capacitatea de efort anaerob în urma unui test de efort la o viteză de repetiție maximă.
- *Testul Sargent* (Bulduș, 2017) analizează puterea explozivă a membrilor inferioare, la săritura în înălțime.
- *Testul Bosco* (Bulduș, 2017) evaluare a metabolismului anaerob, folosind săritura în înălțime
- *Testul Szogy- Cherebetiu* (Bulduș, 2017) analizează puterea maximă și lucrul mecanic dezvoltat în intervale de timp diferite(travaliul total realizat).

2.5. Determinarea pragului aerob - anaerob

Analiza acestuia se realizează folosind metode biochimice, neuro-musculare și cardio-respiratorii. Monitorizarea nivelului de acid lactic (lactatului) stabilește pragul aerob - anaerob în funcție de nivelul acestuia. La o valoare de 4 mmol/l lactat se consideră că pragul este atins. Valori mai

mici, arată că metabolismul este unul aerob, în timp ce valori mai mari certifică prezența metabolismului anaerob.

2.6. Utilizarea de software –uri și dispozitive smart

În sportul de performanță se utilizează multiple programe software pentru personalizarea antrenamentelor și planurilor de recuperare, fiind extrem de importante în obținerea performanței sportive și păstrarea sănătății.

2.7. Modificările adaptative ale organismului induse de efort

În situație de repaus, activitatea organismului este coordonată de sistemul nervos vegetativ parasimpatic (SNVPS), în timp ce exercițiul fizic activează SNVS, care instituie măsuri adaptative, coordonate, la nivel respirator, cardiac, metabolic, pentru menținerea homeostaziei mediului intern (LeBouef et al., 2024; Silverman & Deuster, 2014), în contextul creșterii rezistenței la efort și a performanței sportive.

Activitatea fizică, în funcție de tipul și durata ei, are rol de semnalizare celulară, pe lângă cel de reglare a homeostaziei (Radak et al., 2013) aduce și modificări adaptative, menite să asigure un echilibru al organismului (Moggetti et al., 2016). Selye definește un concept adaptativ în caz de efort, denumit „Sindrom General de Adaptare” (Tan & Yip, 2018), pentru a putea înțelege modificările organismului, cu scopul de a realiza programe de antrenament adaptate, pentru a aduce îmbunătățiri funcționale.

Orice tip de efort fizic și nu tipul de sport, atrage după sine creșterea ROS și modificarea balanței oxidanți / antioxidanți (Koyama, 2014; Radak et al., 2013; F. Wang et al., 2021) cu impact asupra performanței sportive și asupra sănătății.

2.7.1. Modificări respiratorii

Creșterea efortului fizic conduce, prin mecanism compensator, la adaptări respiratorii fiziologice. În timp, aceste modificări pot deveni patologice, fiind cu atât mai frecvente, cu cât sportivul este mai bine antrenat (Bussotti et al., 2014).

Efortul fizic atrage după sine mai multe modificări adaptative la nivelul aparatului respirator, astfel:

- crește consumul de oxigen (VO_2) la nivel muscular, în special la nivelul musculaturii scheletice, cu acumulare de lactat, rezultat în urma procesului de producere a energiei mitocondriale,
- cresc frecvența și volumul respirator precum și schimbul între O_2 și CO_2 la nivelul barierei alveolo - capilare și la nivel periferic,
- crește capacitatea de transport a hemoglobinei și livrarea de O_2 la nivel celular, fiind factori ce influențează performanța sportivă, mai ales în sportul de anduranță.
- efortul fizic de intensitate crescută este însoțit de creșterea presiunii pulmonare, având ca efect acumularea de lichid interstițial, reducând transferul O_2 către țesuturi (Delgado & Bajaj, 2024)

Aprecierea ventilației pulmonare se face cu ajutorul volumelor și a capacităților (Figura 12), cele din urmă fiind formate din cumulul unor volume.

Scăderea necesarului de O_2 la nivelul țesuturilor poartă denumirea de hipoxie iar lipsa O_2 este numită anoxie. Scăderea O_2 în sângele arterial este cunoscută sub denumirea de hipoxemie și se determină cu ajutorul gazometriei sangvine, iar nivelul de oxigenare al sângelui capilar se determină cu ajutorul pulsoximetriei. Gazometria poate fi efectuată și din sânge venos, valorile fiind modificate față de cele arteriale.

2.7.2. Modificări cardiovasculare

„Cordul sportivului” reprezintă o entitate aparte, fiziologică nu patologică, ce se dezvoltă progresiv, odată cu efortul fizic, la sportivii de performanță. În contextul transformărilor produse de procesul de îmbătrânire fiziologică, capacitatea de efort a întregului organism scade progresiv, prin scăderea debitului cardiac de vârf, a funcției diastolice și a ritmului cardiac. La acestea se asociază:

- ✓ scăderea capacității musculaturii de a extrage O_2 în timpul efortului fizic (Milman et al., 2017)
- ✓ remodelarea cardiacă indusă de efort (Martinez et al., 2021)
- ✓ adaptarea capacității de a elimina CO_2 produs și de a menține echilibrul acido-bazic al organismului.
- ✓ creșterea debitului cardiac și a volumului- bătaie.

Modificările cardiovasculare generate de efortul fizic (structurale, funcționale, electrice) sunt în corelație cu sportul practicat și tipul de efort.

2.7.3. Modificări musculare și osoase

Transformările cele mai importante, în prezența efortului fizic au loc la nivel muscular unde cele trei tipuri de fibre musculare se comportă diferit în adaptarea la efort (Patel & Zwibel, 2024).

În compoziția mușchilor scheletici întâlnim toate tipurile de fibre musculare, cu predominanța unora sau a altora în

funcție de tipul principal de efort. Există două teorii legate de tipul de fibre musculare și de activitatea sportivă (Zierath & Hawley, 2004):

- ✓ tipul de fibre musculare este transmis genetic, iar sportivii aleg să facă anumite sporturi în funcție de tipul predominant de fibre musculare;
- ✓ dezvoltarea unor anumite fibre musculare se datorează antrenamentului și tipului de efort practicat.

Studiile efectuate confirmă un număr ridicat de mitocondrii în musculatura supusă unui efort aproape maximal și supramaximal față de cel de intensitate medie (MacInnis & Gibala, 2017). În timp, antrenamentul constant, cronic, conduce la creșterea numărului de capilare, hipertrofie musculară și creșterea performanței sportive.

Contrația musculară începe la nivelul cortexului cerebral motor (Figura 13).

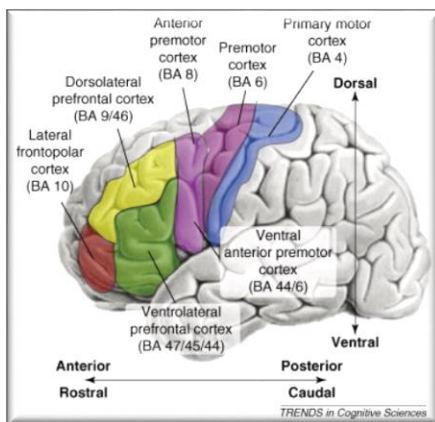


Figura 13. Cortexul motor (Bownds, 2008)

Echilibrul metabolic este în strânsă legătură cu regimul nutrițional și cu tipul de efort la care sportivul este supus, în funcție de specificul sportului practicat (Amawi et al., 2024). Organismul reacționează adaptativ prin modificări hormonale, termogenează adaptativă și creșterea eficienței mitocondriale, scăzând consumul energetic și senzația de sațietate, accentuând senzația de foame, mai ales la oprirea dietei, astfel încât riscul creșterii în greutate este important (Trexler et al., 2014).

În funcție de tipul de efort fizic, anaerob sau aerob, efectele asupra metabolismului sunt diferite.

Acumularea de lactat este în funcție de intensitatea antrenamentului (da Silva Machado et al., 2019), fiind descrise trei tipuri de antrenament:

- ✓ *antrenamentul cu intervale de sprint* (SIT) la care predomină metabolismul anaerob, crescând rapid cantitatea de lactat sangvin,
- ✓ *antrenamentul cu intervale de efort de mare intensitate* (HIIT), ce permite eliminarea parțială a lactatului,
- ✓ *antrenamentul continuu de intensitate moderată* (MICT), care utilizează în principal metabolismul aerob, acumulând lactat în cantitate redusă.

Odată cu modificările metabolice se produc modificări enzimatică (LDH, miokinază, creatinfosokinază) care se mențin mai multe săptămâni după oprirea antrenamentului. Dacă absența antrenamentului este mai mare de șapte săptămâni, cu o durată de până la 6 luni, se produce dezantrenarea care asociază atrofie musculară (Rivera-Brown & Frontera, 2012)

2.7.5. Modificări hormonale

Modificările metabolice sunt controlate hormonal. Insulina, glucagonul și hormonii axului neuro-hormonal

hipotalamo-hipofizo-suprarenalian (testosteronul, hormonul luteinizant și cortizolul) sunt mediatori importanți în adaptarea la efort a sportivilor. Nivelul seric al acestora, variază în funcție de tipul și durata efortului, antrenamentul necorespunzător și recuperarea insuficientă conducând la apariția sindromului de supraantrenare (de Araujo et al., 2016).

Menținerea unui antrenament de volum și intensitate ridicată, cu scopul creșterii performanței sportive pe parcursul unui sezon competițional, reprezintă un stres important pentru organism, generând transformări hormonale (Uusitalo et al., 1998), pentru asigurarea homeostaziei. Stresul activează, în primul rând, cortizolul, principalul hormon de stres, produs de glandele suprarenale, cu rol catabolic.

Implicat în sinteza proteică, remodelarea osoasă și eritropoieză, nivelul bazal de testosteron poate fi crescut înaintea competiției sau antrenamentului, dar scade pe durata acestora (Arruda et al., 2014), la sportivii de sex masculin, mai ales în efortul de duranță, situație cunoscută sub denumirea de „*condiție masculină de exercițiu hipogonad*”. Raportul dintre testosteron și cortizol, anabolic / catabolic exprimă răspunsul organismului la stresul indus de efort (Hackney & Walz, 2013; Uusitalo et al., 1998). Nivelul bazal al insulinei este coborât la sportivii care depun efort, fiind corelat cu nivelul glicemic și producția de energie.

În „supraantrenament”, scade performanța pe o durată mai mare, acompaniată de o serie de modificări hormonale: scade eliminarea nocturnă de catecolamine, în timp ce nivelul plasmatic al celorlalți hormoni rămâne constant (Hackney & Walz, 2013). Pentru a preveni apariția epuizării în rândul sportivilor este importantă monitorizarea unor parametri sangvini: lactatul, ureea, amoniacul, unele enzime

(creatinkinaza, CPK/CK), unii hormoni (cortizol, testosteron, corticotropină, hormon de creștere), catecolamine (plasmatică și urinare: epinefrină, norepinefrină). Există diferențe între sportivii practicanți de același sport dar și între sporturi diferite atât la bărbați cât și la femei (Banfi et al., 2012; Brancaccio et al., 2007; Shin et al., 2016; Urhausen et al., 1995; Uusitalo et al., 1998).

2.7.6. Modificări hidroelectrolitice

Echilibrul hidroelectrolitic al organismului este puternic influențat de efortul fizic, depinzând mult de tipul de efort. În timpul efortului fizic, prin stimularea glicolizei anaerobe și a glicogenolizei, are loc scăderea pH-ului celular, prin acumulare de H^+ și lactat, conducând la apariția fenomenului de oboseală musculară. Odată cu scăderea pH-ului au loc perturbări ale concentrației de Ca^{2+} și K^+ , ceea ce afectează schimbul ionic transmembranal și, în consecință, contractia musculară (Cairns & Lindinger, 2008). Îndepărtarea lactatului este privită în mod diferit de unii specialiști (Hall et al., 2016) care susțin că prezența acestuia este benefică, asemeni ROS, ca factor care modulează performanța musculară și recuperarea după oboseală.

În timpul efortului are loc un proces accelerat de eliminare a apei, însoțit de tulburări hidroelectrolitice, cu variații importante de Na^+ , Cl^- și K^+ conducând la deshidratare (Evans et al., 2017).

De aceea, procesul de rehidratare începe înainte de antrenament sau competiție și continuă pe parcursul și după efort.

Există o paletă largă de ioni implicați în metabolismul celular, a căror variație stimulează sau inhibă contractilitatea, având ca efect creșterea rezistenței la efort sau apariția oboselii, după caz: Na^+ , K^+ , Cl^- , Ca^{2+} , HCO_3^- , $H_2PO_4^-$, lactat, PCr^{2-} , Mg^{2+} .

2.7.7. Alte modificări

Odată cu efortul fizic, în contextul creșterii stresului psihic (competiție) s-au constatat modificări cognitive, neuropsihice, ale răspunsului vizual simplu creșterea diametrului pupilar, asociat cu creșterea performanței (Ando et al., 2001; van der Wel & van Steenbergen, 2018).

2.7.8. Modificări posturale

Poziția incorectă, dezechilibrul muscular, stereotipul anumitor mișcări, tipul de respirație (Lörinczi et al., 2024), cicatricile tegumentare (Bordoni & Zanier, 2013), dar și accidentările frecvente (McKeon et al., 2014), conduc la instalarea unor tulburărilor posturale. Presiunile plantare modificate (Buldt et al., 2018), tulburările de oculomotricitate (Harbin et al., 1989), disfuncțiile oculuzale (Cuccia, A & Caradonna, C., 2009; Ioniță et al., 2023) și ale articulației temporomandibulare (Chaves et al., 2014; Manfredini et al., 2012), anomaliile de integrare neuro-senzorială (Zemková & Zapletalová, 2022) sunt factori importanți în definirea tulburărilor posturale.

Tulburările posturale sunt asemănătoare la sportivii dintr-un anumit sport și diferă de la un sport la altul, în funcție de tipul mișcării de forță, fiind sub controlul sistemului nervos (Zemková & Zapletalová, 2022).

Examinarea presiunilor plantare (Dragomir, M, 2023), a oscilațiilor corpului și a staticii vertebrale, coroborate cu examinarea forței și tonusului muscular aduc informații prețioase referitoare la postură și echilibru. Din păcate, acest aspect este insuficient cercetat și aplicat, în raport cu importanța sa, poate și datorită faptului că în studiile efectuate există date insuficiente care să declare că tulburările posturale pot influența performanța sportivă, cu excepția tirului, unde sportivul trebuie să aibă o postură

foarte bine echilibrată, acesta fiind educat să își „înghețe” postura în timp ce trage (Andreeva et al., 2020).

Echilibrul și presiunile plantare se examinează cu platformele baropodometrice și stabilometrice (Dragomir, M, 2023). Examinarea staticii articulare se realizează cu ajutorul goniometrului digital (Figura 15).

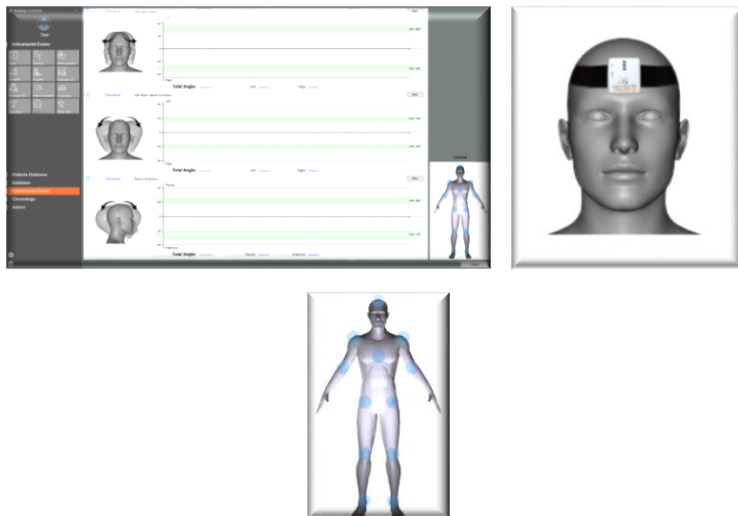


Figura 15. Analiza staticii articulare folosind goniometrul digital (sursa: www.sensormedica.it)

Examinarea a staticii vertebrale se realizează folosind sisteme tip Spine 3D (Ployon et al., 1997), Figura 16, obținându-se informații tridimensionale (Figura 17, 18,19):

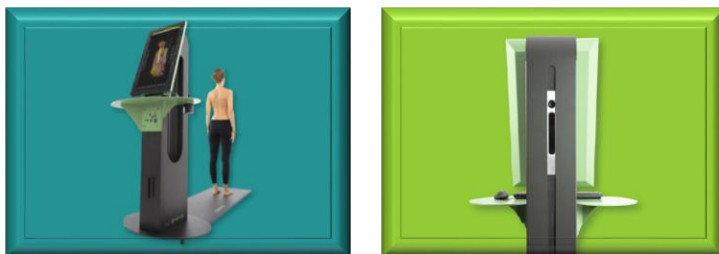


Figura 16. Spine 3D (sursă: <https://spine-3d.com/>)

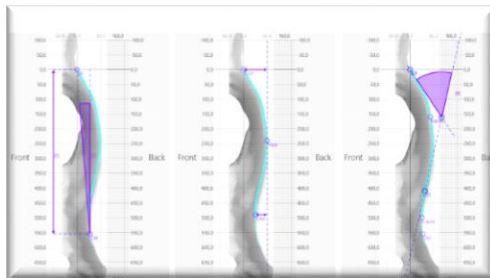


Figura 17. Spine 3D, repere analizate în plan sagital (sursa: prelucrare proprie)

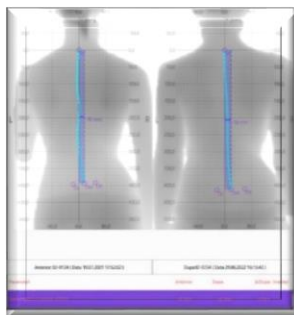
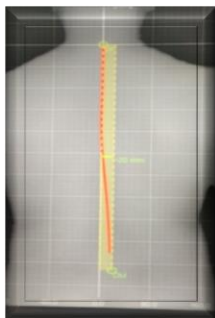


Figura 18. Examinarea în plan frontal (sursa: prelucrare proprie)

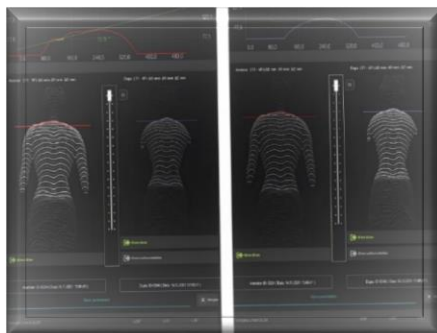


Figura 19. Examinarea staticii vertebrale în plan transversal, evoluție sub kinetoterapie (sursa: prelucrare proprie)

Din multitudinea valorilor măsurate, valorile cel mai frecvent analizate se regăsesc în Tabelul 9.

Tabelul 9. Valori analizate frecvent în aprecierea staticii
vertebrale, folosind Spine 3D

REPERUL ANALIZAT	VALOARE NORMALĂ	UNITATEA DE MĂSURĂ
Deviația vertebrală	0-5	milimetri
Suprafața deviației RMS	0-5	grade
Unghiul cifotic ICT-ITL	47-50	grade
Unghiul lordotic ITL-ILS	38-42	grade
Săgeata cervicală (CArr)	60-80	milimetri
Săgeata lombară (LArr)	40-60	milimetri
Oblicitatea pelvisului	0-4	milimetri
Unghiul pelvisului	0-1,9	grade

2.8. Tehnici de recuperare după efort

Efortul fizic, din timpul antrenamentului sau în competiție, generează tulburări metabolice care trebuie corectate cât mai curând. Indiferent de cauza oboselii fizice (acumulare de acid lactic, dezechilibre hidroelectrolitice) sau psihice (stresul emoțional indus de competiție), planul de recuperare trebuie să fie unul personalizat și trebuie aplicat înaintea, în timpul și imediat după încetarea efortului.

2.8.1. Hidratarea și alimentația

Un aport corespunzător de lichide, alimente (respectând numărul de calorii și raportul între principiile alimentare) și micronutrienți - vitamine, minerale, polifenoli (Dragomir, Bichescu, et al., 2024), este foarte important pentru menținerea sănătății și refacerea organismului după efort.

2.8.2. Refacerea prin odihnă și somn

Planul de recuperare acordă atenție nu doar refacerii fizice, ci și componentei psiho-emoționale, puternic influențată în context competițional.

Orarul de odihnă se stabilește tot printr-un plan personalizat, adaptat la vârsta pacientului și tipul de efort. Un timp redus de somn, are drept urmare creșterea nivelului hormonilor de stres circulanți (cortizol, catecolamine), scăderea rezervelor de glicogen, creșterea catabolismului, cu amprentă negativă asupra reparației celulare și, implicit, tisulare, toate aceste efecte scăzând rezistența organismului și performanța sportivului (Doherty et al., 2019).

2.8.3. Terapia fizică

Terapia fizică ocupă un loc important în recuperarea după efort a sportivului, constituind elementul principal în întocmirea planului personalizat de recuperare. Procesul de recuperare, trebuie să urmărească mai multe aspecte: fiziologic, psihoemoțional și socio-comportamental dar, se pare că, în general, nu există protocoale standardizate privind recuperarea, ea realizându-se după experiența sportivului sau a echipei.

Se folosesc tehnici manuale de mobilizare și proceduri fizice: masajul, exercițiile fizice ușoare, terapia prin compresie, crioterapia, hidroterapia, sauna cu infraroșu sau cu ozon, terapia electrică, laserterapia, magnetoterapiei, terapia cu ultrasunete, terapia TECAR.

2.8.4. Recuperarea cu amestec gazos O₂-O₃

OOT pare să aibă numeroase avantaje ce decurg din proprietățile O₃ (V. Bocci et al., 2009; Borrelli & Bocci, 2002; Sagai & Bocci, 2011; Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021): antiinflamator, decontracturant muscular, crește mobilitatea articulară, generează stres oxidativ moderat, controlat, producând enzime antioxidante, elimină

lactatul, imunomodulator (imunostimulant, imunosupresor) în funcție de concentrația de O_3 utilizată.

OOT este ușor de administrat, utilizând numeroase căi, mai puțin respiratorie și direct intravenoasă, neagreate de WADA.

Din experiența clinică, pot afirma că administrarea amestecului O_2-O_3 , sub formă de infiltrații subcutanate și intramusculare profunde, în afecțiunile degenerative ale coloanei vertebrale, combate durerea (Dragomir, Mereuță, et al., 2024) și îmbunătățește statica vertebrală (Dragomir, 2022) fapt argumentat prin măsurători tridimensionale ale staticii vertebrale, folosind dispozitivul „Spine 3D” (Figura 17, 18, 19). Utilizarea OOT în tratamentul articulațiilor dureroase (genunchi, șold, cot, umăr) scade durerea și crește amplitudinea mișcărilor articulare. Utilizarea goniometrului digital „Moover” argumentează creșterea amplitudinii mișcărilor articulare (Figura 20 a, b).

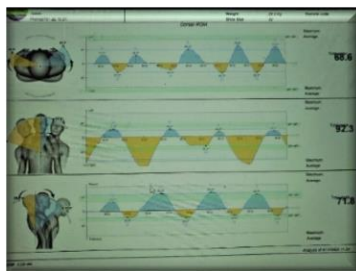
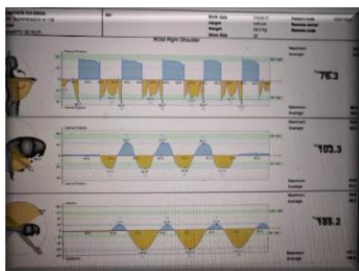


Figura 20 a

Figura 20 b

Analiza amplitudinii mișcărilor articulare

(a- umăr, b- coloană cervicală)

(sursa: prelucrare proprie)

În tulburările de echilibru și în unele afecțiuni ale coloanei vertebrale cervicale, administrarea amestecului O_2-O_3 subcutanată, în anumite puncte faciale și de-a lungul

coloanei cervicale (Figura 21), îmbunătățește mult echilibrul și statica vertebrală, (Figura 22) (Dragomir, 2022).



Figura 21. Puncte cervicale pentru administrarea ozonului
(sursa: prelucrare proprie)

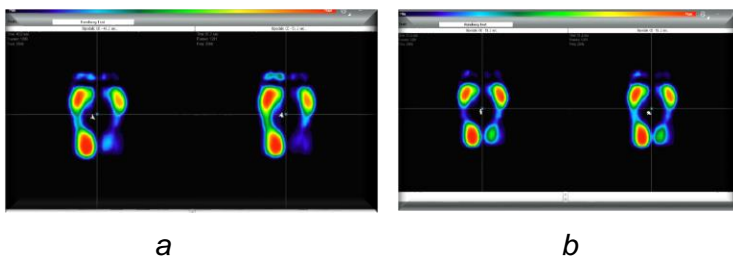


Figura 22. Amprenta podologică în proba Romberg, înainte
(a) și după (b) de administrarea O_3
(sursa: prelucrare proprii)

PARTEA a II-a

CAPITOLUL 3

OZONOTERAPIA - METODĂ ALTERNATIVĂ DE RECUPERARE DUPĂ EFORT

3. Atitudinea sportivilor față de procesul de recuperare fizică

În ultimii ani OOT a cunoscut o dezvoltare importantă, indicațiile fiind multiple iar efectele, în general, favorabile, nefiind citate efecte secundare. Utilizarea acestei proceduri în timpul pandemiei SARS-COV2 și rezultatele obținute, au determinat Ministerul Sănătății din România să organizeze pentru medici atestatul „Ozonoterapia în practica medicală”. Cu toate acestea, din lipsa informației sau a încrederii, sportivii apelează în puține cazuri la OOT.

Dorind să cercetez care este opinia publică legată de procesul de recuperare am analizat gradul de informare al sportivilor (sau al foștilor sportivi), precum și al aparținătorilor sportivilor minori, în ceea ce privește modalitatea de recuperare utilizată, după efort sau după accidentare. În acest sens am creat trei chestionare, pe care le-am adresat la trei categorii de respondenți: sportivilor minori, părinților sportivilor minori și sportivilor majori (actuali sau foști sportivi) și le-am distribuit chestionarele prin intermediul Google Drive, în perioada 19.06 – 25.06.2024, utilizând link-ul <https://forms.gle/bz4EjyWZ6QKo8pTx6>.

La sfârșitul acestui interval, am colectat 318 răspunsuri la chestionare și le-am analizat din punct de vedere statistic, utilizând pachetul software „IBM SPSS Statistics 23”.

Același pachet statistic l-am folosit și în partea de cercetare.

3.1. Metode statistice utilizate în lucrare

Pentru interpretarea informațiilor provenite din chestionarele completate de sportivi sau de părinții acestora, am utilizat statistica descriptivă (culegerea informațiilor, prelucrarea datelor și determinarea unor indicatori statistici, realizarea de tabele și grafice) împreună cu metode de statistică inferențială (testarea ipotezelor statistice).

Informațiile analizate sunt de tip atributiv.

3.1.1. Statistica variabilelor nominale

În cazul variabilelor nominale am folosit analiza frecvențelor iar, pentru stabilirea corelației dintre variabilele nominale, am calculat coeficienții: ϕ , V și C și probabilitățile asociate acestora.

3.1.2. Analiza variabilelor categoriale

Pentru determinarea gradului de asociere dintre două variabile categoriale, am utilizat testul chi-pătrat (χ^2).

3.1.3. Analiza variabilelor numerice

Statistica descriptivă pentru variabilele numerice determină valori precum: minimul, maximum, media și deviația standard (gradul de împrăștiere a datelor, distanța dintre o valoare și media eșantionului).

3.1.4. Analiza eșantioanelor perechi

„Testul t” pentru două eșantioane perechi este folosit pentru a compara mediile unui singur eșantion, determinate la momente de timp diferite (inițial și final).

3.1.5. Analiza eșantioanelor independente

„Testul t” pentru două eșantioane independente testează diferența dintre mediile unei variabile pentru două grupuri distincte. Pentru a verifica egalitatea varianțelor am folosit testul Levene.

Am folosit „testul t” pentru a vedea dacă există diferențe între valorile medii ale vârstei, hemoleucogramei, pCO₂, pO₂, pH și CK, lactatului, spine 3D, podologiei între sportivii din grupul care practică baschet și cei din grupul care practică bowling, respectiv între sportivii din grupul care practică baschet și cei din grupul martor.

3.1.6. Statistica în cazul măsurătorilor repetate

Testul Friedman pentru măsurători repetate analizează diferența de rang în cazul unei variabile măsurate repetat de mai mult de două ori pe același grup de subiecți. Programul atribuie rangul 1 pentru valoarea cea mai mică. Testul calculează media rangurilor. Rezultatul testului este exprimat printr-o valoare χ^2 .

La cele trei chestionare au răspuns 318 persoane (30 sportivi minori, 110 sportivi majori sau foști sportivi și 178 părinți ai sportivilor minori). M-a bucurat faptul că la această chestionar au răspuns și sportivii minori deoarece, în zilele noastre, cei mai mulți copii nu fac prea multă mișcare (Dragomir, M, 2023). După colectarea datelor, am analizat statistic răspunsurile primite.

3.2. Corelații în interpretarea chestionarelor

Numărul celor care apelează la ozonoterapie sau ar apela, dacă ar fi mai bine informați sau li s-ar recomanda de către medic este net superior celor care nu ar apela la aceasta. (Figura 23).

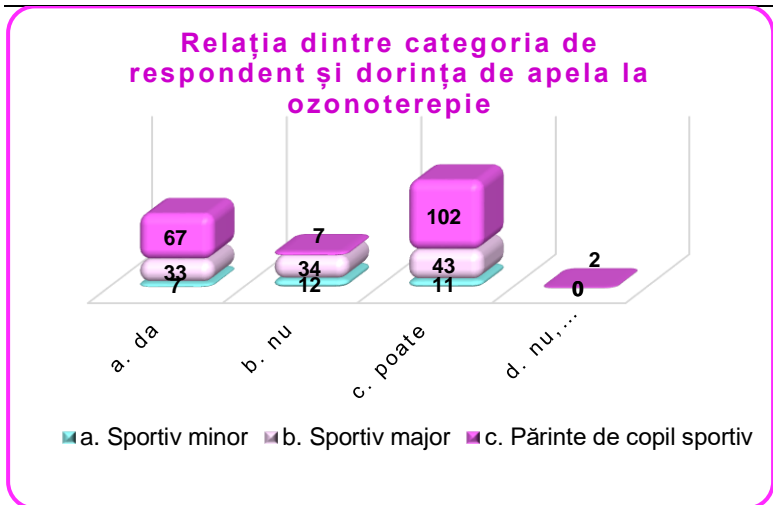


Figura 23. Relația dintre categoria de subiect (sportiv sau părinte) și dorința de a apela la ozonoterapie

Există o corelație între categoria de subiect (sportiv minor, sportiv major sau părinte) și:

- ✓ *practicarea sportului de performanță sau de plăcere* ($\chi^2 = 44.610$, $\varphi = 0.375$, $V = 0.265$, $C = 0.351$, $p < 0.001$)
- ✓ *practicarea sportului individual sau de echipă* ($\chi^2 = 7.648$, $\varphi = 0.155$, $V = 0.155$, $C = 0.153$, $p = 0.022 < 0.05$).
- ✓ *existența unui contract între clubul sportiv și sportiv, în care să fie precizate drepturile și obligațiile părților* ($\chi^2 = 13.074$, $\varphi = 0.203$, $V = 0.143$, $C = 0.199$, $p = 0.011 < 0.05$).
- ✓ *existența unui contract între clubul sportiv și sportiv privind modalitățile de recuperare după efort fizic și în caz de accidentare* ($\chi^2 = 17.468$, $\varphi = 0.234$, $V = 0.143$, $C = 0.228$, $p = 0.026 < 0.05$).

- ✓ *apelarea la servicii de recuperare (fizică/ psihologică/ medicală) după efort sau în urma unei accidentări* ($\chi^2 = 36.899$, $\phi = 0.341$, $V = 0.241$, $C = 0.322$, $p < 0.001$)
- ✓ *beneficierea de consult medical sau de un plan terapeutic și semnarea unui „Acord informat” în legătură cu metodele de investigare și tratament* ($\chi^2 = 167.792$, $\phi = 0.726$, $V = 0.514$, $C = 0.588$, $p < 0.001$). Corelația este foarte puternică. Răspuns pozitiv la această întrebare au dat 6,67% dintre sportivii minori, 67.27% dintre sportivii majori și 51.12% dintre părinți.
- ✓ *aducerea la cunoștință, după consultul medical, în cazul accidentării, că există dreptul la a doua opinie medicală tratament* ($\chi^2 = 21.115$, $\phi = 0.258$, $V = 0.182$, $C = 0.250$, $p = 0.002 < 0.05$).
- ✓ *beneficierea de alternative de recuperare* ($\chi^2 = 35.862$, $\phi = 0.336$, $V = 0.237$, $C = 0.318$, $p < 0.001$).
- ✓ *intenția de a apela la ozonoterapie* ($\chi^2 = 49.940$, $\phi = 0.396$, $V = 0.280$, $C = 0.368$, $p < 0.001$).
- ✓ *cunoașterea efectelor secundare asupra sănătății ale sportului practicat și care sunt cele mai frecvente accidentări cu impact important asupra sănătății, generate de tipul sportului practicat* ($\chi^2 = 19.426$, $\phi = 0.247$, $V = 0.175$, $C = 0.240$, $p = 0.004 < 0.05$).

3.3. Obiective propuse și rezultate așteptate privind cercetarea

În urma studiului amănunțit al răspunsurilor la chestionarele folosite și a analizei SWOT am stabilit obiectivele acestei cercetări dar și rezultatele pe care mi-am propus să le obțin (Tabelul 10):

Tabelul 10. Obiectivele cercetării și rezultatele așteptate

OBIECTIVE	REZULTATE AȘTEPTATE
Demonstrarea eficienței OOT în recuperarea după efort	1.1. Creșterea eliminării lactatului
	1.2. Scăderea creatinkinazei, ca marker al scăderii distrucției musculare în efort
	1.3. Ameliorarea staticii vertebrale, ca urmare a efectului decontracturant muscular al O ₃
Descoperirea unor noi teme de interes pentru cercetare, care să se concretizeze în articole publicate în reviste cu factor de impact	2.1. Efectul OOT în creșterea performanței sportive
	2.2. Efectul OOT asupra diferitelor organe și sisteme, în cazul sportivilor
	2.3. Rolul presiunilor plantare în creșterea rezistenței la efort și a performanței sportive; efectul OOT asupra arcurilor plantare
Creșterea numărului de sportivi care să utilizeze OOT în procesul de recuperare	3.1. Efectele se vor contabiliza în timp

3.4. Aspecte etice

Provocările etice ale secolului XXI sunt din ce în ce mai numeroase, atât în ceea ce privește sportul, dar și efectuarea lucrărilor de cercetare folosind subiecți umani. De aceea, în prezenta cercetare, mi-am propus să urmăresc două aspecte etice: unul referitor la lucrarea de cercetare și celălalt raportat la problemele legate de recuperarea după efort / accidentare a sportivului de performanță.

În ambele situații, obținerea Acordului Informat al sportivului/aparținătorului legal și Acordului de Prelucrare a datelor cu caracter personal au fost obligatorii.

În această lucrare, fiind vorba de sportivi minori și majori, au apărut trei aspecte etice importante, la care am încercat să găsim și să aplicăm soluții:

3.4.1. Aspecte etice generale

(1). În cazul sportivului minor, acordul informat privind participarea la studiu și acordul de prelucrare a datelor cu caracter personal trebuie semnat obligatoriu de unul dintre părinți (susținători legali).

(2). Sportivul major își poate asuma responsabilitatea de participare la studiu. Sportivul elev, aflat încă în îngrijirea părinților, din punct de vedere legal își poate asuma participarea, dar din punct de vedere etic ar fi recomandat să se obțină și acordul părinților.

(3). Ozonoterapia – pro și contra. Este OOT recomandată copiilor (minorilor)?

3.4.2. Aspecte etice legate de procedura de cercetare

Încă de la început am stabilit că cercetarea nu este experiment ci o aplicație a unei proceduri recunoscute, existând dovezi științifice că este utilizată în numeroase situații medicale, referințele bibliografice cuprinzând studii in vitro și in vivo, inclusiv studii clinice.

Cu toate acestea, pentru a nu crea animozități am solicitat și am obținut permisiunea derulării studiului din partea Comisiei de Etică a Universității ”Dunărea de Jos” și a Colegiului Medicilor, ambele din Galați (Anexa 2).

Deoarece studiul s-a desfășurat cu subiecți sportivi, a apărut întrebarea firească dacă procedura aplicată în cercetare respectă Codul substanțelor /procedurilor interzise de WADA?

În conformitate cu acordul WADA pentru administrarea O₃ sunt admise toate căile, mai puțin manipularea sângelui prin MAH și administrarea intravenoasă (WADA, 2023), Anexa 1. de aceea am ales administrarea amestecului gazos O₂ – O₃ prin insuflație rectală.

O altă problemă etică a fost legată respectarea confidențialității sportivului, în acest sens fiecărui sportiv i-a fost atribuit un număr, fără a utiliza amănunte care ar putea conduce la identificarea acestuia.

3.4.3. Probleme etice care țin de sportiv și modul de recuperare

Dacă ne focusăm pe sportiv, problemele luate în discuție din punct de vedere etic sunt mai numeroase. Inexistența unui cod etic lasă loc de interpretări.

- (1). Conflictul de interese
- (2). Abilitățile antrenorului
- (3). Revenirea în competiție, cât mai rapidă, înaintea finalizării procesului de recuperare
- (4). (Auto)culpabilizarea sportivului în legătură cu indisponibilitatea sau cheltuielile aferente programului de recuperare
- (5). Accesul sportivului la dosarul medical
- (6). Accesul sportivului la îngrijiri medicale de calitate și la baze de recuperare de top
- (7). Existența și competența echipei medicale
- (8). Alegerea planului terapeutic privind recuperarea după efort:
- (9). Informarea sportivului sau a reprezentantului legal asupra posibilităților de recuperare și obținerea acordului acestuia
- (10). Asigurarea unei alte opinii medicale autorizate poate exonera de responsabilitate clubul sportiv și echipa medicală

(11). Respectare Codului WADA a substanțelor și procedurilor interzise.

Coroborând toate aceste aspecte am concluzionat că realizarea la scară mondială a unui cod etic bine definit, privind recuperarea după efort și accidentare, corelate cu prevenirea unor potențiale afecțiuni grave, este foarte importantă, așa cum s-a întâlnit și în literatura de specialitate (Anderson & Gerrard, 2005; Burgess, 2011; Dunn et al., 2007; Greenfield & West, 2012).

3.5. Material și metodă

Coroborând informațiile obținute din studiul bibliografic și chestionarele analizate și ținând cont de aspectele etice, am stabilit etapele studiului și procedura de lucru.

3.5.1. Stabilirea eșantionului de lucru

Am ales participanții la studiu din rândul sportivilor de performanță ai cluburilor de profil gălățene, după întâlniri prealabile, repetate, cu antrenorii, sportivii și părinții minorilor. Am selectat 25 sportivi de baschet ai „Academiei Phoenix”, minori sau majori, dar aflați încă sub îngrijirea părinților (elevi 18 ani) și 12 jucători profesioniști de bowling, adulți. Toți au urmat procedura de investigare preliminară, aplicându-li-se criteriile de includere și excludere în studiu.

Deoarece 12 dintre părinții copiilor practicanți de baschet și-au dat acordul pentru investigare (inițială, pe parcursul studiului și finală) dar nu și pentru administrarea tratamentului cu O₂-O₃, am constituit din acești copii un lot martor. Ei au urmat procedura de investigare inițială și finală, precum și determinarea lactatului, dar nu au primit tratament cu O₃, respectând celelalte criterii ale includerii în studiu.

Grupul de bowling a cuprins sportivii de performanță ai echipei ACS Pol Gal Danub din Campionatul National Divizia

B, legitimați în Galați. Acest lot a fost neuniform, având în componență sportivi cu vârste cuprinse între 32- 56 ani, unii dintre ei cu patologii cronice (dislipidemii, obezitate).

3.5.2. Procedura de lucru

Procedura de lucru a cuprins două etape distincte: măsurătorile (inițiale și finale) pentru toate cele trei grupe și procedura propriu-zisă. Aceasta din urmă a avut, la rândul ei, două părți: administrarea amestecului O₂-O₃ (pentru grupul baschet și grupul bowling) și măsurarea lactatului (pentru toate cele trei grupuri).

Măsurătorile inițiale și finale au urmărit:

- ✓ examenul postural, alcătuit din examenul somatoscopic, analiza presiunilor plantare, echilibrului și staticii vertebrale
- ✓ analiza stării de sănătate a organismului: investigații de laborator (analize de sânge), electrocardiogramă, măsurarea greutății, înălțimii, tensiunii arteriale (TA), pulsului și testarea prin biorezonanță

Dintre investigațiile de laborator efectuate am urmărit în mod special: hemoleucograma (HLG), creatin-kinaza (CK) presiunea parțială a oxigenului și dioxidului de carbon (pO₂, pCO₂) și aciditatea sangvină, prin măsurarea pH-ului.

Procedura de administrare a amestecului O₂-O₃ și măsurarea lactatului

Amestecul gazos O₂-O₃ a fost obținut din O₂ medicinal pur și dozat cu ajutorul unui generator de O₃ medical, înregistrat ca aparatură medicală la Ministerul Sănătății, având sigla CE.

Am administrat amestecul O₂-O₃ (la grupa baschet și grupa bowling), sub formă de 10 insuflații rectale, cu o frecvență de două pe săptămână, timp de cinci săptămâni, în aceleași zile (marți și joi), la aceeași oră.

Protocolul de lucru a prevăzut măsurători ale lactatului (la toate cele trei grupe), inițial, la ședința a 6-a și a 10-a (înainte, după antrenament și la 30 minute de la administrarea O₃, respectiv după antrenament).

Administrarea O₂-O₃ s-a efectuat imediat după antrenamentul fizic obișnuit, finalizat cu un anumit tip de efort care a utilizat, cu precădere, metabolismul anaerob: alergare pe bandă, înclinație 12 °, viteză 10 km/oră, timp de 90 secunde. S-au utilizat volume și concentrații crescânde de amestec gazos.

3.6. Rezultate obținute în urma măsurătorilor. Discuții.

După derularea procedurii, am colectat datele obținute și le-am analizat utilizând pachetul software IBM SPSS Statistics 23:

3.6.1. Dinamica lactatului

Am efectuat testul Friedman pentru măsurători repetate, pentru a vedea, cu ajutorul diferenței de rang, dacă a existat o legătură între nivelul lactatului și momentul în care s-a efectuat testul (înainte de antrenament, după antrenament, la 30 de minute după OOT / după antrenament, în cazul grupului martor).

Lactatul la grupul care a primit O₃ (baschet, bowling)

Dacă analizăm împreună sportivii din cele două grupuri (baschet și bowling, Figura 24), constatăm că există diferențe statistice semnificative între:

- ✓ valoarea lactatului inițial: $\chi^2 = 31.00$, $p < 0.001$, media rangurilor fiind 1.67 înainte de antrenament, 2.92 după antrenament și 1.42 după administrarea O₃;
- ✓ valoarea lactatului ședința a 6-a de OOT: $\chi^2 = 40.08$, $p < 0.001$, media rangurilor fiind 1.79 înainte de antrenament, 3.00 după antrenament și 1.21 după administrarea O₃;

- ✓ valoarea lactatului ședința a 10-a de OOT: $\chi^2 = 48.00$, $p < 0.001$, media rangurilor fiind 2.00 înainte de antrenament, 3.00 după antrenament și 2.00 după administrarea O_3 .

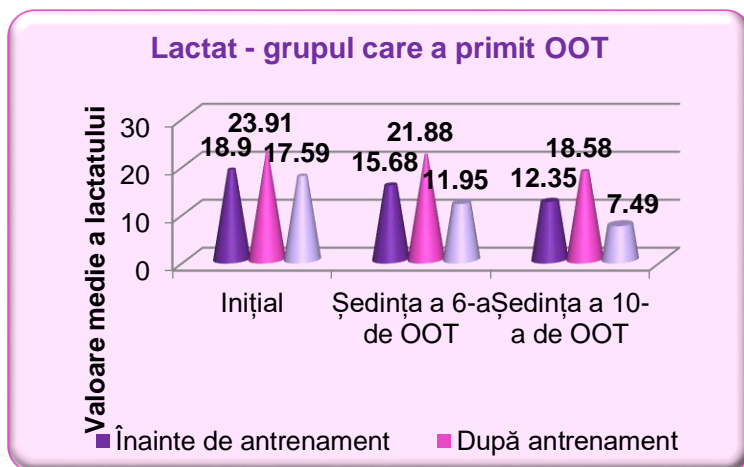


Figura 24. Dinamica lactatului la grupurile baschet și bowling care au primit O_3 (inițial, ședința a 6-a, ședința a 10-a)

Comparând cele două grupuri, baschet și martor observăm că scăderea acidului lactic este mai importantă în grupul baschet (cel care a primit ozon). La momentul 3 (ședința a 10-a, la 30 minute după administrarea de ozon sau după antrenament), media lactatului la grupul baschet este sub pragul anaerob, în timp ce la grupul martor rămâne în intervalul anaerob (Figura 25).

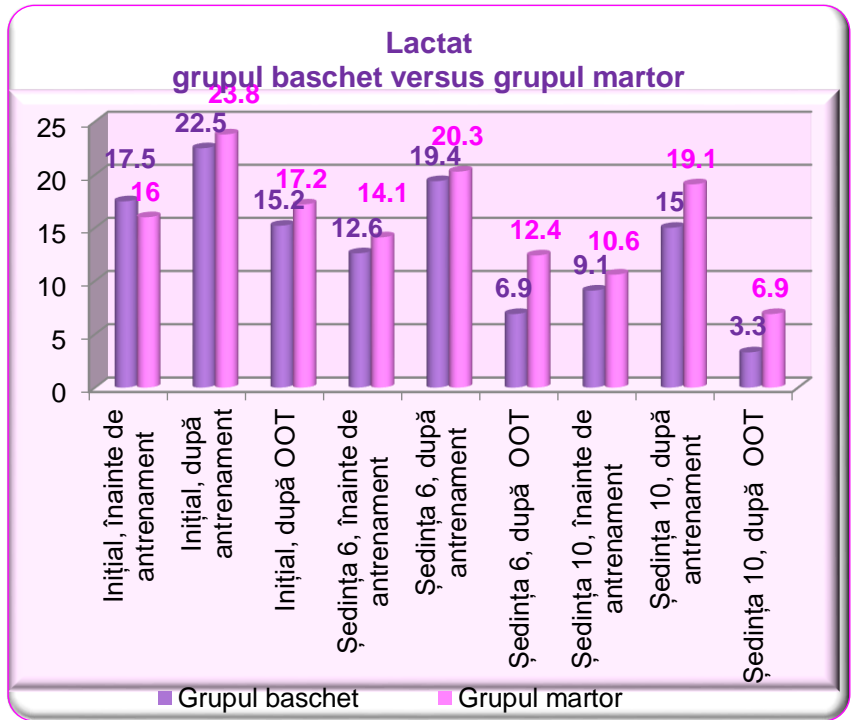


Figura 25. Dinamica lactatului grup baschet versus grup martor

3.6.2. Analiza hemoleucogramei (HLG)

În cadrul HLG s-au analizat, în două rânduri (inițial și final) următorii parametri: globulele roșii (RBC), globulele albe (WBC), trombocitele (plachetele, PLT), hemoglobina (HB) și hematocritul (HT).

Dinamica HLG la grupul de baschet:

Am calculat media, deviația standard și varianța în cazul HLG la grupul de baschet (Tabelul 11):

Tabelul 11. Statistică descriptivă, HLG grupul baschet

	Minim	Maxim	Media	Deviația standard	Varianța
Vârsta	15.00	16.00	15.75	0.45	0.20
RBC I	4.15	5.67	4.79	0.41	0.17
RBC F	4.38	5.32	4.812	0.33	0.10
HB I	13.50	17.10	15.24	1.06	10.13
HB F	13.70	17.00	15.12	0.96	0.92
HT I	40.70	47.80	44.05	1.91	3.66
HT F	41.30	49.40	44.88	2.58	6.66
PLT I	159.00	280.00	219.17	37.73	1423.78
PLT F	185.00	317.00	236.17	46.59	2170.69
WBC I	3.80	6.80	5.19	0.99	0.98
WBC F	4.70	14.40	7.02	2.69	7.26

Am analizat „testul t” pentru eşantioane perechi în cazul HLG, în grupul baschet. În acest sens am calculat deviația standard și eroarea standard a mediei. Am cercetat corelațiile existente între eşantioanele perechi și am constatat că acestea sunt foarte puternice în cazul:

- ✓ RBC inițial – RBC final ($r = 0.797$, $p = 0.002 < 0.05$),
- ✓ HB inițial – HB final ($r = 0.835$, $p = 0.001 < 0.05$),
- ✓ HT inițial – HT final ($r = 0.582$, $p = 0.047 < 0.05$),
- ✓ PLT inițial – PLT final ($r = 0.770$, $p = 0.003 < 0.05$),
- ✓ WBC inițial – WBC final ($r = 0.676$, $p = 0.016 < 0.05$).

Efectuând “testul t” pentru eşantioane perechi la grupul baschet, am constatat existența unor diferențe semnificative în cazul WBC: $t = -2.952$, $p = 0.013 < 0.05$, intervalul de încredere de 95% (-3.2004, -0.4662), diferența dintre medii= -1.8333). Valoarea medie finală a WBC este cu 35.31% mai mare decât cea inițială. Aceeași tendință s-a înregistrat și în cazul grupului bowling, explicația stând în

unele proprietăți ale OOT: modularea răspunsului imun, stimularea imunologică dar și în reducerea inflamației putând rezulta creșterea și activarea temporară a leucocitelor. Prin efectul antioxidant, O_3 protejează celulele, inclusiv leucocitele, scăzând distrugerea acestora de către stresul oxidativ.

Analizând diferențele HLG între grupul baschet și cel martor, constatăm că există diferențe minime, dar acestea nu au importanță statistică, eșantionul fiind redus.

Asemenea studiilor existente în literatura de specialitate (V. Bocci, 2005) OOT nu modifică Hb și Ht, deci, se confirmă faptul că nu poate fi considerată dopaj.

3.6.3. Dinamica gazelor sangvine (pCO_2 , pO_2), pH-ului și creatinkinazei (CK)

Din multitudinea parametrilor sangvini de biochimie și gazometrie determinați, am ales să analizez în această lucrare pCO_2 , pO_2 , pH sangvin și CK, deoarece:

- ✓ pCO_2 și pO_2 măsoară presiunea exercitată de moleculele de CO_2 și O_2 din sânge,
- ✓ pO_2 semnifică eficiența oxigenării celulare,
- ✓ pCO_2 este în legătură cu eliminarea CO_2 prin respirație și cu metabolismul celular,
- ✓ pH-ul sangvin, împreună cu bicarbonatul, sunt indicatori ai echilibrului acido-bazic.
- ✓ CK este o enzimă importantă în metabolismul energetic celular, creșterea tranzitorie în sângele sportivilor este corelată cu efortul fizic și cu microleziunile celulare.

La ambele grupuri care au primit OOT, s-au înregistrat:

- ✓ scăderea importantă a mediei valorilor CK final față de inițial,
- ✓ scăderea CO_2 final, față de inițial,

-
- ✓ creșterea pO_2 final,
 - ✓ creșterea pH-ului sangvin.

În studiul prezent au existat creșteri ale pH-ului (scăderea acidității), fiind semnificative la grupul baschet și nesemnificative statistic la grupul bowling, neexistând corelații între cele două grupuri. La sportivii din grupul bowling impactul O_3 asupra pH-ului sangvin este mai mic decât în grupul baschet, datorită particularităților legate de vârstă, a statusului oxidativ ridicat și tendința la inflamație cronică. Cu toate acestea, valoarea pH-ului a crescut și la acești sportivi, chiar dacă se află în intervalul de aciditate.

CK este o enzimă importantă în metabolismul energetic celular. Creșterea tranzitorie a nivelului acesteia în sângele sportivilor este corelată cu efortul fizic și cu microleziunile celulare. Unii consideră că o creștere de două-trei ori a nivelului CK, frecvent întâlnită la sportivi, afectează în oarecare măsură rinichiul (Stanley et al., 2024).

Prin administrarea amestecului O_2-O_3 sub forma insuflațiilor rectale, aportul suplimentar de O_2 limitează distrucția tisulară, tradusă prin scăderea mediei valorilor CK. La grupul bowling, unde distrucția tisulară este mai mare din cauza vârstei, creșterea oxigenării celulare are un impact mai mare asupra scăderii CK, fenomen mai evident decât la grupul baschet. În unele situații comparația între lotul baschet și marotor nu a fost semnificativă, valorile obținute la lotul marotor fiind contradictorii, probabil din cauza numărului redus de participanți. De aceea, sunt necesare studii suplimentare .

3.6.4. Dinamica valorilor presiunilor plantare și a staticii vertebrale. Efectul O_3 asupra musculaturii scheletice

O_3 nu influențează direct presiunilor plantare sau statica vertebrală, ci indirect, acționând asupra musculaturii striate, ligamentelor și tendoanelor.

Prin analiza statistică a presiunilor plantare, măsurate la începutul și la sfârșitul studiului, am urmărit dacă OOT are efect asupra musculaturii sportivului. Utilizând platforma baropodometrică Free Med, Sensor Medica Italia, am analizat trei parametri:

- media presiunii plantare dreapta / stânga (P.Avg dr. / stg.), în static,
- procentul de încărcare podologică, sarcina, dreapta / stânga (load % dr. / stg.) în static,
- variația centrului de forță (delta CoF), pentru fiecare picior, în dinamică.

În sportul de performanță analiza presiunilor plantare se utilizează pentru depistarea și rezolvarea unor probleme podologice dar și pentru creșterea performanței sportive.

Analiza podologică la grupul baschet arată că există diferențe semnificative în ceea ce privește încărcarea piciorului (load % static), între valorile inițiale și finale, atât pe stânga cât și pe dreapta. În grupul bowling există diferențe semnificative în timpul mersului între delta CoF inițial și final, valoarea medie finală fiind cu 4.4% mai mare decât cea inițială, traducând o coordonare mai bună.

Există corelații foarte puternice între media presiunilor plantare (P.Avg dr/stg, inițial/final) și încărcarea podologică (load % static dr/stg, inițial/final) la cele două grupuri care au primit O₃. Modificările presiunilor plantare ne determină să concluzionăm că O₃ administrat intrarectal are efect asupra musculaturii.

Deoarece mișcarea se produce de-a lungul unui lanț cinematic, putem deduce că există o legătură biomecanică între valorile reperelor staticii vertebrale și cele podologice, modificarea unora ducând la variația celorlalte. Acest lucru

este realizat prin efortul compensator al creierului care încearcă să echilibreze postura. Astfel:

- înclinarea CV se însoțește de un dezechilibru stg/dr în statică și în dinamică, iar modificarea curburii coloanei cervicale, tradusă prin variația CArr, afectează compensator statica vertebrală prin împingerea capului înainte sau înapoi, ceea ce poate favoriza o încărcare podologică stg/ dr dezechilibrată.
- modificarea săgeții lombare (LArr) arată variația lordozei lombare (hiperlordoză sau hipolordoză). Aceasta influențează centrul de greutate, deplasându-l anterior sau posterior, modificând distribuția și media presiunilor plantare (PAvg).
- unghiul cifotic ICT-ITL și unghiul lordotic ITL-ILS se corelează cu PAvg, accentuarea acestor unghiuri sau reducerea lor, modifică poziția trunchiului sau a bazinului, deplasează centrul de greutate și modifică presiunile plantare.
- oblicitatea centurii scapulare (Oblic SLSR) este în corelație cu delta CoF, în sensul că asimetria acesteia (dată în general de prezența unei scolioze), conduce la un dezechilibru al centrului de greutate în timpul mersului, pe care creierul îl echilibrează, crescând delta CoF pe partea opusă dezechilibrului.
- oblicitatea centurii pelvine (Oblic DLDR) se asociază cu diferența de încărcare dintre membrele pelvine (load % static), de multe ori datorate unei diferențe de lungime dintre acestea.

Observăm existența acestor corelații mai frecvent la grupurile care au primit OOT, decât la grupul martor

CAPITOLUL 4

4. CONCLUZIILE GENERALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE ȘI PERSPECTIVE

Pasiunea pentru ozonoterapie și dorința de a găsi noi căi de refacere nemedicamentoasă a organismului uman m-au determinat să mă aplec asupra cercetării recuperării fizice după efort, a sportivilor de performanță, folosind ozonoterapia. Studiul și-a atins obiectivele propuse:

- am demonstrat efectul OOT asupra metabolizării acidului lactic, scăderii pCO_2 , creșterii pO_2 și pH-ului.
- am observat efectul pe care O_3 , administrat sub forma insuflațiilor rectale îl are asupra musculaturii striate, influențând presiunile plantare și statica vertebrală.

Un ultim obiectiv este acela de a crește numărul sportivilor care să introducă ozonoterapia în rândul procedurilor utilizate în recuperarea fizică, dar atingerea acestuia necesită mai mult timp.

Provocările au fost multiple, cea mai importantă fiind alegerea eșantionului de lucru. Reticența la nou, lipsa de informații, neîncrederea în terapiile alternative, numărul redus al studiilor de cercetare, cu care populația să fie obișnuită, au avut un impact negativ asupra alegerii eșantionului. Deoarece studiul s-a adresat sportivilor de performanță, numărul acestora a fost redus. De aceea consider că un studiu multicentric ar avea avantajul unui eșantion mai mare, care să cuprindă mai mulți sportivi de performanță, din sporturi diverse.

4.1. Concluzii generale privind ozonoterapia. Aportul personal la dezvoltarea ozonoterapiei în România

Faptul că ozonul este o formă alotropă a oxigenului, îl face să fie instabil, extrem de reactiv, capabil să determine efecte pozitive și negative asupra organismului uman. Destinat inițial dezinfecției și purificării apei potabile și reziduale, prin inventarea generatoarelor de ozon medicinal, O₃ a fost utilizat inițial în cosmetică, la ozonarea uleiului de măsline. Ulterior, datorită capacității acestuia de a reacționa cu biomoleculele la nivelul dublelor legături, amestecul O₂-O₃ și-a găsit utilitatea în medicină.

OOT este o procedură medicală cu diferite efecte terapeutice, în funcție de concentrația de O₃ și de calea de administrare folosite. Generatoarele moderne, având posibilitatea de reglare fină a concentrației amestecului gazos O₂-O₃, împreună cu existența unor protocoale la nivel internațional, fac din ozonoterapie o procedură sigură. Rezultatele obținute au făcut obiectul numeroaselor publicații.

În România, OOT a fost utilizată pentru prima dată în perioada 1979 - 1987 la Clinica Chirurgie I Cluj, iar rezultatele obținute la pacienții cu arteriopatie obliterantă au fost prezentate sub forma unei lucrări științifice în Revista Chirurgie nr III, din mai 1985. În 2008 a luat ființă SSROOT, membră a WFOT. În perioada 2018 – 2022 România s-a aflat la conducerea FWOT și a organizat al 7-lea Congres al WFOT (mai 2022, București), iar în februarie 2023 a implementat Atestatul de Ozonoterapie în Practica Medicală.

Am descoperit OOT în 2012, studiind diverse publicații ale platformei PubMed, iar în 2013 am absolvit cursul postuniversitar de ozonoterapie în practica medicală. Zece

ani mai târziu, am obținut atestarea de către Ministerul Sănătății, în practicarea ozonoterapiei.

În calitatea de medic ozonoterapeut, membră din 2013 a SSROOT, în mai 2016, la prima Conferință Națională de ozonoterapie am prezentat lucrarea „Ozonoterapia versus tratamentul medicamentos în afecțiunile musculoscheletale”. În același an, am fost inițiatoarea Atelierele de Lucru ale SSROOT (workshop-uri), care s-au desfășurat în multe locuri din țară, iar experiența practică a diverșilor specialiști a fost adusă laolaltă, spre beneficiul tuturor. Consider că a fost momentul în care, sub o formă sau alta, am început să aprofundez studiul efectelor OOT asupra sănătății umane. Am participat la diferite conferințe naționale și internaționale cu lucrări despre cazuri clinice și am publicat rapoarte legate de această terapie (Dragomir, 2022, 2022; Dragomir, Mereuță, et al., 2024). În anul 2022 am publicat la Editura „Gup” a Universității „Dunărea de Jos” din Galați volumul „Pași.Ozonoterapia în tratamentul piciorului diabetic”, ISBN 978-606-696-238-4.

În urma unor controverse legate de instabilitatea O₃ și de toxicitatea sa asupra aparatului respirator, OOT nu s-a folosit la întreaga sa capacitate, existând o rezistență nejustificată împotriva ei, atât în țară cât și în afară.

La concentrații scăzute O₃ are efect hormetic. În vederea stabilirii concentrației și dozei de O₃ necesare este ideal să se utilizeze raportul GSH/GSSG, dovadă a nivelului statusului oxidativ. Prin „Declarația de la Madrid” s-au stabilit trei niveluri ale statusului oxidativ și dozele de O₃ necesare tratamentului, folosite pe scară largă, chiar în situația în care statusul oxidativ nu poate fi determinat prin investigații de laborator.

Plecând de la proprietățile și efectele O₃, având o singură contraindicație absolută (favismul- deficitul de G-6-PHD) și alte câteva relative (sângerare recentă, discraziile sangvine, hipetensiunea arterială necontrolată și hipertiroidia decompensată) consider că OOT poate fi aplicată cu succes în recuperarea după efort și în tratamentul diferitelor afecțiuni ale sportivilor, având efect similar corticosteroizilor, fără a avea reacții adverse și fără a genera alergii. Terapia prezintă avantajul că nu este considerată doping, doar anumite căi de administrare (MAH și administrarea intravenoasă) fiind interzise. Principiul de bază în aplicarea cercetării a fost „primum non nocere” și în acest scop s-au obținut toate aprobările necesare derulării studiului

Am consemnat câteva aspecte etice legate de recuperarea după efort a sportivilor. Existența la nivel mondial a unui Cod Etic unitar, bine definit, este foarte importantă.

4.2. Concluzii legate de efortul fizic și de recuperarea după efort

În funcție de tipul, durata și intensitatea amplitudinii capacității de efort, prin reacții specifice, efortul sportiv, fiind un stimul biologic, aduce modificări adaptative (menite să asigure un echilibru în organism) și acumulări fizice care duc la performanță. În literatura de specialitate este definit un concept adaptativ în caz de efort, denumit „Sindrom General de Adaptare”, care ajută la înțelegerea modificărilor organismului, cu scopul de a realiza programe de antrenament adaptate, pentru a aduce îmbunătățiri funcționale.

Mulți dintre sportivii cluburilor mici nu beneficiază de existența unei baze de tratament, a unui protocol de recuperare și a unei echipe medicale specializată în procesul

de recuperare. De aceea, am distribuit un chestionar adaptat la trei categorii de respondenți sportivi minori, sportivi majori (actuali sau foști sportivi), părinți ai sportivilor minori (<https://forms.gle/bz4EjyWZ6QKo8pTx6>). În urma unei analize statistice, am putut concluziona că, de cele mai multe ori, după efort nu se derulează un program de analiză a amplitudinii dezechilibrului produs de antrenament sau competiție și nici un protocol de recuperare, iar sportivii accidentați caută singuri rezolvarea. Sportivul nu este testat din punct de vedere al dezechilibrului după efort, minimalizându-se amploarea oboselii fizice, iar cercetarea ne arată că el se află într-o stare de acidoză permanentă, ceea ce predispune la apariția inflamației și afecțiunilor cronice.

În analiza și monitorizarea efortului fizic și al procesului de recuperare se folosesc diverse metode invazive și neinvazive. În timpul cercetării am apelat la ambele metode de investigare: invazivă (determinări ale diversilor markeri biologici sangvini) și non invazivă (analiza podologică și a staticii vertebrale, măsurarea tensiunii arteriale, pulsoximetria, electrocardiograma). Alegerea testelor potrivite pentru investigarea tipului de metabolism celular (aerob, anaerob sau mixt) este influențată de accesul la toate tipurile de teste și de existența unui laborator care să le poată efectua, cu precizie.

4.3. Concluzii legate de rezultatele obținute.

În urma cercetării efectuate am demonstrat unele dintre efectele pozitive ale OOT, la sportivii de performanță:

- creșterea eliminării lactatului la ambele grupuri care au primit OOT (sub pragul anaerob la grupul baschet), proporțional cu numărul ședințelor de OOT,
- combaterea acidității sangvine (crește pH-ul sangvin),
- creșterea numărului globulelor albe (leucocitelor), menținându-le în limita valorilor normale, efect util în procesul de imunomodulare
- limitarea distrucției musculare, argumentată prin scăderea CK, la ambele grupuri, mai ales la grupul bowling, unde datorită vârstei, distrucția era mai importantă,
- creșterea pO_2 și scăderea pCO_2 datorate aportului ridicat de O_2 la țesuturi.

4.3.1. Concluzii în legătură cu rezultatele privind dinamica acidului lactic

La sportivi, acidul lactic provine în mare parte din descompunerea carbohidraților. Se pare că acumularea de lactat este influențată de statusul enzimatic de la nivelul mușchilor și de intensitatea antrenamentului. Valoarea standard a lactatului determinat în sângele capilar este 0,5 – 2 mmol/l. La o valoare de 4 mmol/l, la sportivi, se consideră atingerea pragului anaerob.

La începutul studiului, valoarea medie a lactatului înainte de antrenament era crescută, deși sportivii veneau după mai mult de o lună de vacanță. Explicația ar putea fi aceea că, în lipsa unui efort fizic constant, lactatul și-a pierdut din capacitatea de semnalizare și, schimbându-și rata de metabolizare, s-a acumulat. Creșterea lactatului înainte și după antrenament, la măsurătorile efectuate la ședința a

6-a de OOT, comparativ cu momentul inițial, s-ar putea explica prin faptul că, după trei săptămâni de antrenament în urma efortului fizic, s-a produs o acumulare de lactat, care a scăzut în următoarele două săptămâni.

Măsurătorile lactatului au arătat că valoarea acestuia a scăzut de la începutul la sfârșitul studiului, la toate cele trei grupe. La grupele care au primit O₃, scăderea lactatului a fost proporțională cu numărul de administrări. Dacă analizăm valoarea medie a lactatului, la începutul și la sfârșitul studiului, ne-ar putea duce la concluzia că sportivii se află într-o acidoză permanentă. Există diferențe semnificative ale valorilor mediilor lactatului între grupul „baschet” și „bowling”, la toate determinările, mai puțin cele inițiale, înainte și după antrenament. Grupul „baschet”, la 30' după a 10-a administrare de O₃, a înregistrat valoarea medie a lactatului sub pragul anaerob (3,38 mmol/l). La grupul „bowling”, valorile lactatului au scăzut la aproximativ 50% față de valoarea inițială (20,058 mmol/l), dar mult peste pragul anaerob (11,6 mmol/l). Media inițială a valorilor lactatului la grupul „mator”, la 30' după antrenament a fost 17,258 mmol/l, pentru ca la sfârșitul studiului să înregistreze o valoare de 7,77 mmol/l, adică peste pragul anaerob. Cu toate acestea, deși din punct de vedere fizic există diferențe, din punct de vedere statistic diferențele nu sunt considerate semnificative. Probabil, analiza lactatului la un eșantion mai mare ar aduce lămuriri suplimentare în această direcție.

4.3.2. Concluzii în legătură cu rezultatele privind dinamica hemoleucogramei

Ozonoterapia nu modifică valorile medii ale hemoglobinei și hematocritului. Acest lucru confirmă faptul că O₃ nu are proprietăți dopante și, așa cum spunea Bocci (V. Bocci,

2005), influențează pentru scurt timp HLG. Creșterea tranzitorie a leucocitelor (globulelor albe), poate fi explicată prin unele dintre proprietățile O₃ (V. Bocci et al., 2007; Valacchi & Bocci, 2000; Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021). Creșterea tranzitorie a leucocitelor poate fi datorată atât OOT cât și efortului fizic. Cercetarea nu a vizat diferențierea cauzei creșterii leucocitelor (efort fizic sau OOT) dar, având în vedere efectul O₃ asupra leucocitelor, întâlnit în practica medicală, mă simt motivată să afirm că ozonul este răspunzător de creșterea acestora. Concentrațiile hormetice cresc numărul leucocitelor, în timp ce concentrațiile mari scad numărul lor, motiv care îl indică în procesul de imunomodulare (Tahmasebi et al., 2021; Valacchi & Bocci, 2000; Viebahn-Haensler, R. & León Fernández, 2021).

În acest studiu nu am găsit diferențe semnificative între grupurile analizate, baschet versus bowling, baschet versus martor.

4.3.3. Concluzii legate de dinamica valorilor pCO₂, pO₂, pH și CK

Din multitudinea parametrilor sangvini de biochimie și gazometrie determinați, am analizat în această lucrare pCO₂, pO₂, pH sangvin și CK.

La ambele grupuri care au primit OOT s-au înregistrat:

- scăderi importante ale mediei valorilor CK final față de inițial,
- scăderea CO₂ final, față de inițial,
- creșterea pO₂ final,
- creșterea pH-ului sangvin.

Prin efectul antioxidant, O_3 echilibrează sistemul oxidanți / antioxidanți, îmbunătățind pH-ul sangvin. Variația pH-ului în organism este, în general, foarte mică, fapt esențial în asigurarea homeostaziei. În studiul prezent au existat creșteri ale pH-ului (scăderea acidității), fiind semnificative la grupul baschet și ne semnificative statistic la grupul bowling, neexistând corelații între cele două grupuri. La sportivii din grupul bowling impactul O_3 asupra pH-ului sangvin este mai mic decât în grupul baschet, explicația fiind că sportivii de bowling datorită particularităților legate de vârstă, a statusului oxidativ ridicat și tendința la inflamație cronică, au un pH mai mic. Cu toate acestea, valoarea pH-ului a crescut și la acești sportivi, chiar dacă se află în intervalul de aciditate.

Creșterea pCO_2 și diminuarea pO_2 , în organism, au efect important asupra sănătății sportivului, iar celula musculară care este supusă unui efort ridicat este cea mai afectată, aflându-se de multe ori în „datorie” de oxigen.

CK este o enzimă importantă în metabolismul energetic celular. Creșterea tranzitorie a nivelului acesteia în sângele sportivilor este corelată cu efortul fizic și cu microleziunile celulare. Faptul că sportivii nu sunt testați în legătură cu dezechilibrul hidroelectrolitic și că majoritatea se află într-o stare de hipoxie permanent (aspect rezultat și din cercetarea actuală), care se accentuează pe durata efortului fizic anaerob, expune sportivul la fenomene de rbdomioliză (distrugere musculară), care în timp afectează rinichiul.

Prin administrarea amestecului O_2 - O_3 sub forma insuflațiilor rectale, aportul suplimentar de O_2 limitează distrucția tisulară, tradusă prin scăderea mediei valorilor CK.

La grupul bowling, unde distrucția tisulară este mai mare din cauza vârstei, creșterea oxigenării celulare are un impact mai mare asupra scăderii CK, fenomen mai evident decât la grupul baschet.

4.3.4. Concluzii legate de evoluția presiunilor plantare și ale staticii vertebrale

OOT nu realizează corecția valorilor podologice sau ale staticii vertebrale în mod direct, ci în mod indirect, prin acțiunea miorelaxantă asupra musculaturii scheletice. Acest aspect este observat imediat, în cazul administrării O₃ sub formă de infiltrații locale intramusculare profunde sau superficiale (subcutanate).

Dacă analizăm comparativ valorile inițiale și finale ale parametrilor podologici la cele două grupuri care au primit O₃, constatăm că există corelații foarte puternice între media presiunilor plantare (P.Avg dr/stg, inițial/final) și încărcarea podologică (load % static dr/stg, inițial/final), corelate cu statica vertebrală.

Modificările presiunilor plantare ne determină să concluzionăm că administrarea intrarectală de O₃ are efect asupra musculaturii striate, iar prin intermediul acesteia, asupra posturii dar și a coordonării. Având în vedere că variația centrului de forță (delta CoF) este sub coordonarea sistemului postural dar și a creierului care, prin intermediul cerebelului și cortexului motor, coordonează mersul și echilibrul, ar fi necesare studii suplimentare, de neurofiziologie, privind efectul tratamentului cu ozon asupra SNC.

Deoarece mișcarea are loc de-a lungul unui lanț cinematic, există o legătură biomecanică între valorile

podologice și repererele staticii vertebrale, modificarea unora ducând la variația celorlalte.

4.4. Aportul personal

Studierea efectelor clinice ale OOT în cadrul unor studii doctorale, nu a mai fost abordată în România și, probabil, nici în altă țară din lume. De asemenea, numărul articolelor științifice dedicate ozonoterapiei în România sunt foarte reduse, iar cele care privesc OOT la sportivi lipsesc în România și sunt foarte reduse la nivel internațional. De aceea, mi-am dorit ca această cercetare să constituie un prim pas, pentru studii ulterioare legate de beneficiile OOT asupra sănătății și performanței sportivilor.

Începând cu anul 2019 am combinat în activitatea mea ozonoterapia cu kinetoterapia, acupunctura și posturologia. Această preocupare mi-a oferit o deschidere spre colaborarea cu sportivii de performanță, iar ulterior cu Facultatea de Educație Fizică și Sport, unde împreună cu o echipă dedicată am început acest studiu. Am convingerea că pregătirea mea profesională ca medic urgentist, cu atestat în două terapii complementare (ozonoterapie și acupunctură) va aduce o nouă perspectivă referitoare la procesul de recuperare fizică a sportivilor.

Pe parcursul studiilor doctorale, în anul 2022, am publicat la editura Gup a Universității „Dunărea de Jos” din Galați cartea „Pași. Ozonoterapia în tratamentul piciorului diabetic”, bazată pe experiența clinică personală, argumentată cu prezentarea unor cazuri clinice.

În lucrarea actuală am arătat efectul OOT asupra metabolizării acidului lactic, implicat în creșterea acidității și

apariția oboselii musculare, studiu pe care nu l-am mai întâlnit în literatura de specialitate studiată.

Demonstrând efectul indirect al OOT asupra posturii, am continuat linia de cercetare începută modest într-un articol personal despre efectele ozonoterapiei asupra posturii (Dragomir, 2022).

Prin această lucrare, am arătat existența unor probleme cu impact etic, întâlnite în activitatea sportivă din multe cluburi și am încercat să previn apariția lor pe parcursul cercetării.

4.5. Perspective ale cercetării viitoare, desprinse din cercetarea actuală

Din studiul realizat în perioada 2021-2024, legat de utilizarea ozonoterapiei în recuperarea fizică a sportivilor, s-au conturat câteva întrebări sau ipoteze care necesită cercetări suplimentare, de preferat studii randomizate, dublu orb, realizate în condiții de laborator, cu posibilitatea analizării statusului oxidativ, prin determinarea raportului GSH/ GSSG, astfel:

- Analiza repetată a lactatului la un eșantion mai mare de sportivi, care să urmeze un anumit protocol de OOT, pentru a stabili dacă tratamentul cu O₃, scade sau nu pragul alactacid; ar fi utilă administrarea de O₃ la diverse concentrații, pentru dezvoltarea unor protocole personalizate.
- Ar fi interesant de studiat dacă OOT crește durata și intensitatea puterii alactacide anaerobe maxime și a capacității de sprint repetat.
- Studiile neurofiziologice privind efectul ozonoterapiei asupra echilibrului și sistemului postural vor constitui,

cu siguranță, o direcție în care cercetările mele se vor îndrepta în viitorul apropiat

- Nu în ultimul rând, împreună cu echipa care m-a coordonat în acest studiu, ne dorim realizarea unui Cod Etic privind recuperarea sportivului după efort și accidentare.

Fără a fi un panaceu universal, terapia cu ozon (naturală și sigură) își găsește aplicabilitate în tratarea diferitelor afecțiuni sau disfuncții ale organismului uman, pentru păstrarea sănătății și creșterea calității vieții.

Efectul OOT asupra sistemului musculoscheletal și a posturii, aduce față în față două științe relativ noi, ozonoterapia și posturologia, care necesită studii suplimentare, efectuate în condiții de laborator, în vederea stabilirii legăturii dintre ele și modul în care pot ajuta în recuperarea sportivilor după efort și după accidentare și în creșterea performanței sportive.

Cercetările ulterioare îi revine rolul primordial în stabilirea unor protocoale standardizate, legate de procesul de recuperare fizică, creșterea performanței sportive și a rezistenței la efort. Fiecare studiu ce va urma, va lămuri anumite aspecte dar va genera un număr suplimentar de întrebări, ce se vor dori cercetate, argumentate.

Drd Maricela Dragomir
*„Cercetări privind recuperarea sportivilor
după efort folosind ozonoterapia”*

ANEXE

ANEXA 1. Acordul WADA referitor la utilizarea OOT la sportivii de performanță



CĂTRE,

Nr: 1454/ANAD
DATA 04.07.2025

SOCIETATEA ȘTIINȚIFICĂ ROMÂNĂ DE OXIGEN-OZONO-TERAPIE

Domnului Mogoș Gabriel Florin Răzvan, Președinte

Sîmte Dumnule președinte,

În urma solicitării dumneavoastră cu privire la aplicațiile ozonoterapiei în cazul sportivilor de performanță, Agenția Națională Anti-Doping a contactat Agenția Mondială Anti-Doping (WADA) în vederea obținerii unui punct de vedere oficial. Grupul consultativ de experți ai WADA au stabilit următoarele, având în vedere Lista Interzisă 2023:

INTERZIS la secțiunea M1:

1. Autohemoterapia: sângele este prelevat de la sportiv, amestecat cu ozon și, în final, reinfuzat intravenos. Este interzis la secțiunea M1.1.
2. Injecție directă cu ozon în venă. Interzisă la secțiunea M1.3 - "Orice formă de manipulare intravasculară a sîngelui sau a componentelor sanguine prin mijloace fizice sau chimice". Această secțiune a fost introdusă pentru a se evita manipulările intravenoase, cum ar fi cu ozon, laser etc.

NU este interzis:

1. Administrarea directă a amestecului gazos ozon/oxigen într-o articulație: de exemplu intradiscal; intraarticular.
2. Ozonul administrat local și inhalat: pe arsuri, răni, ulceratii deschise, infecții dentare sau cutanate. De asemenea, inhalat în rect, vagin, uretră și ureche.
3. Injecțarea intramusculară de ozon sau de cantități mici de sânge autolog (10 ml) pretratată cu ozon.

Sperăm că informațiile prezentate prin această corespondență sunt suficiente pentru a lamuri solicitarea dumneavoastră.

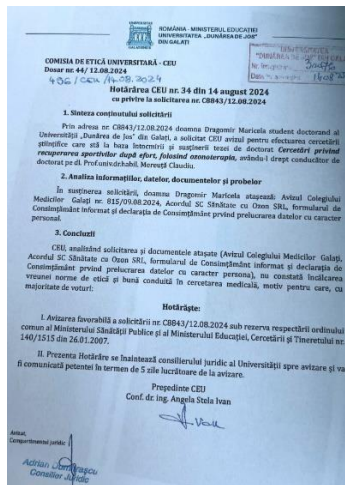
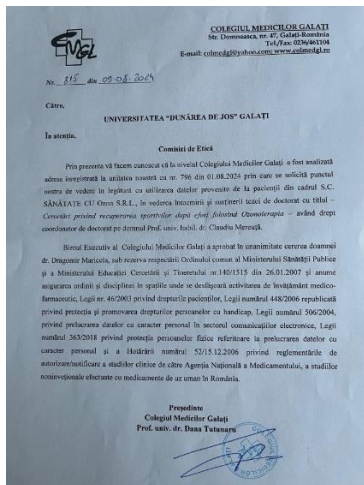
Cu deosebită considerație,

Președinte,
Stefan ROHNEAN

PREȘEDINTE

B-dul. Basarabia nr. 27-36, scad 022103, Sector 2, București
tel-fax: +40 21 211 55 41
www.anad.gov.ro

ANEXA 2_ Acordurile Comisiei de Etică
și al
Colegiului Medicilor



REFERINȚE

- Acevedo-Rodriguez, A., Kauffman, A. S., Cherrington, B. D., Borges, C. S., Roepke, T. A., & Laconi, M. (2018). Emerging insights into Hypothalamic-pituitary-gonadal (HPG) axis regulation and interaction with stress signaling. *Journal of Neuroendocrinology*, 30(10), e12590. <https://doi.org/10.1111/jne.12590>
- Aldalaien, S., & Martínez-Sánchez, G. (2005). *Therapeutic efficacy of ozone in patients with diabetic foot*. 523, 151–161.
- Alghannam, A. F., Ghaith, M. M., & Alhussain, M. H. (2021). Regulation of Energy Substrate Metabolism in Endurance Exercise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4963. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094963>
- Amawi, A., AlKasasbeh, W., Jaradat, M., Almasri, A., Alobaidi, S., Hammad, A. A., Bishtawi, T., Fataftah, B., Turk, N., Saoud, H. A., Jarrar, A., & Ghazzawi, H. (2024). Athletes' nutritional demands: A narrative review of nutritional requirements. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1331854. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1331854>
- Anca Ionescu, Adela Apostol, Ileana Barbu, Carmen Cocian, Manole Cojocar, Mioara Conea, Simona Flavia Dincă, Paula Drosescu, & Mihai Ion. (2013). *Medicina Sportiva Performanta Si Sanatate—PDFCOFFEE.COM*. <https://pdfcoffee.com/medicina-sportiva-performanta-si-sanatate-pdf-free.html>
- Anderson, L. C., & Gerrard, D. F. (2005). Ethical issues concerning New Zealand sports doctors. *Journal of Medical Ethics*, 31(2), 88–92. <https://doi.org/10.1136/jme.2002.000836>
- Ando, S., Kida, N., & Oda, S. (2001). Central and Peripheral Visual Reaction Time of Soccer Players and Nonathletes. *Perceptual and Motor Skills*, 92(3), 786–794. <https://doi.org/10.2466/pms.2001.92.3.786>
- Anzolin, A. P., da Silveira-Kaross, N. L., & Bertol, C. D. (2020). Ozonated oil in wound healing: What has already been

- proven? *Medical Gas Research*, 10(1), 54–59.
<https://doi.org/10.4103/2045-9912.279985>
- Apostu, M. (2014). The Effect of Ergogenic Substances Over Sports Performance. *cProcedia - Social and Behavioral Sciences*, 117, 329–334.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.02.222>
- Arruda, A. F. S., Aoki, M. S., Freitas, C. G., Drago, G., Oliveira, R., Crewther, B. T., & Moreira, A. (2014). Influence of competition playing venue on the hormonal responses, state anxiety and perception of effort in elite basketball athletes. *Physiology & Behavior*, 130, 1–5.
<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.03.007>
- Babaei-Ghazani, A., Najarzadeh, S., Mansoori, K., Forogh, B., Madani, S. P., Ebadi, S., Fadavi, H. R., & Eftekharsadat, B. (2018). The effects of ultrasound-guided corticosteroid injection compared to oxygen-ozone (O2-O3) injection in patients with knee osteoarthritis: A randomized controlled trial. *Clinical Rheumatology*, 37(9), 2517–2527.
<https://doi.org/10.1007/s10067-018-4147-6>
- Babior, B. M., Takeuchi, C., Ruedi, J., Gutierrez, A., & Wentworth, P. (2003). Investigating antibody-catalyzed ozone generation by human neutrophils. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(6), 3031–3034.
<https://doi.org/10.1073/pnas.0530251100>
- Baeza-Noci, J. (2007). Spinal ozone therapy in lumbar spinal stenosis. *International Journal of Ozone Therapy*, 6, 17–24.
- Banfi, G., Colombini, A., Lombardi, G., & Lubkowska, A. (2012). Metabolic markers in sports medicine. *Advances in Clinical Chemistry*, 56, 1–54. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394317-0.00015-7>
- Beckner, G. L., & Winsor, T. (1954). Cardiovascular Adaptations to Prolonged Physical Effort. *Circulation*, 9(6), 835–846.
<https://doi.org/10.1161/01.CIR.9.6.835>
- Bennell, K. L., Paterson, K. L., Metcalf, B. R., Duong, V., Eyles, J., Kasza, J., Wang, Y., Cicuttini, F., Buchbinder, R., Forbes, A., Harris, A., Yu, S. P., Connell, D., Linklater, J., Wang, B. H., Oo, W. M., & Hunter, D. J. (2021). Effect of Intra-articular Platelet-Rich Plasma vs Placebo Injection on Pain and

-
- Medial Tibial Cartilage Volume in Patients With Knee Osteoarthritis: The RESTORE Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 326(20), 2021–2030. <https://doi.org/10.1001/jama.2021.19415>
- Bocci, V. (2004). Ozone as Janus: This controversial gas can be either toxic or medically useful. *Mediators of Inflammation*, 13(1), 594205. <https://doi.org/10.1080/0962935062000197083>
- Bocci, V. A. (2007). Tropospheric ozone toxicity vs. Usefulness of ozone therapy. *Archives of Medical Research*, 38(2), 265–267. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2006.09.011>
- Bocci, V., Borrelli, E., Travagli, V., & Zanardi, I. (2009). The ozone paradox: Ozone is a strong oxidant as well as a medical drug. *Medicinal Research Reviews*, 29(4), 646–682. <https://doi.org/10.1002/med.20150>
- Bocci, V. (with Internet Archive). (2005). *Ozone: A new medical drug* (second). Dordrecht, The Netherlands ; Norwell, MA : Springer. <http://archive.org/details/ozonenewmedical0000bocci>
- Boczkowska-Radziwon, B., Olbromski, P. J., Rogowska, A., Bujno, M., Myśliwiec, M., Żebrowska, A., Średziński, D., Polityńska, B., Wojtukiewicz, M. Z., & Radziwon, P. (2022). Ozonation of Whole Blood Results in an Increased Release of Microparticles from Blood Cells. *Biomolecules*, 12(2), 164. <https://doi.org/10.3390/biom12020164>
- Bordoni, B., & Zanier, E. (2013). Skin, fascias, and scars: Symptoms and systemic connections. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 7, 11–24. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S52870>
- Borrelli, E., & Bocci, V. (2002). A Novel Therapeutic Option for Chronic Fatigue Syndrome and Fibromyalgia. *Rivista Italiana Di Ossigeno-Ozonoterapia*, 1, 149–153.
- Bownds, D. (2008, May 30). *Models of cognitive control in prefrontal cortex*. <https://mindblog.dericbownds.net/2008/05/models-of-cognitive-control-in.html>
- Brancaccio, P., Maffulli, N., & Limongelli, F. M. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British Medical Bulletin*, 81–82, 209–230. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldm014>
-

- Brown, J. S. (2009). Acute Effects of Exposure to Ozone in Humans. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 180(3), 200–201. <https://doi.org/10.1164/rccm.200906-0834ED>
- Buldt, A. K., Allan, J. J., Landorf, K. B., & Menz, H. B. (2018). The relationship between foot posture and plantar pressure during walking in adults: A systematic review. *Gait & Posture*, 62, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.02.026>
- Bulduș, C. (2017). *ANTRENAMENTUL NEUROMUSCULAR ÎN PREGĂTIREA SPORTIVĂ ȘI PREVENȚIA ACCIDENTĂRILOR*. Presa Universitară Clujeană. <http://www.editura.ubbcluj.ro/>
- Burgess, T. L. (2011). Ethical issues in return-to-sport decisions. *South African Journal of Sports Medicine*, 23(4). <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2011/v23i4a327>
- Bussotti, M., Di Marco, S., & Marchese, G. (2014). Respiratory disorders in endurance athletes – how much do they really have to endure? *Open Access Journal of Sports Medicine*, 5, 47–63. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S57828>
- Cairns, S. P., & Lindinger, M. I. (2008). Do multiple ionic interactions contribute to skeletal muscle fatigue? *The Journal of Physiology*, 586(17), 4039–4054. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2008.155424>
- Carlisle, A.J. & Sharp, N.C. (2001). Exercise and outdoor ambient air pollution. *British Journal of Sports Medicine*, 35(4), 214–222. <https://doi.org/10.1136/bjism.35.4.214>
- Cattaneo, A., Cattane, N., Galluzzi, S., Provasi, S., Lopizzo, N., Festari, C., Ferrari, C., Guerra, U.P., Paghera, B., Muscio, C, Bianchetti, A, Volta, G.D., Turla, M., Cotelli, M.S., Genuso, M., Prella, A., Zanetti, O., Lussignoli, G., Mirabile, D., ... INDIA-FBP Group. (2017). Association of brain amyloidosis with pro-inflammatory gut bacterial taxa and peripheral inflammation markers in cognitively impaired elderly. *Neurobiology of Aging*, 49, 60–68. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2016.08.019>
- Chaves, T. C., Turci, A. M., Pinheiro, C. F., Sousa, L. M., & Grossi, D. B. (2014). Static body postural misalignment in individ-

- uals with temporomandibular disorders: A systematic review. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 18(6), 481–501. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0061>
- Chirumboblo, S., ORCID, Valdenassi, L., Tirelli, U., Ricevuti, G., Pandolfi, S., Vaiano, F., Galoforo, A., Loprete, F., Simonetti, V., Chierchia, M., Bellardi, D., Richelmi, T., & Franzini, M. (2023). Biology | Free Full-Text | The Oxygen–Ozone Adjunct Medical Treatment According to the Protocols from the Italian Scientific Society of Oxygen–Ozone Therapy: How Ozone Applications in the Blood Can Influence Clinical Therapy Success via the Modulation of Cell Biology and Immunity. *Biology*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/biology12121512>
- Clavo, B., Pérez, J. L., López, L., Suárez, G., Lloret, M., Rodríguez, V., Macías, D., Santana, M., Morera, J., Fiuza, D., Robaina, F., & Günderoth, M. (2003). Effect of Ozone Therapy on Muscle Oxygenation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 9(2), 251–256. <https://doi.org/10.1089/10755530360623365>
- Clavo, B., Rodríguez-Abreu, D., Galván, S., Federico, M., Martínez-Sánchez, G., Ramallo-Fariña, Y., Antonelli, C., Benítez, G., Rey-Baltar, D., Jorge, I. J., Rodríguez-Esparragón, F., & Serrano-Aguilar, P. (2022). Long-term improvement by ozone treatment in chronic pain secondary to chemotherapy-induced peripheral neuropathy: A preliminary report. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.935269>
- Clavo, B., Rodríguez-Esparragón, F., Rodríguez-Abreu, D., Martínez-Sánchez, G., Llontop, P., Aguiar-Bujanda, D., Fernández-Pérez, L., & Santana-Rodríguez, N. (2019). Modulation of Oxidative Stress by Ozone Therapy in the Prevention and Treatment of Chemotherapy-Induced Toxicity: Review and Prospects. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 8(12), 588. <https://doi.org/10.3390/antiox8120588>
- Cuccia, A & Caradonna, C. (2009). The Relationship Between the Stomatognathic System and Body Posture. *Clinics*, 64(1), 61–66. <https://doi.org/10.1590/S1807-59322009000100011>

- da Silva Machado, D. G., Costa, E. C., Ray, H., Beale, L., Chatzisarantis, N. L. D., de Farias-Junior, L. F., & Hardcastle, S. J. (2019). Short-Term Psychological and Physiological Effects of Varying the Volume of High-Intensity Interval Training in Healthy Men. *Perceptual and Motor Skills*, 126(1), 119–142. <https://doi.org/10.1177/0031512518809734>
- de Araujo, G. G., Papoti, M., Dos Reis, I. G. M., de Mello, M. A. R., & Gobatto, C. A. (2016). Short and Long Term Effects of High-Intensity Interval Training on Hormones, Metabolites, Antioxidant System, Glycogen Concentration, and Aerobic Performance Adaptations in Rats. *Frontiers in Physiology*, 7, 505. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00505>
- de Sire, A., Marotta, N., Ferrillo, M., Agostini, F., Sconza, C., Lippi, L., Respizzi, S., Giudice, A., Invernizzi, M., & Ammendolia, A. (2022). Oxygen-Ozone Therapy for Reducing Pro-Inflammatory Cytokines Serum Levels in Musculoskeletal and Temporomandibular Disorders: A Comprehensive Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(5), 2528. <https://doi.org/10.3390/ijms23052528>
- Delgado, B. J., & Bajaj, T. (2024). Physiology, Lung Capacity. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK541029/>
- Diaz-Luis, J., Menendez-Cepero, S., Diaz-Luis, A., & Ascanio-Garcia, Y. (2015). In vitro effect of ozone in phagocytic function of leucocytes in peripheral blood. *Journal of Ozone Therapy*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.7203/jo3t.1.1.2015.10627>
- Doherty, R., Madigan, S., Warrington, G., & Ellis, J. (2019). Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. *Nutrients*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/nu11040822>
- Dragomir, M. (2022). The Effect of Oxygen-Ozone Treatment on Posture. *ACROSS*, 6(3). <https://45.76.37.94/index.php/across/article/view/145>
- Dragomir, M. (2023). NEW APPROACHES IN THE INVESTIGATION AND TREATMENT OF POSTURAL DYSFUNCTIONS – MAJOR IMPORTANCE IN INCREASING THE

-
- QUALITY OF LIFE. *NEW PERSPECTIVES ON MULTICULTURALITY: LITERATURE AND DIALOGUE*, LDMD-11, 149–160.
- Dragomir, M., Bichescu, C. I., Stoica, D., & Stoica, M. (2024). Polyphenols in Athletes' Performance. *ACROSS*, 8(6), Article 6.
- Dragomir, M., Mereuță, C., & Gheorghe, C. (2024). *Ozone therapy vs. Classical treatment in musculoskeletal disorders*.
- Dragomir, M. (2023). THE NEED FOR PHYSICAL ACTIVITY AND POSTURAL ASSESSMENT IN SCHOOL-AGE CHILDREN. *NEW PERSPECTIVES ON MULTICULTURALITY: LITERATURE AND DIALOGUE*, LDMD-11, 161–168.
- Dunn, W. R., George, M. S., Churchill, L., & Spindler, K. P. (2007). Ethics in sports medicine. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(5), 840–844. <https://doi.org/10.1177/0363546506295177>
- Elokda, A. S., & Nielsen, D. H. (2007). Effects of exercise training on the glutathione antioxidant system. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation: Official Journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 14(5), 630–637. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e32828622d7>
- Elvis, A. M., & Ekta, J. S. (2011). Ozone therapy: A clinical review. *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine*, 2(1), 66–70. <https://doi.org/10.4103/0976-9668.82319>
- Emon, S. T., Uslu, S., Aydinlar, E. I., Irban, A., Ince, U., Orakdogan, M., & Suyen, G. G. (2017). Effects of Ozone on Spinal Cord Recovery via the Wnt/ Β-Catenin Pathway Following Spinal Cord Injury in Rats. *Turkish Neurosurgery*, 27(6), 946–951. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.17508-16.1>
- Evans, G. H., James, L. J., Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (2017). Optimizing the restoration and maintenance of fluid balance after exercise-induced dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 945–951. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00745.2016>
-

- Gastin, P. B. (2001). Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 31(10), 725–741. <https://doi.org/10.2165/00007256-200131100-00003>
- Ghosh, A. K. (2004). Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *The Malaysian Journal of Medical Sciences : MJMS*, 11(1), 24–36.
- Greenfield, B. H., & West, C. R. (2012). Ethical issues in sports medicine: A review and justification for ethical decision making and reasoning. *Sports Health*, 4(6), 475–479. <https://doi.org/10.1177/1941738112459327>
- Hackney, A. C., & Walz, E. A. (2013). Hormonal adaptation and the stress of exercise training: The role of glucocorticoids. *Trends in Sport Sciences*, 20(4), 165–171.
- Hadžović-Džuvo, A., Valjevac, A., Lepara, O., Pjanić, S., Hadžimuratović, A., & Mekić, A. (2014). Oxidative stress status in elite athletes engaged in different sport disciplines. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 14(2), 56–62. <https://doi.org/10.17305/bjbms.2014.2262>
- Hall, M. M., Rajasekaran, S., Thomsen, T. W., & Peterson, A. R. (2016). Lactate: Friend or Foe. *PM&R*, 8(3S), S8–S15. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2015.10.018>
- Harbin, G., Durst, L., & Harbin, D. (1989). Evaluation of oculomotor response in relationship to sports performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21(3), 258–262.
- Hidalgo-Tallón, F. J., Torres-Morera, L. M., Baeza-Noci, J., Carrillo-Izquierdo, M. D., & Pinto-Bonilla, R. (2022). Updated Review on Ozone Therapy in Pain Medicine. *Frontiers in Physiology*, 13, 840623. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.840623>
- Holm, S. M., & Balmes, J. R. (2022). Systematic Review of Ozone Effects on Human Lung Function, 2013 Through 2020. *CHEST*, 161(1), 190–201. <https://doi.org/10.1016/j.chest.2021.07.2170>
- Ioniță, C., Petre, A. E., Cononov, R.-S., Covaleov, A., Mitoiu, B. I., & Nica, A. S. (2023). Methods of postural analysis in connection with the stomatognathic system. A systematic review. *Journal of Medicine and Life*, 16(4), 507. <https://doi.org/10.25122/jml-2022-0327>

-
- Isler, S. C., Unsal, B., Soysal, F., Ozcan, G., Peker, E., & Karaca, I. R. (2018). The effects of ozone therapy as an adjunct to the surgical treatment of peri-implantitis. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(3), 136–151. <https://doi.org/10.5051/jpis.2018.48.3.136>
- Juchniewicz, H., & Lubkowska, A. (2020). Oxygen-Ozone (O2-O3) Therapy in Peripheral Arterial Disease (PAD): A Review Study. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, 16, 579–594. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S255247>
- Khatri, I., Moger, G., & Kumar, N. A. (2015). Evaluation of effect of topical ozone therapy on salivary Candidal carriage in oral candidiasis. *Indian Journal of Dental Research: Official Publication of Indian Society for Dental Research*, 26(2), 158–162. <https://doi.org/10.4103/0970-9290.159146>
- Kim, S.-Y., Kim, E., & Kim, W. J. (2020). Health Effects of Ozone on Respiratory Diseases. *Tuberculosis and Respiratory Diseases*, 83(Supple 1), S6. <https://doi.org/10.4046/trd.2020.0154>
- Koyama, K. (2014). Exercise-induced oxidative stress: A tool for “hormesis” and “adaptive response.” *The Journal of Physiological Fitness and Sports Medicine*, 3, 115–120. <https://doi.org/10.7600/jpfsm.3.115>
- Kreher, J. B. (2016). Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: An opinion on education strategies. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 7, 115–122. <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S91657>
- Lander, B. S., Layton, A. M., Garofano, R. P., Schwartz, A., Engel, D. J., & Bello, N. A. (2022). Average Exercise Capacity in Men and Women > 75 Years of Age Undergoing a Bruce Protocol Exercise Stress Test. *The American Journal of Cardiology*, 164, 21–26. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2021.10.020>
- LeBouef, T., Yaker, Z., & Whited, L. (2024). Physiology, Autonomic Nervous System. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538516/>
- Lee, Y.-G., Lee, P.-H., Choi, S.-M., An, M.-H., & Jang, A.-S. (2021). Effects of Air Pollutants on Airway Diseases. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9905. <https://doi.org/10.3390/ijerph18189905>
-

- León Fernández, O. S., Pantoja, M., Díaz Soto, M. T., Dranguet, J., García Insua, M., Viebhan-Hánsler, R., Menéndez Cepero, S., & Calunga Fernández, J. L. (2012). Ozone oxidative post-conditioning reduces oxidative protein damage in patients with disc hernia. *Neurological Research*, *34*(1), 59–67. <https://doi.org/10.1179/1743132811Y.0000000060>
- Lerner, R. A., & Eschenmoser, A. (2003). Ozone in biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(6), 3013–3015. <https://doi.org/10.1073/pnas.0730791100>
- Liu, J., Varghese, B. M., Hansen, A., Zhang, Y., Driscoll, T., Morgan, G., Dear, K., Gourley, M., Capon, A., & Bi, P. (2022). Heat exposure and cardiovascular health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *The Lancet. Planetary Health*, *6*(6), e484–e495. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00117-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00117-6)
- Lörinczi, F., Vanderka, M., Lörincziová, D., & Kushkestani, M. (2024). Nose vs. Mouth breathing– acute effect of different breathing regimens on muscular endurance. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *16*, 42. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00840-6>
- Lung Physiology*. (n.d.). Pulmonology.Weebly.Com. Retrieved July 15, 2024, from <https://pulmonology.weebly.com/lung-physiology.html>
- MacInnis, M. J., & Gibala, M. J. (2017). Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. *The Journal of Physiology*, *595*(9), 2915–2930. <https://doi.org/10.1113/JP273196>
- Manfredini, D., Castroflorio, T., Perinetti, G., & Guarda-Nardini, L. (2012). Dental occlusion, body posture and temporomandibular disorders: Where we are now and where we are heading for. *Journal of Oral Rehabilitation*, *39*(6), 463–471. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2012.02291.x>
- Martinez, M. W., Kim, J. H., Shah, A. B., Phelan, D., Emery, M. S., Wasfy, M. M., Fernandez, A. B., Bunch, T. J., Dean, P., Danielian, A., Krishnan, S., Baggish, A. L., Eijssvogels, T. M. H., Chung, E. H., & Levine, B. D. (2021). Exercise-In-

-
- duced Cardiovascular Adaptations and Approach to Exercise and Cardiovascular Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 78(14), 1453–1470. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.08.003>
- Martínez-Sánchez, G., Schwartz, A., & Donna, V. D. (2020). Potential Cytoprotective Activity of Ozone Therapy in SARS-CoV-2/COVID-19. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(5), 389. <https://doi.org/10.3390/antiox9050389>
- Masan, J., Sramka, M., & Rabarova, D. (2021, March). *The possibilities of using the effects of ozone therapy in neurology—PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33932964/>
- Mbiydenyuy, N. E., & Qulu, L.-A. (2024). Stress, hypothalamic-pituitary-adrenal axis, hypothalamic-pituitary-gonadal axis, and aggression. *Metabolic Brain Disease*. <https://doi.org/10.1007/s11011-024-01393-w>
- McKeon, P., Hertel, J., Bramble, D., & Davis, I. (2014). The foot core system: A new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *British Journal of Sports Medicine*, 49. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-092690>
- Milman, A., Keren, G., & Topilsky, Y. (2017). Decline in effort capacity with age: Echocardiographic stress analysis in the elderly. *Echocardiography (Mount Kisco, N.Y.)*, 34(12), 1909–1916. <https://doi.org/10.1111/echo.13709>
- Mokoena, M. L., Harvey, B. H., Oliver, D. W., & Brink, C. B. (2010). Ozone modulates the effects of imipramine on immobility in the forced swim test, and nonspecific parameters of hippocampal oxidative stress in the rat. *Metabolic Brain Disease*, 25(2), 125–133. <https://doi.org/10.1007/s11011-010-9189-7>
- Nazarov, E. I., Khlusov, I. A., & Noda, M. (2021). Homeostatic and endocrine responses as the basis for systemic therapy with medical gases: Ozone, xenon and molecular hydrogen. *Medical Gas Research*, 11(4), 174–186. <https://doi.org/10.4103/2045-9912.318863>
- Nuvolone, D., Petri, D., & Voller, F. (2018). The effects of ozone on human health. *Environmental Science and Pollution Research International*, 25(9), 8074–8088. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9239-3>
-

- Paoli, A., Bianco, A., Battaglia, G., Bellafiore, M., Grainer, A., Marcolin, G., Cardoso, C. C., Dall'aglio, R., & Palma, A. (2013). Sports massage with ozonised oil or non-ozonised oil: Comparative effects on recovery parameters after maximal effort in cyclists. *Physical Therapy in Sport: Official Journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 14(4), 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2012.11.004>
- Parlamentul României. (2003, June 23). *LEGE 271 23/06/2003—Portal Legislativ* [Monitorul Oficial]. Portal legislativ. <https://legislatie.just.ro/Public/DetaliuDocument/44756>
- Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *The American Journal of Physiology*, 277(5), E890-900. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1999.277.5.E890>
- Patel, P. N., & Zwibel, H. (2024). Physiology, Exercise. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482280/>
- Pavlovic, V., Ciric, M., Jovanovic, V., & Stojanovic, P. (2016). Platelet Rich Plasma: A short overview of certain bioactive components. *Open Medicine*, 11(1), 242–247. <https://doi.org/10.1515/med-2016-0048>
- Ployon, A., Lavaste, F., Maurel, N., Skalli, W., Dubousset, J., Zeller, R., & Rolland Gosselin, A. (1997). A protocol of in vivo 3D experimental evaluation of global posture and motion of the spine. *Revue De Chirurgie Orthopedique Et Reparatrice De L'appareil Moteur*, 83(8), 719–729.
- Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone* | UNECE. (1999, November 30). Uncece.Org. <https://unece.org/environment-policy/air/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone>
- Quintero, R., Schwartz, A. (2015, May 20). *OZONE THERAPY AND LEGISLATION - ANALYSIS FOR ITS REGULARIZATION*. International Scientific Committee of Ozone Therapy ISCO3. 13. <https://isco3.org/wp-content/uploads/2015/09/Diploma-course-Legislation-2017.pdf>

- Radak, Z., Zhao, Z., Koltai, E., Ohno, H., & Atalay, M. (2013). Oxygen Consumption and Usage During Physical Exercise: The Balance Between Oxidative Stress and ROS-Dependent Adaptive Signaling. *Antioxidants & Redox Signaling*, 18(10), 1208–1246. <https://doi.org/10.1089/ars.2011.4498>
- Rahimzadeh, P., Imani, F., Azad Ehyaei, D., & Faiz, S. H. R. (2022). Efficacy of Oxygen-Ozone Therapy and Platelet-Rich Plasma for the Treatment of Knee Osteoarthritis: A Meta-analysis and Systematic Review. *Anesthesiology and Pain Medicine*, 12(4), e127121. <https://doi.org/10.5812/aapm-127121>
- Re, L. (2005). Oxygen-ozone therapy in sport. A case report. *Rivista Italiana Di Ossigeno-Ozonoterapia*, 4, 59–63.
- Re, L., Rutledge, D. K., Erario, A., Baeza-Noci, J., Travagli, V., Menendez, S., & Mollica, P. J. (2021). Correcting Misinformation about the Science and Practice of Evidence-Based, Safe and Effective Ozone Therapy. *The Journal of Emergency Medicine*, 61(6), 799–800. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2021.08.001>
- Rivera-Brown, A. M., & Frontera, W. R. (2012). Principles of exercise physiology: Responses to acute exercise and long-term adaptations to training. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 4(11), 797–804. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2012.10.007>
- Rivier, C., & Rivest, S. (1991). Effect of stress on the activity of the hypothalamic-pituitary-gonadal axis: Peripheral and central mechanisms. *Biology of Reproduction*, 45(4), 523–532. <https://doi.org/10.1095/biolreprod45.4.523>
- Robert J. Blaszcak, O. (2006, August 30). *Nitrogen Oxides (NOx): Why and How They Are Controlled | CICA | US EPA* [Technology Transfer Network U.S.-Mexico Border Information Center on Air Pollution (CICA)]. U.E. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. https://www3.epa.gov/ttnatc1/cica/other7_e.html
- Sagai, M., & Bocci, V. (2011). Mechanisms of Action Involved in Ozone Therapy: Is healing induced via a mild oxidative stress? *Medical Gas Research*, 1, 29. <https://doi.org/10.1186/2045-9912-1-29>

-
- Scassellati, C., Galoforo, A. C., Bonvicini, C., Esposito, C., & Ricciuti, G. (2020). Ozone: A natural bioactive molecule with antioxidant property as potential new strategy in aging and in neurodegenerative disorders. *Ageing Research Reviews*, 63, 101138. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101138>
- Schmidlin, C.J., Dodson, M.B., Madhavan, L., & Zhang, D.D. (2019). Redox regulation by NRF2 in aging and disease. *Free Radical Biology and Medicine*, 134, 702–707. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2019.01.016>
- Schwartz, A. (2020). *Ozonotherapy History* [Asociația Profesională a Medicilor Ozonoterapeuți Spanioli]. AEPROMO. <https://aepromo.org/en/ozonotherapy-history/>
- Serra, M. E. G., Baeza-Noci, J., Mendes Abdala, C. V., Luvisotto, M. M., Bertol, C. D., & Anzolin, A. P. (2022). The role of ozone treatment as integrative medicine. An evidence and gap map. *Frontiers in Public Health*, 10, 1112296. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1112296>
- Seyam, O., Smith, N. L., Reid, I., Gandhi, J., Jiang, W., & Khan, S. A. (2018). Clinical utility of ozone therapy for musculoskeletal disorders. *Medical Gas Research*, 8(3), 103–110. <https://doi.org/10.4103/2045-9912.241075>
- Shin, K.-A., Park, K. D., Ahn, J., Park, Y., & Kim, Y.-J. (2016). Comparison of Changes in Biochemical Markers for Skeletal Muscles, Hepatic Metabolism, and Renal Function after Three Types of Long-distance Running: Observational Study. *Medicine*, 95(20), e3657. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000003657>
- Silva, V., Peirone, C., Amaral, J. S., Capita, R., Alonso-Calleja, C., Marques-Magallanes, J. A., Martins, Â., Carvalho, Â., Maltez, L., Pereira, J. E., Capelo, J. L., Igrejas, G., & Poeta, P. (2020). High Efficacy of Ozonated Oils on the Removal of Biofilms Produced by Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) from Infected Diabetic Foot Ulcers. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(16), 3601. <https://doi.org/10.3390/molecules25163601>

-
- Silverman, M. N., & Deuster, P. A. (2014). Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience. *Interface Focus*, 4(5), 20140040. <https://doi.org/10.1098/rsfs.2014.0040>
- Simonetti, V., Quagliariello, V., Franzini, M., Iaffaioli, R. V., Maurea, N., & Valdenassi, L. (2019). Ozone Exerts Cytoprotective and Anti-Inflammatory Effects in Cardiomyocytes and Skin Fibroblasts after Incubation with Doxorubicin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine: eCAM*, 2019, 2169103. <https://doi.org/10.1155/2019/2169103>
- Slattery, K., Bentley, D., & Coutts, A. J. (2015). The role of oxidative, inflammatory and neuroendocrinological systems during exercise stress in athletes: Implications of antioxidant supplementation on physiological adaptation during intensified physical training. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 45(4), 453–471. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0282-7>
- Sleamaker, R., & Browning, R. (1996). *Serious Training for Endurance Athletes*. Human Kinetics.
- Smith, N.L. W., A. L. ., Vatsia, S., Khan, S.A., & Gandhi, J.,. (2017, October 17). *Ozone therapy: An overview of pharmacodynamics, current research, and clinical utility—PubMed*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29152215/>
- Song, M., Zeng, Q., Xiang, Y., Gao, L., Huang, J., Huang, J., Wu, K., & Lu, J. (2018). The antibacterial effect of topical ozone on the treatment of MRSA skin infection. *Molecular Medicine Reports*, 17(2), 2449–2455. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.8148>
- Tan, S. Y., & Yip, A. (2018). Hans Selye (1907–1982): Founder of the stress theory. *Singapore Medical Journal*, 59(4), 170–171. <https://doi.org/10.11622/smedj.2018043>
- Thiagarajan, T. (2018, August 26). Stimulation, Sensation and Localization in the Cortex. *Sapien Labs | Neuroscience | Human Brain Diversity Project*. <https://sapienlabs.org/stimulation-sensation-localization-cortex/>
- Travagli, V., & Iorio, E. I. (2023). The Biological and Molecular Action of Ozone and Its Derivatives: State-of-the-Art, En-

-
- hanced Scenarios, and Quality Insights. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8465. <https://doi.org/10.3390/ijms24108465>
- Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., & Norton, L. E. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: Implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 7. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-7>
- Tricarico, G., & Travagli, V. (2021). The Relationship between Ozone and Human Blood in the Course of a Well-Controlled, Mild, and Transitory Oxidative Eustress. *Antioxidants*, 10(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/antiox10121946>
- Ulusoy, G. R., Bilge, A., & Öztürk, Ö. (2019). Comparison of corticosteroid injection and ozone injection for relief of pain in chronic lateral epicondylitis. *Acta Orthopaedica Belgica*, 85(3), 317–324.
- Umar, S. A., & Tasduq, S. A. (2022). Ozone Layer Depletion and Emerging Public Health Concerns—An Update on Epidemiological Perspective of the Ambivalent Effects of Ultraviolet Radiation Exposure. *Frontiers in Oncology*, 12, 866733. <https://doi.org/10.3389/fonc.2022.866733>
- Urhausen, A., Gabriel, H., & Kindermann, W. (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 20(4), 251–276. <https://doi.org/10.2165/00007256-199520040-00004>
- Uusitalo, A. L., Huttunen, P., Hanin, Y., Uusitalo, A. J., & Rusko, H. K. (1998). Hormonal responses to endurance training and overtraining in female athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 8(3), 178–186. <https://doi.org/10.1097/00042752-199807000-00004>
- Valacchi, G., & Bocci, V. (2000). Studies on the biological effects of ozone: 11. Release of factors from human endothelial cells. *Mediators of Inflammation*, 9(6), 271–276. <https://doi.org/10.1080/09629350020027573>
- van der Wel, P., & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2005–2015. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
-

- Viebahn-Haensler, R., & León Fernández, O. S. (2021). Ozone in Medicine. The Low-Dose Ozone Concept and Its Basic Biochemical Mechanisms of Action in Chronic Inflammatory Diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(15), 7890. <https://doi.org/10.3390/ijms22157890>
- WADA. (2023, September 28). *WADA publishes 2024 Prohibited List*. World Anti Doping Agency. <https://www.wada-ama.org/en/news/wada-publishes-2024-prohibited-list>
- Walpurgis, K., Thomas, A., Geyer, H., Mareck, U., & Thevis, M. (2020). Dietary Supplement and Food Contaminations and Their Implications for Doping Controls. *Foods*, 9(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/foods9081012>
- Wang, F., Wang, X., Liu, Y., & Zhang, Z. (2021). Effects of Exercise-Induced ROS on the Pathophysiological Functions of Skeletal Muscle. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021, 3846122. <https://doi.org/10.1155/2021/3846122>
- Wang, X., Wang, G., Liu, C., & Cai, D. (2018). Effectiveness of intra-articular ozone injections on outcomes of post-arthroscopic surgery for knee osteoarthritis. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 15(6), 5323–5329. <https://doi.org/10.3892/etm.2018.6101>
- Yamashita, K., Miyoshi, T., Arai, T., Endo, N., Itoh, H., Makino, K., Mizugishi, K., Uchiyama, T., & Sasada, M. (2008). Ozone production by amino acids contributes to killing of bacteria. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(44), 16912–16917. <https://doi.org/10.1073/pnas.0807952105>
- Zamora, Z. B., Borrego, A., López, O. Y., Delgado, R., González, R., Menéndez, S., Hernández, F., & Schulz, S. (2005). Effects of ozone oxidative preconditioning on TNF-alpha release and antioxidant-prooxidant intracellular balance in mice during endotoxic shock. *Mediators of Inflammation*, 2005(1), 16–22. <https://doi.org/10.1155/MI.2005.16>
- Zemková, E., & Zapletalová, L. (2022). The Role of Neuromuscular Control of Postural and Core Stability in Functional Movement and Athlete Performance. *Frontiers in Physiology*, 13, 796097. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>
- Zhang, H., Davies, K. J. A., & Forman, H. J. (2015). Oxidative stress response and Nrf2 signaling in aging. *Free Radical*

-
- Biology and Medicine*, 88, 314–336.
<https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.05.036>
- Zierath, J. R., & Hawley, J. A. (2004). Skeletal Muscle Fiber Type: Influence on Contractile and Metabolic Properties. *PLoS Biology*, 2(10), e348. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0020348>