

# Mogućnosti uporabe plazma terapije u stomatologiji

---

**Pavelić, Bernard**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:127:337425>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported / Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerađivanja 3.0](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb School of Dental Medicine Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

STOMATOLOŠKI FAKULTET

Bernard Pavelić

**MOGUĆNOSTI UPORABE PLAZMA  
TERAPIJE U STOMATOLOGIJI:  
TEORETSKE OSNOVE I KLINIČKA  
PRIMJENA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, rujan 2015.

Rad je ostvaren u Zavodu za endodonciju i restaurativnu stomatologiju  
Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj rada: prof. dr. sc. Božidar Pavelić, Zavod za endodonciju i restaurativnu  
stomatologiju Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Lektor hrvatskog jezika: Nikolina Vlašić, mag. educ. philol. croat.

Lektor engleskog jezika: Romina Curić, mag. educ. philol. angl.

Rad sadrži 32 stranice

3 tablice

13 slika

Zahvaljujem prof. dr. sc. Božidaru Paveliću koji je svojim stručnim savjetima i materijalima uvelike pomogao u pripremi i izradi ovoga rada. Najljepša hvala roditeljima na podršci tijekom studiranja.

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. SVRHA RADA.....	2
3. POVIJESNI PREGLED .....	3
4. TEORETSKE OSNOVE PLAZMA TERAPIJE .....	4
4.1. DEFINICIJA PLAZME .....	4
4.2. KLASIFIKACIJA PLAZME .....	4
4.3. NASTANAK PLAZMA POLJA.....	6
4.4. FIZIKALNO - KEMIJSKE KARAKTERISTIKE PLAZMA POLJA .....	6
5. GENERATORI ZA STVARANJE HLADNOG PLAZMA POLJA.....	9
6. PRIMJENA PLAZMA TERAPIJE U STOMATOLOGIJI.....	11
6.1. KLINIČKA PRIMJENA PLAZMA TERAPIJE U STOMATOLOGIJI.....	11
7. RASPRAVA .....	24
8. ZAKLJUČAK .....	25
9. SAŽETAK .....	26
10. SUMMARY .....	27
11. LITERATURA.....	28
12. ŽIVOTOPIS .....	32

## 1. UVOD

Uspješnost rezultata terapijskog postupka uvelike ovisi o načinu njegova provođenja. U slučaju infekcija idealno sredstvo za provođenje terapije trebalo bi pokazivati izrazit antimikrobni učinak bez štetnog učinka na biološko tkivo. Bez obzira radi li se o antibioticima ili antisepticima, svako sredstvo namijenjeno smirivanju infekcije odnosno uništavanju mikroorganizama pokazuje i neželjene učinke na okolno zdravo tkivo. U svakom planiranju terapije važno je odabrati postupak i antimikrobno sredstvo s kojim će se postići najbolji rezultati uz najmanju mogućnost pojave neželjenih posljedica.

Posljednjih desetljeća sve je izraženiji interes istraživača za razumijevanje teoretskih osnova plazma terapije kao i za mogućnosti njezine primjene u području biomedicinskih znanosti (1). Plazma terapija predstavlja suvremen i učinkovit izbor u liječenju bolesti mekih i tvrdih tkiva usne šupljine. Prema dosadašnjim istraživanjima primjena plazma terapije pokazuje snažno antimikrobno djelovanje, uz istodobni biostimulirajući učinak kojim se ubrzava cijeljenje rana (2). Zahvaljujući baktericidnim, virucidnim i fungicidnim svojstvima primjenjuje se za postizanje obveznih sterilnih uvjeta prilikom izrade stomatoloških implantata i ostale opreme koja se svakodnevno rabi u medicinsko-stomatološkim zahvatima. Sadašnja primjena plazma terapije u uspješnom liječenju brojnih bolesti usne šupljine, a gotovo bez negativnih posljedica na biološka tkiva, sigurno potiče i daljnji razvoj ovakvog oblika terapije.

## **2. SVRHA RADA**

Svrha ovog rada je objasniti teoretske osnove nastanka plazma polja, definirati njegove glavne sastavnice te prikazati mogućnosti primjene plazma terapije u različitim područjima stomatologije.

### 3. POVIJESNI PREGLED

Otkriće plazme kao fizikalnog fenomena i izrada prvih uređaja za stvaranje plazma polja započinje već u drugoj polovici 19. stoljeća. Werner von Siemens 1857. godine konstruirao je generator za proizvodnju ozona, koji se kasnije koristi prilikom pročišćavanja vode, osvježivanja zraka i u medicinske svrhe (3).

Sir William Crookes, engleski fizičar i kemičar, 1879. godine održao je predavanje „*On radiant matter*“ („Materija koja zrači“), gdje prikazuje 19 različitih vakuumiranih cijevi u kojima se nalaze elektrode. Nakon što bi se elektrode uključile u strujni krug, došlo bi do pojave fluorescirajućeg svjetla unutar cijevi. Tada se prvi put spominje četvrto agregatno stanje tvari (4, 5).

Nikola Tesla također daje izniman doprinos istraživanju fenomena plazma polja. On 1896. godine u New Yorku prijavljuje patent za uređaj za proizvodnju ozona („*Apparatus for producing ozone*“ *United States Patent Office patent No.568,177*), a kasnije osniva i tvrtku „*Tesla ozone company*“ koja proizvodi generatore za medicinsku primjenu. Ozon nastaje kao jedna od sastavnica elektromagnetskog plazma polja (4, 5).

Irving Langmuir, američki fizičar i kemičar, zaslužan je za prvu pisanu uporabu pojma plazma, čime opisuje plinove s određenim stupnjem ionizacije u članku „*Oscillations in Ionized Gases*“ iz 1928. godine (4, 5).



## **4. TEORETSKE OSNOVE PLAZMA TERAPIJE**

### **4.1. DEFINICIJA PLAZME**

Plazma je ionizirani plin sastavljen od elektrona, pozitivno i negativno nabijenih iona, slobodnih radikala, atoma i molekula u pobuđenom ili nepobuđenom stanju te ostalih čestica. Čini više od 99% vidljivog svemira i zbog svojih karakteristika smatra se četvrtim agregatnim stanjem tvari (3).

### **4.2. KLASIFIKACIJA PLAZME**

Podjela plazmi je višestruka: prema izvoru nastanka dijeli se na prirodnu i na umjetno stvorenu plazmu, a prema načinu nastanka možemo je podijeliti na termičku i na plazmu nastalu zbog energijskog pražnjenja. Zvijezde u svemiru čine izvor termičke plazme, dok grmljavinske munje i polarna svjetlost predstavljaju plazmu nastalu zbog energijskog pražnjenja (4, 5).

Termičke plazme nastaju dovođenjem toplinske energije do osnovne tvari, posljedično sa stvaranjem plazma polja, a na umjetan način mogu se dobiti primjenom lasera. Plazma zbog energijskog pražnjenja nastaje protokom energijskih čestica kroz elektromagnetsko polje, pri čemu reagiraju s česticama plina. U laboratoriju se može dobiti uporabom različitih vrsta generatora.

Prema količini dovedene energije i njezinog učinka na atom razlikujemo četiri osnovne podskupine plazme. U prvoj dolazi do raspada dijela elektronskih orbitala, a oslobođeni elektroni ulaze u sastav plazma polja (*Common Plasma*). Uređaji koji se rabe u provođenju terapijskih postupaka pripadaju ovoj podskupini. U

drugoj podskupini elektronske orbitale više ne postoje a plazmu čini mješavina jezgri atoma i elektrona (*Thermonuclear Plasma*). Treću podskupinu karakterizira raspad jezgre atoma na protone i neutrone, koji zajedno s elektronima čine plazmu (*Nucleon Plasma*). U četvrtoj podskupini dolazi do raspada protona i neutrona na kvarkove i gluone (*Quark-Gluon Plasma*).

Plazma se, prema temperaturi u kojoj se nalazi, dijeli na visoko-temperaturnu i na nisko-temperaturnu plazmu. Prvu vrstu čini plazma polje u kojem su atomi u potpunosti ionizirani, a sve se čestice nalaze u stanju termalne ravnoteže. Temperatura visoko-temperaturne plazme iznosi između  $10^6$  i  $10^8$ K i vidi se na površini Sunca, a na umjetan način može se proizvesti u procesima fuzije. U nisko-temperaturnoj plazmi plin je djelomično ioniziran i sastoji se od iona, elektrona, slobodnih radikala te pobuđenih atoma i molekula (3, 6, 7).

Nisko-temperaturna plazma dalje se dijeli na dvije podskupine: termalna ili ekvilibrijska plazma i hladna odnosno neekvilibrijska plazma. U termalnoj plazmi elektroni i ostale čestice približno su jednake temperature, koja je znatno viša od temperature okoline. Hladnu, neekvilibrijsku plazmu, čini plazma polje u kojem čestice nisu u stanju termalne ravnoteže. Naime, temperatura elektrona ovih vrsta plazmi viša je od temperature ostalih čestica, koje su približno iste temperature kao i temperatura okoline (8, 9).

### **4.3. NASTANAK PLAZMA POLJA**

Osnovu za stvaranje plazma polja čini plin ili smjesa plinova kojoj se dovodi određena količina energije u obliku električnih izboja ili različitih vrsta zračenja. Dovođenjem energije dolazi do nasumičnog gibanja nabijenih i neutralnih čestica plina čime se oslobađa sve veći broj elektrona, uz istovremeni nastanak protona. U tako nastalom plazma polju elektroni se kreću velikom brzinom te dolazi do njihova sudara s ostalim česticama. Ako je energija koja se prenosi prilikom sudara veća od snage veze između atoma i molekula, tada započinju različiti procesi i reakcije kojima nastaje plazma polje.

### **4.4. FIZIKALNO - KEMIJSKE KARAKTERISTIKE PLAZMA POLJA**

Dvije su osnovne vrste reakcija koje se odvijaju u plazma polju: homogene i heterogene. Homogene reakcije nastaju kao posljedica neelastičnih sudara između elektrona i teških čestica, odnosno međusobnim sudaranjem teških čestica. Prilikom neelastičnih sudara dolazi do prijenosa energije s elektrona na česticu s kojom se sudario, pri čemu na razini molekula i atoma može doći do različitih reakcija, karakterističnih za plazma polje (tablica 1). Nasuprot, heterogene reakcije odvijaju se između plazme i površine čvrste tvari koja je s njom u kontaktu (tablica 2).

**Tablica 1. Homogene reakcije unutar plazma polja** (preuzeto iz 3)

Reakcija	Jednadžba reakcije	Opis reakcije
Ekscitacija atoma i molekula	$e + A_2 \rightarrow A_2^* + e$ $e + A \rightarrow A^* + e$	Sudarom s elektronima atomi i molekule dolaze u pobuđeno stanje.
Deekscitacija	$e + A_2^* \rightarrow A_2 + e + h\nu$	Prelaskom iz pobuđenog u neutralno stanje molekula emitira elektromagnetsko zračenje.
Ionizacija	$e + A_2 \rightarrow A_2^+ + e$	Sudarom elektrona i neutralnih čestica nastaju pozitivno nabijene čestice.
Disocijacija	$e + A_2 \rightarrow 2A + e$	Neelastičnim sudarom elektrona i molekule dolazi do razdvajanja molekule na atome.
Rekombinacija	$A^- + B^+ \rightarrow AB$	Pozitivno nabijeni proton i negativno nabijeni elektron spajanjem tvore atom.
Disocijativno vezanje	$e + A_2 \rightarrow A^+ + A + e$	Sudar elektrona i molekule dovodi do nastanka negativnog iona i atoma.

**Tablica 2. Heterogene reakcije između plazma polja i površine čvrste tvari**

(preuzeto iz 3)

Reakcija	Jednadžba reakcije	Opis reakcije
Jetkanje	$AB + C_s \rightarrow A + BC_{vapour}$	Dovodi do erozije materijala.
Adsorpcija	$M_g + S \rightarrow M_s$ $Rg + S \rightarrow R_s$	Molekule ili slobodni radikali iz plazme adsorbiraju se na površinu čvrste tvari.
Depozicija	$AB \rightarrow A + B_{solid}$	Odlaganjem se formira tanki film na površini.
Rekombinacija	$S - A + A \rightarrow S + A_2$ $S - R + R_I \rightarrow S + M$	Atomi i radikali plazme tvore spojeve s već adsorbiranim česticama na površini čvrste tvari.
Metastabilna deekscitacija	$S + A^* \rightarrow A$	Pobuđene se čestice prilikom sudara s čvrstom površinom vraćaju u nepobuđeno stanje.
Polimerizacija	$R_g + R_s \rightarrow P_s$ $M_g + R_s \rightarrow P_s$	Radikali i molekule plazme reagiraju s radikalima adsorbiranim na površini i tvore polimere.
Abrazivni učinak ( <i>Sputtering</i> )	$S - B + A^+ \rightarrow S^+ + B + A$	Pozitivni ioni plazme s dostatnom energijom mogu ukloniti atom s površine čvrste tvari.

## 5. GENERATORI ZA STVARANJE HLADNOG PLAZMA POLJA

Izvor električnog pražnjenja može biti proizveden na više načina, pri čemu razlikujemo dielektrično pražnjenje, korona pražnjenje te tinjajuće pražnjenje (10). Izradom određene vrste generatora određuje se i vrsta električnog pražnjenja, odnosno vrsta nastalog plazma polja, što onda uvjetuje i mogućnost primjene (11). Danas na tržištu postoje razni uređaji za stvaranje hladnog plazma polja (*Dielectric Barrier Discharge, Atmospheric Plasma Pressure Jet, Corona Discharge Generator, Atmospheric Glow Microhollow Cathode Discharge*), koji uzrokuju nastanak plazme različitih fizikalno-kemijskih svojstava prikazanih u tablici 3 (3, 12).

**Tablica 3. Prikaz svojstava plazme ovisno o vrsti generatora** (preuzeto iz 3)

	<i>Corona Discharge</i>	<i>Dielectric Barrier Discharge</i>	<i>Atmospheric Plasma Pressure Jet</i>	<i>Atmospheric Glow MCHD</i>
Izvor energije	Istosmjerna struja	Izmjenična struja	Elektromagnetsko zračenje	Istosmjerna struja
Tlak	1 bar	1 bar	760 torr	1bar
Energija elektrona (eV)	5	1 - 10	1 - 2	
Gustoća elektrona (cm <sup>-3</sup> )	10 <sup>9</sup> - 10 <sup>13</sup>	≈10 <sup>12</sup> - 10 <sup>15</sup>	10 <sup>11</sup> - 10 <sup>12</sup>	
Temperatura (K)	Sobna temperatura	300	400	2000
Plin		N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> +NO+ plemeniti plin	He, Ar	Plemeniti plinovi

Današnji generatori hladnog plazma polja temeljeni su na Teslinom patentu za uređaj za proizvodnju ozona („*Apparatus for producing ozone*“) iz 1896. godine, gdje se plazma polje stvara na osnovi električnog pražnjenja unutar staklenih sondi ispunjenih plemenitim plinom. Svi takvi uređaji sadrže osnovni set staklenih elektroda prikladnih za primjenu u različitim kliničkim slučajevima, prema preporukama proizvođača.

## **6. PRIMJENA PLAZMA TERAPIJE U STOMATOLOGIJI**

Plazma terapija vremenom postaje sve prihvatljivija metoda u provođenju terapijskih postupaka u stomatologiji (12). Već trideset godina primjenjuje se kao zlatni standard prilikom sterilizacije kirurških instrumenata i pribora za jednokratnu uporabu u medicini i stomatologiji (13).

Posljednjih desetak godina hladna atmosferska plazma sve se češće koristi u terapiji infektivnih i degenerativnih bolesti usne šupljine. Hladna atmosferska plazma nastaje procesom električnog pražnjenja u okolnim uvjetima standardnog atmosferskog tlaka bez povišenja temperature plazma polja. Na taj način stvaraju se uvjeti koji omogućuju određeni terapijski učinak (14).

Plazma terapija, u odnosu na različite antiseptike i antibiotike, pokazuje izrazit antimikrobni učinak na gotovo sve prisutne mikrobne zajednice (15, 16). Uz ovakvo snažno antimikrobno djelovanje, primjenom plazma terapije mijenja se mikrookruženje i uvjeti za rast mikrobnih zajednica. Istovremeno, potiče se odvijanje bioloških procesa cijeljenja i smirivanja upalne reakcije organizma (17-19).

### **6.1. KLINIČKA PRIMJENA PLAZMA TERAPIJE U STOMATOLOGIJI**

Ovdje će biti prikazane mogućnosti kliničke uporabe generatora za proizvodnju ozona *Ozonix (Biozonix, München, Deutschland)* (slika 1). Iako definiran kao generator ozona, uređaj zapravo stvara hladno atmosfersko plazma polje, a ozon je samo jedna od njegovih brojnih sastavnica.





Slika 1. Generator ozona Ozonix (Biozonix, München, Deutschland).

(ljubaznošću Domagoja Prebega dr.med.dent.).

Uređaj se sastoji od seta staklenih sondi za primjenu u različitim kliničkim slučajevima, šprice s ugrađenom elektrodom i titanskom mrežicom, aktivatora staklenih sondi, omega sonde i osnovne jedinice sa zaslonom za prikaz parametara.

Osnovni komplet čini set od sedam staklenih sondi i injekcijske šprice:

1. CA – sonda: pogodna za terapiju karijesne lezije i dezinfekciju površina
2. GI – sonda: pogodna za primjenu na sluznici
3. AL – sonda: pogodna za terapiju nakon vađenja zuba
4. CR – sonda: pogodna za primjenu tijekom endodontske, parodontološke i kirurške terapije
5. PAK – sonda: kraća sonda pogodna za terapiju parodontnih džepova
6. PA – sonda: sonda užeg vrha pogodna za terapiju parodontnih džepova
7. PA/8 – sonda: sonda s posebnim nagibom radnog kuta pogodna za terapiju parodontnih džepova u području kutnjaka

8. KP – sonda: posebna injekcijska šprica za izravnu aplikaciju ozona u korijenski kanal ili parodontni džep.

Kao što je vidljivo iz opisa pojedinih vrsta staklenih sondi, oblik radnog dijela prilagođen im je kliničkoj namjeni, čime se omogućuje postizanje terapijskog učinka i na teško dostupnim mjestima. Aktivacijom plemenitog plina unutar staklene sonde nastaje plazma polje što se vidi kao svjetlost narančaste boje. Približavanjem radnog dijela sonde površini predmeta ili vitalnoga tkiva na razmak manji od 2 milimetra, dolazi do pražnjenja stvorenog naboja u obliku iskrenja i stvaranja hladnog atmosferskog plazma polja.

Kod posebne injekcijske šprice (KP – sonda) oko staklene cjevčice koja je ispunjena plemenitim plinom nalazi se titanska mrežica. Nakon što se u špricu navuče zrak, aktivacijom dolazi do električnog izboja između staklene cjevčice i titanske mrežice sa stvaranjem ozona koji se potom može izravno aplicirati u terapijsko područje.

Aktivator staklenih sondi služi za stvaranje energije potrebne za nastanak plazma polja. S jedne strane spojen je s osnovnom jedinicom, a na drugoj ima utor u koji se postavlja staklena sonda.

Omega sonde, za razliku od malih sondi osnovnog seta, pokazuju dubinski učinak zbog električnog polja visokog napona, frekvencije i niske gustoće struje te se koriste izvan usne šupljine.

Zahvaljujući snažnom kumulativnom antimikrobnom učinku sastavnica hladnog atmosferskog plazma polja i njegova bio-stimulirajućeg učinka, mogućnosti terapijske primjene su brojne. U terapiji mekih tkiva usne šupljine rabi se u liječenju lezija sluznice i okolne kože (infektivne i autoimune podloge) kao što su velike i male afte, ulceracije, lezije povezane s infekcijom herpes simplex virusom te u terapiji boli (slike 2 a, 2 b, 2 c, 3).



Slika 2. a) *Lezija uzrokovana herpes simplex virusom.*

*(ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

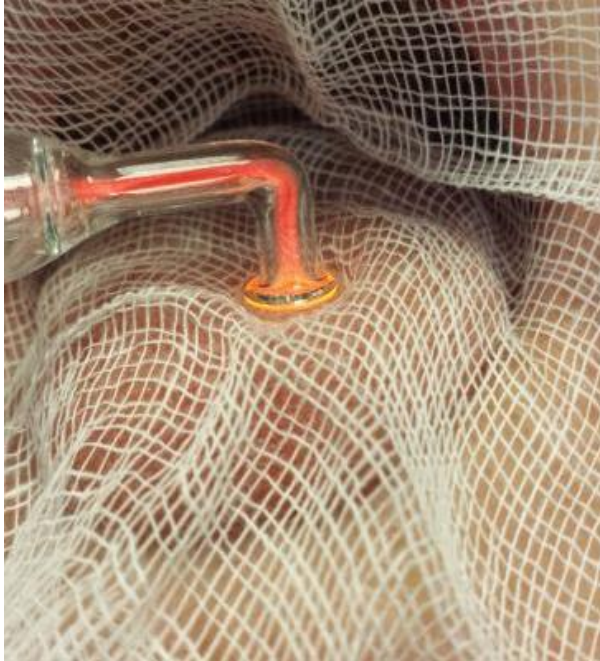


Slika 2. b) *Provođenje plazma terapije.*

*(ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*



Slika 2. c) *Lezija neposredno nakon provedene terapije. Površina lezije je suha bez bolnih senzacija. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*



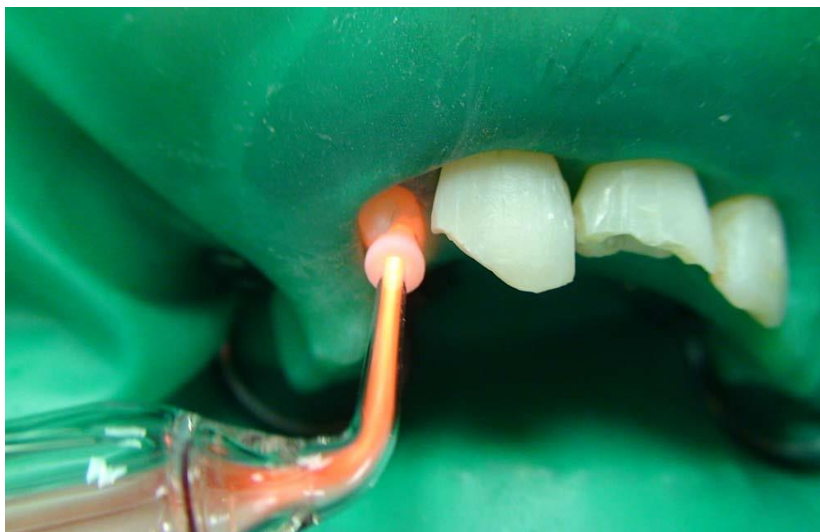
*Slika 3. Terapija boli i pečenja u području jezika. Pacijent osjeća olakšanje simptoma. U ovom slučaju terapija je simptomatska uz što je nužno ustanoviti i liječiti primarni uzrok nastanka boli. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

U dječjoj i preventivnoj stomatologiji plazma terapija može se rabiti već u predškolskoj dobi u neutralizaciji nastanka plaka kao neinvazivna i prihvatljivija metoda u odnosu na ostale metode koje se trenutno primjenjuju (20). Moguća je uporaba u preventivnim postupcima za dezinfekciju fiziološki nečistih mjesta, kao i kod endodontsko-restaurativnih postupaka i liječenju traumatskih ozljeda u djece (slika 4).



*Slika 4. Primjena kod kompliciranog prijeloma krune gornjih središnjih sjekutića. Naknadno provedeno prekrivanje pulpe i završna izrada pomoću odlomljenih fragmenata zuba. (ljubaznošću prof. dr. sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

Tijekom endodontske terapije hladno atmosfersko plazma polje može se uspješno primijeniti na dva načina: direktnom primjenom pomoću staklenih elektroda ili instilacijom ozona u korijenski kanal upotrebom posebne injekcijske šprice (KP – sonda) (21, 22). Primjenjuje se za dezinfekciju kaviteta i korijenskog kanala, te prilikom postupka direktnog i indirektnog prekrivanja pulpe (slike 5 a, b i c).

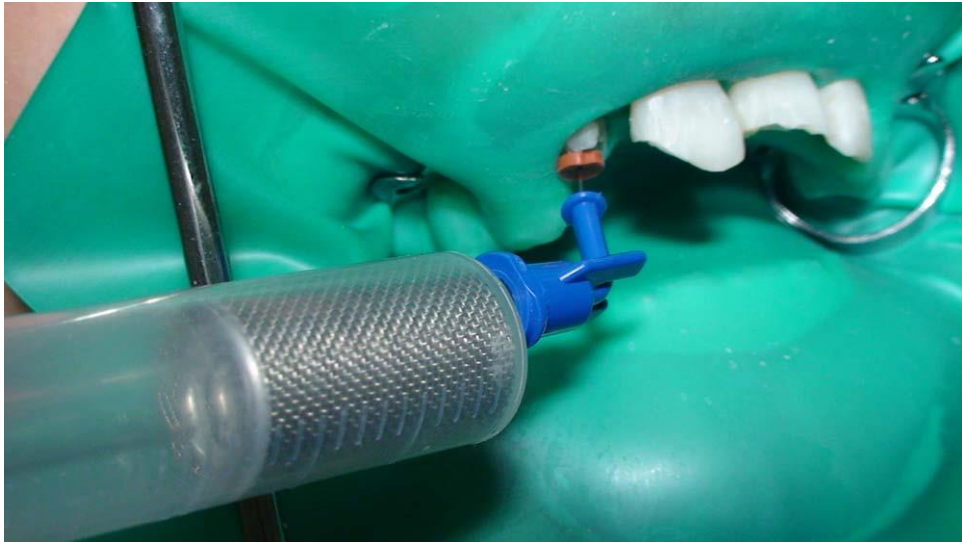


Slika 5. a) *Direktna primjena sonde*



5. b) *KP – sonda za instilaciju ozona.*

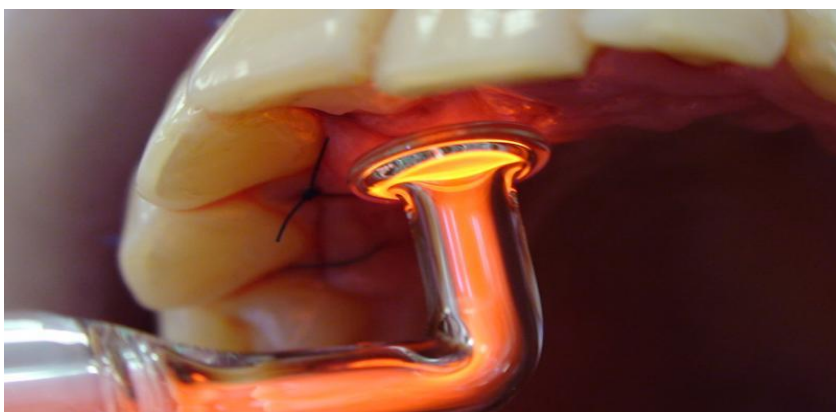
*(ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*



Slika 5. c) *Instilacija ozona u korijenski kanal. Postupak se provodi polaganim pritiskom na klip šprice, pri čemu se ne smije osjetiti otpor. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*



U parodontologiji plazma terapija pokazala se uspješnom u liječenju gingivitisa i parodontitisa, a primjenjuje se i tijekom provođenja inicijalne terapije ili kirurških zahvata (slika 6). U oralnoj kirurgiji rabi se za dezinfekciju operacijskog polja, u terapiji traumatskih ozljeda te za obradu rane tijekom i nakon izvršenog zahvata i postavljanja šavova (slika 7).



*Slika 6. Primjenom plazma terapije u parodontologiji postiže se manja bolnost i brže cijeljenje rane.*

*(ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*



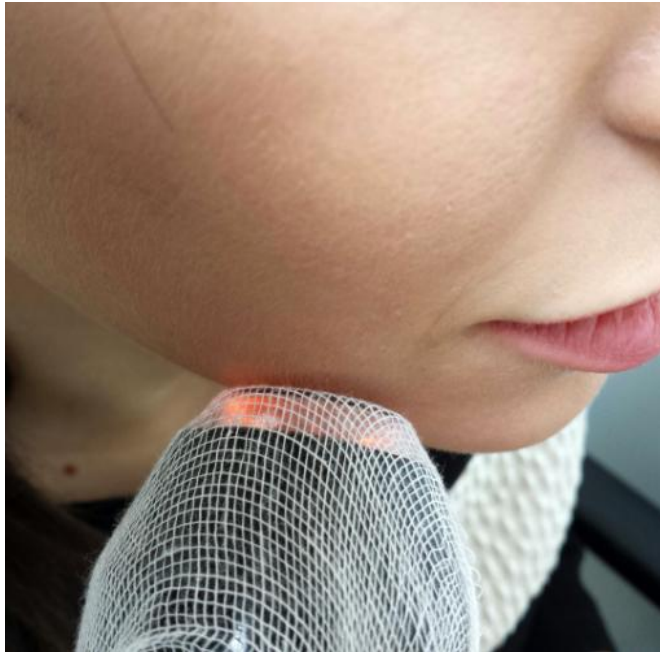
*Slika 7. Obrada alveole nakon vađenja zuba. Ovim postupkom smanjuje se bolnost i neugodan miris te se postiže brže cijeljenje rane. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

Plazma terapija pokazuje značajne rezultate u liječenju osteonekroza i osteoradionekroza nastalih kao posljedica koštane traume kod pacijenata na onkološkoj terapiji (zračenje, parenteralna uporaba bisfosfonata). Primjenom plazma terapije dolazi do slabljenja upalne reakcije organizma, smanjenja boli, uz vidljivo cijeljenje lezija (slika 8).



Slika 8. *Primjena plazma terapije kod osteonekroze. Dovodi do smanjenja upale, boli i potiče cijeljenje lezije. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

Upotreba omega sonde, zbog svog dubinskog učinka, pogodna je u terapiji različitih vrsta neuralgija, pri čemu dovodi do smanjenja ili čak potpunog prestanka boli, dok u terapiji oduzetosti ličnoga živca dovodi do bržeg oporavka (slika 9). Koristi se i u terapiji funkcionalnih poremećaja temporomandibularnog zgloba.



*Slika 9. Primjena omega sonde u terapiji gubitka osjeta nakon kirurškog zahvata. (ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića, Stomatološki fakultet, Zagreb).*

Prilikom korištenja uređaja za stvaranje plazma polja nužno je pridržavati se uputa proizvođača, a pogotovo obratiti pozornost na mogući nastanak neželjenih posljedica kod osoba kod kojih je upotreba takvog uređaja kontraindicirana. Prema preporukama proizvođača, to je slučaj kod pacijenata s ugrađenim električnim stimulatorom srca, kod trudnica, pacijenata s težim oblicima astme i kod osoba preosjetljivih na električne stimulacije. Većina spomenutih kontraindikacija navedena je iz preventivnih razloga, dok jedino upotreba omega sonda kod pacijenata s električnim stimulatorom srca predstavlja apsolutnu kontraindikaciju. Uzevši u obzir mogući nastanak neželjenih posljedica s jedne strane i postignuti terapijski učinak s druge strane, plazma terapija smatra se jednom od najsigurnijih metoda liječenja za pacijenta (23).

## 7. RASPRAVA

Raznolikost mikrobiološke flore i pojavnost različitih bolesti te mikro ekološki uvjeti koji vladaju unutar usne šupljine utječu na izbor određenog antimikrobnog sredstva. Osim pravilnog odabira antimikrobnog sredstva, uspješnost liječenja ovisi i o učinku njegova djelovanja, odnosno o postizanju dostatne koncentracije na mjestu primjene. Plazma terapija predstavlja uspješnu ciljanu lokalnu terapiju, čime se izbjegava sustavna primjena antibiotika u slučajevima kada ona kao takva zaista nije potrebna (19, 20). U odnosu na lokalno primijenjene antibiotike i antiseptike pokazuje antimikrobni učinak na gotovo sve mikrobnе zajednice. Razvoj modernih tehnologija omogućio je izradu uređaja prikladnih za uporabu u različitim terapijskim postupcima. U odnosu na primjenu antibiotika i antiseptika, sukladno dobivenim rezultatima, terapijski postupak primjene hladne atmosferske plazme predstavlja terapiju izbora u zbrinjavanju lokalnih infekcija (21, 22). Kod terapijske primjene važno je obratiti pažnju na pacijente iz tzv. rizične skupine (električni stimulator srca, astma, trudnice). Veliki izbor nastavaka odnosno staklenih sondi omogućuje pristup na različita područja unutar usne šupljine. Primjenom KP šprice omogućeno je stvaranje ozona te njegova aplikacija na mjesta kojima se ne može pristupiti staklenim sondama kao što su korijenski kanali i duboki parodontni džepovi. Primjenom hladne atmosferske plazme postiže se i antimikrobni i bio-stimulirajući učinak što navedeni postupak u određenim kliničkim slučajevima stavlja na mjesto terapije izbora (23, 24).

## **8. ZAKLJUČAK**

Plazma terapija već sada nalazi široku primjenu u različitim područjima stomatologije. Može se primjenjivati kao nadopuna osnovnoj terapiji ili kao samostalna terapija većine upalnih bolesti usne šupljine. Iako nije u potpunosti razjašnjen točan mehanizam složenih procesa između pojedinih sastavnica plazma polja, neosporiv je izraziti antimikrobni učinak ovakvog oblika terapije, kao i biostimulirajuće djelovanje na zdravo tkivo, što potvrđuju dosadašnja klinička iskustva. Upravo zbog svog učinka na većinu prisutnih mikrobnih zajednica, uz poticanje bioloških procesa cijeljenja i smanjenja upalne reakcije organizma, a gotovo bez neželjenih posljedica, plazma terapija se u budućnosti nameće kao idealan izbor u liječenju različitih bolesti usne šupljine.

## **9. SAŽETAK**

Plazma je djelomično ionizirani plin građen od iona, slobodnih elektrona, radikala, neutralnih i pobuđenih atoma i molekula te ostalih čestica. Prema svojim karakteristikama smatra se četvrtim agregatnim stanjem. Nastaje dovođenjem energije u obliku topline, električne energije ili elektromagnetskog zračenja plinu ili smjesi plinova. Zbog povećanja energije dolazi do ubrzanog gibanja elektrona i ostalih čestica u plinu te njihovog međusobnog sudaranja, posljedično s pokretanjem različitih procesa karakterističnih za plazma polje. U biomedicinske svrhe koristi se hladna atmosferska plazma nastala u uvjetima standardnog atmosferskog tlaka bez znatnog povišenja temperature. Plazma terapija pokazuje dobre rezultate u liječenju različitih bolesti usne šupljine.

## **10. SUMMARY**

### **POSSIBILITIES OF USING PLASMA THERAPY IN DENTAL MEDICINE: THEORETICAL BASICS AND CLINICAL APPLICATION**

Plasma is partially ionized gas which consists of ions, free electrons, radicals, neutral and excited atoms and molecules, as well as other particles. Due to its characteristics, it is considered to be the fourth state of matter. Plasma can be created by providing thermal energy, electric energy or electromagnetic radiation to gas or mixture of gases. This increase of energy causes electrons and other species within the gas to move faster and to collide with each other, thus initiating various processes characteristic for a plasma field. Cold atmospheric plasma, which is produced at standard atmospheric pressure without increase of temperature, is used for biomedical purposes. Plasma therapy has shown good results in treatment of various oral diseases.



## 11. LITERATURA

1. Isbary G, Koeritzer J, Mitra J, et al. Ex vivo human skin experiments for the evaluation of safety of new cold atmospheric plasma devices. *Clinical Plasma Med J*. 2013;1:36-44.
2. Isbary G, Shimizu T, Li YF, et al. Cold atmospheric plasma devices for medical issues. *Expert Rev Med Devices*. 2013;10(3):367-77.
3. Nehra V, Kumar A, Dwiwedi HK. Atmospheric Non-Thermal Plasma Sources. *Int J of Eng*. 2008;2(1):53-68.
4. Bittencourt JA. *Fundamentals of Plasma Physics*. New York. Springer-Verlag. 2004.
5. Fridman A, Kennedy LA. *Plasma Physics and Engineering*. New York, Taylor&Francis. 2004.
6. Vandana BL. From Distant Stars to Dental Chairs: An Update on Plasma Needle. *Int J of Dent Sci Res*, vol. 2, no. 6B 2014: 19-20. doi: 10.12691/ijdsr-2-6B-6.
7. Liu DX, Rong MZ, Wang XH, Iza F, Kong MG, Bruggeman P. Main species and physicochemical processes in cold atmospheric pressure He + O<sub>2</sub> plasmas. *Plasma Process. Polym.* 7, 2010 :846–65. doi:10.1002/ppap.201000049).
8. Meichsner J, Schmidt M, Wagner HE. *Non-thermal Plasma Chemistry and Physics*. Taylor & Francis, London, UK; 2011.

9. Weltmann KD, Polak M, Masur K, Woedtke T, Winter J, Reuter S. Contributions to Plasma, Physics, 2012.
10. McCombs GB, Darby ML. New discoveries and directions for medical, dental and dental hygiene research: Low temperature atmospheric plasma. *Int J Dent Hyg* 2010;8:10-1.
11. Sung SJ, Huh JB, Yun MJ, Myung B, Chang W, et al. (2013) Sterilization effect of atmospheric pressure non-thermal air plasma on dental instruments. *J Adv Prosthodont* 5: 2-8.
12. Arora V, Nikhil V, Suri NK, et al. Cold Atmospheric Plasma (CAP) in Dentistry. *Dentistry*. 2014;4(1):189-93.
13. Bussiahn R, Lembke N, Gesche R, et al. Plasmaquellen für biomedizinische Applikationen. *Hyg Med*. 2013;38:212-6.
14. von Woedtke Th, Reuter S, Masur K, Weltmann KD. Plasmas for medicine. *Phys. Rep*. 2013;530:291–320.
15. von Woedtke T, Metelmann HR, Weltmann KD. Clinical plasma medicine: State and perspectives of in vivo application of cold atmospheric plasma. *Contrib. Plasma Phys*. 2014;54(2):104-17.
16. Schaudinn C, Jaramillo D, Freire MO, et al. Evaluation of a nonthermal plasma needle to eliminate ex vivo biofilms in root canals of extracted human teeth. *Int Endod J*. 2013;46(10):930-7.

17. Schmidt A, Wende K, Bekeschus S, et al. Non-thermal plasma treatment is associated with changes in transcriptome of human epithelial skin cells. *Free Radic Res.* 2013;47(8):577-92.
18. Arjunan KP, Clyne AM. Hydroxyl radical and hydrogen peroxide are primarily responsible for dielectric barrier discharge plasma-induced angiogenesis. *Plasma Process Polym.* 2011b;8:1154–64.
19. Isbary G, Shimizu T, Zimmermann JL, et al. Cold atmospheric plasma for local infection control and subsequent pain reduction in a patient with chronic post-operative ear infection. *New Microbes New Infect.* 2013;1(3):41-3.
20. Koban I, Holtfreter B, Hübner NO, Matthes R, Siedmann R, Kindel E, Weltmann KD, Welka A, Kramer A, Kocher T (2011). Antimicrobial efficacy of non-thermal plasma in comparison to chlorhexidine against dental biofilms on titanium discs in vitro – proof of principle experiment. *J Clin Periodont.* 38:956-965.
21. Schaudinn C, Jaramillo D, Freire MO, Sedghizadeh PP, Nguyen A, et al. Evaluation of a non thermal plasma needle to eliminate ex vivo biofilms in root canals of extracted human teeth. *Int Endod J.* 2013 46: 1-8.
22. Pan J, Sun K, Liang Y, Sun P, Yang X, et al. Cold plasma therapy of a tooth root canal infected with enterococcus faecalis biofilms in vitro. *J Endod.* 2013 39: 105-10.
23. Hoffmann, Clotilde, Carlos Berganza, and John Zhang. Cold Atmospheric Plasma: Methods of Production and Application in Dentistry and Oncology. *Medical Gas Research* 3.1 2013: 21. Web.

24. Pavelić B, Prebeg D, Šaban A, Pavelić B, Bilandžija V, Šegović S, Katunarić M, Anić I. Teoretske osnove i terapijske mogućnosti primjene plazma-terapije u stomatologiji. Medix;2014; 11:250-5.

## **12. ŽIVOTOPIS**

Bernard Pavelić rođen je 23. rujna 1989. u Burlingtonu, u Kanadi. Osnovnu školu i gimnaziju završio je u Zagrebu. Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu upisao je 2009. godine. Tijekom studiranja obavlja demonstraturu na Katedri za fiziologiju i Katedri za fiksnu protetiku.