

# Primjena ozona u stomatologiji (II. dio)

## OSNOVE O UREĐAJIMA ZA STVARANJE OZONA I KLINIČKA PRIMJENA

Darija Jurmanović, dr.dent.med.<sup>1</sup>, Domagoj Prebeg, dr.dent.med.<sup>1</sup>, Prof.dr.sc. Božidar Pavelić<sup>1</sup>

[1] Zavod za endodonciju i restaurativnu stomatologiju, Stomatološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Prema načinu na koji se stvara ozon, od kisika iz zraka, razlikuju se tri trenutno prihvatljiva postupka:

1. Dobivanje ozona djelovanjem ultraljubičastih zraka
2. Dobivanje ozona pražnjenjem energije s vruće katode na zaslon anode – Hot spark
3. Dobivanje ozona metodom hladne plazme („cold plasma“); koja radi na principu staklenih nastavaka ispunjenih plemenitim plinom te pomoću visokog napona dolazi do stvaranja plazma polja koje pretvara molekule kisika u ozon. To je tip generatora čiju je tehnološku osnovu prvi patentirao Nikola Tesla 1896. godine. Uređaj ulazi u svakodnevnu primjenu 1920. godine, a u uporabi je još i danas. I kod tog tipa generatora zapravo iskra, odnosno električno pražnjenje uzrokuje nastanak ozona.

Prema načinu kliničke primjene i stvaranju ozona razlikuju se otvoreni i zatvoreni sustav generatora ozona. Kod otvorenog sustava ozon se može stvoriti na mjestu primjene ili u samom generatoru te se sustavom cijevi dovesti do područja primjene.

### Otvoreni sustav generatora ozona

Kod otvorenih sustava, ozon koji se stvara tijekom terapijskog postupka osim sa samim mjestom primjene, dolazi i u dodir s okolinom. Zbog toga je važno da stvorena koncentracija ozona nema štetne posljedice za pacijenta i terapeuta. Dva su tipa ozon generatora koji primjenjuju otvoreni sustav. Jedan je sustav što objedinjuje mehanizam postupka hladne plazme uz elektroluminescenciju plina i induciranu struju gdje posljedično dolazi do stvaranja ozona (Ozonytron x i Ozonix, Biozonix, München, Deutschland). Drugi sustav stvara ozon kao plin što se sustavom cijevi dovodi do mjesta primjene i tamo ispuhuje (Prozone, W&H, Bürmoos, Österreich).

### Otvoreni sustav generatora - tip I

(Ozonytron x i Ozonix, Biozonix, München, Deutschland (slika 1)).

Kod ovog sustava staklene sonde ispunjene su plemenitim plinom. Spojene su na nosač, koji je izvor električne energije, preko kojeg se energijom visokog napona stvara elektromagnetsko polje s najvećim intenzitetom na vrhu sonde. Pražnjenjem stvorene energije dolazi do cijepanja molekula kisika na kisikove radikale koji

potom dolaze u dodir s okolnim dvoatomnim molekulama kisika stvarajući ozon. Tako dolazi do stvaranja ozona izravno na mjestu primjene.

Izlazna snaga stvorene energije može se regulirati, pri čemu se i sama koncentracija stvorenog ozona može mijenjati i iznosi od 0,1 do 2,1 µg/sekundi. Time je omogućena prilagodba stvaranja ozona prema kliničkim potrebama. Veći intenzitet je potreban za postizanje antimikrobnog učinka dok se manjim intenzitetom potiče cijeljenje tkiva i/ili rana.

Ozon stvoren na mjestu primjene ostvaruje terapijski učinak, dok njegova koncentracija izrazito opada s udaljenošću od mjesta primjene te nema nepoželjnog učinka ni na pacijenta niti na terapeuta. Dodatnom uporabom koferdama i aspiratora gotovo se u potpunosti odstranjuje stvoreni ozon iz okoline mjesta primjene.

Osnovni komplet čini set od sedam staklenih sondi (slika 1):

1. CA – sonda: pogodna za terapiju karijesa
2. GI (Gingivna) – sonda: pogodna za terapijsku primjenu na sluznici
3. AL (Alveolna) – sonda: pogodna za terapiju nakon vađenja zuba



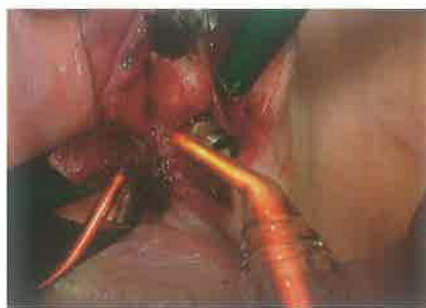
Slika 1. Ozonix generator



Slika 2. Endodontska terapija - primjena staklene sonde



Slika 3. Endodontska terapija - primjena šprice s titanskom mrežicom



Slika 4. Primjena kod periimplantitisa



Slika 5. Primjena u parodontološkoj terapiji



Slika 6. Parodontološka terapija - primjena šprice s titanskom mrežicom

4. CR (Kanalna) – sonda: pogodna za primjenu kod endodontske terapije, parodontološke i kirurške terapije
5. PAK – sonda: kraća sonda pogodna za terapiju parodontnih džepova
6. PA (Paro) – sonda: sonda s užim vrhom pogodna za terapiju parodontnih džepova
7. PA/8 (Paro) – sonda: sonda s posebnim nagibom radnog kuta pogodna za terapiju parodontnih džepova u području kutnjaka
8. KP (Kapilarna) – sonda: u obliku injekcijske šprice kojom se omogućuje aplikacija izravno u korijenski kanal i/ili parodontni džep.

Iako su navedene preporuke, svaka sonda može se primijeniti i za druge kliničke slučajeve ukoliko može ostvariti bolje rezultate.

Na svakoj sondi razlikuje se:

1. Radni dio, prekriven staklom
2. Priključni dio, prekriven metalom.

Oblik radnog dijela sonde prilagođen je kliničkoj primjeni i omogućuje pristup ozonu i na teško dostupnim mjestima (slike 2-7 – mogućnosti kliničke primjene).

Prije primjene sonde, obavezno se postavi zaštitna elektroda u pacijentovu ruku. Nakon primjene, sonde se očiste u dezinfekcijskom sredstvu i autoklaviraju. Kontraindikacije se odnose na osobe koje imaju ugrađen električni stimulator srca, osobe koje boluju od težeg oblika astme ili su preosjetljive na električne stimulacije.

### Otvoreni sustav generatora - tip II

(Prozone, W&H, Bürmoos, Österreich) (slika 8).

Ovaj sustav stvara ozon unutar generatora te ga sustavom cijevi dovodi do mjesta primjene (slika 9, 10).

Taj sustav stvara ozon u koncentraciji od 140 ppm / 2 litre / min (prema navodima proizvođača) te ga završno na terapijsko područje može dovesti pomoću tri nastavka:

1. Plastična kanila za primjenu u kavitetima
2. Plastična kanila za primjenu u parodontologiji
3. Metalna kanila za primjenu u endodontskoj terapiji

Vrijeme primjene ovisno je vrsti terapijskog postupka. Kod restaurativnog postupka za toaletu kaviteta 6 sekundi, 12 sekundi kod kirurške terapije, 18 sekundi kod parodontološke obrade i 24 sekunde kod endodontske terapije.

### Zatvoreni sustav generatora ozona

HealOzone (KaVo, Biberach, Deutschland) (slika 11)

Iako početno zamišljen za primjenu u terapiji početnih i uznapredovalih karijesnih lezija cakline i dentina, sustav se dalje razvio i za primjenu u endodontskoj terapiji.

Primjer je generatora zatvorenog sustava koji stvara ozon te ga sustavom cijevi dovodi na mjesto terapijske primjene u koncentraciji od 2100 ppm (prema navodima proizvođača) tijekom vremenskoga trajanja od 10 do 120 sekundi (5, 6) (slika 12, 13). Početna se karijesna lezija prije primjene ozona površinski očisti pomoću aparata Air Flow. Nakon terapijskog postupka ozonom potrebno je površinu lezije premazati reducirajućom otopinom u svrhu neutraliziranja kiselina proizvedenih od strane bakterija te vezanja ostatnog ozona i kao izvor minerala u procesima remineralizacije. Terapijski postupak može se ponoviti u intervalima od tri do šest mjeseci ako

karijes ne pokazuje tendenciju cijeljenja, odnosno zaustavljanja procesa (7). Tim se postupkom bez mehaničke amputacije karioznog tkiva postiže cijeljenje afektiranoga tkiva prema biološkim principima i pomoću bioloških sredstava.

### Osvrt na kliničku primjenu ozona

S obzirom na snažan antibakterijski, antivirusni i fungicidni učinak ozon se može uporabiti kod različitih bolesti u području usne šupljine:

1. kao sredstvo za prevenciju karijesa (ozon sudjeluje u redukciji broja kariogenih mikroorganizama, uspostavi acido-bazne ravnoteže, potiče remineralizacijski učinak i njegovu prevagu nad demineralizacijskim procesima) (8)
2. u terapiji parodontnih oboljenja (ozonirana voda pokazuje snažan antimikrobni učinak, vrši inhibitorni učinak na neutrofile te smanjuje upalni kapacitet) (9, 10)
3. kao terapijsko sredstvo kod infekcija sluznice usne šupljine (bakterijskih, virusnih, gljivičnih oboljenja, terapijski učinak u navedenim oboljenjima sluznice ozon postiže svojim baktericidnim učinkom i stimulacijom tkiva na regeneraciju i cijeljenje (11, 12, 13)
4. kao sredstvo za pre- i post-kiruršku obradu rane, u terapiji komplikacija nakon ekstrakcije zuba (npr. alveolitisa sicca; ozon pospješuje zacjeljivanje rana i prevenira nastanak oportunističkih infekcija) (14)
5. u implantologiji, terapiji periimplantitisa (ozon u plinovitom ili vodenom obliku sterilizira površinu implantata i potiče tkivo na reoseintegraciju) (11)
6. kao sredstvo za izbjeljivanje zuba
7. kao sredstvo za dezinfekciju i pročišćavanje vode (primjenom ozonirane



Slika 7. Izbjeljivanje zuba



Slika 8. Prozone generator



Slika 9. Prozone - nosač nastavaka

vode u stomatološkim jedinicama pospešuju se aseptični uvjeti rada) (12, 14, 15, 16).

#### Primjena u restaurativnoj terapiji

Terapija početnih karijesnih lezija ozonom izostavlja fizičko uklanjanje inficiranog tkiva. Takav terapijski postupak je bezbolan i atraumatski. Osnovni kriterij za primjenu ozona jest rano dijagnosticiranje karijesne lezije. Primjenom DiagnoDent (KaVo GmbH, Germany) uređaja koji pomoću snopa laserskih zraka apliciranih putem sonde na zubnu površinu registrira i evaluira fluorescentno zračenje koje emitira karijesom promijenjeno zubno tkivo detektiraju se rane karijesne lezije (17,18).

Primjenom ozona postižu se vrlo brze kinetičke oksidativne reakcije na supstrat i mikroorganizme. Postupak je praćen dugotrajnim poticanjem remineralizacije.

Ozon razlaže proteinski omotač te djeluje baktericidno, oksidira biomolekule koje su odgovorne za nastanak demineralizacijskog procesa čime se onemogućuje proizvodnja kiseline. Ozon u kontaktu s pirogrožđanom kiselinom (jednom od najjačih prirodnih kiselina karijesne lezije) oksidira kiselinu stvarajući acetat i ugljični dioksid (19).

Acetat je slabije kiseline od piruvatne kiseline. Aplikacijom ozona te ulazom sline na tretirano područje, lezija postaje naseljena mikroorganizmima usne šupljine. Oni ne proizvode kiseline koje su povezane s napredovanjem karijesa čime započinje predominacija procesa remineralizacije (20).

Nekoliko je ključnih faktora važno za uspješnu primjenu ozona. Učinkovitost ozona je veća što je kontaktno vrijeme između ozona i tkiva dulje. Ipak, molekula ozona je relativno nestabilna, s poluvre-

menom raspada od pet do trideset minuta. Stabilnost ozona ovisi o alkaličnosti ili kiselosti tkiva i tjelesnih tekućina na koje je primijenjen. Bolju stabilnost pokazuje primjenom u alkalnoj sredini, što produkuje kontaktno vrijeme i pospešuje terapijski učinak. U trenutku dodira ozona s tkivom, jedan kisikov atom se odvaja od molekule ozona. Taj atomarni kisik je jaki oksidans koji djeluje na bakterije, plijesni, gljivice, viruse i parazite. Produljenjem kontaktnog vremena za deset do dvadeset sekundi količina uništenih bakterija ozonom može se gotovo poistovjetiti s procesom sterilizacije (21).

Dovođenjem ozona pod tlakom do karijesne lezije omogućuje se bolja penetracija unutar zahvaćenog tkiva. U in vivo uvjetima, u karijesnoj leziji postoje brojne molekule poput željeza koje pojačavaju učinak ozona.

Ozon zaustavlja djelovanje plitkih nekavitiranih karijesnih lezija korijena u sklopu preventivnih postupaka tako što reducira frekvenciju potrošnje fermentacijskih ugljikohidrata, pojačavajući učinak fluoridnih preparata (22, 23). Nije se pokazao učinkovitim u terapiji kavitiranih lezija s dubinom većom od tri milimetra koje su blizu gingivnog ruba. U tim slučajevima se prije tretmana ozonom, vanjski dio karijesa mora mehanički ukloniti uz ostavljanje jedan milimetar karijesom promijenjenog tkiva na stijenci spram pulpe.

U terapiji lezija fisurnog sustava kod kojih karijes seže do srednje trećine dentina, uklanja se karijesom zahvaćeno tkivo te se potom aplicira ozon u svrhu dezinfekcije prepariranog kaviteta.

Inicijalne nekavitirane lezije fisurnog sustava ne zahtijevaju mehaničko uklanjanje već samo površinsku primjenu ozona (23).

Primjena ozona u profilaktičke svrhe moguća je i kada postoji zadovoljavajuće rubno zatvaranje između restaurativnog materijala i tvrdog zubnog tkiva. Pri tome ozon ne pokazuje negativne interakcije ni s caklinskim tkivom, niti s restaurativnim materijalom (23).

#### Primjena u endodontskoj terapiji

U endodontskoj terapiji tijekom i nakon završenih klasičnih postupaka širenja i čišćenja korijenskog kanala, ozon doveden u kontakt s tkivom korijenskog kanala proizvodi snažan antimikrobni učinak. Neuspjeh endodontske terapije najčešće je uzrokovan preostalim mikroorganizmima, stoga je od velike važnosti uništiti ih prije završnog punjenja. Znanstvena i klinička istraživanja dokazuju snažan antimikrobni učinak ozona apliciranog u korijenski kanal (19). Ozon, čak i u niskoj koncentraciji kroz kratko vrijeme djelovanja postiže redukciju mikroorganizama biofilma za 57% dok za 65% smanjuje broj održivih bakterija unutar vodenih cijevi stomatološke jedinice. Uništava mikroorganizme koji su rezistentni na djelovanje drugih antimikrobnih sredstava uz istovremeni visoki stupanj biokompatibilnosti s epitelnim stanicama, gingivnim fibroblastima i stanicama parodontnog ligamenta. Bolji uspjeh se postiže primjenom ozona u korijenskom kanalu unutar kojeg postoji što manje zaostatnog organskog debrisa. Stoga se preporuča primjena ozona na kraju klasične endodontske terapije. Neki autori navode uspješne rezultate primjenom ozona u svim fazama endodontske terapije kao sredstva za irigaciju (19). Završna irigacija radi se ozonom pomoću ultrasoničnih instrumenata ili kombinacijom ozonirane vode i propuštanja plinovitog ozona kroz kanal. Stvoreni nascentni



Slika 10. Prozone - primjena u endodontskoj terapiji

kisik djeluje izrazito toksično i na aerobne i na anaerobne bakterije. Uporabom ozonirane vode znatno je reducirana količina *Candida albicans* i *Enterococcus faecalis* u korijenskom kanalu (24). Usporedba baktericidne sposobnosti ozona s 2,5 do 5% natrijevim hipokloritom ukazuje na gotovo identične rezultate, pogotovo u pogledu *Enterococcus faecalis* i *Streptococcus mutans*a, uz istovremeno niži stupanj citotoksičnosti ozona (25). U in vivo uvjetima u korijenskom kanalu mogu se naći elementi u mikrotragovima, poput željeza, koji pospešuju antimikrobnu aktivnost ozona i pomažu oslobađanje snažnih hidroksilnih radikala koji dalje pojačavaju antimikrobni učinak. Istraživanja pokazuju kako se uporabom uljnih preparata ozona, u usporedbi s intrakanalnim medikamentoznim sredstvima kao što je kalcij hidroksid, ostvaruje veća učinkovitost na mikroorganizme odgovorne za nastanak perirapeksnih oboljenja uz istovremenu odličnu biokompatibilnost sa zahvaćenim tkivima (13,25). Inhibitorno djeluje na NF- $\kappa$ B transkripcijski faktor, koji je odgovoran za regulaciju parodontnih i periapikalnih upalnih reakcija, čime ozon postiže proučavajući učinak (9).

Prije početka terapije ozonom potrebno




Slika 13. Healozone - primjena u preventivnoj stomatologiji



Slika 11. Healozone generator

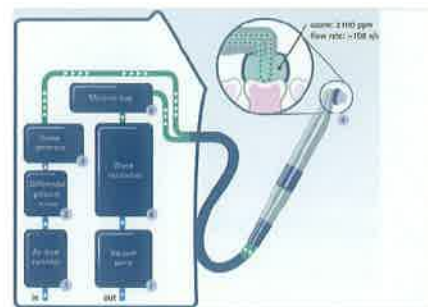
je pažljivo proučiti upute za kliničku primjenu i utvrditi postoje li moguće kontraindikacije.

Primjenom posebno dizajniranih sonda omogućen je pristup bolesnom području unutar usne šupljine (sluznica, parodontni džepovi, kaviteti, korijenski kanali, implantati, ekstrakcijske rane). Aplikacijom ozona na ciljano mjesto ostvaruje se znatna redukcija broja zaostatnih bakterija na stijenjkama korijenskih kanala. Time se ozon uvodi u kliničku praksu sa širokom primjenom kod različitih bolesti usne šupljine. 

\* Slike 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10 ljubaznošću prof.dr.sc. Božidara Pavelića

## LITERATURA

1. **Bocci V.** Biological and clinical effect of ozone. Has ozone therapy a future in medicine? *Br J Biomed Sci* 1999;56:270 - 79.
2. **Ozone - The Revolution in Dentistry.** Quintessence, ISBN 1 - 85097 - 088 - 2 2004, Ed: Lynche E.
3. **Bocci V.** Oxygen - Ozone therapy a critical evaluation Kluwer Boston, Inc.: ISBN: 1402005881.
4. **Gutteridge JM, Halliwell B.** Iron toxicity and oxygen radicals. *Baillieres Clin Haematol.* 1989 Apr;2(2):195 - 256.
5. **Miller BJ, Hodson N.** Assessment of the safety of two ozone delivery devices. *J Dent* 2007;35:195 - 200.
6. **Johansson E, Andersson - Wenckert I, Hagenbjork - Gustafsson A, Van Dijken JW.** Ozone air levels adjacent to a dental ozone gas delivery sistem. *Acta Odontol Scand* 2007; 65:324 - 30.
7. **KaVo Healozone practice manual.** KaVo Dental GmbH&co. KG, Bismarckring 39, 88400 Biberach7Ri , Germany.



Slika 12. Healozone - shematski prikaz uređaja

8. **Holmes J.** Changes in Dental Care. WWW LTH, January,2007.
9. **Huth KC, Sangel B, Jakob FM, Cappello C, Quirling M, Paschos E.** Effect of aqueous ozone on the NF - kappa B system. *J Dent Res.* 2007.
10. **Sechi LA, Lezcano I, Nunez E, Espim M, Dupre I, Pinna A, et al.** Antibacterial activity of ozonized sunflower oil. *J Appl Microbiol.* 2001 Feb; 90(2):279 - 84.
11. **Low SP, Williams KA, Canham LT, Voelcker NH.** Evaluation of mammalian cell adhesion on surface - modified porous silicon. *Biomaterials.* 2006 Sep; 27 ( 26 ) : 4538 - 46.
12. **Holmes J.** Ozone Information for Clinicians. Pub No 69 Studio. 2007.
13. **Huth KC, Jakob FM, Saugel B, et al.** Effect of ozone on oral cells compared with established antimicrobials. *Eur J Oral Sci* 2006;114:435 - 40.
14. **Putnins EE, Di Giovanni D, Bhullar AS.** Dental unit waterline contamination and its possible implications during periodontal surgery. *J Periodont.* 2001 Mar; 72(3):393 - 400.
15. **Bocci VA.** Scientific and medical aspects of ozone therapy. State of the art. *Arch Med Res* 2006;37:425 - 35.
16. **Wirthlin MR, Marshall GW Jr, Rowland RW.** Formation and decontamination of biofilms in dental unit waterlines. *J Periodontol.* 2003 Nov; 74(11):1595 - 609.
17. **Iwami Y, Shimzu A, Naramatsu M, Hayashi M.** Relationship between bacterial infection and evaluation using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci* 2004; 112:419 - 23.
18. **Lynch E, Beighton D.** A comparison of primary root caries lesions classified according to colour. *Caries Res* 1994; 28:233 - 9.