

# HIPERBARIČNA OKSIGENOTERAPIJA U CIJELJENJU RANA

---

Ćalić, Dragan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:049183>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ  
SESTRINSTVO

HIPERBARIČNA OKSIGENOTERAPIJA U CIJELJENJU RANA

Završni rad

Rijeka, 2020.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
GRADUATE UNIVERSITY STUDY OF NURSING

HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN WOUND HEALING

Final work

Rijeka, 2020.

Mentor rada : Vesna Čačić, prof.rehab.,bacc.med.techn.

Rad ima 26 stranica, 5 slika, 3 tablice.

Pregledni rad obrađen je dana \_\_\_\_\_ u/na \_\_\_\_\_,

pred povjerenstvom u sastavu :

- 1.
- 2.
- 3.

## Izvešće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

Sastavnica	SVEUČILIŠTE U RIJECI-FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
Studij	SESTRINSTVO
Vrsta studentskog rada	ZAVRŠNI RAD
Ime i prezime studenta	DRAGAN ČALIĆ
JMBAG	

Podatci o radu studenta:

Naslov rada	HIPERBARIČNA OKSIGENOTERAPIJA U CIJELJENJU RANA
Ime i prezime mentora	VESNA ČAČIĆ
Datum zadavanja rada	
Datum predaje rada	06.07.2020.
Identifikacijski br. podneska	ID1355715833
Datum provjere rada	10.07.2020.
Ime datoteke	
Veličina datoteke	445.23 K
Broj znakova	
Broj riječi	
Broj stranica	38

Podudarnost studentskog rada:

PODUDARNOST	
Ukupno	15%
Izvori s interneta	15%
Publikacije	
Studentski radovi	

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	10.07.2020.
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

10.07.2020.

Potpis mentora

Vesna Čačić, mag.educ.rehab.

## SAŽETAK

Rane predstavljaju veliki teret bolesnicima, medicinskom osoblju te cjelokupnom zdravstvenom i ekonomskom sustavu. Usporeni tijek cijeljenja rane najčešće je posljedica kompleksnih lokalnih i sistemskih uzroka. Vodeći uzroci sporog cijeljenja su slabija prokrvljenost tkiva, posljedično tome lokalna hipoksija te kolonizacija patogenih multirezistentnih mikroorganizama. Rane su veliki i učestali klinički problem koji iziskuje produženu hospitalizaciju i visoke troškove liječenja.

Hiperbarična oksigenoterapija (HBOT) je terapijski postupak primjene kisika pri tlaku većem od atmosferskog tlaka. Aktiviranjem hipoksijom narušenog procesa biosinteze i regeneracije, omogućava zarastanje rana, (kroz bolju produkciju kolagena koji predstavlja osnovu za brzu regeneraciju rana) i stimulacijom kapilarne proliferacije u kostima koja izaziva osteoklastičnu aktivnost i uklanja nekrotično i infekcijom oštećeno koštano tkivo.

Oprema potrebna za terapiju je tlačna komora koja postoji u više izvedbi te se razlikuje u načinu dopreme 100% kisika do korisnika. Hiperbarična oksigenoterapija je dokazano uspješan način liječenja rana. Korisnost hiperbaričnog kisika u liječenju rana danas je jednako neophodna kao i zadovoljavanje osnovnih ljudskih potreba za vodom i hranom.

Ključne riječi : hiperbarična oksigenoterapija, cijeljenje, rane, hiperbarična komora, medicinska sestra/tehničar

## SUMMARY

Wounds are a great burden to patients, medical staff and the entire health and economic system. The delayed course of wound healing is most often due to complex local and systemic causes. The leading causes of slow healing are poorer tissue circulation, consequently local hypoxia and colonization of pathogenic multidrug-resistant microorganisms. Wounds are a large and frequent clinical problem that requires prolonged hospitalization and high treatment costs.

Hyperbaric oxygen therapy (HBOT) is a therapeutic procedure of applying oxygen at a pressure higher than atmospheric pressure. By activating the process of biosynthesis and regeneration disturbed by hypoxia, it enables wound healing (through better production of collagen which is the basis for fast wound regeneration) and stimulation of capillary proliferation in bones which causes osteoclastic activity and removes necrotic and infected bone tissue.

The equipment required for therapy is a pressure chamber that exists in several versions and differs in the way 100% oxygen is delivered to the user. Hyperbaric oxygen therapy is a proven successful way to treat wounds. The usefulness of hyperbaric oxygen in wound healing today is as essential as meeting basic human needs for water and food.

Keywords: hyperbaric oxygen therapy, healing, wounds, hyperbaric chamber, nurse / technician

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se mentorici Vesni Čačić, prof.rehab.,bacc.med.techn., na pruženoj potpori i pomoći prilikom izrade završnog rada.*

*Zahvaljujem se svojoj obitelji na strpljenju i podršci za vrijeme mojeg školovanja i izradi ovog završnog rada.*



## SADRŽAJ

1. UVOD.....	9
2. ANATOMIJA KOŽNOG SUSTAVA.....	2
3. FIZIKA I FIZIOLOGIJA U HIPERBARIČNOJ MEDICINI.....	4
4. POVIJEST HIPERBARIČNE MEDICINE .....	6
4.1. Povijest hiperbarične medicine u Hrvatskoj.....	7
5. HIPERBARIČNA OKSIGENOTERAPIJA .....	9
5.1. Hiperbarične komore .....	10
5.2. Indikacije za hiperbaričnu oksigenoterapiju.....	11
6. CIJELJENJE RANA.....	12
6.1. Akutne rane .....	14
6.2. Kronične rane .....	15
6.3. Suvremene obloge.....	15
6.3. Transkutana oksimetrija.....	19
7. PRIPREMA BOLESNIKA ZA HIPERBARIČNU OKSIGENOTERAPIJU .....	21
7.1. Priprema hitnog bolesnika za hiperbaričnu oksigenoterapiju .....	22
7.2. Priprema ambulantnog bolesnika za hiperbaričnu oksigenoterapiju .....	23
8. ZAKLJUČAK .....	25
9. LITERATURA.....	26
PRILOZI .....	27
ŽIVOTOPIS .....	29

## 1.UVOD

Hiperbarična medicina je grana medicinske znanosti koja se bavi izučavanjem i primjenom hiperbarične oksigenoterapije. Hiperbarična oksigenoterapija (HBOT), je terapijski postupak primjene kisika pri tlaku većem od atmosferskog tlaka. Oprema potrebna za terapiju je tlačna komora koja postoji u više vrsti i izvedbi načina dopreme 100% kisika do korisnika. Cijeljenje rane kompleksan je proces u kojem sudjeluje više čimbenika. Kisik je važan za cijeljenje rana, te zauzima važnu ulogu u samom procesu. U hiperbaričnom okruženju u fiziološkom rasponu utječu na proliferaciju fibroblasta mijenjanjem aktivnosti stabilne prijelazne tvari koja regulira odgovor stanica na čimbenike rasta. Kisik je potreban za hidrosilaciju prolina i lizina što je izrazito neophodno za oslobađanje kolagena iz fibroblasta te njegovu ugradnju u samu ranu koja je u procesu cijeljenja. Rane lokalizirane na potkoljenicama u 80% slučajeva su kronične rane uzrokovane kroničnom venskom insuficijencijom, dok su 5-10% arterijske etiologije te ostatak možemo svrstati u neuropatske ulkuse. Osim što prisutnost kroničnih rana smanjuje kvalitetu života bolesnika, kronične rane spadaju u socioekonomski problem u razvijenim zemljama svijeta, problem koji iz dana u dan raste. Javljaju se u 1-2% populacije te se na njihovo tretiranje troši 2-4% zdravstvenog proračuna. Zbog starenja populacije te porasta dijabetesa i pretilosti u svijetu procjenjuje se da će navedene brojke porasti. Zbog etioloških čimbenika, tretiranje kroničnih rana zahtjeva multidisciplinarni pristup u koji je potrebno uložiti veliku količinu truda medicinskog osoblja kako bi se kronična rana tretirala što učinkovitije, bezbolnije za bolesnika, jednostavnije te na kraju i jeftinije za zdravstveni proračun. U ovom radu prikazati ću što je i kako funkcionira hiperbarična oksigenoterapija, tko na nju ima pravo, te kolika je njezina važnost. (1)

## 2. ANATOMIJA KOŽNOG SUSTAVA

Ljudska koža je vanjski pokrov tijela i najveći je organ cjelovitog sustava. Koža ima do sedam slojeva ektodermalnog tkiva i čuva mišiće, kosti, ligamente i unutrašnje organe koji leže u podlozi. Ljudska koža je slična većini ostalih sisavaca, a vrlo je slična svinjskoj koži. Iako je gotovo sva ljudska koža prekrivena folikulima kose, može se pojaviti bez dlake. Postoje dva općenita tipa kože, dlakave i glaburozne kože (bez dlake). Zbog kontakta s okolinom koža igra važnu imunitetnu ulogu u zaštiti tijela od patogena i prekomjernog gubitka vode. Ostale njezine funkcije su izolacija, regulacija temperature, osjet, sinteza vitamina D i zaštita folata iz vitamina B. Jako oštećena koža pokušat će ozdraviti formirajući ožiljno tkivo. U ljudi kožna pigmentacija varira među populacijom, a tip kože može biti u rasponu od suhe do normalne i od masne do obilno.

Ljudska koža se dijeli na anatomska, fiziološka, biokemijska i imunološka svojstva. Koža ima mezodermalne stanice, pigmentaciju, poput melanina kojeg osiguravaju melanociti, koji apsorbiraju dio potencijalno opasnog ultraljubičastog zračenja (UV) na suncu. Sadrži i enzime za popravljivanje DNK koji pomažu preokrenuti oštećenja na UV zračenju, tako da ljudi kojima nedostaju geni za ove enzime trpe visoke stope raka kože. Jedan oblik koji pretežno proizvodi UV svjetlost, maligni melanom, posebno je invazivan, zbog čega se brzo širi i često može biti smrtonosan. Pigmentacija ljudske kože na popularan način varira među populacijom. To je dovelo do klasificiranja ljudi na temelju boje kože.

Što se tiče površine, koža je drugi najveći organ u ljudskom tijelu (unutrašnjost tankog crijeva je 15 do 20 puta veća). Za prosječnog odraslog čovjeka koža ima površinu između 1,5-2,0 četvornih metara (16,1-21,5 četvornih metara). Debljina kože znatno varira na svim dijelovima tijela, između muškaraca i žena, te mladih i starih. Primjer je koža na podlaktici koja je u muškaraca prosječno 1,3 mm a u žena 1,26 mm.

Koža je sastavljena od tri osnovna sloja: epiderme, dermisa i hipodermisa. Masnoća služi kao obloga i izolacija za tijelo.

Prosječni kvadratni inč (6,5 cm<sup>2</sup>) kože sadrži 650 znojnih žlijezda, 20 krvnih žila, 60 000 melanocita i više od 1000 živčanih završetaka. Prosječne ljudske stanice kože su u promjeru od oko 30 mikrometra, ali postoje varijante. Stanica kože obično se kreće od 25-40 mikrometra (u kvadratu), ovisno o različitim čimbenicima.

Epiderma je najudaljeniji sloj kože. Na površini tijela tvori vodootporni, zaštitni omotač koji također služi kao prepreka infekciji, a sastoji se od slojevitog epitela s podložnom bazalnom laminom. Epiderma ne sadrži krvne žile, a stanice u najdubljim slojevima njeguju se gotovo isključivo difuznim kisikom iz okolnog zraka, a u znatno manjoj mjeri krvnim kapilarama koje se protežu do vanjskih slojeva dermisa. Glavna vrsta stanica koje čine epidermu su Merkelove stanice, keratinociti, prisutni su i melanociti i Langerhansove stanice. Epidermis se može dalje podijeliti na sljedeće slojeve (počevši od najudaljenijeg sloja): corneum, lucidum (samo na dlanovima i dnu stopala), granulosum, spinosum i bazale. Stanice se formiraju putem mitoze na bazalnom sloju. Dioba stanica se kreće prema slojevima mijenjajući oblik i sastav jer umiru uslijed izolacije iz izvora krvi. Citoplazma se oslobađa i ubacuje se proteinski keratin. Keratinizirani sloj kože odgovoran je za zadržavanje vode u tijelu i čuvanje drugih štetnih kemikalija i patogena, što koži čini prirodnu prepreku infekciji. Dermis je sloj kože ispod epiderme koji se sastoji od vezivnog tkiva i tijela od stresa i naprezanja. Dermis je temeljnom membranom čvrsto povezan s epidermom. Također sadrži mnoge živčane završetke koji pružaju osjećaj dodira i topline. Sadrži folikule dlake, znojne žlijezde, lojne žlijezde, apokrine žlijezde, limfne žile i krvne žile. Krvne žile u dermisu omogućuju prehranu i uklanjanje otpada iz vlastitih stanica kao i iz stratumske bazalice epiderme. Dermis je strukturno podijeljen na dva područja: površinsko područje uz epidermu, koje se naziva papilarno područje, i duboko deblje područje poznato kao retikularna regija. Potkožno tkivo (također hipodermis i subcutis) nije dio kože, već leži ispod dermisa. Njegova je svrha povezati kožu s temeljnim kostima i mišićima, kao i opskrbljivanje krvnih žila i živaca. Sastoji se od labavog vezivnog tkiva, masnog tkiva i elastina. Glavni tipovi stanica su fibroblasti, makrofagi i adipociti (potkožno tkivo sadrži 50% tjelesne masti). (2)

### 3. FIZIKA I FIZIOLOGIJA U HIPERBARIČNOJ MEDICINI

Glavni zakoni na čijim principima počiva djelovanje hiperbarične oksigenoterapije su plinski zakoni. Četiri su plinska zakona značajna za djelovanje hiperbarične oksigenoterapije.

a.) Boyle-Mariottov zakon:

Opisuje istodobnu promjenu tlaka i volumena plina gdje je temperatura konstanta. Na stalnoj temperaturi tlak i volumen plina obrnuto su razmjerni u zatvorenom plinskom sustavu.

Formula:  $pV = k$

b.) Amontonov zakon

Tlak mase danog plina mijenjat će se proporcionalno promjeni apsolutne temperature, kod konstantnog volumena.

Formula:  $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$  or  $P_1T_2 = P_2T_1$ .

c.) Daltonov zakon

Govori o tlakovima pojedinih vrsta plinova u smjesi plinova, a glasi: tlak smjese jednak je zbroju parcijalnih tlakova plinova koji čine smjesu. Parcijalni tlak određenog plina u smjesi, je onaj tlak koji bi taj plin imao kada bi sam zauzimaob obujam, koji zauzima smjesa.

Formula:  $P_{total} = \sum_{i=1}^n p_i$  ili  $P_{total} = p_1 + p_2 + \dots + p_n$

d.) Henryev zakon

Je plinski zakon koji tvrdi da kod konstantne temperature, količina otopljenog plina u tekućini, je direktno proporcionalna s parcijalnim tlakom tog plina, u ravnoteži s tekućinom. Drugim riječima, topljivost plina u tekućini je direktno proporcionalna s tlakom plina iznad tekućine.

Formula:  $p = k_H c$

Udisanjem zraka, pri normalnom tlaku, zasićenost hemoglobina kisikom iznosi 97%. U 100 ml krvi ima 19.5% kisika kemijski vezanog i 0.32% otopljenog u plazmi. Ukoliko se udiše 100% kisik pri normalnom tlaku u plazmi se otapa 2.09%, a pri udisanju kisika u hiperbaričnim uvjetima pri tlaku od 3 bara, postotak otopljenog kisika u plazmi raste na 6.2%, (ova količina jednaka je količini kisika koji tkiva u mirovanju troše između arterijskog i venskog dijela kapilara) dok hemoglobin veže 20.1% kemijskim putem. Pri tome kisik otopljen u plazmi dopire i do najudaljenijih stanica za razliku od eritrocita, (kao glavnih nositelja kisika pri normalnom disanju), koji zbog svoje veličine i ne elastičnosti nemaju tu sposobnost. Ova nesposobnost eritrocita još više dolazi do izražaja kod trovanja ugljičnim monoksidom, bolešću izazvanog suženja lumena kapilara i otoka tkiva. Veliki broj bolesti u svojoj osnovi ima hipoksiju i hipoksemiju (nedostatak kisika) u svojim organima, tkivima i stanicama, uzrokovan različitim mehanizmima. Kako je nedostatak kisika poguban za svaku stanicu organizma, hiperbarični kisik se primjenjuje kao lijek i ima zadatak da ispravi ove poremećaje, što on čini kroz visoke vrijednosti kisika otopljena u krvi pri njegovom udisanju u koncentraciji od 100% na tlaku od 1,5 do 6 bar-a, (prosječno 2,0 do 2,5 bar-a). (3)

<b>Tlak(bar-a)</b>	<b>21%kisik(vol%)</b>	<b>100%kisik(vol%)</b>
<b>1</b>	<b>0,32</b>	<b>2,09</b>
<b>1,5</b>	<b>0,61</b>	<b>3,26</b>
<b>2</b>	<b>0,81</b>	<b>4,44</b>
<b>2,5</b>	<b>1,06</b>	<b>5,62</b>
<b>3</b>	<b>1,31</b>	<b>6,20</b>

*Tablica 1. Prikazuje volumni postotak kisika u 100 ml krvi u određenom tlaku*

#### 4. POVIJEST HIPERBARIČNE MEDICINE

Kao što je poznato, podrijetlo i razvoj hiperbarične medicine je usko povezano s poviješću ronjenja. Iako su atrakcije dubokog ronjenja lako razumljive, događale su se razne neugodne fizičke posljedice pothvata ispod površine svjetskih oceana. Incidenti koji su se događali vodili su direktno na primjenu terapije komprimiranim plinom u modernoj medicini. Upotreba komprimiranog plina u medicini zapravo ima antičke korijene. Podrijetlo ronjenja nije poznato, ali ta aktivnost je veoma prepoznata još od 4500. pr. Međutim, budući da ljudi mogu zadržati dah samo nekoliko minuta, zaroni bez pomaka ograničeni su na dubine manjoj od 30 m. Prva upotreba stvarne ronilačke opreme za proširenje ograničenja podvodne aktivnosti se pripisuju legendi Aleksandru Velikom, koji je 320. pr.Kr. spušten u Bosforski tjesnac u staklenoj bačvi. Znanost i tehnologija su postigli veliki napredak početkom renesanse u svim područjima pa tako i području fizikalnih zakona nužno potrebnih za razumijevanje današnje moderne hiperbarične medicine. Pa tako godine 1644. Torricelli je izumio prvi barometar, instrument za mjerenje atmosferskog tlaka. Godine 1653. Pascal potvrđuje varijacije tlaka s visinom i dubinom te uspostavlja zakone hidrostatičke. Godine 1676. Boyle i Mariotte uspostavljaju jedan od najvažnijih fizikalnih zakona za razvoj hiperbarične medicine. Boyle-Mariottov zakon, kako ga danas nazivamo, govori o korelaciji volumena plina i tlaka. Black 1755. godine otkriva ugljikov dioksid, a Priestley 1775. godine kisik. U ovoj eri ronjenje je i dalje moguće jedino na dah, te je limitirano dužinom apneje i lošom vidljivosti pod vodom. Također, javljaju se napredne ideje koje će se u kasnijim stoljećima početi ostvarivati. Veliki Leonardo da Vinci osmišljava cijevi za disanje koje spajaju ronionca i površinu, ovu ideju u kasnijim godinama Borelli usavršava i prvi put konstruira. Godine 1690. Edmund Halley predlaže ideju metalnih zvona za uron u koje bi se upumpavao atmosferski zrak. Punih 100 godina kasnije, godine 1791., engleski inženjer Smeaton zadužen za popravak i izgradnju pilona na mostu u Hexamu, konstruira komoru od lijevanog čelika u koji upumpava komprimirani zrak sa nizom cijevi. Sredinom 20. stoljeća započinje period koji obilježava edukacija, znanost i znanstveni pristup hiperbaričnoj oksigenoterapiji. Povećani broj eksperimenata na životinjskim modelima doveo je do naprednijih spoznaja o efektima i fiziološkim učincima kisika u hiperbaričnim uvjetima. Znanstvenim metodama se opisuje i dokazuje učinak povećane dopreme kisika tkivima, efekt neovaskularizacije oštećenog tkiva, i destruktivan učinak kisika na anaerobne bakterije u tkivnim infekcijama. Ovaj period označava početak sustavne edukacije kadra iz hiperbarične medicine na medicinskim i zdravstvenim fakultetima.

Godina 1950. označava se kao pionirska godina razvoja hiperbarične medicine. Tijekom sljedećih 20 godina hiperbarična medicina prolazi intenzivne faze razvoja. Dolazi do stvaranja liste od 60 indikacija za liječenje hiperbaričnom oksigenoterapijom. Vremenski period od 1980. do 1994. obilježen je sumnjama u pozitivan učinak hiperbarične oksigenoterapije. Godine 1983. Dr. Neubauer formira i predvodi American College of Hyperbaric Medicine. Godine 1988. stvara se International Society of Hyperbaric Medicine (IHMA), 1989. godine osniva se Europsko društvo za hiperbaričnu medicinu (European committee for Hyperbaric Medicine – ECHM). 1994 godine u Francuskoj (Lille) održana je prva konsenzus konferencija o hiperbaričnoj medicini i utvrđena je europska konsenzus lista prihvaćenih indikacija za HBOT. U posljednjim desetljećima, od 1994. pa nadalje, hiperbarična medicina se ponovo intenzivno razvija i širi na temeljima rigorozne znanosti koju nitko ne može osporiti.

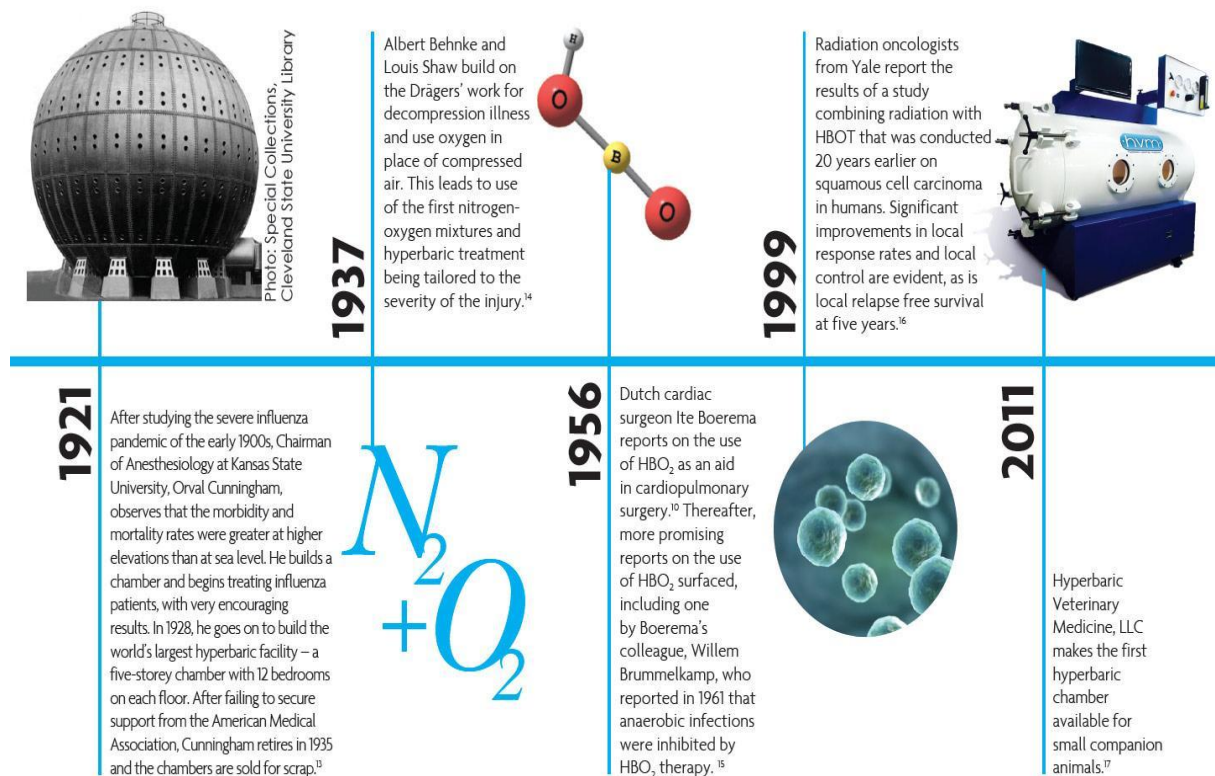
#### **4.1. Povijest hiperbarične medicine u Hrvatskoj**

Godine 1967. u riječkom časopisu "Bilten", glasilu tadašnje Bolnice "Braće dr. Sobol", prof. dr. sc. Ljubomir Ribarić objavljuje, po prvi put u jednom hrvatskom časopisu, članak o mogućnostima primjene hiperbarične oksigenacije, iznoseći pri tome svoja iskustva iz Nizozemske. 1969. godine u Institutu pomorske medicine u Splitu, prof. dr. Gošović sa suradnicima započinje primjenu hiperbarične oksigenacije u kliničkoj medicini. U godinama koje slijede, istraživačke studije i publikacije splitskih liječnika otkrivaju ili pak potvrđuju učinkovitost primjene hiperbarične oksigenoterapije. Hiperbarična medicina postaje dio specijalizacije iz pomorske medicine koja se u Institutu provodi za potrebe vojne medicine. 1992. godine na Medicinskom fakultetu u Rijeci, dr. Hasan Kovačević, brani prvi doktorat znanosti u Hrvatskoj, u području hiperbarične oksigenacije, pod naslovom

"Ispitivanje djelovanja hiperbaričnog kisika kod bolesnika u drugom stadiju aterosklerotske insuficijencije donjih ekstremiteta". 1993. godine u riječkom časopisu "Medicina", objavljena je po prvi put Hrvatska lista indikacija za hiperbaričnu medicinu. 1993. godine na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci, počinje organizirana dodiplomska nastava iz pomorske, podvodne i hiperbarične medicine za studente medicine, koja se kontinuirano provodi i danas, a medicina ronjenja i hiperbarična oksigenacija predaju se polaznicima poslijediplomskog studija iz Turističke, pomorske i tropske medicine. 1996. godine u Splitu je, u srpnju, utemeljeno Hrvatsko društvo za pomorsku, podvodnu i hiperbaričnu medicinu Hrvatskog liječničkog zbora. 2001. godine u Opatiji je održan I. kongres



Radne zajednice Alpe-Jadran iz pomorske, podvodne i hiperbarične oksigenacije, čime je hrvatska hiperbarična medicina izašla na velika vrata i na međunarodnu scenu. 2008. godine Hrvatski zavod za zdravstveno osiguranje donosi u srpnju Hrvatsku listu indikacija za hiperbaričnu oksigenaciju, čime počinje liječenje ovom metodom uz uputnicu liječnika, a sukladno strogo definiranoj listi. 2013. godine, izdan je hrvatski prijevod knjige „Textbook of Hyperbaric Medicine“ autora K.K. Jain, MD pod nazivom „Udžbenik hiperbarične medicine“. 2015 god.(4)



Slika 1. Prikazuje kroz povijest napredak hiperbarične medicine

<https://ivcjournal.com/hyperbaric-medicine/>

## 5. HIPERBARIČNA OKSIGENOTERAPIJA

Hiperbarična medicina je grana medicinske znanosti koja se bavi izučavanjem i primjenom hiperbarične oksigenoterapije. Hiperbarična oksigenoterapija (HBOT), je terapijski postupak primjene kisika pri tlaku većem od atmosferskog tlaka. Oprema potrebna za terapiju je tlačna komora koja postoji u više vrsti i izvedbi načina dopreme 100% kisika do korisnika. Postupak HBOT vrši se prema unaprijed određenom rasporedu, pod budnim okom educiranog osoblja, koje prilagođava i upravlja samom komorom i procesom terapije te brine o sigurnosti korisnika i osoblja centra tijekom terapije. (5)

UČINAK HBOT	MEHANIZAM DJELOVANJA
Difuzno povećan nivo kisika u stanicama.	Zbog povećane količine fizički otopljenog kisika u plazmi.
Uvećana obrambena sposobnost organizma.	Povećava fagocitnu sposobnost leukocita, ima izravno bakteriostatsko i baktericidno djelovanje najviše izraženo kod anaeroba.
Povoljan utjecaj na jačanje imuniteta.	U prisustvu kisika pojačava se imuni odgovor stanica, putem većeg stvaranja kisikovih radikala.
Snažan antiedematozni učinak u tkivima.	Manji otok tkiva i poboljšana cirkulacije krvi nastaje zbog vazokonstrikcije krvnih žila, smanjenom gustoćom plazme, povećanom elastičnošću membrane eritrocita, manjim sljepljivanjem trombocita i leukocita te ubrzanim stvaranjem nove mreže krvnih kapilara.
Povećan nivo antioksidanske obrane organizma.	Normalizira energetske, metaboličke i funkcionalne procese u stanicama i na taj način usporava procese starenja stanica.
Poboljšano stanje organizma u toku i poslije radioterapije.	Povećava osjetljivost stanica nekih tumora na ionizirajuće zračenje i smanjuje neželjene efekte zračenja, kroz brže zarastanje radijacijom izazvanih nekrotičnih oštećenja.
Ubrzano zarastanje rana i kostiju.	Aktiviranjem hipoksijom narušenog procesa biosinteze i regeneracije, omogućava zarastanje kroničnih rana, (kroz bolju produkciju kolagena koji predstavlja osnovu za brzu regeneraciju rana) i stimulacijom kapilarne proliferacije u kostima koja izaziva osteoklastičnu aktivnost i uklanja nekrotično i infekcijom oštećeno koštano tkivo.
Omeka stvaranje toksičnih metabolita u organizmu.	Potiče detoksikaciju i deblokiranje toksinima aktiviranog hemoglobina, mioglobina i citokromoksidaze što je značajno kod trovanja ugljičnim monoksidom i drugim otrovnim plinovima i parama.
Ubrzan oporavak živčanog tkiva.	Poboljšava provodljivost živaca i smanjuje njihov spazam.

Tablica 2. Prikazuje učinak hiperbarične oksigenoterapije i mehanizam djelovanja

## **5.1. Hiperbarične komore**

### **Jednomjesna hiperbarična komora**

Jednomjesna komora dugačka je oko 2,5 metra i promjera 3 metra. To omogućuje istovremeno samo jednoj osobi liječenje. Zidovi komore izrađeni su od bistrog akrila, koji pomaže da se pacijenta tijekom cijelog tretmana može nadzirati izvana, te se smanjuje osjećaj klaustrofobije. Komora je opremljena komunikacijskim sustavom koji pacijentu omogućava komunikaciju s operaterom. Ovo dodatno pomaže da se osigura da pacijent ne razvije strah od zatvorenog tijekom liječenja. Jednomjesne komore najčešće se tlače kisikom što predstavlja izazov u sigurnosnom smislu. Uz to, operater lako kontrolira temperaturu u komori. Ako pacijent doživi stres tijekom liječenja, lako se može ukloniti potrebna je posebna odjeća i ništa drugo ne smije ući u komoru. Liječenje se provodi kod pacijenta koji leži. Pacijent se premješta u kabinet i izlazi s kliznim kolicima koji se međusobno zaključavaju. Tretman traje između 80 -120 minuta. Jednomjesne komore pogodne su za liječenje većine kroničnih stanja.

### **Višemjesna hiperbarična komora**

Višemjesna komora tlači se zrakom dok se kisik isporučuje na masku. Višemjesne komore izrađene su od čelika i puno su veće od jednomjesne komore zbog potrebe da u isto vrijeme terapiju može primati više potrebitih. Pacijenti ulaze u komoru hodajući ili ako je potreba u invalidskim kolicima ili ležeći. Medicinske sestre mogu nadzirati pacijente tijekom cijelog liječenja što podiže standarde sigurnosti. Višemjesne komore imaju sustave za kontrolu klime, pazeći da se uvijek osigurava udobnost pacijenata. Slično kao u monopolskoj komori, postoji i komunikacijski sustav tako da pacijenti mogu komunicirati s ljudima izvana; mogu komunicirati i izravno s drugim pacijentima unutar komore. Višemjesne komore opremljene su sustavima za suzbijanje požara, iako je rizik od požara nizak zbog dispanzera kisika ograničen na kapuljače, maske i spojne cijevi. Glavna razlika između ove dvije komore je u tome što je izolacija pacijenta potrebna u jednomjesnoj komori, dok se puno više pacijenata može liječiti u višemjesnoj kao što i sam naziv kaže. (6)

## 5.2. Indikacije za hiperbaričnu oksigenoterapiju

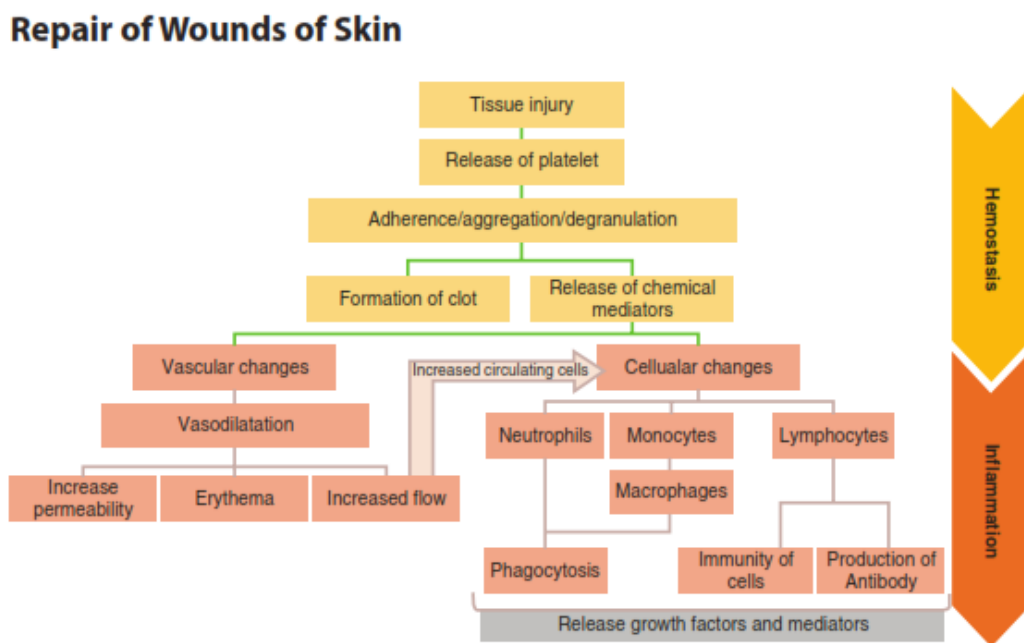
Indikacije se u liječenju hiperbaričnom oksigenoterapijom razlikuju u različitim zemljama. Popis indikacija koji opravdava HZZO dijelimo u dvije skupine :

<b>INDIKACIJE</b>	<b>MAKSIMALAN BROJ TRETMANA</b>
<b>INDIKACIJE I. VRSTE</b>	
Dekompresijska bolest	Do iscrpljenja terapijskog učinka
Akutno otrovanje CO ili CO Hb> 20%, cijanidima, pesticidima, nitritima, Ccl4	20 tretmana
Plinska (zračna) embolija	10 tretmana
Plinska gangrena (klostridijska infekcija)	10 tretmana
Akutne traumatske ishemije (crush i compartmentsy)	40 tretmana
Iznenadna gluhoća	40 tretmana
Iznenadna sljepoća (vaskularne etiologije)	40 tretmana
Disbaričnaosteonekroza	2 x 60 tretmana
Glaukom otvorenog kuta	2 x 20 tretmana
Kronični refraktorni osteomijelitis	2 x 60 tretmana
<b>INDIKACIJE II. VRSTE</b>	
Dijabetičko stopalo i dijabetička gangrena (gradus 2 po Wagneru) uz TCpO2 u normobaričnim uvjetima a po potrebi i na 2.5 bara; druge rane koje sporo zacjeljuju, trofički i ishemijski ulkusi (prema kriterijima i procjeni kliničara)	2 x 30 tretmana
Ugroženi kožni režnjevi, smrzotine, druge subakutneishemije	30 tretmana
Anemija zbog akutnog teškog iskrvarenje (ukoliko ne postoji mogućnost transfuzije)	20 tretmana
Nekrotizirajuće i anaerobne bakterije	30 tretmana
Radionekroza tkiva	2 x 40 tretmana

Tablica 3. Prikazuje listu indikacija za hiperbaričnu oksigenoterapiju prema HZZO-u

## 6. CIJELJENJE RANA

Zacjeljivanje rana je složen proces koji uključuje dijelove staničnih i biokemijskih događaja koji vraćaju integritet tkivu nakon ozljede. U svakoj fazi ozljede liječenje se kontrolira biološkim aktivnim tvarima koji se nazivaju čimbenici rasta. Liječenje rana nije moguće ako nema biološkog potencijala uspoređujemo sa pokušajem jedrenja preko mora bez znanja o smjeru jedrenja. Potrebno je sažeti proces zacjeljivanja prije nego što krenemo s oblogama i lokalnim postupcima na rani.

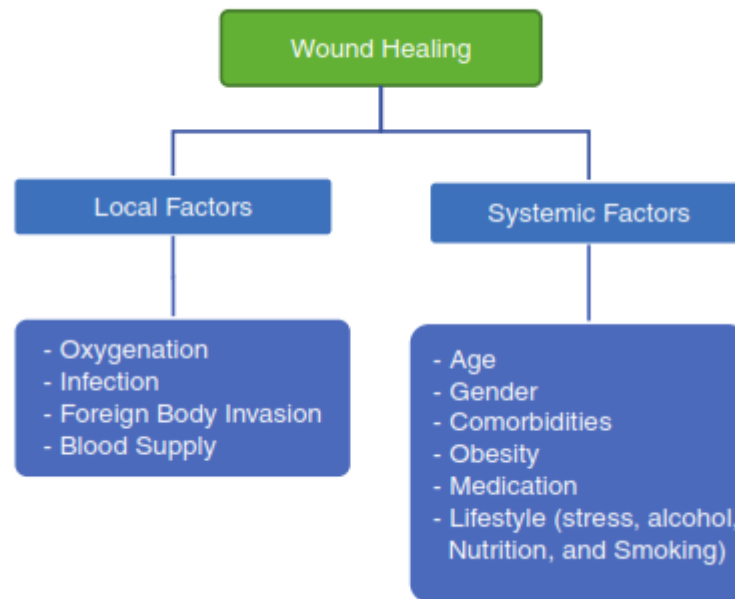


Slika 2. Prikazuje shemu rekonstrukcije površinske rane

(Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials-Springer Singapore (2020) (str.12)

Primarno zarastanje vidi se kod oštro urezanih rana. Upalna reakcija je blaga. Makrofagi brzo uklanjaju malu količinu otpadaka od drugog dana nadalje. Vidi se granulacijsko tkivo koje uključuje mali ugrušak i organizira ga. U međuvremenu se epitel počeo premještati i regeneracija je započela u bazalnim stanicama. U roku od oko 48 h, epiderma u potpunosti prekriva sirovu površinu. U sekundarnom zacjeljivanju postoji više upale, više stvaranja granulacijskog tkiva i više stvaranja ožiljaka.

## Factors Influencing Healing of Wounds



*Slika 3. Prikazuje čimbenike koji utječu na zarastanje rane*

(Vibhakar Vachrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials-Springer Singapore (2020) (str.17)

Čimbenici koji utječu na zarastanje rana :

- a) dob - iskusno je pokazalo da što je čovjek stariji teže mu zarastaju rane jer je metabolizam usporeniji
- b) temperatura - rane polako zacjeljuju po hladnom vremenu, također na trbuhu zacjeljuju brže od rana na nogama zbog cirkulacije
- c) manjak - nedostatak proteina i vitamina

Nedostatak željeza smanjuje transport kisika do rane tako odgađa zarastanje rana. Nedostatak vitamina C stvara produženje prve faze. Rana je edematozna, mrtvo tkivo se brzo ne apsorbira, kapilare su nepotrebno krhke. Cink je bitan element u tragovima u ljudskom tijelu i to služi kao faktor brojnih faktora transkripcije i enzimskih sustava. Manjak cinka povezan je s odgođenim zacjeljivanjem rana. Lokalni cink široko se koristi u liječenju rana. Hormonski disbalans dokazano usporava zarastanje rana.

d) lokalni čimbenici - lokalni čimbenici koji odgađaju zarastanje rana su infekcija, kretanje okolnih zglobova, smanjena opskrba krvlju, prisutnost stranih tijela, nekroza

Pogrešno izveden debridment, vrlo tijesan zavoj posebno kod vaskularne insuficijencije, smanjenog venskog povratka, pretjerana upotreba nadražujućih lokalnih lijekova, edemi, svi ti čimbenici također interferiraju u ozdravljenju. Hipoksija rane dovodi do smanjene antimikrobne aktivnosti, smanjene staničnog metabolizma i proliferacije, te smanjenu angiogenezu. Povećanje opskrbe kisika ranom povećava proizvodnju kolagena i čvrstoću vlakana. Zbog vaskularnih poremećaja i velike potrošnje kisika od metabolički aktivnih stanica, mikro okoliš rane je osiromašen kisikom i prilično je hipoksičan. Privremena hipoksija nakon ozljede pokreće zarastanje rana, ali dugotrajna ili kronična hipoksija odgađa zacjeljivanje rana.

e) sistemski čimbenici ; stres rezultira deregulacijom imunološkog sustava i na taj način odlaže zarastanje, nasljedni poremećaj ozdravljenja, žutica, uremija, pretilost, lijekovi (glukokortikoidi, NSAID, kemoterapeutske lijekovi), venska insuficijencija, pušenje (nikotin) (7)

## **6.1. Akutne rane**

Akutne rane klasificiraju se u slučajne i kirurške rane. Akutna slučajna rana može se dalje podijeliti na temelju mehanizma ozljede i / ili opsega i vrste ozljede tkiva. Kirurške rane klasificiraju se prema potencijalima infekcije u čiste, čisto onečišćene, kontaminirane i prljave. Čiste rane provode se u neinficirano, nezapaljivo tkivo bez ulaska u visceralni organ i imaju rizik od infekcije 1–2%. Čiste onečišćene rane su one koje se provode kroz neinficiranu, nezapaljenu ravninu tkiva s kontroliranim ulaskom u visceralni organ bez prolijevanja ili onečišćenja sadržaja. Ovisno o sustavu organa koji ulaze, čiste onečišćene rane potencijalni rizik od infekcije rane do 10%. S obzirom na nisku učestalost infekcija na mjestu kirurškog zahvata, primarno zatvaranje ostaje preporučena strategija njege rana. Zaražene rane definiraju se kao one u kojima je došlo do nenamjernog prodora šupljeg viska, velikog prekida sterilne tehnike, ulaska u područje purulence ili upale i operacija u kojima dolazi do prosipavanja enteričkog sadržaja. Inficirane rane povezane se sa do 60% učestalosti infekcije operacijskog polja (SSI), a često se odluke o upravljanju ranama donose u pojedinačnim slučajevima.

Mnogi kirurzi će odlučiti zatvoriti ove rane prvenstveno s izričitim razumijevanjem da će za više od 50% biti potrebno naknadno ponovno otvaranje i liječenje sekundarnom namjerom. Dodatna strategija je omogućiti da se rana zacijeli tercijalnim putem (odloženo primarno zatvaranje). U

ovoj se tehnici postavljaju šavovi za zatvaranje, ali nisu vezani, a rana ostaje otvorena prvih 3–5 postoperativnih dana. U nedostatku vidljive infekcije, šavovi su vezani, a rana je ostavljena da zaraste. Posljednja kategorija operativnih rana, prljavih ili zaraženih, uključuje rane kod kojih se vrši rez kroz devitalizirano ili grubo inficirano tkivo. S obzirom na varijabilnost kontaminacije i bakterijsko opterećenje, ove rane imaju veliku (veću od 60%) pojavu naknadnih SSI i najbolje ih se zatvara bilo sekundarna namjera bilo odgođeno primarno zatvaranje. Akutne slučajne rane mogu se kategorizirati na temelju mehanizama nastanka i prezentacije. Glavne kategorije uključuju ogrebotine, razderotine i toplotne ozljede. Unatoč različitim tehnikama upravljanja ranama, sveukupni pristup njezi rana je sličan. Temeljni cilj je poticanje brzog ozdravljenja uz optimalan kozmetički rezultat i minimalno funkcionalno oštećenje. Da bi se postigao ovaj cilj, sekundarne komplikacije (poput infekcije i hipertrofičnih ožiljaka) treba umanjiti uz optimizaciju ozdravljenja. (8)

## **6.2. Kronične rane**

Kronična rana je svaka rana koja ne zacjeljuje u urednim tijekom i u predviđenom roku, na način na koji to većina radi; rane koje ne zarastaju u roku od tri mjeseca često se smatraju kroničnima. Čini se da su kronične rane zadržane u jednoj ili više faza zacjeljivanja rana. Kronične rane predugo ostaju u fazi upale. Da biste prevladali taj stadij i ubrzali proces ozdravljenja, potrebno je riješiti niz čimbenika, poput bakterijskog opterećenja, nekrotičnog tkiva i ravnoteže vlage cijele rane. Kod akutnih rana postoji precizna ravnoteža između proizvodnje i razgradnje molekula poput kolagena; kod kroničnih rana ta se ravnoteža gubi, a degradacija igra preveliku ulogu. Kronične rane nikada ne zacjeljuju ili mogu potrajati godinama. Ove rane uzrokuju pacijentima snažan emocionalni i fizički stres i stvaraju značajan financijski teret za pacijente i cijeli zdravstveni sustav. Pacijenti s kroničnom ranom često prijavljuju bol kao dominantan simptom u svom životu. Preporučuje se da zdravstveni radnici rješavaju bolove povezane s kroničnim ranama kao jedan od glavnih prioriteta u upravljanju kroničnim ranama (zajedno s rješavanjem uzroka). Šest od deset oboljelih od ulkusa nogu osjeća bol, a slični trendovi primijećeni su i za ostale kronične rane. Stalna bol (noću, u mirovanju i s aktivnošću) je glavni problem bolesnika s kroničnim ranama. Identificirane su i frustracije u pogledu neučinkovitih analgetika i planova njege kojih se nisu mogli pridržavati. (9)

## **6.3. Suvremene obloge**

U suvremenoj kliničkoj praksi pri liječenju rana usvojeni su principi „vlažne sredine“, koja osigurava odgovarajuće uvjete za cijeljenje. Početak i razvoj svake faze cijeljenja rane



potrebno je osigurati odgovarajuću vlažnost, jer se svi kemijski i fizički procesi u rani odvijaju djelovanjem različitih enzima, koji su aktivni samo u vodi. Dokazano je da liječenje rana klasičnim načinom gazom i fiziološkom otopinom nisu ispunjeni uvjeti koji bi pomogli u cijeljenju rane. Suvremene obloge za rane odgovaraju kriterijima Turnerjeva, koji zahtijeva da obloga ima visoki kapacitet upijanja eksudata i sprječavanja prenošenja mikroorganizama. Važno je da osiguravaju odgovarajuću vlažnost rane i istodobno održavaju željenu temperaturu u rani, kao i pH. Materijali tih obloga ne smiju biti toksični i trebaju omogućiti razmjenu plinova – moraju biti polupropusni. Obloge trebaju štiti kožu oko rane od maceracije, a isto tako trebaju štiti površinu rane od sekundarne mikrobne kontaminacije iz okoline. (Acta Med Croatica, 66 (Supl. 1) (2012) 65-70 Primjena suvremenih obloga u liječenju kroničnih rana Ciril triller, DuBrAVKo HuljEV1 i DrAGiCA MAJA SMrKE univerziteti klinički centar ljubljana, Kirurška klinika, Klinički odjel za kirurške infekcije, ljubljana, Slovenija i 1Klinička bolnica „Sveti Duh“, Kirurška klinika, Centar za plastičnu i rekonstruktivnu kirurgiju, Zagreb, Hrvatska)

S.No.	Types of dressings	Examples
1.	Foam dressing	Allvyn, Biatain, Mepilex Tielle, Cutinova, Liofoam, UrgoTul Lite
2.	Cotton and acrylic fiber dressing	Melolin
3.	Hydrocolloid dressing	Duo DERM, CGF, CGF border, CGF extra thin
4.	Alginate dressing	Calgisorb, Kaltostat, Sorbalgan, Melgisorb
5.	Hydrofiber dressing	Aqua cell hydrofibre, Aquacel Ag+ ribbon, Acquacel Ag+ extra thin
6.	Ceramic wound dressing	Cerdac

*Slika 4. Prikazuje vrste suvremenih obloga*

(Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials-Springer Singapore (2020) (str.59)

### **Pjenaste obloge**

Pjenaste obloge imaju vrhunsku propusnost (prijenos vode vlage). Pjena upija vodu i zaključava je u materijalu za oblaganje (tekućina ne može nazad do rane) još uvijek zadržavajući vlažno okruženje rane. Uretanski film također pruža pečat bakterijama. Tekućina iz rane može sadržavati štetne tvari za stanicu. Obloge od pjene upijaju tekućinu iz rane i drže je dalje od rane. Te obloge nisu okluzivne, omogućavaju gubitak vlage transpiracijom kroz stražnji dio presvlake kapilarnom akcijom. Različite pjenaste obloge imaju različiti prijenos vlage.

Pjenaste obloge dostupne su u sljedećim oblicima :

- a) vrhunski prozračan film koji stvara višak tekućine i tvori vodenu prepreku
- b) srednji sloj hidrostanične pjene koji je odgovoran za zadržavanje vlage u okolnom tkivu
- c) kontaktni sloj s ranom koji apsorbira tekućinu iz sloja rane

Te se obloge mogu koristiti kao primarni obloga ili kao sekundarna obloga. Moguće je koristiti s hidrogelovima, alginatima i topičkim antisepticima. Također se mogu koristiti kod inficiranih rana, rana s tkivima s hipergranulacijom, venskim ulkusima, pritiskom čireve. Obloga se može ostaviti na rani do 7 dana osim sakralnog područja gdje se obično ostavlja kraće razdoblje zbog specifičnosti regije.

### **Obloga od pamuka i akrilnih vlakana**

Sastoji se od visoko upijajućeg sloja od pamuka i akrilnih vlakana koji je toplinski vezan s jedne strane na vrlo tanki perforirani poliesterski film.

Značajke tri sloja obloge :

- a) perforirani film s niskim prijanjanjem (poli etilen tereftalat).
- b) visoko upijajući jastučić od pamuka / akrila
- c) hidrofobni podložni sloj.

Modeli za primjenu :

- a) post-operativna i slučajna uporaba.
- b) očistiti i zašiti ranu.
- c) abrazija i razderanje.
- d) manje opekline.
- e) blage rane koje imaju puno sekreta

## **Hidrokoloidna obloga**

Hidrokoloidni preljevi su potpuno nepropusni i ne dopuštaju transport kisika ili drugih plinova. Apsorpcija tekućine odvija se oticanjem čestica i proširenjem struktura. Apsorpcija eksudata većinom hidrokoloidnih obloga dovodi do stvaranja žute ili svijetlosmeđe želatinozne mase koja ostaje na rani do sljedećeg previjanja. Eksudat je nalik na gnoj zato ga ne treba miješati sa istim. Može doći do karakterističnog mirisa zbog raspada hidrokoloida i želatine. Hidrokoloidna obloga povećava epidermalno zarastanje do 40% . Apsorbira eksudat 20 puta više od težine jastučića. Olakšava autolitički debridment, potiče stvaranje granulacijskog tkiva, epitelizacije i čak povećava sintezu kolagena. Okolina rane pod hidrokoloidnim zavojem je kisela (PH 5,00) i pokazalo se da inhibira rast *Pseudomonas aeruginosa*, *Stafilokoka aureusa*. Iako su hidrokoloidni oblozi upijajući, brzina apsorpcije je manja od obloge od gaze ili pjene. Kako bi spriječili da miris ne izađe iz rane, neke hidrokoloidne obloge dostupne su kao samoljepljive. Može se primjenjivati na području transplantata kože i postoperativnih rana, kao i za sve eksudativne rane. Hidrokoloidni oblozi osobito su korisni kod autolitičkog djelovanja.

## **Alginatna obloga**

Alginatna obloga apsorbira rani eksudat mehanizmom izmjene iona, gdje natrijevi ioni u eksudatima zamjenjuju se kalcijevim ionima u pregradnom materijalu. Kalcijev alginat pomaže u proizvodnji ljudskih fibroblasta, aktivira makrofage za proizvodnju TNF-a alfa. Smanjuje proizvodnju ljudskih vaskularnih mikro-krvnih žila endotelne stanice i keratinocita. Alginatna obloga nije bolna pri promjeni i skraćuje se vrijeme liječenja u usporedbi s drugim vrstama obloga. Alginatna obloga posjeduje hemostatska i bakteriostatična svojstva. Alginati se visoko upijaju i brzo se pretvaraju u gel. Može apsorbirati 20 puta više tekućine od težine jastučića, koristi se za izlučivanje iz rana.

## **Hidrofiber obloga**

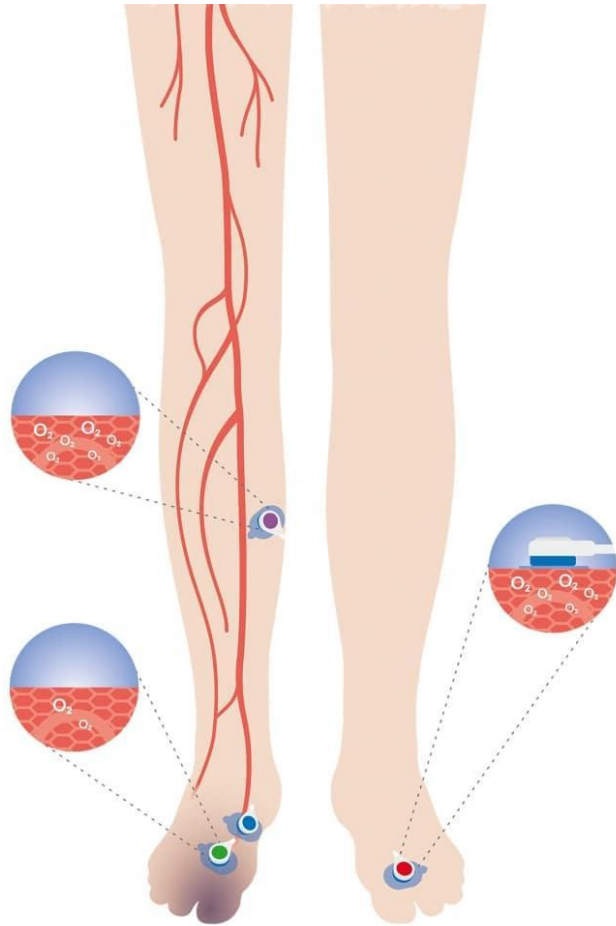
Hidrofibre su vlakna karboksi metil celuloza koja je apsorptivni sastojak koji se koristi u hidrokoloidima. Hidrofiber se apsorbira 2-3 puta veći kapacitet od alginata. Obloga hidrofibre zadržava 68–70% *Staphylococcus aureus* i *P. Aeruginosa* u usporedbi s 7–12% i 32,41% za alginatna obloga.

## **Keramička obloga za rane**

Keramički oblog za rane je drugačija vrsta obloga gdje su mikroporozna keramika zrnca pakirana u vrećicu. Granule su pakirane u različitim veličinama, i u materijalu gdje je moguć pristup zraka rani. Bioinertni aluminij oksid se koristi za proizvodnju keramičkih granula. Vrećica se nanosi na ranu i upija se tekućina. Može se držati na mjestu sve dok nije potpuno zasićeno. (10)

### **6.3. Transkutana oksimetrija**

Transkutana oksimetrija (tcpO<sub>2</sub>) jedina je metoda za mjerenje lokalnog kisika koji se iz kapilara oslobađa kroz kožu, odražavajući metaboličko stanje donjeg dijela udova. Posebno je korisno za predviđanje zacjeljivanja rana, određivanje optimalne razine amputacije, kvantificiranje stupnja bolesti perifernih krvnih žila, procjenu revaskularizacijskih postupaka i kvalifikaciju za hiperbaričnu oksigenoterapiju. Jedina metoda koja pruža informacije o tjelesnoj sposobnosti da isporučuje kisik tkivu je tcpO<sub>2</sub>. Spontano zarastanje rana neće se dogoditi ako kisik ne doprije do svih područja rane. Važno je sredstvo kod pacijenata s dijabetesom kod kojih su kalcificirane žile ili nedostaju nožni prsti onemogućavaju druge metode. Ciljno mjerenje podržava kliničku odluku o razini amputacije, kako bi se poboljšala kvaliteta života pacijenata i izbjeglo skupo ponovno amputiranje. (11)



*Slika 5. Prikazuje postupak mjerenja transkutane oksimetrije*

<https://www.perimed-instruments.com/content/transcutaneous-oximetry-tcpo2/>

## **7. PRIPREMA BOLESNIKA ZA HIPERBARIČNU OKSIGENOTERAPIJU**

Liječenje hiperbaričnim kisikom u barokomori jedna je od najsigurnijih terapijskih procedura s vrlo rijetkim i najčešće blagim neželjenim učincima koji se mogu izbjeći ako se korisnici pridržavaju propisanih uputa. Opremljena je suvremenom medicinskom opremom, sigurnosnim i komunikacijskim sustavima te videonadzorom. Tijekom svakog HBOT tretmana prisutan je nadzor i pratnja medicinskog osoblja u barokomori i izvan nje.

Veoma je važno prije početka terapije usvojiti određena pravila kojih se je potrebno pridržavati tijekom cijelog trajanja terapije.

### **U BAROKOMORU ZABRANJENO JE UNOSITI:**

cigarete, šibice, upaljač i ostale zapaljive stvari jastuke, deke, uređaje za grijanje (npr. grijače za ruke i sl.), objekte sa šupljim prostorima (npr. termos-boce, električne žarulje i sl.), metalne predmete (satove i sl.), električne/elektroničke uređaje (npr. mobitel, radio, konzolne igre, dječje igračke i sl.), otopine (npr. alkohol, ljepila, parfeme, sredstva za čišćenje i sl.), oštre predmete (noževe, igle i sl.), posude pod tlakom (pumpice, sprejeve i sl.).

Nakon odrađenog tretmana normalno je osjećati blagi umor. Ponekad pacijenti izjavljuju da nakon tretmana osjećaju vrtoglavicu koja obično ne traje dugo i ne ometa normalne dnevne aktivnosti. U rijetkim slučajevima, bolesnici razviju privremene promjene vida koje će se vratiti u stanje prije liječenja u roku od šest do osam tjedana nakon kraja tretmana. Tijekom prvih tretmana barokomore savjetuje se bolesnike da si osiguraju pratnju u prevenciji neželjenih događaja. (12)

## **7.1. Priprema hitnog bolesnika za hiperbaričnu oksigenoterapiju**

### **Protokol upućivanja i primopredaje pacijenta na HBOT**

Nakon postavljanja indikacije za hiperbaričnu oksigenoterapiju liječnik upućuje pacijenta na sljedeće pretrage:

1. EKG
2. RTG grudnih organa
3. KKS, biokemiju (Na, K, GUK, ureja i kreatinin) te izdaje internu uputnicu za konzilijarnu hiperbaričnu ambulantu

Medicinska sestra/tehničar Odjela priprema pacijenta, prati pacijenta u Zavod, uz usmenu primopredaju odgovornoj osobi Zavoda predaje ispunjenu i ovjerenu Premještajnu odjelnu listu - Zavoda za hiperbaričnu oksigenoterapiju.

U slučaju novonastalih, akutnih medicinskih promjena u zdravstvenom stanju pacijenta, neovisno o etiologiji i lokalizaciji tijekom trajanja hospitalizacije pacijenta na odjelu, a dok je u procesu tretmana hiperbaričnom oksigenoterapijom, zdravstveno osoblje matičnog odjela dužno je obavijestiti osoblje Zavoda.

### **Sigurnosne mjere i pravila ponašanja u pripremi za hiperbaričnu oksigenoterapiju**

#### **Osobna higijena i eliminacija**

Neposredno prije svakog tretmana obavezna je:

- a) kompletna osobna higijena pacijenta (kupanje/tuširanje) s pH neutralnim sapunom i pH
- b) neutralnim šamponom za kosu koji je potrebno dobro isprati običnom vodom
- c) kompletna higijena usne šupljine pacijenta s četkicom i pastom za zube uz ispiranje običnom vodom
- d) prije svakog tretmana pacijentu treba obavezno ukloniti sve vrste kozmetičkih proizvoda
- e) pacijenta se savjetuje obavljanje nužde prije početka HBOT

## **Odjeća i obuća**

- a) pacijent se upućuje na HBOT u čistoj pamučnoj odjeći
- b) obavezna je obuća bez metalnih dijelova i bez premaza na bazi masti, ulja i/ili laka
- c) zabranjeno je nošenje grudnjaka s metalnom podstavom (žicom) i remena (13)

## **7.2. Priprema ambulantnog bolesnika za hiperbaričnu oksigenoterapiju**

Prilikom prvog javljanja u Zavod za podvodnu i hiperbaričnu medicinu svaki kliničar pacijent dobiva uputu o potrebnoj dokumentaciji (u prilogu Uputa o potrebnoj dokumentaciji i postupku za prvi pregled) i postupku za prvi pregled što uključuje:

- a) D1 uputnicu za pregled anesteziologa
- b) telefonska ili osobna narudžba za pregled anesteziologa isključivo u ZPHM.
- c) dolazi u dogovoreno vrijeme
- d) RTG srca i pluća (ne stariji od 6 mjeseci),
- e) EKG,
- f) preporuku specijaliste koji je preporučio HBOT i prema potrebi ostalu medicinsku
- g) dokumentaciju,
- h) nalaze krvi ( KKS, biokemija, CRP - ne stariji od mjesec dana )

Medicinska sestra/tehničar na prijavnici naručuje pacijenta za prvi pregled anesteziologa i upućuje ga u navedenu dokumentaciju i postupak.

Prilikom dolaska pacijenta na dogovoreni termin za prvi pregled u ZPHM (koji se obavlja preko D1 uputnice za anesteziologa u Anesteziološkoj ambulanti) medicinska sestra/tehničar:

- a) daje pacijentu pisane Upute za HBOT;
- b) upisuje pacijenta u anesteziološku ambulantu (IBIS);
- c) kopira sve nalaze pacijenta te provjerava kompletnost potrebne medicinske dokumentacije;



d) upisuje pacijenta u Knjigu - Dnevnik pacijenata Zavoda za podvodnu i hiperbaričnu medicinu (knjiga prvih dolazaka pacijenata u ZPHM u tekućoj godini)

e) dodjeljuje pacijentu broj koji odgovara rednom broju iz Knjige - Dnevnik pacijenata Zavoda za podvodnu i hiperbaričnu medicinu i otvara košuljicu za njegovu svu dokumentaciju (14)

## 8. ZAKLJUČAK

Hiperbarična oksigenoterapija postala je dokazano uspješan način liječenja brojnih bolesti i stanja. Dobiva se dojam da se primjena kisika može usporediti sa zadovoljenjem osnovnih potreba organizma za vodom i hranom. Učinkovitosti kisika liječenju danas je neophodna u bilo kojem procesu rada. Znanstvenim radom dokazano je da hiperbarična oksigenoterapija blagotvorno djeluje na široki spektar bolesti pa tako i na cijeljenje rana. Da bi se postiglo cijeljenje rane potrebno je zadovoljiti više faktora u procesu liječenja to su adekvatna skrb o rani, suvremene obloge, te na kraju hiperbarična oksigenoterapija kao dokazano dodatna potporna terapija.

Napretkom medicinske znanosti i tehnologije došli smo do ubrzanog razvoja i sve većeg broja hiperbaričnih centara, a time i dostupnosti hiperbarične oksigenoterapije.

Važno je napomenuti da samo kontinuiranim cjeloživotnim obrazovanjem i trajnim edukacijama možemo doseći razinu koju naši korisnici zaslužuju, te struka može napredovati kao profesija i dalje, a tada je samo nebo granica.

## 9. LITERATURA

1. M. Šitum, M. Kolić, G.Redžepi, S. Antolić: Kronične rane kao javnozdravstveni problem, Acta Med Croatica, 68 (Supl. 1) (2014) 5-7
2. Internet izvor : [https://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_skin](https://en.wikipedia.org/wiki/Human_skin) - preuzeto 19.04.2020.
3. Kewal K. Jain (auth.) - Textbook of Hyperbaric Medicine-Springer International Publishing (2017) Physical, Physiological, and Biochemical Aspects of Hyperbaric Oxygenation (str.11)
4. Mathieu D., Handbook on hyperbaric medicine, Dspringer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, TheNetherlands, 2006.
5. Kewal K. Jain, Poliklinika za baromedicinu i medicinu rada OXY, Pula, Republika Hrvatska, 2010.
6. Internet izvor : (<https://cutiscareusa.com/hyperbaric-oxygen-therapy/monoplace-vs-multiplace-hyperbaric-chamber/>) - preuzeto 06.07.2020.
7. Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials-Springer Singapore (2020)
8. Internet izvor : <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/acute-wound> - preuzeto 03.07.2020.
9. Internet izvor : [https://en.wikipedia.org/wiki/Chronic\\_wound](https://en.wikipedia.org/wiki/Chronic_wound) - preuzeto 03.07.2020.
10. Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials-Springer Singapore (2020) (59-68str.)
11. Internet izvor : <https://www.perimed-instruments.com/content/transcutaneous-oximetry-tcpo2/> - preuzeto 05.07.2020.
12. Internet izvor : <http://kbc-rijeka.hr/wp-content/uploads/2017/06/Upute-za-pacijente-za-hiperbari%C4%8Dnu-oksigenoterapiju-HBOT.pdf> – preuzeto 05.07.2020.
13. Intranet Kliničkog bolničkog centra Rijeka broj: KBCRI-RU 010.00
14. Intranet Kliničkog bolničkog centra Rijeka broj: CPHM-RU 001.00

## **PRILOZI**

Tablica 1. Prikazuje volumni postotak kisika u 100 ml krvi u određenom tlaku (osobna izrada)

Tablica 2. Prikazuje učinak hiperbarične oksigenoterapije i mehanizam djelovanja (osobna izrada)

Tablica 3. Prikazuje listu indikacija za hiperbaričnu oksigenoterapiju prema HZZO-u (osobna izrada)

Slika 1. Prikazuje kroz povijest napredak hiperbarične medicine

(<https://ivcjournal.com/hyperbaric-medicine/>) – preuzeto 02.07.2020.

Slika 2. Prikazuje shemu rekonstrukcije površinske rane

Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials- Springer Singapore (2020) (str.12)

Slika 3. Prikazuje čimbenike koji utječu na zarastanje rane

Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials- Springer Singapore (2020) (str.17)

Slika 4. Prikazuje vrste suvremenih obloga

Vibhakar Vachhrajani, Payal Khakhkhar - Science of Wound Healing and Dressing Materials- Springer Singapore (2020) (str.59)

Slika 5. Prikazuje postupak mjerenja transkutane oksimetrije

<https://www.perimed-instruments.com/content/transcutaneous-oximetry-tcpo2/> - preuzeto 05.07.2020.

## **POPIS KRATICA**

1. **HBOT** – hiperbarična oksigenoterapija
2. **SSI** – surgical site infection

## **ŽIVOTOPIS**

Dragan Čalić rođen je 03.06.1990.godine u Zadru. Osnovnu školu završio je u gradu Pagu. Srednju medicinsku školu Ante Kuzmanića završava u Zadru 2009.godine, smjer medicinska sestra/tehničar. Prvo radno iskustvo u struci stekao je u sanitetskom prijevozu Doma zdravlja Zadar, te zatim u Zavodu za hitnu medicinu Zadarske županije. Godine 2016. zapošljava se u Klinički bolnički centar Rijeka na Zavod za traumatologiju gdje ostaje do kraja 2019 godine. Krajem 2019.godine zapošljava se u Domu zdravlja Rijeka – sanitetski prijevoz gdje radi do daljnjeg. Fakultet zdravstvenih studija upisuje akademske godine 2017/2018., te završava akademske godine 2019/2020.