

# Primjena krioterapije cijelog tijela u sportskoj medicini

---

Jergan, Duje

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:890741>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-13**



Repository / Repozitorij:

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine Digital Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET

Duje Jergan

# Primjena krioterapije cijeloga tijela u sportskoj medicini

Diplomski rad



Zagreb, 2023.

Ovaj diplomski rad izrađen je na Katedri za zdravstvenu ekologiju, medicinu rada i sporta Škole narodnog zdravlja „Andrija Štampar“ Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Milana Miloševića i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2022./2023.

## Kratice korištene u radu

AcP – eng. acid phosphatase – kisela fosfataza

ADH – antidiuretski hormon

ASA – arilsulfataza

CD – engl. Conjugated diene – konjugirani dieni

CK – engl. *Creatine kinase* – kreatin kinaza

CRP – engl. C-reactive protein – C-reaktivni protein

CTS D – engl. Cathepsin D – katepsin D

DHEA-S – dehidroepiandrosteron-sulfat

GPx – glutation peroksidaza

hs-CRP – engl. high sensitivity C-reactive protein – C-reaktivni protein visoke osjetljivosti

IgA – imunoglobulin A

IgG – imunoglobulin G

IgM – imunoglobulin M

IL-1 $\beta$  – interleukin 1 beta

IL-2 – interleukin 2

IL-6 – interleukin 6

IL-8 – interleukin 8

IL-10 – interleukin 10

LAD – laktat dehidrogenaza

LH – luteinizirajući hormon

LPS – lipopolisaharid

Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> crpka – natrij kalijeva crpka

NT-proBNP – engl. N-terminal proBrain Natriuremic Peptide – N terminalni pro BNP peptid

PBC – engl. partial-body cryotherapy – parcijalna krioterapija tijela

sICAM-1 – engl. soluble Intercellular Adhesion Molecule 1 – topljiva interstanična adhezivna molekula 1

SOD – superoksid dismutaza

TGF- $\beta$ 1 – engl. Transforming growth factor beta 1 – transformirajući faktor rasta beta 1

TNF – engl. tumor necrosis factor – faktor tumorske nekroze

WBC – engl. whole-body cryotherapy – krioterapija cijeloga tijela

## Sadržaj

1. SAŽETAK	
2. SUMMARY	
3. UVOD .....	1
3.1. POVIJEST KRIOTERAPIJE I NJEZINIH OBLIKA .....	1
3.2. VRSTE TERAPIJA HLADNIM ZRAKOM.....	2
3.3. POSTUPAK PRIMJENE KRIOTERAPIJE NA CIJELO TIJELO .....	3
4. TERAPIJSKI UČINCI .....	4
4.1. ANALGETSKI UČINCI.....	4
4.2. PROTUUPALNI UČINCI.....	5
4.3. ANTIOKSIDATIVNI UČINCI.....	9
4.4. UČINAK NA POPREČNOPRUGASTE MIŠIĆE.....	10
4.5. UČINAK NA MIOKARD I SRČANU FUNKCIJU .....	12
4.6. UTJECAJ NA VITALNE ZNAKOVE .....	13
4.7. UČINAK NA HORMONE.....	15
4.8. HEMATOLOŠKI UČINCI .....	19
5. ZAKLJUČAK .....	20
6. ZAHVALA.....	20
7. LITERATURA .....	21
8. ŽIVOTOPIS .....	25

# 1. SAŽETAK

Autor: Duje Jergan

Naslov: Primjena krioterapije cijelog tijela u sportskoj medicini

Želja za ostvarivanjem što boljih rezultata i rušenjem rekorda tjera sportaše da svoje napore, ali i oporavak, dovedu do savršenstva. U tim nastojanjima mjesto je našla i znanost. Njena je zadaća da omogući profesionalnom sportašu da se razvija što brže i oporavlja što kraće. Svatko tko imalo prati sport biti će svjestan da napori kroz koje sportaši prolaze nekada i jesu gotovo nadljudski i da bi se doveli u vrhunac svoje forme trebaju trenirati gotovo svaki dan. Međutim, često takav tempo nije moguće zadržati zbog umora, ozljeda i same fizičke potrebe za duljim odmorom. To su možda najbolje osjetili olimpijci koji se natječu u više disciplina u nekoliko dana te profesionalni NBA košarkaši kojima je raspored u sezoni prepun, a svaka utakmica pretjerano iscrpljujuća. Međutim, ovi nabrojani nisu jedini koji prolaze kroz okrutnu zbilju profesionalnog sporta i na znanosti je da sve njih ozlijeđene i iscrpljene što prije oporavi i vrati na teren. Jedna od metoda brzog oporavka u današnje vrijeme je i krioterapija cijeloga tijela ili „Whole-body cryotherapy“, skraćeno WBC. Upravo radi toga što sport postaje sve zahtjevniji za profesionalnog sportaša, na ovoj terapijskoj metodi i njoj sličnima je da omogući sportašima da postignu svoj puni sportski sjaj, da izdrže sav napor velikih natjecanja i da nama gledateljima i uživateljima sporta pomogne prirediti najbolje od najboljeg.

Ovim radom nastoji se pojasniti postupak primjene krioterapije na cijelo tijelo te njeni glavni terapijski čimbenici.

**Ključne riječi:** WBC, krioterapija cijelog tijela, učinci, sport

## 2. SUMMARY

Author: Duje Jergan

Title: Application of whole body cryotherapy in sports medicine

The desire to achieve the best possible results and to break records, motivates athletes to push their limits and to perfect their recovery. Science has also found its place in these efforts. Its role is to enable the professional athlete to develop faster and recover as quickly as possible. Anyone involved in the sport knows that the efforts that athletes go through are sometimes almost superhuman and, in order to bring athletes to the peak of their form, they need to train almost every day. However, it is often not possible to maintain such a pace due to fatigue, injuries and the very physical need for a longer rest. This was perhaps best felt by Olympians who compete in several disciplines in a few days, and professional NBA basketball players whose season schedule is full and every game is excessively exhausting. However, these athletes listed aren't the only ones experiencing the harsh realities of professional sports and it is up to science to enable them to recover as quickly as possible. One of the methods of rapid recovery nowadays is whole-body cryotherapy, abbreviated WBC. Simply because sports are becoming more and more demanding for professional athletes, this and similar treatments are designed to help athletes maximize their sporting performance and to stay on the top of all major competition endeavors.

This study seeks to clarify the procedure for whole-body cryotherapy and its main therapeutic factors.

**Key words:** WBC, whole-body cryotherapy, effects, sport



### **3. UVOD**

#### **3.1. POVIJEST KRIOTERAPIJE I NJEZINIH OBLIKA**

Varijante današnje krioterapije zabilježene su još od antičkih vremena Perzije, Grčke i Rima, gdje su se prepoznati učinci krioterapije koristili u liječenju raznih bolesti. Tijela su se potapala u hladnu vodu, prekrivala snijegom ili ledom (1). Drevni Egipćani koristili su hladnoću u liječenju ozljeda i upala još 2500 godina prije Krista. Još poznatija su kupanja u hladnim rijekama i jezerima koja su se u Finskoj održala do danas. Kupanja se odvijaju na niskim temperaturama te je potrebno razbijanje leda na površini jezera da bi se pristupilo vodi. Taj ritual se često kombinira sa saunom (1). Zimsko plivanje je oblik krioterapije cijelog tijela koje se danas koristi za liječenje reumatskih bolesti, ali i u rekreativne svrhe, uglavnom u nordijskim zemljama. U Finskoj oko 80 000 ljudi prakticira zimsko kupanje (2). U novijoj povijesti Dominique-Jean Larrey, francuski kirurg, koristio je led u zbrinjavanju amputacija za vrijeme Napoleonovih ratova (3). Dr. James Arnott of Brighton opisao je primjenu hladnoće u terapiji glavobolje i neuralgija, te isto tako prepoznao njene analgetske pogodnosti i moguću uporabu kao anestetika (4, 5, 6). Louis-Paul Cailletet iz Francuske i Raoul Picet iz Švicarske 1877. godine započeli su razvoj ekspanzijskog sustava za hlađenje plinova (7, 8) i prvi proizveli tekući kisik, dok 1892. godine James Dewar dizajnira prvu vakuumsku bocu koja omogućava skladištenje ukapljenog plina. Njemački inženjer Carl von Linde uspostavlja komercijalno ukapljivanje zraka, dok je njegova prva klinička primjena zabilježena u New Yorku (9). Tekući kisik ulazi u kliničku primjenu 1920-ih (10), a tekući dušik postaje komercijalno dostupan tek nakon drugog svjetskog rata i postaje uobičajena metoda za tretiranje bradavica i keratoza (11, 12). Uporaba hladne vode i leda koristi se stoljećima, međutim uporaba hladnog zraka u terapijske svrhe počinje tek 1970-ih, točnije 1978. godine u Japanu pod vodstvom reumatologa Toshime Yamaguchija koji je uporabom WBC-a došao do smanjenja simptoma u 80% svojih pacijenata koji su bolovali od reumatoidnog artritisa, da bi 1984. godine njemački reumatolog Reinhard Fricke doveo krioterapiju cijeloga tijela (WBC) u Europu (13). Međutim, tek prošlog desetljeća WBC izaziva popularnost u sportu, a kontaktni sportovi kao što su ragbi i američki nogomet prvi usvajaju WBC komore za oporavak (14). Uporaba u sportovima danas je puno šira. Kao što možemo vidjeti, za razliku od prošlih vremena, stanja koja podrazumijevaju korištenje krioterapije sada nisu samo traumatološke i upalne etiologije. Uporaba krioterapije se sve više koristi kod zdravih ljudi, a kao učestala terapijska metoda sve je češća i u profesionalnom sportu (15).

### **3.2. VRSTE TERAPIJA HLADNIM ZRAKOM**

Krioterapija je postupak hlađenja tkiva u terapijske svrhe (16). Postupci poznati od ranije su potapanje tijela u hladnu vodu ili led te korištenje vrećica leda pri hlađenju pojedinih dijelova tijela. Od novijih metoda, odnosno hlađenja hladnim zrakom, razlikujemo parcijalnu krioterapiju i krioterapiju cijeloga tijela.

Parcijalna krioterapija (PBC – partial-body cryotherapy) podrazumijeva uporabu manjih i češće mobilnih uređaja kod kojih se glava izuzima od hlađenja, dok sam oblik uređaja zauzima proporcije tijela i ostavlja otvoren prostor za glavu, a hlađenje obavlja isparavanje ukapljenog dušika (17).

Krioterapija cijelog tijela (WBC – whole-body cryotherapy) znači uporabu većih aparata od kojih mnogi pokrivaju i glavu korisnika, te su ujedno veći negoli oni parcijalni i samim time nemaju mobilnost, odnosno fiksirani su. WBC hlađenje obavlja električnom energijom. Radi razlike u mobilnosti i samih dimenzija, uređaji parcijalne krioterapije nalaze se u manjim centrima i uglavnom ih dijele sportski timovi, dok uređaje krioterapije cijelog tijela uglavnom nalazimo u većim zdravstvenim i sportskim centrima za rehabilitaciju (17).

### **3.3. POSTUPAK PRIMJENE KRIOTERAPIJE NA CIJELO TIJELO**

U krioterapiji cijeloga tijela, uređaj je komora koja se nalazi u uspravnom položaju u koju osoba ulazi. Uglavnom je prilagođena za jednu osobu koja u njoj stoji s glavom van nje same. Međutim, isto tako postoje i drugi oblici krioterapijskih komora ili kabina, koje mogu primiti više ljudi, u kojima se može sjediti i koje su potpuno zatvorene te uključuju čak hlađenje glave. Temperature koje se koriste u ovakvim kabinama sežu uglavnom od  $-110^{\circ}\text{C}$  do  $-140^{\circ}\text{C}$  (16). Budući da utjecaj na konačnu temperaturu kože ima više čimbenika pa samim time i adipozitet korisnika, potrebno je temperaturu prilagoditi svakom korisniku pa tako primjerice onima s većim adipozitetom temperaturu više sniziti i obratno (18). Da bi se izbjegle ozeblina poduzima se nekoliko mjera. Uklanja se što više odjeće s tijela jer odjeća u odnosu na ljudsko tijelo ima puno niži toplinski kapacitet te joj zbog toga puno brže opada temperatura. Radi zaštite od smrzavanja ruku i stopala osobe nose čarape, papuče i rukavice. Isto tako prije ulaska u komoru s korisnika se briše znoj jer i on može pridonijeti pojavi ozeblina. Kod zatvorenih komora u kojima se hladi i glava, korisnici imaju na raspolaganju i masku s kisikom te i štitnike za uši. Za vrijeme terapije trebaju pomicati prste kroz cijele 2 minute trajanja terapije (19, 14). Preporučuje se da korisnik u početku dođe na 5 do 10 tretmana, svaki do svaki drugi dan kako bi se rezultati maksimizirali. WBC je pogodan i za klaustrofobične osobe budući da se vrata krioterapijske komore zatvaraju magnetom i nikada se ne zaključavaju te klijenti mogu ulaziti i izlaziti po vlastitom izboru.

## 4. TERAPIJSKI UČINCI

### 4.1. ANALGETSKI UČINCI

Kao što je već spomenuto, prvi koji je krenuo s korištenjem krioterapije cijeloga tijela i zapazio analgetske učinke je japanski liječnik Toshima Yamaguchi. U deset pacijenata s reumatoidnim artritismom kao terapijsku metodu koristio je krioterapiju cijeloga tijela, pri  $-170^{\circ}\text{C}$  u trajanju od 3 minute, dva puta dnevno. Nakon terapije,  $\beta$ -endorfin u krvi i noradrenalin u urinu bili su povišeni. Nasuprot tome, koncentracije bradikina i prostaglandina E u krvi bile snižene kao i fibrinolitička aktivnost. Zaključno, krioterapija cijeloga tijela pri  $-170^{\circ}\text{C}$  bila je učinkovita za tretiranje periferne, centralne i psihogene boli u pacijenata s reumatoidnim artritismom. Tim pacijentima je bilo omogućeno lakše kretanje te samim time i manja destrukcija zglobova (20).

Smatra se da je analgezija dobivena korištenjem krioterapije primarno posljedica smanjenja brzine provodljivosti živaca što je postignuto smanjenjem metabolizma živaca i smanjenjem aktivnosti natrij-kalijeve ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) crpke. To dovodi do povećanja praga podražljivosti u živčanim vlaknima te se samim time smanjuje broj odaslanih živčanih impulsa u nociceptivnim vlaknima (21, 22). U prilog tome ide i istraživanje s kojim je zapaženo da su brzine provođenja, i motornih (*Nervus tibialis*) i senzornih (*Nervus suralis*) živaca znatno smanjenje nakon krioterapije (23).

Jedan od fizioloških učinaka sniženja temperature tkiva je i vazokonstrikcija s posljedičnim smanjenjem protoka krvi kroz tkivo. Posljedica toga je manja upala tkiva te smanjenje edema upaljenog područja što ponovno doprinosi manjoj aktivaciji nociceptora upalnim sadržajima (24, 25).

Jedan od načina na koje bi WBC mogao djelovati analgetski je povišenjem razine noradrenalina koji se oslobađa kao odgovor tijela na stres uzrokovan hladnoćom koji može imati dodatan analgetski učinak (26).

## 4.2. PROTUUPALNI UČINCI

U korištenju WBC uređaja zabilježena su i razna protuupalna zbivanja.

Tako je u istraživanju Celestyna Mila-Kierzenkowske o učincima krioterapije cijelog tijela na markere oksidativnog stresa i razvoj upalnih stanja potvrđeno da krioterapija ima antioksidativna i protuupalna svojstva. U ovom slučaju osvrnut ćemo se na protuupalna svojstva. Dakle pored mjerenja aktivnosti antioksidativnih enzima, koncentracije produkata lipidne peroksidacije te ukupni oksidativni status, mjerene su i koncentracije citokina u krvi ispitanika. Skupina se sastojala od 18 muških profesionalnih odbojkaša koji su bili podvrgnuti krioterapiji cijeloga tijela pri temperaturi od  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$  prije vježbanja na cikloergometru. Uzorci krvi uzimani su pet puta: prije WBC-a, nakon WBC-a, nakon vježbe kojoj je prethodio WBC, te prije i poslije vježbe bez WBC (kontrola).

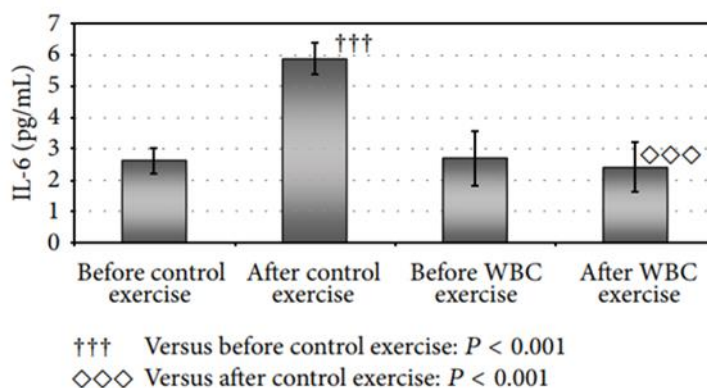
Rezultati su pokazali da je razina IL-1 $\beta$  i IL-6 značajno porasla nakon kontrolne vježbe i bila oko dva puta veća nego prije kontrolne vježbe ( $p < 0,001$ ), što će reći da intenzivna tjelesna aktivnost izaziva rast proupalnih parametara.

S druge strane, nije bilo zabilježenih značajnih promjena u razini IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF- $\alpha$  i TGF- $\beta$ 1 u krvnom serumu ispitivanih odbojkaša nakon primijenjene krioterapije cijeloga tijela što ukazuje na to da WBC ne izaziva rast proupalnih citokina. Naprotiv, nakon vježbanja kojem je prethodila krioterapija rast spomenutih citokina nije zabilježen.

Iz ovog istraživanja da se zaključiti da krioterapija pruža protuupalan odgovor na pojačanu tjelesnu aktivnost, barem što se tiče praćenja koncentracija gore navedenih citokina (27).

	WBC exercise			Control exercise	
	Before WBC and exercise	After WBC (before exercise)	After exercise preceded by WBC	Before exercise	After exercise
IL-1 $\beta$ (pg/ML)	4.78 $\pm$ 1.5	4.59 $\pm$ 2.4	5.96 $\pm$ 1.8	5.93 $\pm$ 2.6	12.34 $\pm$ 1.5 <sup>***aaabbbccc</sup>
IL-6 (pg/ML)	2.72 $\pm$ 0.9	2.81 $\pm$ 0.4	2.42 $\pm$ 0.8	2.63 $\pm$ 0.4	5.88 $\pm$ 0.5 <sup>***aaabbbccc</sup>
TNF- $\alpha$ (pg/ML)	7.61 $\pm$ 2.5	5.72 $\pm$ 1.3	4.91 $\pm$ 1.4	8.22 $\pm$ 2.7	7.71 $\pm$ 1.6
TGF- $\beta$ 1 (ng/ML)	34.8 $\pm$ 8.4	37.9 $\pm$ 8.8	38.6 $\pm$ 7.6	38.2 $\pm$ 9.7	38.7 $\pm$ 6.7

Values are expressed as means  $\pm$  standard deviations (SD) of the means. Statistically significant differences: versus after exercise preceded by whole-body cryotherapy: <sup>\*\*\*</sup> $P < 0.001$ ; versus before WBC and exercise: <sup>aaa</sup> $P < 0.001$ ; versus after WBC: <sup>bbb</sup> $P < 0.001$ ; versus before control exercise: <sup>ccc</sup> $P < 0.001$ .



Slika 1. Statistički značajne razlike u razini IL-6 u krvnom serumu odbojkaša nakon vježbanja bez krioterapije cijelog tijela (kontrolna vježba) i vježbe kojoj prethodi krioterapija cijelog tijela (WBC vježba)

Prema: The effect of submaximal exercise preceded by single whole-body cryotherapy on the markers of oxidative stress and inflammation in blood of volleyball players (Mila-Kierzenkowska C. i suradnici, 2013.), str. 6 (1)

U drugom istraživanju uspoređivane su vrijednosti proupalnih parametara kod 10 vrhunskih profesionalnih ragbijaša talijanske reprezentacije. Parametri koji su praćeni bili su C3 komplement, IgA, IgM, IgG, C-reaktivni protein, prostaglandin E2, potom, citokini: IL-2, IL-8, IL-10, zatim adhezijske molekule (sICAM-1) te mišićni enzimi kreatin kinaza (CK) i laktat dehidrogenaza (LAD). Ispitanici su bili podvrgnuti pet sesija naizmjeničnim danima jednom dnevno tijekom 1 tjedna. Tijekom razdoblja ispitivanja, opterećenje treninga bilo je isto kao i prethodnih tjedana što znači da ispitanici nisu proživljavali drugačiji oblik fizičkog stresa i opterećenja nego inače. U usporedbi s bazalnim vrijednostima razine kreatin kinaze i laktat dehidrogenaze nakon krioterapije značajno smanjile. Laktat dehidrogenaza iznosila je 307,7 $\pm$ 103,2 U/L prije krioterapije naspram 183,9 $\pm$ 83,4 U/L nakon terapije dok je kreatin kinaza iznosila 362,3 $\pm$ 34,3 U/L prije krioterapije naspram 318,4 $\pm$ 28,6 U/L nakon. Povišena razina laktat dehidrogenaze obično ukazuje na oštećenje tkiva dok povišene razine kreatin

kinaze ukazuju na oštećenja mišića. Ostali imunološki parametri uglavnom su neznatno promijenjeni (28).

Međutim slični rezultati nisu uvijek postizani u dosadašnjim istraživanjima. U istraživanju Benoita Dugue proučavane su dvije skupine zimskih plivača: iskusni, koji inače prakticiraju zimsko plivanje, i neiskusni zimski plivači. Krv je prikupljena u mirovanju, nakon saune i nakon kratkog kupanja u hladnoj vodi. Određivan je kortizol u serumu, dehidroepiandrosteron sulfat, antidiuretski hormon (ADH) u plazmi i razine nekoliko citokina u plazmi i u supernatantima kulture krvnih stanica koje su stimulirane lipopolisaharidima (LPS). U redovitim zimskih plivača, koncentracije interleukina 6, leukocita i monocita u plazmi u mirovanju bile su znatno veće nego u osoba koje nisu prakticirale plivanje zimi. Međutim, u kulturama krvi nakon induciranja upale s bakterijskim lipopolisaharidima, oslobađanje IL-1 $\beta$  i IL-6 bilo veće kod neiskusnih zimskih plivača. Ovi rezultati nam govore da u osoba koje ne prakticiraju hladne kupke svakodnevno, nalazimo niže vrijednosti proupalnih interleukina, ali nakon pojave vanjskog faktora koji pokreće njihovo lučenje (bakterijskog antigena) isto tako nalazimo i njihov veći skok. Ovim istraživanjem je zaključeno da osobe koje prakticiraju hladna kupanja generalno imaju više koncentracije proupalnih interleukina, ali su one i stabilnije na vanjski stimulans poput lipopolisaharida, odnosno manji su skokovi tih proupalnih citokina u slučaju upala i oštećenja tkiva u odnosu na osobe koje ne prakticiraju krioterapijske metode svakodnevno (29).

U istraživanju Ewe Ziemann ispitivani su učinci krioterapije cijelog tijela, 5 dana, dva puta dnevno, u kombinaciji s treningom umjerenog intenziteta. Istraženi su imunološki, hormonski te hematološki odgovori sportaša. Sudionici istraživanja bili su dvanaestorica vrhunskih tenisača, kod kojih je, kao profesionalaca, stanje pretreniranosti bilo relativno često u karijeri. Jedna podskupina bila je tretirana petodnevnom krioterapijom cijelog tijela pri temperaturi od -120°C dva puta dnevno. Druga skupina je bila kontrolna podskupina koja je samo sudjelovala u treningu. Naposljetku, te dvije skupine su bile uspoređene. U skupini koja je koristila WBC, koncentracija proupalnog citokina TNF $\alpha$  bila je smanjena, dok su koncentracije interleukina 6 i kortizola bile povećane. U istoj skupini primijećena je veća učinkovitost udaraca reketom te brži oporavak. Zaključno, petodnevna izloženost krioterapiji cijeloga tijela dva puta dnevno poboljšala je profil citokina, što je moglo očitati smanjenjem faktora tumorske nekroze  $\alpha$  i boljim performansima tretirane skupine (30).

U drugom radu iste autorice uzeto je osamnaest zdravih i fizički aktivnih muškaraca fakultetske dobi. Podijeljeni su u dvije podskupine: CRY- oni koji su bili podvrgnuti krioterapiji cijelog tijela i CONT- kontrolna skupina. Obje skupine izvodile su ekscentrični rad kako bi izazvale oštećenje mišića, a uzorci krvi uzimani su prije i 24 sata nakon vježbanja. Tijekom pet dana koji su uslijedili, CRY grupa bila je izložena nizu od 10 seansi u krioterapijskoj komori, dva puta dnevno, po 3 minute, na temperaturi od  $-110^{\circ}\text{C}$ . Nakon razdoblja odmora, obje su skupine ponovile ekscentrične vježbe nakon kojih je uslijedio isti raspored zavisno o podskupini. 30-minutne vježbe koje su ispitanici obavljali izazvale su bolove u mišićima u obje grupe. Rezultati su bili slijedeći. Petodnevno razdoblje oporavka korištenjem krioterapije cijelog tijela značajno je povećalo koncentraciju protuupalnog citokina IL-10. Također, u istoj podskupini zabilježeno je izraženo smanjenje razine proupalnog citokina IL-1 $\beta$  kao i smanjeno mišićno oštećenje. Vrijednosti za IL-10 prije druge serije ekscentričnih vježbi u skupini CRY bile su dva puta veće u usporedbi s osnovnom vrijednošću, dok je u skupini CONT koncentracija ostala nepromijenjena. Nadalje, koncentracije proupalnog citokina IL-1 $\beta$  u krvi značajno su pale u skupini CRY.

Ovo istraživanje potvrdilo je da je serija od 10 sesija krioterapije cijeloga tijela bila učinkovita i značajno smanjila upalni odgovor izazvan ekscentričnom vježbom (31).

Istraživanje Alinae Wozniak nastojalo je ispitati učinke krioterapije cijelog tijela na aktivnost lizosomalnih enzima: kisele fosfataze (AcP), arilsulfataze (ASA) i katepsina D (CTS D), kao i učinak na kreatin kinazu (CK) te koncentraciju kortizola u serumu. Ispitivanje je provedeno na kajakašima. Kajakaši su bili podvrgnuti desetodnevnom treningu u kojem je treninzima prethodila krioterapija cijelog tijela na temperaturi od  $-120$  do  $-140$  stupnjeva Celzijusa te kontrolni trening bez kriostimulacije. Uzeti su uzorci krvi kajakašima prije treninga te nakon šestog i desetog dana treninga. Nakon šestog dana treninga s korištenjem krioterapije cijeloga tijela aktivnost arilsulfataze bila je 46% ( $P<0,001$ ), kisele fosfataze 32% ( $P<0,05$ ) i kreatin kinaze 34% niža ( $P<0,05$ ) nego nakon šestog dana treninga bez korištenja krioterapije. Rezultati potvrđuju da krioterapija cijeloga tijela ublažava stres od napora stabilizacijom lizosomskih membrana, što dovodi do manjeg otpuštanja lizosomskih enzima i manjeg oštećenja tkiva lokomotornog sustava, te posljedično manje upale nakon težih fizičkih napora (32).



### 4.3. ANTIOKSIDATIVNI UČINCI

U istraživanju Annae Lubkowskae ispitivani su oksidativni i antioksidativni učinci niskih temperatura od  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$  tijekom jednokratne krioterapije cijeloga tijela u 15 mladih, klinički zdravih osoba. Promatrani su ukupan oksidativni status (TOS) i ukupan antioksidativni status (TAS) u krvnoj plazmi. Uzorci su prikupljeni u jutro na dan krioterapije, 30 minuta nakon krioterapije cijelog tijela i sljedećeg jutra. Koncentracija ukupnog oksidativnog stresa je značajno smanjena 30 minuta nakon korištenja krioterapije. Sljedećeg dana razina TOS-a i dalje je ostala niža od početnih vrijednosti. Razina ukupnog antioksidativnog statusa se smanjila nakon izlaska iz kriokomore i ostala je povišena sljedeći dan (33).

Ovo istraživanje je pokazalo da krioterapija cijeloga tijela ima određena povoljna antioksidativna svojstva.

Drugo istraživanje Alinae Wozniak dalo je drugačije rezultate. Istraživani su učinci krioterapije cijelog tijela kajakaša na ravnotežu oksidansa i antioksidansa. Jedna skupina bili su kajakaši koji su prošli desetodnevni ciklus treninga, s krioterapijom prije treninga u trajanju od tri minute pri temperatura od  $-120$  do  $-140$  stupnjeva Celzijusa. Drugu skupinu sačinjavali su kajakaši s treningom bez krioterapije (kontrola). Treću skupini sačinjavali su ispitanici koji nisu trenirali i bili su podvrgnuti samo krioterapiji. Uzorci krvi za prve dvije skupine uzeti su prije i poslije šestog i desetog dana treninga, dok su kod treće skupine uzimani prije i 20 minuta nakon krioterapije. Kod netreniranih muškaraca kriostimulacija je izazvala povećanje aktivnosti superoksid dismutaze (SOD) za 36% ( $P<0,001$ ) i glutation peroksidaze (GPx) za 68% ( $P<0,01$ ) u eritrocitima i povećanje konjugiranih diena (CD) u plazmi za 36% ( $P<0,05$ ) i u eritrocitima za 71% ( $P<0,001$ ). Kod kajakaša koji su odrađivali i trening ispostavilo se da krioterapija cijelog tijela sama po sebi potiče stvaranje reaktivnih spojeva kisika, ali da se oksidativni stres izazvan treningom kajakaša smanjuje prethodnim izlaganjem ekstremno niskim temperaturama (34).

Zaključno, krioterapija cijeloga tijela izaziva oksidativni stres, čak i jedan tretman može izazvati oksidativni stres, ali na niskoj razini. Međutim, ponavljani tretmani krioterapijom ne mogu izazvati kumulativne učinke jer se antioksidativni status adaptira. Prema tome, krioterapija cijeloga tijela nije štetna u zdravih osoba.

#### 4.4. UČINAK NA POPREČNOPRUGASTE MIŠIĆE

Pozitivni učinci krioterapije cijeloga tijela pronađeni su i u istraživanjima provedenima na muskulo-skeletnom sustavu.

Porast serumske kreatin kinaze i povišene koncentracije laktat dehidrogenaze povezani su s rabdomiolizom. Visoke koncentracije tih enzima uglavnom ukazuju na moguću pretreniranost koja dovodi do oštećenja mišićnih vlakana odnosno rabdomiolize. Bitno je naglasiti da je pretreniranost dosta česta pojava u sportaša, posebice profesionalnih.

Na tu temu provedena su pojedina istraživanja. Pokazalo se da su vrijednosti CK i LDH u sportaša nakon treninga znatno niže u osoba podvrgnutih WBC-u, u odnosu na one koji nisu koristile krioterapiju (35, 36).

Nasuprot tome, u istraživanju Christophea Hausswirtha, čija je svrha isto tako bila steći uvid u povezanost WBC-a i ubrzanog oporavka sportaša nakon teže fizičke aktivnosti, nisu pronađeni rezultati kao što je bio slučaj u većini ostalih istraživanja. Ispitivanje je provedeno na devet dobro utreniranih trkača kod kojih nisu zabilježene razlike između oporavka s korištenjem krioterapije cijelog tijela te pasivnog oporavka (37).

Iz ovoga svega se može zaključiti da iako različiti radovi daju različite rezultate po pitanju efikasnosti ove terapijske metode, WBC u većini slučajeva djeluje protektivno na mišiće prilikom ozljeda ili sindroma pretreniranosti. Pretpostavlja se da se ti rezultati postižu zbog ubrzanog obnavljanja mišićnih vlakana i smanjene razgradnje stanične membrane mišićnih stanica koju uglavnom oštećuju oksidansi proizvedeni tjelesnom aktivnošću. Mišićna aktivnost tokom tjelovježbe potiče stvaranje oksidansa u mišićnim stanicama koji oštećuju membranu stanice, otpuštaju se u međustanični prostor te tamo oštećuju membrane drugih stanica i na taj način potiču oslobađanje oksidansa okolnih stanica. Taj krug djeluje štetno na mišićni sustav budući da mu slijedi upalni odgovor. Povoljan učinak WBC-a proizlazi iz činjenice da kratkotrajno izlaganje niskim temperaturama smanjuje permeabilnost staničnih membrana i na taj način zatvara put izlasku štetnim oksidansima iz stanice čime je čitav krug oslobađanja oksidansa zatvoren. Stabilizacijom membrane se na taj način može objasniti i prisustvo enzima CK i LDH u nižim koncentracijama u plazmi osoba tretiranih s WBC-om. Pored toga, postupak krioterapije cijelog tijela također stabilizira lizosomsku membranu što će za posljedicu imati i manja otpuštanja lizosomskih enzima te samim time i upale mišića manjeg opsega (38).

Nezaobilazna tema po pitanju sportskih ozljeda i sindroma pretreniranosti jest i sama pojava grčeva, odnosno spazma mišića. Mišićni spazam etiološki može biti različit, međutim u pozadini je uvijek ozljeda mišića. Mišićna ozljeda aktivira nociceptore koji šalju živčane impulse duž kralježnične moždine do mozga. Kao odgovor na bolni podražaj periferije dolazi do stvaranja spinalnog refleksa koji uzrokuje jačanje mišićne aktivnosti i rast tonusa mišića. Snažan mišićni tonus može prerasti u spazam koji uzrokuje hipoksiju mišića i okolnih tkiva zbog kolabiranja krvnih žila mehaničkim pritiskom. Smanjen krvni protok i hipoksija dodatno oštećuju mišić, uzrokuju još veću bol, a ona uzrokuje još jači tonus te se spazam nastavlja. S druge strane, termoreceptori su živčani završeci koji se aktiviraju temperaturnom promjenom kože. Ovi receptori, kada su aktivirani, blokiraju nocicepciju u kralježničnoj moždini te samim time i njen refleks koji uzrokuje spazam. Korištenjem krioterapije dolazi do smanjenja prijenosa impulsa od nociceptora, smanjenja spinalnog refleksa, potom smanjenja tonusa mišića, a posljedično do povećanja protoka krvi kroz krvne žile mišića (39). Krioterapija u ovome slučaju djeluje miorelaksacijski i analgetski.

Čini se kako bi upravo krioterapija bila primjerena za sprječavanje nastanka sindroma pretreniranosti u profesionalnih sportaša. Sindrom pretreniranosti je stanje nastalo radi pretjeranog vježbanja bez odgovarajućeg odmora. Točna etiologija i patogeneza su nepoznate i istražuju se. Simptomi su multisistemske prirode i često predstavljaju temeljne hormonalne, imunološke, neurološke i psihološke poremećaje (40). Umor i slabije postizanje rezultata česti su kod pretreniranosti (41).

#### **4.5. UČINAK NA MIOKARD I SRČANU FUNKCIJU**

Studija po pitanju učinka krioterapije cijelog tijela na srce sportaša, ispitana je na profesionalnim sportašima koji su bili podvrgavani WBC-u nakon treninga. Mjerene su koncentracije srčanih markera u 10 profesionalnih ragbijaša talijanske reprezentacije. Svi ispitanici trenirali su pod istim opterećenjem međutim samo dio je bio tretiran WBC-om nakon treninga, jednom dnevno, tjedan dana.

Vrijednosti troponina I i hs-CRP-a (high sensitivity C-reactive protein) ostale su nepromijenjene. Budući da su to pokazatelji oštećenja i nekroze srčanog mišića možemo zaključiti da do oštećenja miokarda uslijed krioterapije nije došlo.

Jedini porast srčanih molekula koji je zabilježen kod korištenja krioterapije cijelog tijela je porast koncentracije molekula NT-proBNP (N-terminal proBrain Natriuremic Peptide). Rast koncentracije molekula NT-proBNP-a povezan je sa srčanim zatajenjem i slabljenjem ventrikularne snage. Koncentracija NT-proBNP-a povišena je sa srednje vrijednosti od 19,7 pg/mL prije liječenja WBC-om, na srednju vrijednost od 31,3 pg/mL nakon tretmana s WBC-om. Pretpostavlja se da je do porasta u koncentraciji NT-proBNP-a došlo zbog odgovora tijela na hladnoću kao stres (42, 43).

Zaključno, čini se da krioterapija cijelog tijela nije štetna po miokard i srčanu funkciju budući da nije oslabila srčanu funkciju u ovom uzorku elitnih sportaša.

## 4.6. UTJECAJ NA VITALNE ZNAKOVE

Učinci uporabe krioterapije cijeloga tijela na vitalne parametre ispitivani su u istraživanju na deset rekreativnih trkača prosječne starosti od 38 godina. Trkači su izlagani WBC-u tri puta, jednom dnevno nakon treninga. Svi oni koji su prethodno bili ozlijeđeni ili su imali određene upalne bolesti iz ovog istraživanja bili su isključeni. Tijekom istraživanja trkači su se držali programa treninga od prethodnog tjedna, preciznije, 60 minuta trčanja jednom dnevno i taj program nije bio mijenjan tijekom istraživanja. Svima njima mjeren je EKG prije i nakon krioterapije cijelog tijela, kao i ostali vitalni parametri. Tokom WBC-a na sve ispitanike bila je postavljena jedna elektroda (D1) kako bi se mogao pratiti srčani ritam i tokom krioterapije (44).

Rezultati su pokazali manje varijacije u mjerenim vrijednostima prije i nakon krioterapije cijeloga tijela.

Prosječna vrijednost brzine otkucaja srca promijenjena je s  $51.75 \pm 4.56$  otkucaja srca prije krioterapije, na  $57.23 \pm 5.12$  otkucaja srca tokom WBC-a, da bi ta vrijednost porasla na  $61.5 \pm 3.67$  otkucaja nakon krioterapije. Tokom WBC-a zabilježene su supraventrikularne ektopije u samo dva slučaja dok ventrikularne nisu zabilježene nikako. Do rasta u brzini otkucaja srca je došlo radi izlaganja tijela niskim temperaturama međutim vrijednosti su ostale u fiziološkom rasponu.

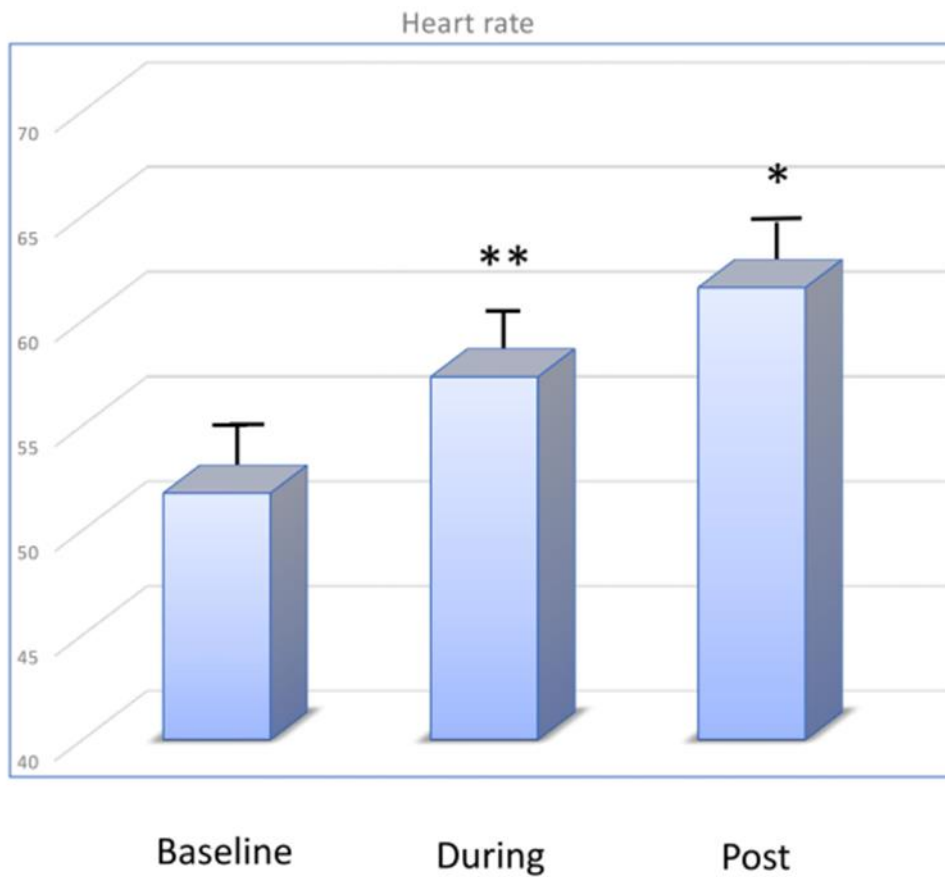
Prosječna vrijednost sistoličkog krvnog tlaka također se nije značajno promijenila, sa  $118 \pm 5$  mmHg prije krioterapije, na  $120 \pm 3$  mmHg tokom WBC-a i potom na  $121 \pm 2$  mmHg nakon WBC-a.

Promjene u respiratornoj frekvenciji također su zabilježene kao minimalne, s  $14.5 \pm 2$  rpm prije krioterapije na  $15 \pm 1$  rpm nakon korištenja WBC-a.

Saturacija kisikom izmijenila se s 98% prije na 99% poslije krioterapije.

Temperatura tijela se nije mijenjala dok se temperatura kože vratila vrlo brzo u fiziološke vrijednosti.

Zaključno, korištenje krioterapije cijeloga tijela kod rekreativnih sportaša pokazalo se sigurnim, s minimalnim promjenama vrijednosti vitalnih znakova.



Slika 2. Promjene u brzini otkucaja srca na početku, tijekom i nakon krioterapije cijelog tijela. Prema: Cardiovascular Effects of Whole-Body Cryotherapy in Non-professional Athletes (Coppi F. i suradnici, 2022), str.4 (44)

## 4.7. UČINAK NA HORMONE

Hormonski učinak krioterapije cijelog tijela ispitan je u više sportaških skupina na više različitih hormona.

Ispitivanjem provedenim na profesionalnim nogometašima nastojao se istražiti učinak WBC-a na serumske koncentracije steroidnih hormona. Istraživanje je provedeno na dvadeset i dvoje zdravih nogometaša srednje dobi od 26.7 godina. Uzorci krvi uzimani su prije i dva dana nakon tretmana krioterapijom. Rezultati su bili slijedeći: nakon krioterapije došlo je do smanjenja koncentracija testosterona sa 6,01 na 4,80 ng/mL nakon WBC-a i estradiola sa 102,3 prije krioterapije na 47,5 pg/mL. Do značajnih promjena u koncentraciji dehidroepiandrosteron-sulfata (DHEA-S) i koncentraciji luteinizirajućeg hormona (LH) nije došlo (45).

Slično ispitivanje provedeno je i 25 profesionalnih ragbijaša, pripadnika talijanske reprezentacije. Ovoga puta određivale su se koncentracije kortizola, dehidroepiandrosterona (DHEA), testosterona i estradiola, ali kao uzorak koristila se slina. Ragbijaši su prošli su sedmodnevni protokol krioterapije koji se sastojao od 2 dnevne sesije. Kortizol i DHEA pokazali su smanjenje već prvog dana nakon 2 sesije WBC-a, dok značajne varijacije u koncentracijama testosterona i estradiola nisu zabilježene (46).

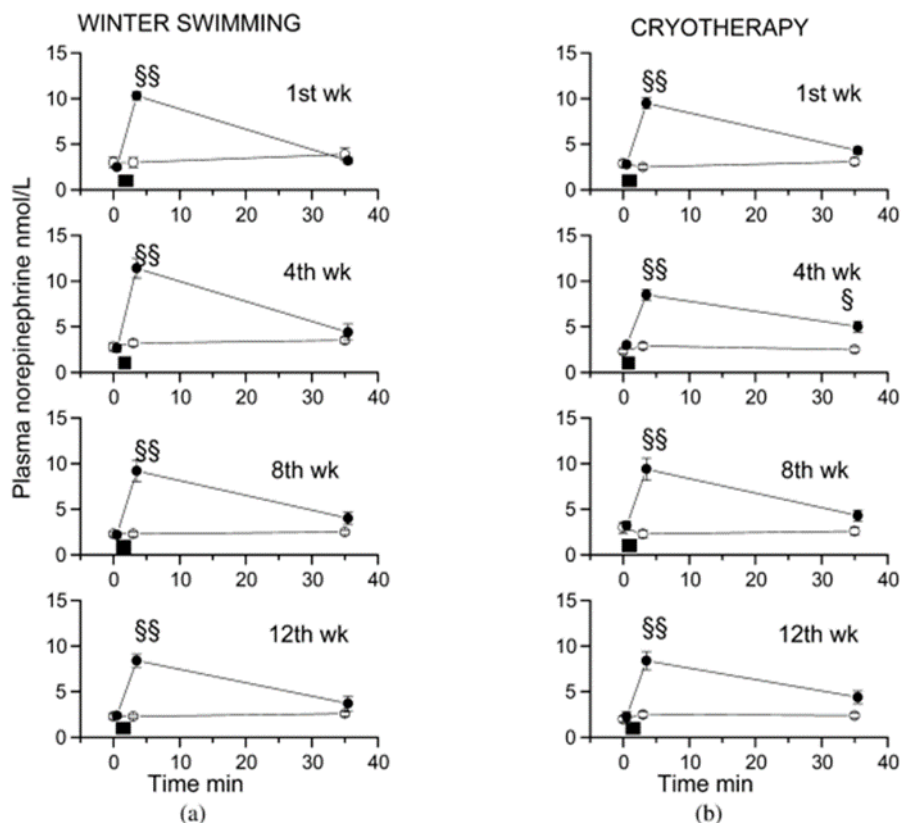
Drugo istraživanje provedeno je na 20 zdravih žena. Deset žena izlagalo se zimskom plivanju, dok je ostalih deset prakticiralo krioterapiju cijeloga tijela. Učinci i jedne i druge metode na obje skupine bili su slični. Cilj ovog ispitivanja bio je utvrditi utjecaj dugotrajne i redovite izloženosti akutnoj hladnoći. Ispitivanje se provodilo 12 tjedana. Prva skupina od deset žena je 3 puta tjedno bila izložena zimskom kupanju pri temperaturi vode od 0 do 2 celzijusa stupnja. Druga skupina koristila je WBC, krioterapiju cijeloga tijela, pri temperaturi od -110 °C u trajanju od dvije minute. Krvni uzorci uzimani su u prvom, drugom, četvrtom, osmom i dvanaestom tjednu, na dan kada nije bilo izlaganja hladnoći (kontrola) i na dan izlaganja hladnoći. Uzorci su uzimani prije izlaganja niskim temperaturama, te 5 minuta i 35 minuta nakon uporabe krioterapijskih metoda.

Rezultati su pokazali da su koncentracije kortizola i ACTH u plazmi, od četvrtog do dvanaestog tjedna, u razdoblju od 35 minuta nakon krioterapije, bili su značajno niži nego li što su to bili u prvome tjednu. Pretpostavka je da je do toga vjerojatno došlo zbog navikavanja na niske temperature tokom četiri tjedna, zbog čega je zaključeno da ni plivanje pri niskim temperaturama niti krioterapija cijelog tijela nisu stimulirali osovinu hipofiza – nadbubrežna žlijezda.

Koncentracije adrenalina u plazmi nisu bile značajno promijenjene ni u jednoj od dvije skupine.

S druge strane, koncentracije noradrenalina povisile bi se 2 do 3 puta, prilikom svakog izlaganja hladnoći u obje skupine.

Ispitivanje je potvrdilo da je pojačano lučenje noradrenalina izazvano hladnoćom te da njegove visoke koncentracije imaju ulogu analgeziji, zbog čega se krioterapija i koristi poslije većih sportskih napora ili ozljeda (2).



Slika 3. Norepinefrin u plazmi kod ispitanica koje sudjeluju u zimskom plivanju (a) ili u terapiji ekstremnom hladnoćom (b), sesije u tjednima 1, 4, 8 i 12. Bilo je 10 ispitanika u svakoj sesiji. Crni kvadratić na x-osi označava hladnoću ili kontrolnu sesiju. Otvoreni krugovi označavaju kontrolu, a crni krugovi hladnoću. 1 označava  $p < 0,05$  od 0 min vrijednosti i 11  $p < 0,01$ . Zvijezdica označava  $p < 0,05$  od odgovarajuće vrijednosti 1. tjedna.

Prema: Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females, Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation, 68(2), str. 150 (Leppäluoto J. i suradnici, 2008.)

(2)



Slično istraživanje bilo je provedeno na 12 zdravih žena, ali ovoga puta s fokusom na serumske koncentracije hormona rasta, prolaktina, tireotropina i slobodne frakcije hormona štitnjače (fT3, fT4). Ponovno, dvanaest žena podijeljeno je u dvije skupine po šest ispitanika. Prva skupina izlagana je kupkama u hladnoj vodi pri temperaturi od 0 do 2 celzijusa stupnja u trajanju od 20 sekundi, dok je druga skupina prakticirala krioterapiju cijelog tijela pri -110 celzijusa stupnjeva u trajanju od 2 minute pri svakom izlaganju. Terapijske metode primjenjivale su se ukupno 12 tjedana, tri puta tjedno, dok su uzorci krvi sada uzimani samo u prvom, četvrtom i dvanaestom tjednu, prije i 35 minuta nakon izlaganja hladnoći, kao i u danima spomenutih tjedana kada izlaganja hladnoći nisu obavljena (kontrola).

Tijekom tretmana tireotropin u serumu se značajno povećao u 35 minuta tokom prvog tjedna, ali su odgovarajuće vrijednosti bile unutar fiziološkog intervala.

Serumski prolaktin izmjeren nakon 35 minuta u 12. tjednu bio je niži nego tijekom kontrolnog tretmana

Značajne promjene u koncentraciji slobodnih frakcija hormona štitnjače, fT3 i fT4, nisu zabilježene.

Analytes	Treatment	Day	Week 1		Week 4		Week 12	
			Basal value	After 35 min	Basal value	After 35 min	Basal value	After 35 min
TSH (mU/L)	Winter swimming	Control day	1.2 (0.1)	1.1 (0.1)	1.1 (0.1)	1.0 (0.1)	1.0 (0.1)	1.0 (0.1)
		Exposure day	1.3 (0.1)	1.7** (0.2)	1.3 (0.2)	1.6* (0.2)	1.1 (0.2)	1.2 (0.2)
	Cryotherapy	Control day	1.5 (0.3)	1.3 (0.3)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)	1.1 (0.2)
		Exposure day	1.3 (0.2)	1.3 (0.2)	1.0 (0.2)	1.1 (0.2)	1.0 (0.2)	1.1 (0.1)
PRL (mU/L)	Winter swimming	Control day	133 (20)	138 (23)	176 (44)	163 (48)	180 (35)	234 (63)
		Exposure day	168 (30)	177 (37)	156 (27)	167 (35)	134 (22)	130 <sup>§</sup> (22)
	Cryotherapy	Control day	248 (84)	221 (57)	131 (16)	135 (16)	156 (27)	164 (27)
		Exposure day	142 (10)	119 (10)	108 (17)	101 (16)	130 (18)	116 (21)
GH (µg/L)	Winter swimming	Control day	0.7 (0.3)	2.0 (0.7)	1.4 (0.7)	1.4 (0.8)	1.1 (0.4)	0.7 (0.4)
		Exposure day	1.4 (1.0)	1.1 (0.6)	2.4 (1.0)	2.5 (0.9)	2.5 (1.1)	1.8 (0.5)
	Cryotherapy	Control day	2.0 (1.0)	1.5 (0.8)	3.2 (1.4)	4.7 (1.9)	1.5 (0.7)	2.5 (1.5)
		Exposure day	2.0 (1.0)	2.1 (1.2)	1.5 (0.6)	2.7 (1.9)	3.7 (1.7)	1.3 (0.7)

\*  $p < 0.05$  from the 0 min values.

\*\*  $p < 0.01$ .

§ Denotes  $p < 0.05$  from the respective control day value.

Slika 4. Serumski TSH, PRL i GH u ženskih ispitanika koji su sudjelovali u zimskom plivanju ili krioterapiji cijelog tijela. Koncentracije u odmoru i nakon 35 minuta izlaganja (i odgovarajućih vremena za kontrolnu sesiju) tijekom 1., 4. i 12. tjedna. Broj ispitanika bio je 6 u svakoj sesiji.

Prema: Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentrations of growth hormone, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women, Cryobiology, 58(3), str.277, (Smolander J. i suradnici, 2009.) (47)

Na kraju možemo reći da tijekom primjene WBC-a nisu primijećene promjene u serumskim razinama proučavanih hormona za vrijeme 12 tjedana, odnosno kupanje u hladnoj vodi i krioterapija cijeloga tijela kod zdravih žena ne dovodi do poremećaja serumskih koncentracija hormona rasta, prolaktina, tireotropina te hormona štitnjače (47).

Zaključno, o utjecaju krioterapije cijeloga tijela na pojedine hormone i njihove koncentracije može se dosta raspravljati, međutim vrijednosti pojedinih hormona su se jednako ponašale u više istraživanja. Iz gore navedenih primjera možemo zaključiti da krioterapija cijeloga tijela dovodi do smanjenja koncentracija testosterona i estradiola te rasta koncentracija serumskog noradrenalina. Isto tako možemo reći da krioterapija cijelog tijela ne stimulira osovinu hipofiza – nadbubrežna žlijezda kao ni hipofizno-nadbubrežnu os te otpuštanje kortizola.

## 4.8. HEMATOLOŠKI UČINCI

U istraživanju Annae Straburzyńska-Lupa nastojali su se odrediti hematološki učinci krioterapije cijeloga tijela. Studija je uključila 11 poljskih muških reprezentativaca u hokeju na travi u dobi od  $25,8 \pm 2,9$  godina. Krioterapija cijelog tijela primjenjivana je dva puta dnevno pri temperaturama od  $-120^{\circ}\text{C}$  do  $-130^{\circ}\text{C}$ , u trajanju od 2,5-3 minute, ukupno 18 sesija. Određivane vrijednosti u ovom istraživanju bile su brzina sedimentacije eritrocita - ESR, broj leukocita - WBC, broj eritrocita - RBC, trombociti, hemoglobin - HGB, hematokrit - HCT, MCV, MCH, MCHC, postotak limfocita, monocita i neutrofila, te razine interleukina-1R. Vrijednosti su određene prije početka tretmana krioterapijom te nakon 18 krioterapijskih postupaka, kao i tjedan dana kasnije.

Pokazalo se kako je krioterapija cijelog tijela značajno je snizila parametre poput broja eritrocita, hemoglobina i hematokrita u perifernoj krvi. Pokazalo se da to smanjenje nije bilo trajno i da su se nakon tjedan dana broj eritrocita i hematokrit vratili na početne vrijednosti. U studiji nije utvrđeno da krioterapija cijelog tijela ima imunomodulatorni učinak osim učinka na brzinu sedimentacije eritrocita koja se nije promijenila odmah nakon tretmana, ali je bila značajno niža tjedan dana kasnije. Zaključno, krioterapija cijeloga tijela sigurna je za korištenje kod zdravih osoba po pitanju hematoloških učinaka (48).

Parametry biochemiczne (n=10) / Biochemical parameters	Przed zabiegami I / At baseline I	Po serii zabiegów II / After a series of procedures II	P II vs I	Po tygodniu od zabiegów III / After a series of procedures III	P III vs I
Leukocyty / Leukocytes ( $\times 10^9/l$ )	6,0 $\pm$ 0,8	6,1 $\pm$ 1,1	n.s.	6,6 $\pm$ 2,2	n.s.
Erytrocyty / Erythrocytes ( $\times 10^{12}/l$ )	5,1 $\pm$ 0,3	4,8 $\pm$ 0,3	0,01	4,8 $\pm$ 0,4	n.s.
Hb (mmol/l)	14,5 $\pm$ 0,8	14,0 $\pm$ 1,0	0,05	15,3 $\pm$ 1,2	0,05
Hematokryt / Haematocrit (%)	44,2 $\pm$ 2,9	42,0 $\pm$ 3,2	0,02	45,1 $\pm$ 3,2	n.s.
Płytki / Platelets ( $\times 10^9/l$ )	234,8 $\pm$ 41,8	215,0 $\pm$ 46,4	n.s.	184,9 $\pm$ 78,1	n.s.
MCV (fl)	87,3 $\pm$ 1,4	88,0 $\pm$ 1,6	0,03	90,9 $\pm$ 1,4	0,01
MCH (pg)	28,7 $\pm$ 0,6	29,2 $\pm$ 0,6	0,01	32,2 $\pm$ 1,1	0,01
MCHC (g/dl)	32,8 $\pm$ 0,5	33,2 $\pm$ 0,3	0,01	35,3 $\pm$ 1,0	0,01
Limfocyty / Lymphocytes (%)	40,5 $\pm$ 4,0	39,7 $\pm$ 5,9	n.s.	44,3 $\pm$ 10,0	n.s.
monocyty / Monocytes (%)	4,6 $\pm$ 0,5	4,4 $\pm$ 0,8	n.s.	4,5 $\pm$ 3,6	n.s.
Granulocyty / Neutrophils (%)	55,0 $\pm$ 4,2	55,9 $\pm$ 6,0	n.s.	51,2 $\pm$ 13,2	n.s.
OB/ESR (mm/h)	9,5 $\pm$ 3,8	8,4 $\pm$ 3,5	n.s.	5,6 $\pm$ 2,0	0,02

Slika 5. Srednje vrijednosti i komparativna analiza odabranih biokemijskih krvnih parametara prije i poslije sesija u jednom tjednu profesionalnih natjecatelja hokeja na travi

Prema: Effect of whole-body cryotherapy on selected blood chemistry parameters in professional field hockey players (Straburzyńska-Lupa A. i suradnici, 2007.) str. 7 (48)

## 5. ZAKLJUČAK

Krioterapija cijeloga tijela ili „Whole-body cryotherapy“, skraćeno WBC, postaje sve učestalija metoda oporavka u sportaša današnjice. Popularnost raste radi jednostavnosti tretmana, kratkoće trajanja, ali i povoljnih učinaka otkrivenih tokom pojedinih istraživanja. Za krioterapiju cijeloga tijela vjeruje se da kod sportaša omogućuje brži oporavak od ozljeda ili barem lakše nošenje s ozljedama. Tako su opisani analgetski učinci za koje se smatra da nastaju na više načina, pojačanim oslobađanjem noradrenalina ili smanjenjem aktivnosti natrij-kalijske ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ ) crpke te smanjenom brzinom provođenja živčanih impulsa kroz živac. Istraživanja protuupalnih učinaka krioterapije davala su različite rezultate, međutim, skupno gledano, vidljiva su smanjena oslobađanja proupalnih citokina, a pojačana onih protuupalnih. Pronađeno je i da krioterapija povoljno djeluje na ozlijeđene i istrošene mišiće te da je kod osoba koje su koristile krioterapiju, snižena koncentracija markera koji bi ukazivali na takva oštećenja. I ono najbitnije, kroz nekolicinu istraživanja i već ustaljeno korištenje krioterapije u svijetu, pokazalo se da je ne samo povoljna po zdravlje sportaša i zdravih osoba, već i sigurna za kardiovaskularni sustav te sve vitalne parametre korisnika. S manjim učincima na hormonski sustav, sa zanemarivim hematološkim učincima, krioterapija, sigurna po zdravlje i vitalne znakove, pokazala se dosad kao izvrsna metoda tretiranja sportskih ozljeda, te preveniranja istih, uslijed dokazanih analgetskih i protuupalnih karakteristika.

## 6. ZAHVALA

Zahvaljujem profesoru Milanu Miloševiću na pruženoj prilici u pisanju rada na ovu temu.

Zahvaljujem mojoj obitelji koja mi je omogućila sve.

Zahvaljujem prijateljima.

## 7. LITERATURA

1. Mila-Kierzenkowska C, Jurecka A, Woźniak A, Szpinda M, Augustyńska B, Woźniak B. The Effect of Submaximal Exercise Preceded by Single Whole-Body Cryotherapy on the Markers of Oxidative Stress and Inflammation in Blood of Volleyball Players. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2013;2013:1–10.
2. Leppäluoto J, Westerlund T, Huttunen P, Oksa J, Smolander J, Dugué B, Mikkelsen M. Effects of long-term whole-body cold exposures on plasma concentrations of ACTH, beta-endorphin, cortisol, catecholamines and cytokines in healthy females. *Scand J Clin Lab Invest*. 2008;68(2):145-53. doi: 10.1080/00365510701516350. PMID: 18382932
3. Remba SJ, Varon J, Rivera A, Sternbach GL. Dominique-Jean Larrey: The effects of therapeutic hypothermia and the first ambulance. *Resuscitation*. 2010 Mar;81(3):268–71.
4. Arnott JC. PRACTICAL ILLUSTRATIONS OF THE REMEDIAL EFFICACY OF A VERY LOW OR ANÆSTHETIC TEMPERATURE. ?I. IN CANCER. *The Lancet*. 1850 Aug 31;56(1409):257–9.
5. Cooper SM, Dawber RP. The history of cryosurgery. *Journal of the Royal Society of Medicine [Internet]*. 2001;94(4):196–201.
6. Arnott J. On the Treatment of Cancer, by the regulated Application of an Anæsthetic Temperature. 1851
7. Cooper SM, Dawber RP. The history of cryosurgery. *Journal of the Royal Society of Medicine [Internet]*. 2001;94(4):196–201.
8. Raoul Pictet. Mémoire sur la liquéfaction de l'oxygène, la liquéfaction et la solidification de l'hydrogène. 1878.
9. Hall-Edwards JF. Carbon Dioxide Snow. 1913.
10. BSc NB, Freiman A. History of cryotherapy. *Dermatology Online Journal*. 2005;11(2).
11. Allington HV. Liquid nitrogen in the treatment of skin diseases. 1950 Mar 1;72(3):153–5.
12. Freiman A, Bouganim N. History of cryotherapy. *Dermatol Online J*. 2005 Aug 1;11(2):9.
13. Allan R, Malone J, Alexander J, Vorajee S, Ihsan M, Gregson W, et al. Cold for centuries: a brief history of cryotherapies to improve health, injury and post-exercise recovery. *European Journal of Applied Physiology [Internet]*. 2022 Feb 23

14. Selfe J, Alexander J, Costello JT, May K, Garratt N, Atkins S, et al. The Effect of Three Different (-135°C) Whole Body Cryotherapy Exposure Durations on Elite Rugby League Players. PLoS ONE [Internet]. 2014 Jan 29;9(1).
15. Banfi G, Lombardi G, Colombini A, Melegati G. Whole-Body Cryotherapy in Athletes. Sports Medicine. 2010 Jun;40(6):509–17.
16. Patel K, Bakshi N, Freehill MT, Awan TM. Whole-Body Cryotherapy in Sports Medicine. Current Sports Medicine Reports. 2019 Apr;18(4):136–40.
17. Bouzigon R, Grappe F, Ravier G, Dugue B. Whole- and partial-body cryostimulation/cryotherapy: Current technologies and practical applications. Journal of Thermal Biology. 2016 Oct;61:67–81.
18. Hammond LE, Cuttell S, Nunley P, Meyler J. Anthropometric Characteristics and Sex Influence Magnitude of Skin Cooling following Exposure to Whole Body Cryotherapy. BioMed Research International [Internet]. 2014 [cited 2019 Dec 5];2014:1–7.
19. Lombardi G, Lanteri P, Porcelli S, Mauri C, Colombini A, Grasso D, et al. Hematological Profile and Martial Status in Rugby Players during Whole Body Cryostimulation. Young RC, editor. PLoS ONE. 2013 Feb 1;8(2):e55803.
20. Yamauchi YRA, Yamauchi T, Miura K. The analgesic effects of -170°C whole body cryo-therapy on rheumatoid arthritis (R.A.); curable. Pain. 1987;30:S261.
21. Branco P, Branco PS, Martelo D, Constantino H, Lopes M, José R, Tomás R, et al. Temas de reabilitação - agentes físicos Porto, Portugal; 2005 11-20p. 2005;
22. Macedo CS, Guirro RR. Crioterapia: teoria e prática baseada em evidência Profisio esportiva e traumato-ortópica. 2013;
23. Herrera E, Sandoval MC, Camargo DM, Salvini TF. Motor and Sensory Nerve Conduction Are Affected Differently by Ice Pack, Ice Massage, and Cold Water Immersion. Physical Therapy. 2010 Apr 1;90(4):581–91.
24. Starkey, C. Recursos terapêuticos em fisioterapia. 4th ed. Barueri: Manole; 2017
25. Freitas C, Luzardo R. Crioterapia: efeitos sobre as lesões musculares. Rev Epist Transversalis. 2013;4(1):1-7.
26. Pertovaara A, Kalmari J. Comparison of the Visceral Antinociceptive Effects of Spinally Administered MPV-2426 (Fadolmidine) and Clonidine in the Rat. Anesthesiology. 2003 Jan 1;98(1):189–94.
27. Dugue, Leppanen. Adaptation related to cytokines in man: effects of regular swimming in ice-cold water. Clinical Physiology. 2000 Mar;20(2):114–21.

28. Banfi G, Melegati G, Barassi A, Dogliotti G, Melzi d'Eril G, Dugué B, et al. Effects of whole-body cryotherapy on serum mediators of inflammation and serum muscle enzymes in athletes. *Journal of Thermal Biology*. 2009 Feb;34(2):55–9.
29. Dugue, Leppanen. Adaptation related to cytokines in man: effects of regular swimming in ice-cold water. *Clinical Physiology*. 2000 Mar;20(2):114–21.
30. Ziemann E, Olek RA, Kujach S, Grzywacz T, Antosiewicz J, Garszka T, et al. Five-Day Whole-Body Cryostimulation, Blood Inflammatory Markers, and Performance in High-Ranking Professional Tennis Players. *Journal of Athletic Training*. 2012 Nov;47(6):664–72.
31. Ziemann E, Olek RA, Grzywacz T, Kaczor JJ, Antosiewicz J, Skrobot W, et al. Whole-body cryostimulation as an effective way of reducing exercise-induced inflammation and blood cholesterol in young men-->. *European Cytokine Network*. 2014 Mar;25(1):14–23.
32. Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C, Rakowski A. The effect of whole-body cryostimulation on lysosomal enzyme activity in kayakers during training. *European Journal of Applied Physiology*. 2007 Feb 16;100(2):137–42.
33. Lubkowska A, Chudecka M, Klimek A, Szyguła Z, Frączek B. Acute effect of a single whole-body cryostimulation on prooxidant–antioxidant balance in blood of healthy, young men. *Journal of Thermal Biology*. 2008 Dec;33(8):464–7.
34. Wozniak A, Wozniak B, Drewa G, Mila-Kierzenkowska C. The effect of whole-body cryostimulation on the prooxidant–antioxidant balance in blood of elite kayakers after training. *European Journal of Applied Physiology*. 2007 Aug 1;101(5):533–7.
35. Banfi G, Melegati G, Valentini P. Effects of cold-water immersion of legs after training session on serum creatine kinase concentrations in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. 2007 Jan 29;41(5):339–9.
36. Gill ND. Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*. 2006 Mar 1;40(3):260–3.
37. Hausswirth C, Louis J, Bieuzen F, Pournot H, Fournier J, Filliard JR, et al. Effects of Whole-Body Cryotherapy vs. Far-Infrared vs. Passive Modalities on Recovery from Exercise-Induced Muscle Damage in Highly-Trained Runners. Lucia A, editor. *PLoS ONE*. 2011 Dec 7;6(12):e27749.
38. Janský L, Pospíšilová D, Honzová S, Uličný B, Šrámek P, Zeman V, et al. Immune system of cold-exposed and cold-adapted humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1996 Mar;72-72(5-6):445–50.

39. Nadler SF, Weingand K, Kruse RJ. The physiologic basis and clinical applications of cryotherapy and thermotherapy for the pain practitioner. *Pain Physician*. 2004 Jul;7(3):395-9.
40. Kreher J. Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. *Open Access Journal of Sports Medicine*. 2016 Sep;Volume 7(7):115–22.
41. Kreher JB, Schwartz JB. Overtraining Syndrome. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* [Internet]. 2012 Jan 31;4(2):128–38.
42. Banfi G, Melegati G, Barassi A, d’Eril GM. Effects of the whole-body cryotherapy on NTproBNP, hsCRP and troponin I in athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009 Nov;12(6):609–10.
43. Banfi G, D’Eril GM, Barassi A, Lippi G. N-Terminal proB-type natriuretic peptide (NT-proBNP) concentrations in elite rugby players at rest and after active and passive recovery following strenuous training sessions. *Clinical Chemical Laboratory Medicine*. 2008 Jan 1;46(2).
44. Anna Vittoria Mattioli, Pinti M, Selleri V, Zanini G, D’Alisera R, Pasqualino Maietta Latessa, et al. Cardiovascular Effects of Whole-Body Cryotherapy in Non-professional Athletes. 2022 Jun 10;9.
45. Korzonek-Szlacheta I, Wielkoszyński T, Stanek A, Swietochowska E, Karpe J, Sieroń A. Wpływ krioterapii ogólnoustrojowej na stężenie wybranych hormonów u zawodników wyczynowo uprawiających piłkę nożną [Effect of whole body cryotherapy on the levels of some hormones in professional soccer players]. *Endokrynol Pol*. 2007 Jan-Feb;58(1):27-32. Polish. PMID: 17354202.
46. Grasso D, Lanteri P, Di Bernardo C, Mauri C, Porcelli S, Colombini A, et al. Salivary steroid hormone response to whole-body cryotherapy in elite rugby players. *J Biol Regul Homeost Agents*. 2014;28(2):291-300.
47. Smolander J, Leppäluoto J, Westerlund T, Oksa J, Dugue B, Mikkelsen M, et al. Effects of repeated whole-body cold exposures on serum concentrations of growth hormone, thyrotropin, prolactin and thyroid hormones in healthy women. *Cryobiology*. 2009 Jun;58(3):275–8.
48. Straburzynska-Lupa A, Konarska A, Nowak A, et al. Effect of whole-body cryotherapy on selected blood chemistry parameters in professional field hockey players [in Polish]. *Fizjoterapia Polska* 2007; 7: 15-201.



## **8. ŽIVOTOPIS**

Rođen sam 12. travnja 1999. godine u Zadru. Prvi razred upisujem u Osnovnoj školi Stanovi 2005. godine, koju pohađam sve do četvrtog razreda osnovne škole. Od petog do osmog razreda pohađam Osnovnu školu Zadarski otoci nakon koje 2013. godine upisujem Gimnaziju Jurja Barakovića u Zadru. Tijekom osnovnoškolskog obrazovanja treniram plivanje, a srednjoškolskog boks i kickboxing. 2017. godine polažem državnu maturu i prijemni ispit za Medicinski fakultet u Zagrebu te ga iste godine upisujem. Fakultet završavam redovno.