

Endodontide ozonun kullanımı

Deniz Erdoğan(0000-0001-2345-6789)^a, Ali Erdemir(0000-0003-1140-3887)

Selcuk Dent J, 2020; 7: 514-521 (Doi: 10.15311/selcukdentj.441069)

Başvuru Tarihi: 05 Temmuz 2018
Yayına Kabul Tarihi: 08 Ocak 2019

ÖZ

Endodontide ozonun kullanımı

Ozon, oksitleyici özelliğinden dolayı uzun yıllardan beri tıp ve diş hekimliği alanlarında başarıyla kullanılan mükemmel bir antimikrobiyal ajandır. Ozon oral dokulara; ozon gazı, ozonlu su ve ozonlu yağ olarak uygulanabilir. Ozonun endodontide; irrigasyon solüsyonu, antimikrobiyal ajan, kanal içi medikament olarak kullanımı, ayrıca dental adezivlere ve postoperatif ağrı kontrolüne etkisi de gözden geçirilmiştir. Bu derlemenin amacı; ozonun etkileri ve endodontideki kullanım alanlarına yönelik fikir vermektir.

ANAHTAR KELİMELELER

Antimikrobiyal, Endodonti, İrrigasyon, Ozonlu su, Ozon gazı

ABSTRACT

Ozone's usage in endodontics

Ozone has been successfully used in medical and dental fields since many years owing to its oxidizing property making it an perfect antimicrobial agent. Ozone can applied to oral tissues in the forms of ozone gas, ozonated water and ozonated oil. Ozone's usage in endodontics as an irrigant, antimicrobial agent, intracanal medicament and also its effect on dental adhesives and postoperative pain control are reviewed. The aim of this review is to give an opinion about effects of ozone and its usage in endodontics.

KEYWORDS

Antimicrobial, Endodontics, Irrigant, Ozonated Water, Ozone gas

Ozon; atmosferik oksijenin yüksek enerjili bir formu olan 3 atom oksijenden oluşan, keskin kokulu, mavi bir gazdır. Yeryüzünün etrafını 50-100 bin feet yüksekliğine kadar çevreleyerek dünyanın ekolojik savunmasında rol oynar. Stratosferde bir oksijen molekülü yüksek enerjili ultraviyole (UV) radyasyonla karşılaşır, iki serbest oksijen atomuna parçalanır ve daha sonra serbest oksijen atomları (O) oksijen molekülleri (O₂) ile birleşerek ozon üretimine öncülük eder. Ozon (O₃, molekül ağırlığı 47.98 g/mol), havadan daha ağırdır ve yüksek rakımlarda yer yüzeyine doğru inerek herhangi bir kirlenici ile temas halindeki havayı temizler.¹

Ozonun tarihsel geçmişi

Alman kimyager Christian Friedrich Schonbein, 1840 yılında İsviçre Basel Üniversitesinde ilk defa ozonu keşfetmiştir. Bir miktar suyun içinden elektrik deşarjı yaptığında keskin bir koku farketmiş ve bu gaza "ozon" adını vermiştir. Yunanca kelime "ozein" den üretilmiş olup, koku anlamına gelmektedir. 1857'de ilk ozon jeneratörü Werner Von Siemens tarafından Almanya'da geliştirilmiştir.

Ozon gazı, 1870'de ilk kez tıbbi alanda Dr. C. Lender tarafından test tüplerinde kan temizlemek için kullanılmıştır. Birinci Dünya Savaşı sırasında Alman

askerleri üzerinde ozon gazı; travma sonrası gangren, enfekte yaralar, hardal gazı yanıkları ve fistüllerde tedavi amacıyla kullanılmıştır. Diş hekimliğinde ilk defa Dr. E.A. Fisch (1899–1966) çalışmasında ozonlu su kullanarak olumlu sonuçlar elde ettiğini bildirmiştir. Dental cerrahide; hemostazı teşvik etmek, lokal oksijen arzını arttırmak ve bakteriyel proliferasyonu inhibe etmek için ozonlanmış su kullanılmıştır.²

Ozon tedavisi 1880'den itibaren Amerika'da alternatif tıp olarak kabul edilmiş ve oküler hastalıkların tedavisinde, bakteriyel, viral ve fungal enfeksiyonlarda, iskemik hastalıklarda, yaşla ilgili maküla dejenerasyonunda, ortopedik, dermatolojik, pulmoner, renal, hematolojik ve nörodejeneratif hastalıklarda tedavi amaçlı kullanılmıştır.³

Ozonun kimyasal ve yapısal özellikleri

Endüstriyel ozon havadan üretilir ancak tıbbi ozon sadece tıbbi oksijen kullanarak üretilebilir. Tıbbi ozon atmosferdeki oksijen oranı değişken olduğu için saf medikal oksijenden üretilmelidir. Ozon gazının 20 °C'de yarılanma ömrü 40 dakika (dk) iken, 0 °C'de yaklaşık 140 dk'dır. Medikal ozon; % 0.05-% 5 saf ozon ile % 95-% 99.95 saf oksijenin değişen oranlarda

^a Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dah, Kırıkkale

kariştirilmesiyle elde edilir.

Ozon; oksijenden 1.6 kat daha yoğun ve suda çözünlüğü 10 kat daha fazladır (0 °C'de 100 ml suda 49 ml). Ozon radikal bir molekül olmamasına rağmen, flor ve sülfattan sonra üçüncü en güçlü oksidandır. Gaz formundaki ozon stabil değildir ve hazırlandıktan sonra hemen ve bir defada kullanılmalıdır.⁶ Ozonun; antimikrobiyal, antienflamatuar, analjezik, immün stimüler, antihipoksik, detoksleyici ve biyoenerjik etkileri vardır.⁷ Ozon tedavisi sırasında; dokulara salınan oksijen miktarında artış, arteriol ve venüllerde dilatasyon meydana gelir. Bu sebeple dolaşım bozukluklarının tedavisinde kullanılabilir.⁸ Ayrıca savunma sistemi ve mikrosirkülasyonu pozitif yönde etkiler.^{1,2}

Ozon bakteri, virüs, mantar, protozoa ve mayaları çeşitli şekillerde inaktive eder. Bakterilerde hücre zarının bütünlüğünü bozarak⁹, mantarlarda hücre büyümesini belli aşamalarda engelleyerek⁹, virüslerde ise viral kapsülü zedeleyerek etkisiz hale getirir.¹⁰

Toksiste

Ozon inhalasyonu, pulmoner sistem ve diğer organlara toksik olabilir. Ozon tedavisinin neden olduğu komplikasyonlar seyrek görülmekle birlikte bilinen yan etkiler; öfori, üst solunum yolu tahrişi, rinit, öksürük, baş ağrısı, bulantı, kusma, nefes darlığı, dolaşım bozukluğu ve kalp problemleridir. Ozon gazına 1 saatten uzun süre 1-4 ppm dozda maruziyet sonucu çok sayıda enzimin inhibe olduğu bildirilmiştir.¹¹ Birleşmiş Milletler Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi terapötik amaçla ozon kullanımının güvenlik limitlerini 0.06 ppm 8saat/gün, 0.3 ppm 15 dakika/5-7 gün olarak belirlemiştir.¹²

Ozon zehirlenmesi durumunda; hasta sırtüstü pozisyonda yatırılmalı, E vitamini ve N-asetil-sistein ile tedavi edilmelidir. Ozon tedavisi; hamilelik, hipertroidizm, şiddetli anemi, şiddetli myastenia, glukoz-6-fosfat dehidrogenaz eksikliği, akut alkol zehirlenmesi, miyokard infarktüsü ve ozon alerjisi durumlarında kontrendikedir. Ozonun yüksek oksidatif gücü nedeniyle, gazla temas eden tüm malzemeler cam, silikon ve teflon gibi ozon dayanımlı olmalıdır.¹¹ Uygulama esnasında vakumlama yaparak uygulama sahasından ozon gazının sisteme geri çekilmesini sağlayan ozon jeneratörleriyle çalışmak yada düşük konsantrasyonlarda kullanmak; ozonun yan etkilerinden korunmak için alınabilecek önlemlerdir.³

Ozon üretim sistemleri

Ozon üretiminde 3 çeşit sistem kullanılır:¹³

1. Ultraviyole Sistemi: Bu sistem 185 nm'de UV ışığı yayarak düşük konsantrasyonda ozon üretimi sağlar. Bir oksijen molekülü UV ışıktan gelen düşük enerjili absorbe ederek atomlarına ayrışır. Daha sonra, oksijen atomları başka oksijen molekülleriyle reaksiyona girerek ozon formunu oluşturur. Saunalarda ve havayı temizleme amacıyla kullanılır.
2. Soğuk Plazma Sistemi: Bu sistemde bir elektrostatik alan, anot ve katot çubuklar arasındaki voltaj sıçramaları şeklinde oluşturulmuştur. Hava ve su arıtmada kullanılır.
3. Korona Deşarj Sistemi: Bu sistem yüksek konsantrasyonda ozon üretir. Koronadeşarj yaratmak için yalıtkan alanlar kullanılır. Böylece elektrik boşalmasıyla koronadeşarjından geçen oksijen ozon formuna dönüştürülür. Bu sistemin kullanımı kolaydır ve ozon üretim hızı kontrol edilebilir. Bu yüzden tıp ve diş hekimliği alanlarında en çok tercih edilen sistemdir.

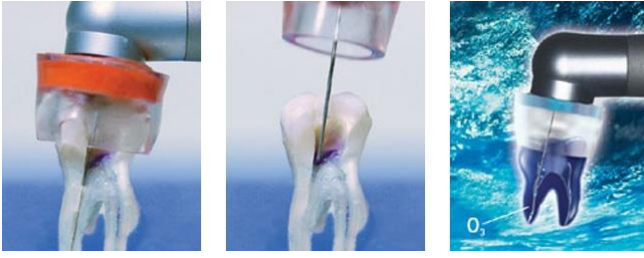
Ozonun diş hekimliğinde uygulama şekilleri

Ozonlanmış Su: Gram pozitif ve gram negatif oral mikroorganizmalara ve ayrıca plak biyofilmindeki bakterilere karşı etkili olduğu gösterilmiştir. Diğer kimyasal irrigasyon solüsyonlarına kıyasla daha ucuzdur.¹⁴ Ancak, gaz formundaki ozonun; dezenfektan olarak uygulandığında, sulu formdan daha etkili olduğu gösterilmiştir.¹⁵ Ozon gazının kullanılmadığı durumlarda veya ozon gazına ek olarak tercih edilebilir.²

Ozonlanmış Yağ: Ayçiçek, susam yağı veya zeytin yağının ozonlanması ile elde edilebilir. *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Escherichia coli* ve özellikle *Mycobacteri*ya karşı etkili bulunmuş ve mantar enfeksiyonlarının tedavisinde kullanılması tavsiye edilmiştir.¹⁶ Ticari olarak; Oleozone, Bioperoxoil gibi yağlar bulunmaktadır.

Gaz Formundaki Ozon: Gaz halindeki ozon, inhalasyon ve yan etkilerini önlemek için açık bir sistemle veya sızdırmazlık emiş sistemi ile topikal olarak uygulanabilir.

- Gaz formundaki ozonun kullanıldığı sistemlerden bazıları: HealOzone (Kavo, Biberach, Germany):¹⁷ Gazın kapalı bir devrede uygulandığı hava bazlı bir sistemdir. Gazın fazlası emilir ve manganez iyonları tarafından etkisiz hale getirilir. Ozon konsantrasyonu, dokuya bitişik kapakta 2100 ppm'dir. Kapağın hava sızdırmazlığı sayesinde ozon uygulaması sağlıklı bir şekilde yapılabilir.



Şekil 1.

HealOzone'nun kök kanallarına uygulanması

- **Prozone (W&H Dentalwerk, Bürmoos, Austria):** Prozone, doku uyumlu dozajların endodonti ve periodontoloji endikasyon bölgelerine göre önceden ayarlanabildiği için kullanımı kolay ve güvenlidir. Plastik ataşmanlar (Perio uçları veya Endo uçları)¹⁸ değiştirilebilir olduğundan ceplere gaz uygulaması sırasında hijyenik bir ortam sağlanmış olur.

Ozonun diş hekimliğinde kullanımı

Ozon gazı diş hekimliğinin birçok alanında kullanılmaktadır. Mikrobiyal patojenlerin ortadan kaldırılması, etkili bir diş tedavisinin temel dayanağını oluşturur. Yaklaşık 60 s ozon gazına maruziyetin, *Actinomyces naeslundii*, *Streptococcus mutans* ve *Lactobacillus casei* gibi karyojenik bakterileri % 99.9 oranında etkisiz hale getirdiği bildirilmiştir. Birçok çalışmada ozonun biyofilm oluşumuna sebep olan mikroorganizmalar üzerindeki etkisi gözlemlenmiş ve *Actinomyces naeslundii*, *Veillonella dispar*, *Fusobacterium nucleatum*, *Streptococcus sobrinus*, *Streptococcus oralis*, *Candida albicans*, *Streptococcus mutans*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius*, *Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis* ve *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*'a karşı etkili olduğu bildirilmiştir.¹⁹⁻²¹

Yüksek çürük riski taşıyan hastalarda yapılan bir çalışmada ozon uygulamasının, fissür çürüklerini önemli ölçüde iyileştirdiği²², % 38'lik hidrojen peroksitten sonra 60 s ozon gazı uygulanmasının diş beyazlatma işlemi esnasında hassasiyeti azalttığı ve diş renginde bir ton daha fazla açılma sağladığı bildirilmiştir.²³ Ozon gazının adeziv sistemlerine etkisini araştıran çalışmalarda farklı sonuçlara ulaşılmış; bir çalışmada ozon gazının adeziv materyalin mineye bağlanma dayanımı üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı²⁴, ancak başka bir çalışmada ozon gazının self-etch adeziv sistemi uygulanan dentinde mikrobağlanmayı azalttığı gözlemlenmiştir.²⁵ Oral cerrahide ozon gazı uygulaması basit çekimler, çene kemiği enfeksiyonları, osteomyelit, periimplantitis, bifosfanata bağlı çene kemiğinin osteonekrozu gibi durumlarda ve postoperatif ağrının azaltılmasında tavsiye edilmektedir.²⁶

Ozonlu suyun diş hekimliğinde kullanılmasında yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Ozonlanmış suyun; dental plaktaki gram pozitif, gram negatif mikroorganizmalar ve *C. albicans* üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir.²⁰ Başka bir çalışmada; 2 dk süre ozonlu su ile yıkanan avulse dişlerin, kök yüzeyindeki periodontal hücreler üzerinde herhangi bir yan etki olmaksızın etkili mekanik temizlik ve kök yüzey dekontaminasyonu gösterdiği bildirilmiştir.²⁷ Ayrıca, ortodontik tedavi süresince braketlerin etrafındaki mine demineralizasyonunu azaltmada ozonize zeytinyağının oldukça etkili olduğu gösterilmiştir.²⁸

Ozonun Endodontide kullanımı

Günümüzde halen rutin olarak periapikal doku ile temas ettiğinde sitotoksik potansiyele sahip olan irrigasyon solüsyonları kullanılmaktadır. Sodyum hipoklorit (NaOCl) en yaygın kullanılan irrigasyon solüsyonudur. Nekrotik ve vital pulpa dokusunu, dentin gibi organik bileşenlerin yanı sıra biyofilm çözebilen mükemmel bir antibakteriyel ajan olmasına rağmen, NaOCl'in tadının ve kokusunun kötü olması, sitotoksitesine²⁹, alerjik reaksiyon ve korozyon potansiyeli gibi hoş olmayan yan etkileri vardır.³⁰ Ayrıca, klorheksidin (CHX) diş hekimliğinde uzun süreli antimikrobiyal etkisinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, CHX'in doku çözücü etkisinin olmaması, organik maddeler karşısında etkinliğini yitirmesi, smear tabakayı uzaklaştıramaması gibi sebeplerden ötürü tek başına kullanılmaması gerektiği bildirilmiştir.³¹ Bununla birlikte, % 2'lik CHX oral kavitede deskuamasyona bağlı mikoz, dişlerde renklenme, epitel hücreleri üzerinde toksik etki gibi yan etkiler gösterebilmektedir.^{32,33}

Ozonun endodontide; antimikrobiyal ajan, irrigasyon solüsyonu, kanal içi medikament olarak ve postoperatif ağrıyı azaltmak amacıyla kullanılması için büyük bir potansiyeli vardır.³⁴ Endodontik tedavide ozon gazı, ozonlu su ve ozonize yağın potansiyel kullanımı literatürde defalarca bildirilmiştir.³⁵ Ozon gazının 0.5–1 L/dk akış hızında 2 dk boyunca kanal içi gaz dolaşımı, kök kanalındaki patojen mikroorganizmaların sayısını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Ozonlu su irrigasyon solüsyonu olarak kullanıldığında, doku rejenerasyonunu, kemik iyileşmesini teşvik eder ve makrofajları aktive eder.³⁶ Ozonize yağlar ise, enfekte dişlerden kaynaklanan belirgin anaerobik kokuyu azaltmak ve bakterileri uzaklaştırmak için kanal içi medikament olarak kullanılabilir.³⁷

Ozonlu su, endodontik irrigasyon solüsyonu olarak birçok çalışmada kullanılmış olup, etkileri ve yararları bakımından dikkat çekmektedir. Cardoso ve ark.³⁸ yaptıkları bir çalışmada; ozonlanmış suyun kök kanallarındaki endotoksin, *C. albicans* ve *E. faecalis*'i uzaklaştırma etkinliğini değerlendirmişler ve ozonlu suyun hem *C. albicans* hem de *E. faecalis*'e karşı tedaviden hemen sonra etkili olduğunu

göstermişlerdir. Bununla birlikte, ozonlanmış suyun anti-endotoksin aktivitesi göstermediğini bildirmişlerdir.

Nagayoshi ve ark.²⁰ tarafından yapılan bir çalışmada; ozonlanmış suyun (0.5–4 mg/L) gram pozitif ve gram negatif mikroorganizmaları uzaklaştırmada oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda, gram negatif bakterilerin ozonlanmış suya karşı gram pozitif bakterilerden daha duyarlı olduğu bildirilmiştir.

Hems ve ark.³⁹; *E. faecalis* bakteri kültürü üzerinde ozonlu suyun farklı sürelerdeki (30, 60, 120 ve 240 s) ve ozon gazının (5.83 cm³/s , 300 s) antibakteriyel etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda, ozonlu suyla yıkanan gruplardan sadece 240 s ozonlu suya maruz kalan gruptaki bakteri sayısında belirgin bir azalma olmuş, 300 s ozon gazı uygulanan grupta ise *E. faecalis* sayısında azalma gözlemlenmemiştir. Ancak, % 2.5'lik NaOCl ile 120 s yıkanan gruptaki tüm bakterilerin uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir.

Zan ve ark.⁴⁰ yaptıkları bir çalışmada; erbium:yttrium-aluminum-garnet (Er:YAG) lazer, potasyum titanyum fosfat (KTP) lazer ve ozonlu suyun kök kanallarında *E. faecalis* üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Er:YAG lazer (2.0 W, 100 mJ, 20 Hz) 3 dk süreyle, KTP lazer (2.0 W, 100 mJ, 20 Hz) 9×20 s süreyle ve ozonlanmış su (16 ppm) 3 dk süreyle uygulanmıştır. Sonuçta; bakteri uzaklaştırmada en etkili ajanın % 5.25'lik NaOCl olduğu, ozonlu su uygulamanın Er:YAG ve KTP lazerden daha etkili olduğu ve her iki lazerin arasında belirgin bir fark olmadığı saptanmıştır.

Çiçek ve ark.⁴¹; farklı irrigasyon solüsyonları varlığında yeni nesil iki farklı apeks bulucu cihazın (Raypex 5 ve Propex II) güvenilirliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada irrigasyon amacıyla; % 5.25'lik NaOCl, % 2'lik CHX, ozonlu su, MTAD ve streptokinaz ile baryum sülfat karışımından oluşan solüsyon kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, irrigasyon solüsyonlarının apeks bulucuların apikal forameni tespit etmedeki güvenilirlikleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı anlaşılmış, ayrıca Propex II'nin Raypex 5'ten daha güvenilir olduğu gözlemlenmiştir. Stübinger ve ark.⁴² tarafından yapılan çalışmada; kaza sonucu avülse olan dişlerin replantasyonundan önce ozonlu su uygulanabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla 3. büyükazı dişleri çekilerek 1 dk boyunca ozonlanmış su ve steril izotonik solüsyonla yıkanarak karşılaştırılmış. Kök yüzeylerindeki sementoblast ve periodontal fibroblastlar immünohistokimyasal olarak incelendiğinde; ozonlanmış suyun hiçbir negatif etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Ozon gazının endodonti literatüründe; başarılı bir antimikrobiyal ajan olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Estrela ve ark.⁴³; ozonlu su, ozon gazı

ve antiseptik ajanlarının (% 2.5 NaOCl ve % 2 CHX) enfekte insan dişi kök kanallarındaki antimikrobiyal etkisini araştırmışlar ve sonuçta; 20 dk'lık temas süresi boyunca, bu ajanların hiçbirinin *E. faecalis* ile enfekte kök kanallarında antibakteriyel etkinlik gösteremediğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise; ozon gazının (HealOzone ile 120 s) *E. faecalis* üzerindeki dezenfekte edici etkisi değerlendirilmiş; NaOCl'in endike olmadığı durumlarda ozon gazının kök kanal sistemlerini dezenfekte etmek için uygun olduğu gösterilmiştir.⁴⁴

Bitter ve ark.⁴⁵ yaptıkları bir çalışmada; *E. faecalis*'le enfekte edilmiş kök kanallarına, diyet lazerin (4×10 s, 0.8 W, 980 nm), ozon gazının (2×60 s, 100 mL/dk), kalsiyum hidroksit [Ca(OH)₂] ve %1'lik CHX jelin etkisini karşılaştırmışlardır. Tüm gruplara % 1 NaOCl'le irrigasyondan sonra işlem uygulanmış ve en yüksek bakteri uzaklaştırma % 1 NaOCl'le irrigasyon yapılan kontrol grubunda izlenmiştir. İkinci en yüksek etkinlik 1 hafta Ca(OH)₂ uygulanan grupta saptanmıştır. Ozon gazı uygulanan grupta, diyet lazer uygulanan gruptan daha fazla bakteri uzaklaştırıldığı ve en düşük etkinliğin 1 hafta CHX jel bekletilen grupta olduğu tespit edilmiştir.

Polydorou ve ark.¹⁷; iki farklı dentin bonding sisteminin (Clearfil SE Bond, Clearfil Protect Bond) ve iki farklı sürede ozon gazı uygulanması ile *S. mutans* üzerindeki antimikrobiyal etkisini incelemişlerdir. Sonuçta; *S. mutans*'i uzaklaştırma açısından en başarısız grup, 40 s ozon gazı uygulanan grup olmuştur. Bununla birlikte, her iki bonding sistemi ve 80 s ozon gazı uygulanan grupların arasında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir.

Kaptan ve ark.⁴⁶; tekrarlayan dozda ozon gazının *E. faecalis* biyofilmine etkisini incelemişlerdir. Ozon gazı 7, 10, 13, 16 ve 19. günlerde olacak şekilde üç günde bir tekrarlanarak uygulanmış ve irrigasyon protokolünde % 2-% 5.25 NaOCl, % 15 EDTA ve % 2 CHX kullanılmıştır. Ayrıca seanslar arasında bazı gruplarda kanal içi medikament olarak Ca(OH)₂ uygulanmıştır. Bakterileri kök kanallarından uzaklaştırmak açısından % 2'lik NaOCl ve ozon gazının birlikte uygulandığı grupta, % 5.25'lik NaOCl ve Ca(OH)₂ uygulanıp ozon gazı uygulanmayan kontrol grubu arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Ancak % 2'lik NaOCl, Ca(OH)₂ ve ozon gazının birlikte uygulandığı grupta *E. faecalis* biyofilminin kök kanallarından tamamen uzaklaştırıldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmayla; bakterileri uzaklaştırmada tekrarlayan dozda ozon gazı uygulaması ile NaOCl'i daha az toksik olan düşük konsantrasyonlarda kullanmanın mümkün olabildiği gösterilmiştir.

Kuştarıcı ve ark.⁴⁷ yaptıkları bir çalışmada; KTP lazer ile ozon gazının *E. faecalis* üzerindeki antimikrobiyal etkinliğini karşılaştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda;

sadece %2.5 NaOCl grubundaki tüm bakterilerin uzaklaştırıldığı, KTP lazer (1.5 W, 10 J/cm², 5×15 s) ve ozon gazı (120 s) uygulanan gruplarda yeterli etkinlik sağlanmadığı belirlenmiştir. Ancak gaz formundaki ozonun antibakteriyel aktivitesinin KTP lazerden daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Rossi-Fedele ve ark.⁴⁸; sığır dişindeki pulpa dokusunun ozon gazında (4.2×10⁶ µg m⁻³, 120 s), Aquatine Alpha Electrolyte'te (% 10 hipokloröz asit, 200 ppm, pH 5), % 0.5 NaOCl ve bunların kombinasyonlarındaki çözünme kabiliyetini araştırmışlardır. Sonuçlar göstermiştir ki; pulpa dokusu sadece NaOCl içeren gruplarda çözünebilmiştir. Bununla birlikte, NaOCl ve ozon gazının birlikte uygulandığı grupta, sadece NaOCl uygulanan gruba göre yaklaşık 2 kat daha hızlı pulpa çözündüğü tespit edilmiştir.

Ozon gazının adeziv sistemleri ve dentine bağlanması ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bitter ve ark.⁴⁹ yaptığı bir çalışmada; kök kanallarına Er:YAG lazer ve ozon gazının, farklı fiber post rezin simanlarının bağlanma dayanımı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Post boşluğu hazırlandıktan sonra Er:YAG lazer (140 mJ, 15 Hz) 30 s ve ozon gazı (2.100 ppm, 100 mL/dk akış hızı) 120 s boyunca uygulanmış, 4 farklı rezin siman materyali (Panavia F 2.0, Variolink II, RelyX Unicem, Ketac Cem) post yapıştırıcısı olarak kullanılmıştır. Sonuçlar materyallere göre değişkenlik göstermekle birlikte; Er:YAG lazerin Panavia F'in bağlanma dayanımını azaltırken Variolink II'nin bağlanma dayanımını arttırdığı, ancak ozon gazının Panavia F'in bağlanma dayanımını arttırırken Variolink II ve RelyX Unicem'in bağlanma dayanımını azalttığı gözlenmiştir.

Magni ve ark.⁵⁰; çekilmiş büyük azı dişlerinde yaptıkları çalışmada, ozon gazının farklı dentin bonding sistemleri üzerindeki mekanik etkisini incelemişlerdir. Çalışmada: Prime&Bond NT (Dentsply), Excite (Ivoclar-Vivadent), Syntac/Heliobond (Ivoclar-Vivadent) ve Silorane System Adhesive (3 M-ESPE) adeziv sistemlerine 120 s (4.2 g/m³; HealOzone, KaVo) ozon gazı uygulanmış ve kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. Ozon gazının 30 dk sonraki ve 24 saat sonraki dentin ve adeziv sistem arasındaki mekanik özelliklerini herhangi bir şekilde etkilemediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca bu çalışmada adeziv sistemler uygulanmadan önce dentine ozon gazı uygulanabileceği bildirilmiştir. Kıvanç ve ark.⁵¹ yaptıkları çalışmada; ozon gazı ve neodimum-doped yttrium aluminum garnet (Nd:YAG) lazerin fiber postun bağlanma dayanımı üzerine etkisini araştırmışlardır. Bir gruba ozon gazı (10 mL, 525 ppm, akış hızı 0.5 mL s⁻¹) ve diğer gruba Nd:YAG lazer (1.064 µm, 2.4 W, 120 mJ, 20 Hz) uygulanmış ve sonuçta; ne ozon gazının ne de Nd:YAG lazerin

fiber postun bağlanma dayanımına herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Tuncay ve ark.⁵² yaptıkları çalışmada; 40 s ozon gazının ve 30 s foto-aktif edilmiş dezenfeksiyonun (FAD) rezin bazlı kanal dolgu patlarının yüzey sertliklerine etkisini incelemişlerdir. Kök kanallarının koronal, orta ve apikal üçlüsünde en yüksek yüzey sertliği gösteren; ozon gazı ve AH Plus patının birlikte uygulandığı grup olmuştur. Ozon gazı uygulanan her iki kanal dolgu patı da kendi gruplarında en yüksek yüzey sertliğini göstermişlerdir. FAD uygulamasının sonuçları değişkenlik göstermiş; AH Plus ile birlikte uygulandığındaki yüzey sertliği NaOCl uygulanan kontrol grubundan yüksek, EndoREZ ile birlikte uygulandığındaki yüzey sertliği NaOCl grubundan düşük bulunmuştur.

Ozonize yağın, nekrotik dişlerde kanal içi medikament olarak yararlı olabileceği çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir. Silveira ve ark.³⁵ köpeklerde yaptıkları bir çalışmada; periapikal lezyonlu dişlerde tek ve çok seans kanal tedavisinin periapikal lezyonun iyileşmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. I. grupta kök kanal tedavisi tek seansta, II. grupta Ca(OH)₂'in ve III. grupta ozonlu yağın kanal içi medikament olarak bir hafta bekletilmesinin ardından iki seansta tamamlanmıştır. Enfekte edilmiş dişler histolojik ve histobakteriyolojik olarak incelendiğinde, tek seansta kanal tedavisinin başarı oranı % 46, Ca(OH)₂ uygulanan dişlerde % 74 ve kanal içi ozonlu yağ kullanılan grupta % 77 olarak görülmüştür. Bu gözlemler sonucunda; ozonlu yağın özellikle enfekte kök kanallarında başarıyla kullanılabilirliği tespit edilmiştir.

Reddy ve ark.⁵³; ozonlanmış susam yağı, Ca(OH)₂ ve bunların kombinasyonlarının kanal içi medikament olarak *C. albicans* üzerindeki etkisini karşılaştırmışlardır. *C. albicans*'i uzaklaştırmada; ozonlanmış yağın diğer gruplardan daha etkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, Ca(OH)₂ uygulanan grubun, her iki medikamentin birlikte uygulandığı gruptan daha etkili olduğu saptanmıştır.

Kanal tedavisi sırasında, giriş kavitesi hazırlanmasından kanalların doldurulmasına kadar her aşamada dokunun maruz kaldığı mekanik, kimyasal ve termal irritasyon sonucu postoperatif ağrı olabilmektedir. Ozon uygulamasının; enflamatuar mediyatörleri azaltarak, metabolik mediyatörleri oksitleyerek ve yerel kan mikrosirkülasyonunu arttırmak suretiyle toksinleri uzaklaştırarak postoperatif ağrıyı azaltabileceği düşünülmektedir. Endodontik açıdan literatürde ozon uygulamasının postoperatif ağrıya olan etkisini inceleyen klinik bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, 2017 yılında

uzmanlık bitirme tezi olarak yapılan klinik bir çalışmada; 50 hasta randomize olarak 2 gruba ayrılmış, bir gruba sırasıyla kanal içi ozonlu su 5 dk boyunca 20 ml (1.86 µg/ml) ve ozon gazı 20 s boyunca (22.000 ppm) uygulanmış, diğer gruba ozon uygulanmamıştır. Hastaların postoperatif 1, 3, 5. ve 7. günlerdeki ağrı durumları görsel analog skalasına kaydedilmiştir. Sonuçta; ozonlu su ve ozon gazı uygulanan grupta plasebo grubuna göre; 1. ve 3. günde istatistiksel olarak anlamlı derecede daha az postoperatif ağrı olduğu, aynı zamanda 7. günde perküsyon hassasiyetinin anlamlı derecede daha az olduğu bildirilmiştir.⁵⁴

SONUÇ

Ozon, diş hekimliğinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır. Endodontide; irrigasyon solüsyonu, kanal içi medikament, antimikrobiyal ajan olarak ve postoperatif ağrı kontrolünde kullanılabilir. Mevcut çalışmalar sınırlı olsa bile, gaz halindeki ozonun biyofilimde organize edilen *E. faecalis* gibi endodontik patojenlerin miktarını önemli ölçüde azaltabildiği gösterilmiştir. Ancak, bu dezenfeksiyon yöntemi geleneksel olarak kullanılan NaOCl'e bir alternatif değildir. NaOCl'in etkisini arttırmak için gaz ozonun bir adjuvan olarak kullanımı özellikle inatçı enfeksiyonlarda önerilebilir. Ayrıca, ozon gazının NaOCl ile birlikte kullanımı, NaOCl'in düşük konsantrasyonlarda uygulanmasına olanak sağlayarak, maruz kalınan toksik etkiyi en aza indirebilir. Nekrotik dişlerde ozonlanmış yağın kanal içi medikament olarak kullanılması da önerilebilir. Bununla birlikte, ozonun periapikal iyileşmeyi hızlandırması ve periapikal dokularda bilinen bir yan etkisinin olmaması gibi avantajlarından dolayı, endodontide geleneksel yöntemlerle birlikte kullanılırsa postoperatif dönemde tedavinin başarısını arttırabileceği sonucuna varılabilir. Ancak ozonun endodontide kullanımı ile ilgili yeterli çalışma bulunmadığından, daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Bocci V. Ozone as Janus: this controversial gas can be either toxic or medically useful. *Mediators Inflamm.* 2004;13(1):3-11.
2. Baysan A, Whiley R, Lynch E. Antimicrobial effect of a novel ozone-generating device on micro-organisms associated with primary root carious lesions in vitro. *Caries Res.* 2000;34(6):498-501.
3. Lynch E. Ozone: the revolution in dentistry: Quintessence Publishing Co Ltd., Quintessence House; 2004.
4. Kogelschatz U, Eliasson B, Hirth M. Ozone generation from oxygen and air: discharge physics and reaction mechanisms. *Ozone Sci. Eng.* 1988;10(4):367-77.
5. Mandhare M, Jagdale D, Gaikwad P, Gandhi P, Kadam V. Miracle of ozone therapy as an alternative medicine. *Int. J. Pharm. Chem. Biol. Sci.* 2012;2(1):63-71.
6. Bocci VA. Scientific and medical aspects of ozone therapy. *State of the art Arch Invest Med (Mex).* 2006;37(4):425-35.
7. Sujatha B, Kumar M, Pratap G, Vardhan R. Ozone therapy-A paradigm shift in dentistry. *Health Sci.* 2013;2(3):1-10.
8. Broadwater WT, Hoehn R, King P. Sensitivity of three selected bacterial species to ozone. *Appl Microbiol.* 1973;26(3):391-3.
9. Bocci V. Autohaemotherapy after treatment of blood with ozone. A reappraisal. *J Int Med Res.* 1994;22(3):131-44.
10. Elvis AM, Ekta JS. Ozone therapy: A clinical review. *J Nat Sci Biol Med.* Jan 2011;2(1):66-70.
11. Menzel DB. Ozone: an overview of its toxicity in man and animals. *J. Toxicol. Environ. Health* 1984;13(2-3):181-204.
12. Millar BJ, Hodson N. Assessment of the safety of two ozone delivery devices. *J. Dent.* 2007;35(3):195-200.
13. Nogales CG, Ferrari PH, Kantorovich EO, Lage-Marques J. Ozone therapy in medicine and dentistry. *J Contemp Dent Pract.* 2008;9(4):75-84.
14. Nagayoshi M, Kitamura C, Fukuizumi T, Nishihara T, Terashita M. Antimicrobial effect of ozonated water on bacteria invading dentinal tubules. *J Endod.* 2004;30(11):778-81.
15. Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: a systematic review of literature. *J. Dent.* 2008;36(2):104-16.
16. Sechi LA, Lezcano I, Nunez N, et al. Antibacterial activity of ozonized sunflower oil (Oleozone). *Appl Microbiol Biotechnol.* 2001;90(2):279-84.
17. Polydorou O, Pelz K, Hahn P. Antibacterial effect of an ozone device and its comparison with two dentin-bonding systems. *Eur J Oral Sci.* 2006;114(4):349-53.
18. Sousa S, Alvim-Ferraz M, Martins F, Pereira M. Ozone exposure and its influence on the worsening of childhood asthma. *Allergy.* 2009;64(7):1046-55.
19. Müller P, Guggenheim B, Schmidlin PR. Efficacy of gasiform ozone and photodynamic therapy on a multispecies oral biofilm in vitro. *Eur J Oral Sci.* 2007;115(1):77-80.
20. Nagayoshi M, Fukuizumi T, Kitamura C, Yano J, Terashita M, Nishihara T. Efficacy of ozone on survival and permeability of oral microorganisms. *Mol Oral Microbiol.* 2004;19(4):240-6.
21. Knight G, McIntyre J, Craig G, Zilm P. The inability of *Streptococcus mutans* and *Lactobacillus acidophilus* to form a biofilm in vitro on dentine pretreated with ozone. *Aust Dent J.* 2008;53(4):349-53.
22. Huth KC, Paschos E, Brand K, Hickel R. Effect of ozone on non-cavitated fissure carious lesions in permanent molars. A controlled prospective clinical study. *Am J Dent.* 2005;18(4):223-8.
23. AL-Omiri MK, Ra'ed S, AlZarea BK, Lynch E. Effects of combining ozone and hydrogen peroxide on tooth bleaching: A clinical study. *J. Dent.* 2016;53:88-93.
24. Pires PT, Ferreira JC, Oliveira SA, Silva MJ, Melo PR. Effect of ozone gas on the shear bond strength to enamel. *J. Appl. Oral Sci.* 2013;21(2):177-82.
25. Dalkilic EE, Arisu HD, Kivanc BH, Uctasli MB, Omurlu H. Effect of different disinfectant methods on the initial microtensile bond strength of a self-etch adhesive to dentin. *Lasers Med Sci.* 2012;27(4):819-25.
26. Das S. Application of ozone therapy in dentistry. *IJDA.* 2011;3(2):538-42.
27. Ebensberger U, Pohl Y, Filippi A. PCNA-expression of cementoblasts and fibroblasts on the root surface after extraoral rinsing for decontamination. *Dent Traumatol.* 2002;18(5):262-6.
28. El-Tokhey SAGaM. In vivo study of the effectiveness of ozonized olive oil gel on inhibiting enamel demineralization during orthodontic treatment. *J Am Sci.* 2012;8(10):657-66.
29. Spangberg L, Pascon EA. The importance of material preparation for the expression of cytotoxicity during in vitro evaluation of biomaterials. *J Endod.* 1988;14(5):247-50.
30. Baumgartner JC, Cuenin PR. Efficacy of several concentrations of sodium hypochlorite for root canal irrigation. *J Endod.* 1992;18(12):605-12.
31. Brugnera A, Zanin F, Barbin EL, Spano JC, Santana R, Pécora JD. Effects of Er: YAG and Nd: YAG laser irradiation on radicular dentine permeability using different irrigating solutions. *Lasers Surg Med.* 2003;33(4):256-9.
32. Ercan E, Özekinci T, Atakul F, Gül K. Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *J Endod.* 2004;30(2):84-7.
33. Leonardo M, Tanomaru Filho M, Nelson Filho P, Bonifácio K, Ito I. In vivo antimicrobial activity of 2% chlorhexidine used as a root canal irrigating solution. *J Endod.* 1999;25(3):167-71.
34. Virtej A, MacKenzie CR, Raab WH-M, Pfeffer K, Barthel CR. Determination of the performance of various root canal disinfection methods after in situ carriage. *J Endod.* 2007;33(8):926-9.
35. Silveira AMV, Lopes HP, Siqueira Jr JF, Macedo SB, Consolaro A. Periradicular repair after two-visit endodontic treatment using two different intracanal medications compared to single-visit endodontic treatment. *Braz Dent J.* 2007;18(4):299-304.

36. Seidler V, Linetskiy I, Hubalkova H, Stankova H, Smucler R, Mazanek J. Ozone and its usage in general medicine and dentistry. A review article. *Prague Med Rep.* 2008;109(1):5-13.
37. Reddy S, Reddy N, Dinapadu S, Reddy M, Pasari S. Role of ozone therapy in minimal intervention dentistry and endodontics-a review. *JIOH.* 2013;5(3):102-8.
38. Cardoso MG, de Oliveira LD, Koga-Ito CY, Jorge AOC. Effectiveness of ozonated water on *Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, and endotoxins in root canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;105(3):e85-e91.
39. Hems R, Gulabivala K, Ng YL, Ready D, Spratt D. An in vitro evaluation of the ability of ozone to kill a strain of *Enterococcus faecalis*. *Int Endod J.* 2005;38(1):22-9.
40. Zan R, Hubbezoglu I, Sümer Z, Tunç T, Tanalp J. Antibacterial effects of two different types of laser and aqueous ozone against *Enterococcus faecalis* in root canals. *Photomed Laser Surg.* 2013;31(4):150-4.
41. ÇIÇEK DE, BODRUMLU E. Kök kanalında farklı irrigasyon solüsyonları varlığında yeni nesil apeks bulucu cihazların değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hek Fak Derg.* 2013;23(1):37-42.
42. Stübinger S, Sader R, Filippi A. The use of ozone in dentistry and maxillofacial surgery: a review. *Quintessence international.* 2006;37(5):353-9.
43. Estrela C, Estrela C, Decurcio D, Hollanda A, Silva J. Antimicrobial efficacy of ozonated water, gaseous ozone, sodium hypochlorite and chlorhexidine in infected human root canals. *Int Endod J.* 2007;40(2):85-93.
44. Stoll R, Venne L, Jablonski-Momeni A, Mutters R, Stachniss V. The disinfecting effect of ozonized oxygen in an infected root canal: an in vitro study. *Quintessence international.* 2008;39(3):231-6.
45. Bitter K, Vlassakidis A, Niepel M, et al. Effects of Diode Laser, Gaseous Ozone, and Medical Dressings on *Enterococcus faecalis* Biofilms in the Root Canal Ex Vivo. *Biomed Res Int.* 2017:1-9.
46. Kaptan F, Güven E, Topcuoglu N, Yazici M, Külekçi G. In vitro assessment of the recurrent doses of topical gaseous ozone in the removal of *Enterococcus faecalis* biofilms in root canals. *Niger J Clin Pract.* 2014;17(5):573-8.
47. Kuştarci A, Sümer Z, Altunbaş D, Koşum S. Bactericidal effect of KTP laser irradiation against *Enterococcus faecalis* compared with gaseous ozone: an ex vivo study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(5):e73-e79.
48. Rossi-Fedele G, Steier L, Dogramaci EJ, Canullo L, Steier G, de Figueiredo JAP. Bovine pulp tissue dissolution ability of HealOzone®, Aquatine Alpha Electrolyte® and sodium hypochlorite. *Aust Dent J.* 2013;39(2):57-61.
49. Bitter K, Noetzel J, Volk C, Neumann K, Kielbassa AM. Bond strength of fiber posts after the application of erbium: yttrium-aluminum-garnet laser treatment and gaseous ozone to the root canal. *J Endod.* 2008;34(3):306-9.
50. Magni E, Ferrari M, Hickel R, Huth KC, Ilie N. Effect of ozone gas application on the mechanical properties of dental adhesives bonded to dentin. *Dent Mater.* 2008;24(10):1428-34.
51. Kıvanç BH, Arisu HD, Özcan S, Görgül G, Alaçam T. The effect of the application of gaseous ozone and ND: YAG laser on glass-fibre post bond strength. *Aust Dent J.* 2012;38(3):118-23.
52. Tuncay Ö, Er Ö, Demirbuga S, Zorba YO, Topçuoğlu HS. Effect of gaseous ozone and light-activated disinfection on the surface hardness of resin-based root canal sealers. *Scanning.* 2016;38(2):141-7.
53. Reddy KS, Prasad SD, Sirisha PD, Prashanth V. Evaluation of Antimicrobial Efficacy of Ozonated Sesame Oil, Calcium Hydroxide and their Combination as Intracanal Medicament against *Candida Albicans*: An in-vitro study. *Adv Hum Biol.* 2015;5(2):78-87.
54. Ruslan K. Semptomatik apikal periodontitisi molar dişlere sahip hastalarda kanal içi ozon uygulamasının postoperatif ağrıya etkisi: Randomize, plasebo kontrollü klinik çalışma / The effect of intracanal ozone application on postoperative pain in patient's molar teeth with symptomatic apical periodontitis: Randomized, placebo controlled clinical study [thesis], Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi; 2017.

Yazışma Adresi:

Deniz ERDOĞAN

Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi

Endodonti AD

Yenişehir Mahallesi Çelebi Sokak No:1

Akçakesme Sokak, No:5

Yahşiyân, Kırıkkale

Tel : +90 318 224 49 27

Faks : +90 506 697 19 80

E-mail : anatomikszm_20@hotmail.com