

RESTORATİF DİŞ HEKİMLİĞİNDE PLAZMA UYGULAMARI: DERLEME

PLAZMA APPLICATIONS IN RESTORATIVE DENTISTRY: A REVIEW

Yrd. Doç. Dr. Bilal YAŞA*

Arş. Gör. Dt. Ekin Görkem UYSAL UZEL*

Arş. Gör. Dt. Sana CHAKMAKCHI*

Makale Kodu/Article code: 2273

Makale Gönderilme tarihi: 18.05.2015

Kabul Tarihi: 02.11.2015

ÖZ

Maddenin katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç halden oluştuğu herkes tarafından iyi bilinmektedir. Plazma ise, maddenin dördüncü hali olup kısmi iyonize gaz olarak tanımlanmaktadır. Genellikle bilinmese de, plazma hayatımızın önemli bir parçasını oluşturmaktadır ve çeşitli endüstrilerde aktif olarak rol oynamaktadır. Son yıllarda, plazmaya karşı biyomedikal alanda da artan bir ilgi söz konusudur. Özellikle soğuk plazmaların doku ve hücreler üzerine biyolojik, kimyasal ve fiziksel zarar vermeyen etkilerinin biyomedikal alanda yararlı olduğu düşünülmektedir. Bundan dolayı dişhekimliğinin çoğu alanında soğuk plazmanın etkilerine karşı ilgi artmaktadır. Dişhekimliğindeki bazı plazma çalışmaları erken safhada olmasına rağmen, plazmanın restoratif dişhekimliğinin adezyon, çürük tedavisi ve beyazlatma gibi uygulamalarında potansiyel değer taşıdığı görülmektedir. Ancak alınacak güvenlik önlemleri ve plazmanın tüm vücuda etkilerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir. Bu derlemenin amacı; plazmanın temel ilkelerini açıklamak ve restoratif dişhekimliğindeki plazma uygulamaları hakkında literatür destekli bilgi vermektir.

Anahtar Kelimeler: Plazma, Soğuk plazma, Restoratif dişhekimliği, Adezyon, Çürük tedavisi, Beyazlatma

ABSTRACT

It is well-known by everyone that there are three states of matter as solid, liquid and gas. Plasma is the fourth state of matter and described as a partially ionized gas. Although plasma is generally unknown, it has become an important part of our lives and plays an active role in various industries. Recently, plasma has attracted increased attention in the biomedical field. Especially, it is thought that effects of without causing any biological, chemical and physical damage to the tissue and cells of non-thermal (cold) plasmas are quite useful in the biomedical field. That's why, effects of cold plasma raises particularly interest in most areas of dentistry. Although it is too early for some plasma studies in dentistry, plasma has potential value in applications such as adhesion, treatment of caries, bleaching in the field of restorative dentistry. However, the basic principles of safety measures and plasma effect on the entire body should be more investigated. The aim of this review to introduce the basics of plasma and describe the applications of plasma technology in restorative dentistry based on relevant literature.

Key Words: Plasma, Non-thermal plasma, Restorative dentistry, Adhesion, Treatment of caries, Bleaching

GİRİŞ

Plazma birçok endüstrilerde etkin bir rol oynamaktadır ve hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Hindistanlı fizikçi Meghnad Saha, evrenin % 99'nun plazmadan oluştuğunu ileri sürmüştür.¹ Plazma doğal ya da yapay yollar ile elde edilebilir. Plazmanın

doğal örnekleri güneş koronası, yıldızlar, kutup ışıkları ve şimşekler iken floresan lambalar, neon aydınlatmalar, plazma ekranlı paneller ise plazmadan çıkan ultraviyole ışığın emilimi ile oluşan yapay örneklerdir.² Günümüzde plazmanın elektiksel, termal, kimyasal fiziksel ve optik özellikleri biyoloji ve medikalde, kağıt endüstrisinde, uzay sanayisinde, metal aşındırma veya

* İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi AD



sertleştirme teknolojisinde, tekstil endüstrisinde, elmas yapımında, yarı iletken teknolojisinde, elektronik çip yapımında, iletişim teknolojisinde, sterilizasyon ve su arıtma sistemlerinde, tehlikeli ve zararlı atıkların arıtılmasında, güneş enerjisi ve optik sanayisinde, otomobil ve uçak endüstrisinde, yeni teknoloji inşaatlarda, savunma sanayisinde, kristal büyütmede, radar ve füzyon araştırmalarında elektronik, üretim, enerji, havacılık ve çevresel endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin; monomerlerin plazma polimerizasyonu ile yapılan yüzey kaplamaları, bilgisayar çipleri ve entegre devrelerinin , elektronik aksamaların, tıbbi implant ve protezlerin , otomobil motor aksamalarının kaplanması daha seri ve pratik olarak kullanılmaktadır . Gözlük camlarının ve diğer optik malzemelerin çizilmesini engelleyici kaplamalarda aynı teknoloji ile üretilmektedir. Plazmanın tıp ve gıda alanında sterilizasyon amaçlı kullanımıyla malzemelerin yapısı bozulmadan, kısa sürede ve daha geniş etki alanında sterilizasyon sağlanabilmektedir.³

Özellikle plazma bağlantılı teknolojiler modern endüstrilere öncülük etmekte olup bilgisayar, cep telefonu ve çeşitli görüntü panelleri gibi teknolojik örneklerini plazma teknolojisi olmadan üretmek imkansızdır.²

Son zamanlarda biyomedikal alanda da plazmaya karşı artan bir ilgi söz konusudur. Bazı plazma çeşitleri hali hazırda pratik tıp uygulamalarında yerini almışken^{4,5}, biyomedikal alanda daha çok sayıda temel araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu derlemede plazmanın temel ilkeleri ve restoratif dişhekimliği literatüründeki plazma teknolojisi uygulamaları hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

Plazma nedir?

Bir maddenin katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç hali olduğu yaygın olarak bilinmektedir. Plazma ise maddenin dördüncü hali olup, gevşek ve kısmen iyonize edilmiş gaz olarak tanımlanmaktadır.^{1,6} (Resim 1) Termal dengedeki katı bir madde , genellikle sabit basınçta sıcaklığının artırılması ile sıvı hale geçmekte , sıcaklık artırılmaya devam ederse , sıvı gaz haline geçmektedir . Yeterince yüksek bir sıcaklıkta gaz içindeki moleküller , rastgele doğrultularda serbestçe hareket eden gaz atomlarını oluşturmak için ayrışmaktadır . Eğer sıcaklık daha fazla arttırılırsa gaz atomlarından bir ya da birkaç elektron kopmakta ve serbest hareket eden yük lü parçacıklara (pozitif iyonlar ve elektronlar) ayrışarak

plazmayı oluşturmaktadır . Aslında gaz ile plazma arasındaki sınır tam net değildir. Ancak gazlar genelde elektriksel yalıtkan iken plazma elektiriksel iletken dir ve yarı nötr durumdadır. Çünkü gazlar plazma haline geldiklerinde içlerinde nötral partiküllere ilaveten eşit sayıda pozitif iyonlar ve elektronlar oluşmaktadır.²



Resim 1. Bir plazma lambası etrafında oluşan plazma (tr.wikipedia.org sitesinden alıntıdır)

Plazma terimi Yunancadan gelmektedir ve ilk kez 1928'de Amerikalı fizikçi ve kimyacı Irving Lanmuir tarafından tanımlanmıştır. Plazma aynı zamanda birşeyin kalıplaşması anlamına gelmektedir ve bu da bir gazın onun özelliğini ve şeklini alması anlamında kullanılmaktadır. Gazlara enerji vererek plazmayı oluşturmak için birçok yol vardır. Bunlardan birisi ısı uygulayarak gazların sıcaklığını artırmak iken en sık ve yaygın olarak kullanılan yol ise gaza elektrik uygulamak veya elektromanyetik alanda tutmaktır. Bu yüzden plazma sıklıkla gaz deşarjı olarak da adlandırılır.²

Plazma nasıl oluşur?

Normal atmosfer basıncında su 100°C' ye kadar ısıtılırsa buharlaşır ve gaz haline gelir. Eğer su buharı 100.000°C' nin üzerine ısıtılırsa plazma haline getirilebilir. Plazma; maddeye ısı enerjisi gibi elektrik, ışık, nükleer veya kimyasal enerji verilerek de üretilebilir. Ancak yapay plazma oluşturmanın en pratik yolu gaza ya elektrik ya da elektromanyetik enerji vermektir. Plazmanın en basit formu düz akım deşarjıdır ki düşük basınçta içi gaz dolu bir cam tüp içinden iki elektrot aracılığıyla yüksek voltajda düz elektrik akımını geçirecek elde edilmesidir. Buna örnek olarak floresan lambalar verilebilir. Diğer bir yöntem ise elektromanyetik alanda yüksek frekanslı alternatif akımla meydana gelmesidir ki çoğu yapay plazma bu şekilde üretilmektedir.²

Plazmanın sınıflandırılması

Plazmalar elektronların sıcaklığı ve yoğunluğuna göre sınıflandırılabilir.⁷ Termodinamik açıdan incelendiğinde, plazma elektronlar ve ağır parçacıklardan (iyon ve nötr moleküller) oluşur. Elektronlar ve ağır partiküller kendilerine ait termodinamik dengeleri olan iki ayrı bağımsız unsur olduğundan sistem içinde bulunan elemanlar arasında eksiksiz bir termodinamik denge kurabilmek oldukça zordur. Elektronlar elektromanyetik alandan aldıkları enerjiyi ağır parçacıklara, elastik ve inelastik çarpışmalarla transfer ederler. Ağır parçacıklar da bu enerjiyi etrafına yayar. Negatif yüklü elektron ve tek yüklü pozitif iyon yani ağır parçacıklar aynı miktarda yüke sahipken elektron, iyondan kütsel olarak yaklaşık 10^{-3} ila 10^{-4} kere daha hafiftir. Bu yüzden, plazmanın sıcaklığı ağır parçacıkların sıcaklığına bağlıdır.²

Elektronlar ile ağır parçacıklar arasındaki sıcaklık dengesi gazın basıncına bağlıdır. Örneğin 0,001 atm (1 atm=760 mmHg) basınç altındaki civa ve nadir bir gaz karışımının plazma deşarjında, elektron sıcaklığı yaklaşık 10,000 Kelvin yani $36,5^{\circ}\text{C}$ dir.⁸ Ancak bu plazmanın çok sıcak olduğu anlamına gelmemektedir. Düşük basınç altında, elektron ve ağır parçacıkların çarpışma sıklığı, termal denge oluşturmada yetersizdir. Uyarılmış elektronlar yüksek sıcaklıklarını korurken, plazma sıcaklığı düşük seviyede kalır. Bu durumda termodinamik denge lokal olarak sağlanamaz ve ortaya çıkan plazma lokal olmayan termodinamik denge plazması (non-LTE plazma) olur. Plazmanın sıcaklığı göreceli olarak düşük olduğundan 'soğuk plazma' ya da 'termal olmayan plazma' olarak ta adlandırılır.²

Basınç arttıkça elektron ve ağır parçacıklar arasındaki çarpışma sıklığı artar ve etkili bir enerji değişimi meydana gelir. Bu durumda termodinamik denge lokal olarak sağlanabilir ve plazma sıcaklığı elektron sıcaklığına ulaşır. Bu plazmaya ise lokal termodinamik denge plazması (LTE plazma) kısaca termal plazma ya da sıcak plazma denir.⁷ Gaz sıcaklığının elektron sıcaklığına yaklaştığı andaki basınç gaz içeriğine bağlı olsa da termal plazma gaz basıncının atmosferik basınca (760 mmHg) yaklaşmasıyla oluşabilmektedir.²

Çoğu zaman ısıya hassas bölgeler plazma uygulaması için handikap oluşturmaktadır. Bu gibi durumlarda soğuk plazmalar ön plana çıkmaktadır. Son 20 yıldır üzerinde yoğun bir şekilde çalışılmaya başlanan soğuk plazmanın oluşumu için gerekli düşük

basıncı sağlayan sistemler pahalı ve karmaşıktır. Sistemin elektronik altyapısını istenilen boyutlarda oluşturmak zordur. Bu dezavantajlar soğuk plazma uygulamalarını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yüksek veya atmosferik basınca yakın basınçlarda oluşan plazma termodinamik dengenin sağlanmasından dolayı termal olmaktadır. Eğer soğuk plazmalar atmosferik basınçta oluşturulursa hem uygulama basitleşecek hem de verimlilik artacaktır. Bundan dolayı non-termal atmosferik plazmalar sadece endüstriyel alanda değil aynı zamanda biomedikal alanda da ilgi çekmektedir.⁹⁻¹²

Plazmanın restoratif dişhekimliğindeki uygulama alanları

Biyomedikal alanında plazma kullanımı için uzun süredir farklı çalışmalar yapılmaktadır. Tıp alanında hücrelerin adezyonu ve farklılaştırılması, gen transferi ve biyomateriyallerin yüzey modifikasyonu ile ilgili birçok çalışma plazma uygulamasından bahsetmektedir.² Plazmanın oluşturduğu ısı, tıbbi uygulamalarda doku uzaklaştırma ve koterizasyon işlemlerinde halihazırda kullanılmaktadır. Son zamanlarda ise plazmanın ısısız olmayan etkileri tıp literatüründe dikkat çekmeye başlamıştır. Özellikle plazmanın ısısız olmayan etkilerinin yara iyileşmesi ve doku rejenerasyona katkısı yoğun bir şekilde çalışılmakta ve bu alanda plazma cihazları üretilmektedir.² Plazmanın dişhekimliğindeki uygulamaları ise oldukça yeni olup, implantların yüzey modifikasyonu, kök kanallarının dezenfeksiyonu, biyofilm tabakasının ortadan kaldırılması konularında çalışmalar yapılırken restoratif dişhekimliği branşında adezyon, çürüklerin tedavisi ve beyazlatma tedavisini kapsamaktadır.²

Adezyon

Adezyon; hem ağız içi hem de laboratuvar koşullarda diş hekimliğinin ana konularından biridir. Bu alanda plazma yüzey koşullarını değiştirmek ve inert koruyucu bir tabaka oluşturmak için kullanılmıştır. Plazma uygulaması ile materyallerin karakteristik özellikleri etkilenmeden ıslanılabilirliği, biyoyumluluğu ve dayanıklılığı artırılabilir.

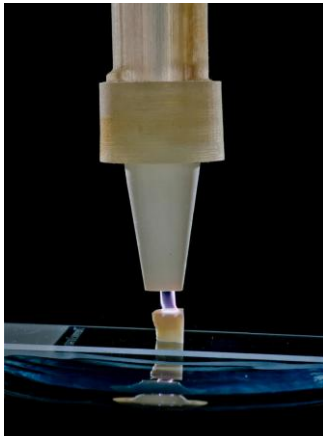
Diş dokusu

Plazmanın materyal karakteristiğini etkilemeden yüzey koşullarını değiştirmesi diş dokusuna bağlanmada avantaj sağlayabilir.^{13,14} Bu da diş dokusuna bağlanmada potansiyel yeni bir mekanizma anlamına gelmektedir. Bilindiği gibi, heterojen yapıdaki dentin dokusuna bağlanma dişhekimliğinin ana problemlerinden biridir. Literatürde plazma uygulamasının dentin



içeriğindeki kollajen yüzeylerinin su temas açısını anlamlı olarak düşürdüğü ve yüzey hidrofilitasını artırdığı rapor edilmektedir.^{15,16} Bu da adeziv içeriğindeki hidrofilik monomerlerin kollajen ağ ve tübül içerisine penetrasyonunu artırmaktadır. Bu monomerler ise ışıkla polimerize edildikten sonra rezinin dentin yüzeyine mikromekanik retansiyonunu sağlamaktadır. Plazma uygulamasının adeziv/dentin bağlanmasını artırmadaki diğer etkinliği ise, adeziv monomerlerin polimerizasyonunu başlatacak ve rezinin kovalent bağlar aracılığıyla kollajen fibriller üzerine tutunmasını sağlayacak serbest radikaller veya peroksitler gibi dentin yüzeyindeki aktif bölümleri açığa çıkarmasıdır.¹⁷

Chen ve ark. mine ve dentin yüzeylerine sadece 5 sn lik plazma uygulamasının (Resim 2) yüzey su temas açısını azaltarak ıslanabilirliği artırdığını, 30 sn lik uygulamanın ise 5°'nin de altına indirgeyerek süper hidrofilik yüzeylere eşdeğer hale getirdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca yüzeylerde fosfor ve kalsiyum seviyeleri plazma uygulaması sonucu artmaktadır. Yüzeydeki karbon seviyeleri azalırken oksijen seviyeleri artmakta ve bunun sonucunda bağlamayı artıracak oksijen içeriği zengin polar moleküller oluşmaktadır. Yapılan SEM incelemesinde ise yüzey ıslanabilirliği ve kimyasının değişimine rağmen yüzey morfolojisinde önemli bir değişim gözlemlenmemiştir.¹⁸

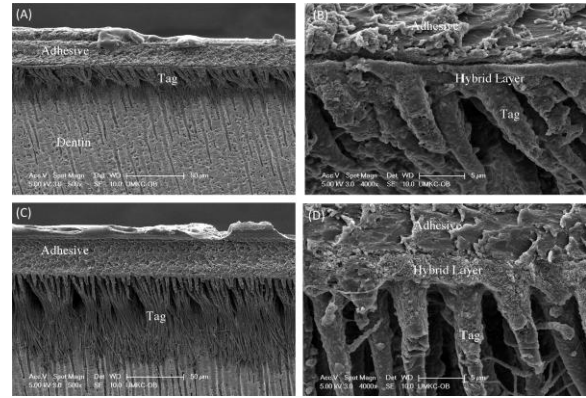


Resim 2. Diş dokusu yüzeyine plazma uygulaması (Zhang ve ark.²⁰ makalesinden alıntıdır.)

Ritts ve ark. geliştirdikleri soğuk plazma jet cihazı ile kompozitin dentine bağlanmadaki etkinliğini incelemişlerdir. Çekilmiş dişlerde dentin yüzeylerini asitleyip yıkamışlar ve ıslak dentin yüzeylerine çeşitli periyotlarda plazma uygulamışlardır. Bunun sonucunda 30 sani-

yelik plazma uygulamasının periferel dentindeki mikrogerilim bağlanma dayanımını anlamlı bir şekilde artırdığını ancak derin dentin dokusunda anlamlı bir fark yaratmadığını bildirmişlerdir. Periferel dentin yüzeylerinde 100 sn kadar plazma uygulamasının bağlanmayı artırdığı, uzatılmış uygulama sürelerinin ise bağlanmayı azalttığını rapor etmişlerdir.¹⁹

Dong ve ark. aynı diş üzerinde plazma uygulaması yapılmış dentin yüzeylerinde mikrogerilim bağlanma dayanımının plazma uygulanmamış dentin yüzeylerine göre % 30-45 anlamlı olarak arttığını bildirmişlerdir. Yapılan SEM incelemesinde ise plazma uygulamasının dentin-adeziv arayüz bağlantısını defekt ve boşluklarını azaltarak ve dentin tübüllerindeki resin tag boylarını arttırarak geliştirdiği gösterilmiştir.^{17,20} (Resim 3)



Resim 3. Plazmanın dentin dokusu üzerindeki etkinliği (SEM analizi) (A, B) plazma tedavisi uygulanmamış (C, D) plazma tedavisi uygulanmış. (Zhang ve ark.²⁰ makalesinden alıntıdır.)

Kompozit

İyi bir dental adezyon bağlanan yüzey ile adeziv arasındaki mükemmel temas uyumuna bağlıdır. Bunu sağlamak için ya adeziv materyal tüm bağlanan yüzey boyunca etkili biçimde yayılabilmelidir ya da adezive eşlik eden mükemmel ıslanabilir bir yüzeyin olması gereklidir. Ancak adeziv materyal ile bağlanan yüzey ıslanabilirliği çoğu zaman uyumsuzluk sergilemektedir. Örneğin hidrofobik bir materyal hidrofilik bir yapı ile genellikle sıkı bir temas yüzeyi oluşturamaz. Mine veya ıslak dentin yüzeyleri genellikle hidrofilik iken çoğu kompozit hidrofobiktir. Bir dental adeziv için iki farklı özelliği bulunan bu yapılarda kabuledilebilir ıslanabilirlik oluşturmak büyük ikilemdir. Bunlar arasındaki adezyonu geliştirmek ve ıslanabilirliği artırmak için yüzey modifikasyonu veya mühendisliği gereklidir.

Kompozit yüzeyine plazma uygulaması ile yüzey enerjisinin düşürülerek ıslanabilirliğin artırılması ve bağlanmayı kolaylaştıracak yüzey özelliklerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Chen ve ark. mine ve dentinde olduğu gibi 5 sn lik plazma uygulamasının kompozit yüzeylerinde ıslanabilirliği artırdığını, 30 sn lik uygulamanın ise süper hidrofilik yüzeylere eşdeğer hale getirdiğini rapor etmiştir. Ayrıca kompozit yüzeylerinde O/C oranı fazlaca artmış ve oksijen içeriği zengin polar moleküller oluşmuştur.¹⁸

Plazma uygulamasının kompozitle güçlendirilmiş fiber postlar ile rezin kompozitler arasındaki adezyonu değerlendiren çalışmalarda da plazma uygulamasının adezyonu geliştirildiği rapor edilmektedir.^{21,22}

Seramik

Plazmanın seramik yüzeylerdeki etkinliği kompozitler ile benzer şekildedir. Geleneksel klinik rutininde cam seramikleri kompozitler ile bağlamak için hidroflorek asitle pürüzlendirme sonrası silan uygulaması yapılmaktadır. Ancak hidroflorek asitin toksisitesi ve silanların zaman içinde degradasyonu çözüm bekleyen konulardır. Cho²³ ve Han²⁴ yaptıkları çalışmalarda; feldspatik seramik üzerine plazma uygulaması sonucu kompozitin makaslama gerilimini pozitif kontrol grubu olan hidroflorek asit + silan uygulamasıyla eşdeğer bulmuşlardır. Ayrıca oksijen içerikli polar grupların seramik yüzeyin hidrofilitasını artırdığını ve adezyona katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir.

Alumina ve zirkonyum gibi polikristalin seramikler cam bir faza sahip olmadıkları için hidroflorek asit ve silan uygulaması kompozite bağlanmada etki yaratmamaktadır. Kumlama veya tribokimyasal silica kaplama (CoJet) sonrası adezyonu artıran ajanlar önerilse de bu konuda herhangi bir konsensus bulunmamaktadır.²⁵ Derand ve ark. zirkonyum ve alumina seramik üzerine uyguladıkları plazmanın kompozit rezinin bağlanma dayanımı artırdığını ileri sürmüşlerdir.²⁶⁻²⁷ Valderde ve ark. 10 sn plazma uygulaması sonrası cilalanmış ve kumlanmış zirkonyum yüzeylerinde aynı yüzey enerjisi seviyeleri olduğunu, yüzeylerdeki oksijen seviyesinin %30 artarken, karbon seviyesinin %40 azaldığını ve mikrogerilim bağlanma dayanımlarının anlamlı bir şekilde arttığını bildirmişlerdir.²⁸

Dental çürüklerin tedavisi

Dental çürüklerin tedavisinde enfekte olmuş veya remineralize şansı olmayan dokuları genellikle döner aletler uzaklaştırılmaktadır. Döner aletlerin ses ve titreşimi hem hasta hemde hekim için rahatsız edicidir

ancak herhangi bir etkili alternatif seçenekte yoktur.

Sladek ve ark.²⁹ yaptıkları çalışmada plazmanın dental çürük tedavisinde kullanıldığında pulpal ısıyı arttırdığını ancak bunun döner aletler kadar olmadığını belirtmiştir. Geliştirdikleri taşınabilir plazma ucu ile mine yüzeyine plazma uygulamasının pulpa odasında yaklaşık 2.3° artışa neden olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı araştırmacılar geliştirdikleri plazma cihazının bakterileri büyük oranda yok ettiğini de belirtmişlerdir.^{29,30} Yang ve ark. ise termal olmayan atmosferik basınçlı plazma fırçasının streptococcus mutans ve lactobacillus acidophilus gibi çürüklerdeki ana patojenler üzerinde bakterisit etkisi olduğunu rapor etmiştir.³¹ Plazmanın döner aletlerin yerini alamayacak olsa da yakın zamanda çürüklerin tedavisi ve korumada önemli rol oynaması beklenmektedir.

Beyazlatma tedavisi

Dişlerin beyazlatılmasında kullanılan hidrojen peroksitin etkinliğini artırmak için halojen, Led veya lazer gibi çeşitli ışık kaynakları kullanılmaktadır ancak kullanılan ışığın hem sert hemde yumuşak dokular üzerindeki olumsuz etkileri ile ilgili şüpheler bulunmaktadır.^{32,33} Plazmanın beyazlatmadaki etkisi dişe termal bir zarar vermemesi ve hidrojen peroksit ile birlikte uygulandığında beyazlatma etkinliğini arttırmasıdır. Lee ve ark.³⁴ yaptıkları çalışmada ürettikleri atmosferik basınçlı plazma cihazını hidrojen peroksitin beyazlatmadaki etkinliğini geliştirmek için kullanmışlardır. Çekilen dişlerin fasyal yüzeylerine %28'lik hidrojen peroksit solüsyonu ile birlikte 10 dk. Plazma uygulaması sonucu hidrojen peroksitin tek başına uygulandığı kontrol grubuna göre daha fazla renk değişimi oluşturduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacıların yaptıkları SEM incelemesine göre plazma sonrası diş yüzeyindeki protein tabakası kalkmakta ve hidrojen peroksitin plazmanın etkisiyle ayrışması artmaktadır. Park ve ark.³⁵ insan kanyla renklendirdikleri kanal tedavili dişlerde plazmanın hidrojen peroksit ile intrakoronel beyazlatma etkinliğini benzer şekilde kontrol grubundan daha fazla bulmuşlardır. Plazma uygulaması süresince oluşan ısı ise yaklaşık 37° kalmıştır. Claiborne ve ark.³⁶ %36'lık hidrojen peroksit jeli üzerine uyguladıkları soğuk plazma sonucu beyazlatmanın güvenli bir şekilde hızlandığını ve beyazlatma etkinliğinin arttığını rapor etmişlerdir. Sun ve ark.³⁷ ise plazma ile beyazlatma etkinliği artarken minenin morfolojisinin ve mikrosertliğinin değişmediğini bildirmiştir. Nam ve ark.³⁸ ise %15'lik karbamid peroksit



jelini soğuk plazma ve konvansiyonel cihazlarla karşılaştırmalı olarak aktive etmişler ve soğuk plazmanın düşük konsantrasyondaki bir jel ile beyazlatma etkinliğinin daha yüksek bulmuşlardır. Beyazlatmada plazma kullanımının yakın gelecekte ofis tipi uygulamalarda etkili tekniklerden biri olması beklenmektedir.

SONUÇ

Plazma birçok endüstride son teknoloji olarak kullanılmaktadır ve kullanımının daha da yaygınlaşması beklenmektedir. Tıp alanında plazma ile ilgili cihazlar çoktan üretilmişken bazı araştırmacılar plazmanın temel prensiplerini ve yeni uygulamalarını keşfetmektedir. Dişhekimliğinin çoğu alanında özellikle de soğuk plazmanın etkileri merak uyandırmaktadır. Restoratif diş hekimliğinin çeşitli alanlarında plazma ile ilgili çok sayıda çalışma erken safhalarda olsa da, dişe yapılan uygulamalarda plazmanın potansiyel değer taşıdığı görülmektedir. Ancak güvenlik tedbirleri, plazmanın dokuları, hücreleri ve tüm vücudu nasıl etkilediğine dair temel prensipler araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Nishikawa K, Wakatani M. Plasma physics: basic theory with fusion applications. 3rd edn. Berlin, Germany:Springer-Verlag; 1999.
2. Jae-Hoon K, Mi-ae L, Geum-Jun H, & Byeong-Hoon C. Plasma in dentistry: A review of basic concepts and applications in dentistry. Acta Odontol Scand 2014;72:1-12
3. Gümüşderelioğlu M, Türkoğlu H. Plazma teknolojisi. Bilim ve Teknik Derg 2003;5:90.
4. Fridman G, Friedman G, Gutsol A, Shekhter AB, Vasilets VN, Fridman A. Applied plasma medicine. Plasma Process Polym 2008;5:503-33.
5. Kong MG, Kroesen G, Morfill G, Nosenko T, Shimizu T, Van Dijk J, et al. Plasma medicine: an introductory review. New J Phys 2009;11:115012.
6. Lieberman MA, Lichtenberg AJ. Principles of plasma discharges and materials processing. 2 nd edn. Hoboken, NJ:John Wiley& Sons, Inc;2005.
7. Boulous MI, Fauchais P, Pfender E. Thermal plasmas. New York: Pleum Press; 1994.
8. Elenbaas W. The high pressure mercury vapour discharge. Amsterdam: The Netherlands: North-Holland Publishing Co; 1951.

9. Chen FF, Lieberman MA. Introduction to plasma physics and controlled fusion. New York;Plenum Press: 1984.
10. Laroussi M, Lu X. Room-temperature atmospheric pressure plasma plume for biomedical applications. Appl Phys Lett 2005;87:113902.
11. Laroussi M, Akan T. Arc-free atmospheric pressure cold plasma jets: a review. Plasma Process Polym 2007;4:777-88.
12. Bárdos L, Baránková H. Cold atmospheric plasma: sources, processes, and applications. Thin Solid Films 2010;518:6705-13.
13. Milinchuk V. Photoreduction chemistry of polymers. Nucl Instrum Meth B 1995; 105:24-9.
14. Prat R, Shi MK, Clouet F. Interactions of Cold Plasmas with Polymers and Their Model Molecules: Degradation vs. Functionalization. J Macromol Sci A. 1997; 34:471-88.
15. García JL, Asadinezhad A, Pachernik J, Lehocký M, Junkar I, Humpolíček P. Cell proliferation of HaCaT keratinocytes on collagen films modified by argon plasma treatment. Molecules 2010; 15:2845-56.
16. Rafat M, Griffith M, Hakim M, Muzakare L, Li F, Khulbe KC. Plasma surface modification and characterization of collagen-based artificial cornea for enhanced epithelialization. J Appl. Polym. Sci 2007; 106:2056-64.
17. Dong X, Ritts AC, Staller C, Yu Q, Chen M, and Wang Y. Evaluation of plasma treatment effects on improving adhesive/ dentin bonding by using the same tooth controls and varying cross-sectional surface areas. Eur J Oral Sci 2013; 121: 355-62.
18. Chen M, Zhang Y, Sky Driver M, Caruso AN, Yu Q, Wang Y. Surface modification of several dental substrates by non-thermal, atmospheric plasma brush. Dent Mater 2013;29:871-80
19. Ritts AC, Li H, Yu Q, Xu C, Yao X, Hong L, et al. Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. Eur J Oral Sci 2010; 118:510-16.
20. Zhang Y, Yu Q, Wang Y. Non-thermal atmospheric plasmas in dental restoration: Improved resin adhesive penetration. J Dent 2014; 42:1033-42.
21. Yavirach P, Chaijareenont P, Boonyawan D, Pattamapun K, Tunma S, Takahashi H, et al. Effects of plasma treatment on the shear bond strength between fiber-reinforced composite posts



- and resin composite for core build-up. Dent Mater J 2009;28:686–92.
22. Costa Dantas MC, do Prado M, Costa VS, Gaiotte MG, Simão RA, Bastian FL. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. J Endod 2012;38:215–18.
23. Cho BH, Han GJ, Oh KH, Chung SN, Chun BH. The effect of plasma polymer coating using atmospheric-pressure glow discharge on the shear bond strength of composite resin to ceramic. J Mater Sci 2011;46:2755–63.
24. Han GJ, Chung SN, Chun BH, Kim CK, Oh KH, Cho BH. Effect of the applied power of atmospheric pressure plasma on the adhesion of composite resin to dental ceramic. J Adhes Dent 2012;14:461–9.
25. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing allceramic restorations: recommendations for success. J Am Dent Assoc 2011;142:20–4.
26. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. Dent Mater 2005; 21:1158–62.
27. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of a composite luting agent to alumina ceramic surfaces. Acta Odontol Scand 2006;64:227–30.
28. Valverde GB, Coelho PG, Janal MNJ, Lorenzoni FC, Carvalho RM, Thompson VP, Weltemann KD, Silva N. Surface characterisation and bonding of Y-TZP following non-thermal plasma treatment. J Den 2013;41:51-9
29. Sladek REJ, Stoffels E, Walraven R, Tielbeek PJA, Koolhoven RA. Plasma treatment of dental cavities: a feasibility study. IEEE Trans Plasma Sci 2004;32:1540–3.
30. Sladek REJ, Filoche SK, Sissons CH, Stoffels E. Treatment of Streptococcus mutans biofilms with a nonthermal atmospheric plasma. Lett Appl Microbiol 2007;45:318–23.
31. Yang B, Chen J, Yu Q, Li H, Lin M, Mustapha A, et al. Oral bacterial deactivation using a low-temperature atmospheric argon plasma brush. J Dent 2011;39:48–56.
32. Hein DK, Ploeger BJ, Hartup JK, Wagstaff RS, Palmer TM, Hansen LD. In-office vital tooth bleaching-what do lights add? Compen Contin Educ Dent 2003;24:340–52.
33. Karadaş M, Seven N. Vital dişlerde ağartma. Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg 2014;Supplement: 9:126-35
34. Lee HW, Kim GJ, Kim JM, Park JK, Lee JK, Kim GC. Tooth bleaching with nonthermal atmospheric pressure plasma. J Endod 2009;35:587–91.
35. Park JK, Nam SH, Kwon HC, Mohamed AA, Lee JK, Kim GC. Feasibility of nonthermal atmospheric pressure plasma for intracoronal bleaching. Int Endod J 2011;44:170–5.
36. Claiborne D, McCombs G, Lemaster M, Akman MA, Laroussi M. Low-temperature atmospheric pressure plasma enhanced tooth whitening: the next-generation technology. Int J Dent Hyg 2014; 12: 108-14.
37. Sun P, Pan J, Tian Y, Bai N, Wu H, Wang L, et al. Tooth whitening with hydrogen peroxide assisted by a direct-current cold atmospheric-pressure air plasma microjet. IEEE Trans Plasma Sci 2010; 38:1892–6.
38. Nam SH, Lee HW, Cho SH, Lee JK, Jeon YC, Kim GC. High- efficiency tooth bleaching using non-thermal atmospheric pressure plasma with low concentration of hydrogen peroxide. J Appl Oral Sci 2013;21:265-70

Yazışma Adresi

Bilal YAŞA
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi
AD.
35640, İzmir, TÜRKİYE
İş Telefonu: +90.232.325 4040
Fax: +90.232.325 2535
E-posta: bilalyasa@hotmail.com

