



Direkt Pulpa Kaplaması Tedavisinde Kullanılan Materyallere Güncel Bir Bakış

Current Perspectives of Materials Used in Direct Pulp Capping Treatments

Esra BALTACIOĞLU¹ , Rukiye DEMİR DİKMEN² , Elif Ayfer BALTACI YILDIZ³ 

ÖZ

Dental pulpa dokusunun vitalitesi, dişlerin sağlığının ve fonksiyonunun korunması ve sürdürülmesi için önemlidir. Direkt pulpa kaplaması tedavilerinde amaç, dişin vitalitesinin devamını sağlamaktır. Yapılacak olan tedavinin başarısında pulpa kaplama materyallerinin özellikleri önem taşır. Kalsiyum hidroksit, yıllarca “altın standart” olarak kullanılmıştır. Mükemmel antibakteriyel özellik gösterir. Reperatif dentin oluşumunu sağlar. Ancak kalsiyum hidroksit kolaylıkla çözünebilir ve zayıf örtücülük sağlar. Bu gibi dezavantajlarından dolayı alternatif materyaller üretilmiştir. Mineral Trioksit Agregat’ın ağız sıvılarında çözünürlüğü daha düşüktür. Direkt pulpa kaplama materyali olarak kalsiyum hidroksite göre daha başarılıdır. Fakat kalsiyum hidroksite göre sertleşme süresi uzundur ve pahalıdır. Bundan dolayı tedavinin seans sayısı ve maliyeti artar. Biodentine (Septodont), sertleşme süresinin kısa olmasıyla tedavinin tek seansta bitirilmesine olanak sağlar. Ancak düşük radyoopasite göstermesi klinik takibini zorlaştırır. Kalsiyum hidroksit, Mineral Trioksit Agregat ve Biodentine bu yönleriyle birbirlerinden farklı özellikler ortaya koyar. Bu derleme makalesinin amacı; direkt pulpa kaplaması tedavisinde kullanılan kalsiyum hidroksit, Mineral Trioksit Agregat ve Biodentine’in özelliklerinin güncel verilerle incelenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Biodentine, Direkt pulpa kaplaması tedavileri, Kalsiyum hidroksit, Mineral trioksit agregat

ABSTRACT

The vitality of dental pulp tissue is important for protecting and maintaining the health and function of the teeth. The aim of direct pulp capping treatments is to maintain the vitality of the tooth. The properties of pulp capping materials are important in the success of the treatment. Calcium hydroxide has been used as the “gold standart” for several decades. Calcium hydroxide has excellent antibacterial properties provides reparative dentin formation. However, calcium hydroxide is easily soluble and provides a poor seal. Alternative materials have been produced due to such disadvantages. Mineral Trioxide Aggregate has a lower solubility in oral fluids and more successful direct pulp capping material than calcium hydroxide. However, the setting time of MTA is longer than calcium hydroxide and it is expensive. Therefore, the number of sessions and the cost of the treatment increase. Biodentine (Septodont) allows the treatment to be completed in an one session with it is short setting time. However, the lower radiopacity of Biodentine could get harder the clinical follow-up. Calcium hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine reveal different properties in these aspects. The aim of this review article is to investigate the properties of calcium hydroxide, Mineral Trioxide Aggregate and Biodentine used in direct pulp capping treatment with current data.

Key words: Biodentine, Direct pulp capping treatment, Calcium hydroxide, Mineral trioxide agregat

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Esra BALTACIOĞLU, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Bingöl Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, ebaltacioglu@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1203-4147

² Öğretim Görevlisi, Rukiye DEMİR DİKMEN, Hemşirelik Esasları Anabilim Dalı, Bingöl Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, rdikmen@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7236-6672

³ Öğretim Görevlisi, Elif Ayfer BALTACI YILDIZ, Doğum ve Kadın Hastalıkları Hemşireliği Anabilim Dalı, Bingöl Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, rdikmen@bingol.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4405-2211

İletişim/Corresponding Author:

Esra BALTACIOĞLU

Geliş Tarihi/Received : 06.05.2022

E-posta/E-mail:

ebaltacioglu@bingol.edu.tr

Kabul Tarihi/Accepted: 13.06.2022

Yayın Tarihi/Published: 17.06.2022

GİRİŞ

Çürük, travma veya diş preparasyonuna bağlı olarak oluşan pulpa perforasyonlarının sonucunda dişlerde ağrı veya enfeksiyonlar meydana gelebilir. Enfeksiyonun durdurulamaması pulpal nekroza ve nekroz sonucu diş kayıplarına neden olur. Bu klinik tabloya bağlı olarak yapılacak kanal tedavisi ve diş çekimi sonrası implant tedavisi invaziv ve pahalı tedavilerdir. Bu durum hasta ve hekim konforunu olumsuz etkiler. Bundan dolayı pulpa perforasyonlarının tedavisinde diş vitalitesini korumak önemlidir (1,2). Pulpada perforasyon varlığında yapılan kuafaj tedavilerine direkt pulpa kaplaması (DPK) denir. DPK’de amaç; pulpa perforasyonu varlığında, pulpanın vitalitesini devam ettirmektir (3). Başarılı bir DPK, kök-kanal tedavisi gibi daha maliyetli tedavilere göre daha avantajlıdır (4). Pulpa vitalitesinin devamı; pulpanın ağız ortamına açıldığı yere biyouyumlu, tamir dentini oluşumunu uyuracak bir materyal yerleştirilmesiyle sağlanır. Bu materyale pulpa kaplama materyali denir. DPK’nın prognozunda, uygulanacak tedavi yöntemiyle birlikte pulpa kaplama materyalinin klinik özellikleri de önem taşımaktadır (5,6).

Geçmişten günümüze kadar pulpa kaplama tedavilerinde pek çok pulpa kaplama materyali kullanılmıştır. Kalsiyum hidroksit , uzun yıllardır “altın standart” olarak bilinmektedir (4). Mükemmel antibakteriyel özelliktedir. DPK’da yapılan 10 yıllık takiplerde klinik başarı göstermiştir (1). Ancak dentine zayıf bağlanma göstermesi, çözünebilir ve bozunabilir olması, oluşturduğu dentin köprüsü formasyonunun tünel defektlerle karakterize olması gibi dezavantajları vardır (1,7,8). Mineral Trioksit Agregat (MTA), kalsiyum hidroksite alternatif olarak üretilen bir pulpa kaplama

materyalidir (4). Mükemmel biyouyumluluk ve örtücülük kapasitesiyle kök perforasyonlarının tamirinde, vital pulpa tedavilerinde, kök-kanal dolgusu olarak ve apikal tıkaç olarak kullanılması önerilir (9). Üstün örtücülük yeteneği ile DPK’da kalsiyum hidroksite göre daha başarılı sonuçlar göstermiştir (3,4,10). Ayrıca kalsiyum hidroksite göre daha az pulpal enflamasyona neden olduğu ve dentin köprüsü formasyonunu daha kalın ve hızlı bir şekilde sağladığı belirtilmektedir (2,6). Fakat kalsiyum hidroksitle kıyaslandığında; uygulama zorluğu, pahalı olması, dişlerde renklenme yapabilir olması, sertleşme süresinin uzun olması ve ek seans gerektirmesi gibi dezavantajları vardır (11). MTA’nın bu dezavantajlarına karşın Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses,France), hızlı sertleşen bioaktif materyal olarak son zamanlarda piyasaya sürülmüştür (12,13). Trikalsiyum silikat içerikli restoratif bir simandır ve dentine benzer mekanik özellik göstermesi, hücre proliferasyonunu desteklemesi, biyouyumlu olmasıyla avantajlıdır (11,14). Ayrıca MTA’ya göre daha iyi mekanik özellik gösterir, renk stabilitesi daha iyidir, daha az diş renklenmesine neden olur, uygulaması daha kolaydır ve sertleşme süresi daha kısadır. Ancak düşük radyoopasite göstermesi uzun zamanlı radyografik takibini zorlaştırır (13).

DPK’da kullanılan kalsiyum hidroksit, MTA ve Biodentine birbirlerine göre olumlu veya olumsuz özellikler gösterebilir. Bu derleme makalesinin amacı; DPK’da kullanılan kalsiyum hidroksit, MTA ve Biodentine’in özelliklerini güncel literatür verilerini göz önünde bulundurarak araştırmaktır.

KALSİYUM HİDROKSİT

1920’lerde Hermann tarafından diş hekimliği camiasına tanıtılmıştır (8). Uzun yıllardan beri vital pulpa tedavilerinde kullanılan bir materyaldir (15). Kalsiyum hidroksit ile sağlanan ilk başarılı pulpa iyileşmesi 1934-1941 yılları arasında

kaydedilmiştir (16). Beyaz, kristal yapıda, ayrıştığında kalsiyum (Ca⁺) ve hidroksil (OH⁻) iyonları salan, yüksek alkali (pH=11) bir bileşiktir (2).

Kalsiyum Hidroksitin Klinik Uygulama Alanları

Kalsiyum hidroksitin uygulama alanları şu şekilde belirtilmiştir (17);

- Direkt pulpa kaplaması
- İndirekt pulpa kaplaması
- Apeksogenezis
- Apeksifikasyon
- Kök rezorpsiyonlarının tamiri
- İatrojenik kök perforasyonlarının tamiri
- Kök fraktürlerinin tamiri
- Dişlerin reimplantasyonunda
- Kanal içi pansumanlarda

Kalsiyum Hidroksitin İçeriği

Piyasaya sürülen en eski kalsiyum hidroksit patı Hermann (1920) tarafından üretilmiş olup; sodyum karbonat, sodyum klorür, kalsiyum klorür, potasyum klorür ve eser miktarda magnezyum içermektedir (16).

Kalsiyum Hidroksitin Manipülasyonu ve Sertleşmesi

Kalsiyum hidroksit simanlar, pat-pat sistemler şeklinde üretilir. Bir pat kalsiyum hidroksiti diğer pat salisilatları içerir. Salisilatlar zayıf asitlerdir ve kalsiyum hidroksit ile karıştırıldığında reaksiyona girer. Salisat ve kalsiyum hidroksit arasındaki bu asit-baz reaksiyonu materyalin sertleşmesini sağlar (18).

Kalsiyum Hidroksitin Biyouyumluluğu

Kalsiyum hidroksitin pulpal dokulara temas ettiği yerde dentin köprüsü oluşumu gözlenmiştir. Mineralizasyon meydana gelmesi için doku ile temasta olması gerekir. Bu temas bölgesinde başlangıçta nekrotik zon oluşumu izlenir. Nekrotik zonun oluşmasında yüksek pH etkilidir. Nekrotik zon, zamanla rezorbe olarak yerini dentin köprüsü oluşumuna bırakır (2). Kalsiyum hidroksitin,

Ca⁺ ve OH⁻ iyonlarına ayrılmasıyla sert doku oluşumu indüklenir (7). OH⁻ iyonlarının salınımı ortamın pH'sını alkali seviyede tutarak, alkalın fosfataz gibi mineralizasyonu sağlayıcı enzimlerin salınımını stimüle eder. Böylece dentin formasyonunu sağlar. Ca⁺ iyon konsantrasyonunun artması ise mineralizasyonu sağlayarak reparatif dentin köprüsü oluşumunu stimüle eder (2,19). Ca⁺ iyon konsantrasyonunun artışı ayrıca mineralizasyon sağlayıcı markerların (osteopontin, kemik morfojenik protein-2) artmasını sağlar (19). Alkali pH, osteoklastlardan salınan laktik asiti nötralize ederek dentinin mineral yapısının çözünmesini engeller (7). Ancak kalsiyum hidroksitin olduğu reperatif dentin formasyonu tünel defektlerle karakterizedir. Tünel defektler, reparatif dentinde yer yer ekspoz alanların gözlenmesiyle tanımlanır (1).

Kalsiyum Hidroksitin Antibakteriyel Özelliği

Mükemmel antibakteriyel özelliğindedir. Bu antibakteriyel özelliği ile pulpa bakteriyel penetrasyonu engeller veya minimal seviyeye getirir (1). Kalsiyum hidroksitin antibakteriyel özelliği bir çok faktöre bağlanmıştır. Bu üç mekanizma ile kalsiyum hidroksitin bakteriyel lizis yaptığı belirtilmiştir (2);

- OH⁻ iyonları bakterilerin hücre membranındaki fosfolipit yapılarını bozar.
- Yüksek alkalinite iyonik bağları parçalayarak bakteriyel proteinlerin denatüre olmasını sağlar.
- OH⁻ iyonları bakteriyel DNA ile etkileşerek replikasyonu engeller.

Kalsiyum Hidroksitin Avantajları

Terapötik potansiyeli ve biyolojik etkisiyle tüm konservatif pulpa tedavilerinde tercih edilen bir materyaldir. Biyouyumludur ve reparatif dentin formasyonunu stimüle eder (15, 17). Yüksek alkali pH'sı ile mükemmel antibakteriyel özelliğindedir ve mineralizasyonu destekleyerek pulpa dokularında rejenerasyon

sağlar. Düşük sitotoksosite gösterir (6,20). MTA'ya göre manipülasyonu kolay ve ucuzdur (21).

Kalsiyum Hidroksitin Dezavantajları

Oral sıvılarda yüksek çözünürlük gösterir ve zamanla yapısı bozulabilir (21). Diş sert dokularına düşük adezyon gösterir. Üzerine asit uygulaması materyali olumsuz etkiler. Reperatif dentin formasyonu tünel defektlerle karakterizedir (6). Bu durum bakteriyel penetrasyona ve mikrosızıntıya yol açabilir. Bunun anlamı dişte, pulpal enflamasyondan sonra nekroz görülme olasılığının artmasıdır (17).

MİNERAL TRİOKSİT AGREGAT (MTA)

Pulpa kaplama materyali olarak ilk kez 1993'te Torabinejad tarafından kullanılmıştır (8,9). 1998 yılında Amerikan Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) tarafından kullanımı onaylanmıştır (22). İlk olarak kök perforasyonlarının tamirinde kullanılması önerilmiştir (23).

MTA'nın Klinik Uygulama Alanları

Parirokh ve Torabinejad'a göre MTA'nın klinik uygulama alanları şu şekildedir (24);

- Pulpa kaplaması tedavileri
- Pulpatomi
- Apeksogenezis
- Apeksifikasyon
- Kök perforasyonlarının tamiri
- Kök kanal dolgu maddesi

MTA'nın İçeriği

İçeriğinde %50-75 oranında kalsiyum oksit, %15-25 oranında silikon dioksit vardır (25). Kalsiyum oksitin formları; trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat ve trikalsiyum alüminattır. Bizmut oksit, radyoopaklık veren ajan olarak ilave edilmiştir (1). Trikalsiyum

silikat, dikalsiyum silikat, trikalsiyum alüminat ve tetrakalsiyum alüminoferrit ana bileşenler olarak belirtilir (26). İçeriğindeki hidrolik kalsiyum silikat toz, farklı oksit bileşenlerden oluşur. Bunlar; kalsiyum oksit, ferrik oksit, silikon oksit, magnezyum oksit, alüminyum oksit, sodyum ve potasyum oksittir (8). Gri (GMTA) ve beyaz (WMTA) olmak üzere iki formu bulunur. GMTA, renklenmelere neden olabilir. WMTA'da; demir, alüminyum, magnezyum gibi renklendirici iyonların yüzdesi daha düşüktür (5). MTA'daki tozun hidrasyonu sonucu kalsiyum hidroksit kristallerinden oluşan kolloidal jel formu oluşur (2).

MTA'nın Manipülasyonu ve Sertleşmesi

MTA'nın karıştırılması kalsiyum hidroksitin pat-pat formunun karıştırılmasına göre daha zordur (1). Toz ve steril suyun 3/1 oranında karıştırılmasıyla hazırlanır. Karıştırma esnasında suyun fazla kullanılması materyalin çözünürlüğünü arttırabilir. Karıştırma işlemi siman camı üzerinde plastik veya metal spatula ile yapılabilir. Karıştırıldıktan sonra üzerinin nemli pamukla örtülmesi önerilir çünkü nemli ortam materyalin daha iyi sertleşmesini sağlar (22, 27). Kan kontaminasyonunun sertleşmeyi etkilemediği belirtilmiştir (28). Ortalama sertleşme zamanı 165±5 dakikadır. WMTA'nın final ve başlangıç sertleşme süresi GMTA'ya göre daha kısadır. MTA kullanılan restorasyonun tek seansta bitirilmesi planlanıyorsa üzerine yerleştirilecek cam iyonomer simanın 45 dakika sonra yapılması önerilir. Böylece bu iki materyal arasındaki kalsiyum tuzları oluşumu etkilenmez. Yapısında bulunan hidrofilik partiküller suyla karıştırıldığı zaman koloidal jele dönüşür. Bu jel formu, üç saatten daha kısa bir sürede sert bir yapıya dönüşür (2,24). Başlangıç pH'sı 10.2 olup sertleştiğinde 12.5'e yükselir. Karışımı etkileyen faktörler arasında toz/likit oranı, karıştırma metodu, kondansasyon esnasında uygulanan baskı, ortamdaki nem oranı, MTA'nın tipi, çevrenin pH'sı ve sıcaklığı, materyal kalınlığı sayılabilir (24). MTA'nın karıştırılma süresi uzarsa dehidrasyon meydana gelir. Karıştırma süresinin 4

dakikadan az olması gerektiği bildirilmektedir. Kalsiyum klorür ve sodyum fosfat dibazik gibi hızlandırıcı ajanların eklenmesi sertleşme süresini kısaltabilir (27). Sertleştikten sonra düşük çözünürlük gösterme özelliğiyle oldukça avantajlı bir materyaldir (1). Asidik ortam, MTA'nın sertleşmesini etkiler, dayanıklılığını ve sertliğini azaltır (23).

MTA'nın Biyouyumluluğu

MTA, bioaktif bir materyal olarak tanımlanır. Sert doku oluşumunu indükler ve biyouyumludur (24). Pulpa ve periodontal dokular için güvenlidir (28). Kalsiyum hidroksitle kıyaslandığında pulpa dokusunun bütünlüğünü korumada daha başarılıdır. Daha kalın dentin köprüsü formasyonu, daha az enflamasyon, daha az hiperemi ve daha az pulpal nekroz gözlenmiştir. Ayrıca dentin köprüsü formasyonun kalsiyum hidroksite göre daha hızlı gerçekleştiği belirtilmiştir (2). Kalsiyum silikat içerikli simanlar, biyoaktivitesini Ca^{+} ve OH^{-} iyonlarını salarak sağlar, fosfat içerikleriyle temas ettiğinde apatit benzeri kristaller çökertirler (29). Hidrate MTA, bu iyonların salınımıyla yüksek alkalinite sağlar. Böylece MTA'nın biyouyumluluğu ve biyoaktivitesi ile ilgili anahtar rol oynar. MTA'dan salınan Ca^{+} iyonları, fosfatlarla reaksiyona girerek materyal yüzeyinde kalsiyum fosfat kristal yapılar oluşturur. MTA'nın biyouyumluluğu; fosfat içerikli solüsyonla etkileşimiyle yüzeyde karbonat apatit ve amorf kalsiyum fosfat izlenmesiyle gerçekleşir (10). Bu apatit formasyonu materyalin sadece biyouyumluluğunu göstermez, ayrıca hücre ataçmanı, hücre farklılaşması ve mineralize sert doku yapımında da pozitif etki gösterir (29). Ayrıca kalsiyum fosfat formasyonun, materyal-dentin ara yüzeyinde materyalin örtücülüğünü desteklediği bilinmektedir (29).

MTA'nın Antibakteriyel Özelliği

Kalsiyum hidroksite göre antibakteriyel etkisi daha azdır. MTA, asıl etkisini sızdırmazlık özelliğiyle mikroorganizmaların penetrasyonunu engelleyerek gösterir (2). Kalsiyum silikat içerikli simanlarda yüksek

alkalinite antibakteriyel aktivite ile ilişkilendirilir (29). Bazı fakültatif bakterilere karşı etkilidir ancak dirençli anaerobik bakterilere karşı etkili değildir. *Enterococcus faecalis* ve *Streptococcus sanguis* üzerinde antibakteriyel özellik gösterir (27). GMTA'nın, WMTA ile benzer antibakteriyel etki göstermesi için daha düşük konsantrasyonda olması gerektiği belirtilmiştir (30).

MTA'nın Avantajları

MTA'nın çözünürlüğünün çok düşük olduğu veya çözünmez olduğu rapor edilmiştir (24). Biyouyumludur, düşük pulpal enflamasyon gösterir. Antibakteriyel özellik gösterir. Radyoopaktır. Bioaktif dentin matris proteinlerinin salınımını sağlar (6). Yüksek pH'sı sayesinde sement oluşumunu stimüle eder. Osteoblastik tutunma ve kemik rejenarasyonunu sağlar (31). Mükemmel örtücülük kapasitesiyle bakteriyel mikrosızıntıyı engeller (22). Kalsiyum hidroksitle kıyaslandığında daha kalın dentin köprüsü formasyonu gözlenir, daha düşük inflamatuvar cevap, hiperemi ve nekroz oluşturur. Ayrıca dentin köprüsü formasyonu kalsiyum hidroksite göre daha hızlıdır (32). Pulpa dokusunun bütünlüğünü korumada üstün başarı gösterir (21).

MTA'nın Dezavantajları

Antibakteriyel etkisi kalsiyum hidroksitten daha zayıftır (2). Manipülasyonu zor olup, sertleşme süresi uzundur. Bu nedenle tedavi sonrasında ek seans gerektirebilir. Gri formu dişlerde renklenmelere sebebiyet verebilir. Pahalı olması da önemli bir dezavantajdır (6).

BIODENTINE

Biodentine (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France), 2011 yılında hızlı sertleşen bioaktif bir materyal olarak gündeme gelmiştir (12,13). 'Aktif Biosilikat Teknolojisi' ile üretilmiştir. Mekanik özellikleri sağlam dentine benzer. Üretici firma tarafından 'kron ve kök yerine geçen materyal' olarak tanıtılmıştır (33).

Biodentine'in Klinik Uygulama Alanları

Rajasekharan ve ark. çalışmalarında Biodentine'in klinik uygulamalarını şu şekilde rapor etmiştir (14);

- İndirekt pulpa kaplaması
- Direkt pulpa kaplaması
- Pulpatomi
- Apeksogenezis
- Apeksifikasyon
- Retrograd restorasyonlar
- İnternal rezorpsiyon
- İnvaziv servikal rezorpsiyon
- Kök perforasyon tamirleri
- Vertikal kök fraktürleri
- Endodontik cerrahi
- Rejenaratif endodontik tedavi

Biodentine'in İçeriği

Kalsiyum silikat esaslı materyallerden olan Biodentine, tozunda trikalsiyum silikat, dikalsiyum silikat, kalsiyum karbonat, zirkonyum oksit, demir oksit; likitinde ise kalsiyum klorit, su ve suda çözünür polimer içermektedir (26). İçeriğindeki zirkonyum oksit, materyalin radyopaklığını sağlar. Kalsiyum klorit ise sertleşme reaksiyonunu hızlandırır (34). MTA'da bulunan kalsiyum aluminat, kalsiyum sülfat ve bizmut oksiti içermez. Bizmut oksit içermemesi önemli bir özelliktir. Çünkü bizmut oksitin sertleşmeyi geciktirdiği, biyoyumlulukta negatif etkisi olduğu ve renklenmeye neden olduğu bilinmektedir (12).

Biodentine'in Manipülasyonu ve Sertleşmesi

Manipülasyonu MTA'ya göre daha kolaydır (12). Kapsül formunda üretilmiştir. Tek kapsül 0.7 g toz içerir. Tozun bulunduğu kapsülün içine 5 damla likit damlatılır, kapsül kapatılır. 30 saniye amalgamatörde (4000-4200 rpm) karıştırılır. Amalgam taşıyıcı veya

spatül ile uygulanır (13,33). Karıştırma işleminden sonra, kalsiyum silikat partikülleri su ile reaksiyona girerek kalsiyum, hidroksil ve silikat iyonlarının konsantrasyonunu arttırarak ortamın pH'sını yükseltir (26). Biodentine'in sertleşmesi hidrasyon reaksiyonu ile meydana gelir (12). Materyalin başlangıç sertleşmesi 9-12 dakikada meydana gelir. Bu süre diğer kalsiyum silikat materyallerin sertleşme süresinden daha kısadır (34). İçeriğindeki kalsiyum klorit, sertleşme süresini kısaltır (34). MTA'da bulunan kalsiyum aluminat ve kalsiyum sülfat içermemesi, sertleşme süresinin daha kısa olmasını sağlamıştır. MTA'ya göre sertleşme süresinin kısa olması klinik avantaj sağlar (35). Kan ve tükürük kontaminasyonu ile sertleşme süresi artar (14).

Biodentine'in Biyoyumluluğu

Düşük sitotoksisite göstererek bioaktif rol oynar. Angiogenezis ve progenitör pulpa hücrelerinin aktivasyonu ile iyileşmeyi ve remineralizasyonu sağlar (35). Biodentine'in toz ve likitinin karıştırılmasından sonra gözlenen hidrasyon reaksiyonu sonucu Ca^{+} ve OH^{-} iyonları salınımı gözlenir. Ca^{+} iyonu salınımı bioaktiviteyi ve apatit formasyonunu sağlar. Ayrıca pulpa hücrelerinin farklılaşmalarını tetikleyerek, pulpa yüzeyinde dentin köprüsü formasyonunun gerçekleşmesini sağlar. Diğer kalsiyum hidroksit içerikli simanlara göre daha fazla Ca^{+} salınımı olduğu gözlenmiştir. OH^{-} iyonu salınımı ise ortamın pH'sını yükselterek doku tamir mekanizmasını aktive eder. Ortam pH'sının yükselmesi, ince bir nekroz tabakası oluşturur. Dentin köprüsü formasyonu, bu nekroz tabakasına komşu olarak meydana gelir. Ayrıca Biodentine'den silisyum iyonu (Si^{+}) salınımı da rapor edilmiştir. Si^{+} artışı, osteoblast formasyonunu indükler ve kollajen sentezi, kemik mineralizasyonu, sert doku oluşumunu sağlar. Böylece dentin köprü formasyonunun oluşumunu sağlar (12). Pulpaya direkt uygulandığında mineralizasyonu indükleyerek 6 haftada dentin köprüsü oluşumu gözlenmiştir (11).

Biodentine'in Antibakteriyel Özelliği

Hidrasyon reaksiyonu ile gözlenen OH⁻ iyonları salınımı çevre dokuların pH'sını arttırarak antibakteriyel etkiyi sağlar. Ayrıca üstün örtücülük yeteneği ile diş ve restorasyon arayüzündeki bakteriyel mikrosızıntıları engeller. Bakteriyel sızıntıların engellenmesi uygun reperatif dentin formasyonunun oluşmasına da yol açar (12). *Enterococcus faecalis*'e karşı önemli derecede antibakteriyel etki gösterdiği belirtilmiştir (26). *Streptococcus sanguis* üzerinde güçlü antibakteriyel aktivite gösterirken, *Streptococcus mutans* ve *Streptococcus salivarius* üzerinde zayıf antibakteriyel etki gösterir (14).

Biodentine'in Avantajları

Yüksek biyouyumluluğu ve mükemmel bioaktif özelliği ile 'dentin yerine geçen materyal' olarak tanımlanır (13).

Antibakteriyel özellik gösterir. Reperatif dentin formasyonunu stimüle eder. Yüksek fiziksel dayanıklılık gösterir (29). Kalsiyum hidroksitle kıyaslandığında mekanik olarak daha güçlüdür, çözünürlüğü daha düşüktür, daha kalın örtücülük sağlar ve daha az porözite gösterir. Dentin köprü formasyonu tünel defektler içermez (13,20). MTA'ya göre; daha üstün mekanik özellik gösterir, renk stabilitesi iyidir, daha az diş renklenmesine sebep olur, manipülasyonu kolaydır ve başlangıç sertleşme süresi ise daha kısadır (12). Tedavinin tek seansta bitirilmesine olanak sağlar. Ayrıca MTA'ya göre daha yüksek örtücülük kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (13).

Biodentine'in Dezavantajları

Düşük radyoopasite göstermesi radyografik takibini zorlaştırır (13). Retrograd dolgu olarak uygulanması diğer simanlara göre daha zor olabilir (35).

SONUÇ VE ÖNERİLER

DPK'da dişin vitalitesinin devamını sağlamak amaçlanır. Bu amaç doğrultusunda tedavide kullanılan kaplama materyallerinin özellikleri önem taşır. Kalsiyum hidroksit, yıllardır yaygın olarak kullanılan bir materyaldir. Ancak zamanla çözünmesi ve mikrosızıntıya yol açabilmesi nedeniyle farklı materyallerin arayışına gidilmiştir. MTA, zamanla çözünme ve mikrosızıntı problemlerinin önüne geçmiştir. Ayrıca reperatif dentin formasyonu kalsiyum hidroksite göre daha hızlı oluşur ve daha kalındır. Fakat manipülasyonun zor olması, diş dokularında zamanla renklenmeye neden olması, sertleşme süresinin uzun olması ve bundan dolayı ek seans gerektirmesi klinik kullanımı açısından dezavantaj oluşturur.

Biodentine, 'dentin yerine geçen' bir materyal olarak üretilmiştir. MTA'ya göre sertleşme süresinin kısa olması, daha az diş renklenmesine sebep olması, daha iyi mekanik özellik göstermesi ile ön plandadır. Ancak radyoopak özelliğinin zayıf olması klinik ve radyografik kontrolünü zorlaştırır. DPK'da kullanılan kalsiyum hidroksit, MTA ve Biodentine'in klinik avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Yeni geliştirilecek materyallerle bu klinik avantajlar geliştirilebilir ve dezavantajların önüne geçilebilir. Konu ile ilgili yapılacak yeni in-vitro ve in-vivo çalışmalar, materyallerin klinik kullanımları hakkında daha fazla bilgi sahibi olmamızı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Hilton TJ (2009) Keys to Clinical Success with Pulp Capping: A Review of the Literature. *Oper Dent.*;34(5):615–25.1.
2. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ (2006). ABSTRACT. ;137(May).
3. Kundzina R, Stangvaltaite L, Eriksen HM, Kerosuo E. (2017) Capping carious exposures in adults: a randomized controlled trial investigating mineral trioxide aggregate versus calcium hydroxide. *Int Endod J.*;50(10):924–32.
4. Hilton TJ, Ferracane JL, Mancl L.(2013) Comparison of CaOH with MTA for Direct Pulp Capping: A PBRN Randomized Clinical Trial. *J Dent Res.* ;92(July 2013):S16–22.
5. Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. (2012) Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. *Int Endod J.*;45(6):571–9.
6. Qureshi A, Soujanya E, Kumar N, Kumar P, Hivarao S. (2014) Recent advances in pulp capping materials: An overview. *J Clin Diagnostic Res.*;8(1):316–21.
7. Mohammadi Z, Dummer PMH. (2011) Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J.*;44(8):697–730.
8. Garg A, Garg N, Garg A. (2014) Cleaning and Shaping of Root Canal System. *Textbook of Endodontics.* 246–246 p.
9. Parirokh M, Torabinejad M, Dummer PMH. (2018) Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview – part I: vital pulp therapy. *Int Endod J.*;51(2):177–205.
10. Hinata G, Yoshiba K, Han L, Edanami N, Yoshiba N, Okiji T. (2017) Bioactivity and biomineralization ability of calcium silicate-based pulp-capping materials after subcutaneous implantation. *Int Endod J.*;50:e40–51.
11. Bakhtiar H, Nekoofar MH, Aminishakib P, Abedi F, Naghi Moosavi F, Esnaashari E, et al. (2017) Human Pulp Responses to Partial Pulpotomy Treatment with TheraCal as Compared with Biodentine and ProRoot MTA: A Clinical Trial. *J Endod [Internet].* ;43(11):1786–91. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2017.06.025>
12. Arandi NZ, Thabet M. (2021) Minimal Intervention in Dentistry: A Literature Review on Biodentine as a Bioactive Pulp Capping Material. *Biomed Res Int.*
13. Kunert M, Lukomska-Szymanska M. (2020) Bio-Inductive Materials in Direct and Indirect Pulp Capping - A Review Article. *Materials (Basel).*;13(5).
14. Rajasekharan S, Martens LC, Cauwels RGEC, Anthonappa RP. (2018) Biodentine™ material characteristics and clinical applications: a 3 year literature review and update. *Eur Arch Paediatr Dent [Internet].*;19(1):1–22. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40368-018-0328-x>
15. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. (2002) The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J.*;35(3):245–54.
16. Fava LRG, Saunders WP. (1999) Calcium hydroxide pastes: Classification and clinical indications. *Int Endod J.* ;32(4):257–82.
17. Modena KC da S, Casas-Apayco LC, Atta MT, Costa CA de S, Hebling J, Sipert CR, et al. (2009) Cytotoxicity and biocompatibility of direct and indirect pulp capping materials. *J Appl Oral Sci.*;17(6):544–54.
18. Arandi NZ. (2017) Calcium hydroxide liners: A literature review. *Clin Cosmet Investig Dent.* ;9:67–72.
19. Graham L, Cooper PR, Cassidy N, Nor JE, Sloan AJ, Smith AJ. (2006) The effect of calcium hydroxide on solubilisation of bio-active dentine matrix components. *Biomaterials.*;27(14):2865–73.
20. Andrei M, Vacaru RP, Coricovac A, Ilinca R, Didilescu AC, Demetrescu I. (2021) The effect of calcium-silicate cements on reparative dentinogenesis following direct pulp capping on animal models. *Molecules.* ;26(9).
21. Vural UK, Kiremitci A, Gokalp S.(2017) Randomized clinical trial to evaluate MTA indirect pulp capping in deep caries lesions after 24-months. *Oper Dent.* ;42(5):470–7.
22. Schmitt D, Jacob DDS, Dds L, George FC, Dds B. (2001) Repair material selection. (C).
23. Namazikhah MS, Nekoofar MH, Sheykhrezae MS, Salariyeh S, Hayes SJ, Bryant ST, et al. (2008) The effect of pH on surface hardness and microstructure of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* ;41(2):108–16.
24. Parirokh M, Torabinejad M. (2010) Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review-Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod [Internet].*;36(1):16–27. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.09.006>
25. Camilleri J, Pitt Ford TR. (2006) Mineral trioxide aggregate: A review of the constituents and biological properties of the material. *Int Endod J.* ;39(10):747–54.
26. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. (2017) MTA versus biodentine: Review of literature with a comparative analysis. *J Clin Diagnostic Res.* ;11(8):ZG01–5.
27. Rao A, Rao A, Shenoy R. (2009) Mineral trioxide aggregate-a review. *J Clin Pediatr Dent.* ;34(1):1–8.

28. Kayahan MB, Nekoofar MH, Kazandağ M, Canpolat C, Malkondu O, Kaptan F, et al. (2009) Effect of acid-etching procedure on selected physical properties of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.*;42(11):1004–14.
29. Yamamoto S, Han L, Noiri Y, Okiji T. (2017) Evaluation of the Ca ion release, pH and surface apatite formation of a prototype tricalcium silicate cement. *Int Endod J.* ;50:e73–82.
30. Srinivasan V, Waterhouse P, Whitworth J. (2009) Mineral trioxide aggregate in paediatric dentistry. *Int J Paediatr Dent.* ;19(1):34–47.
31. Anthonappa RP, King NM, Martens LC. (2013) Is there sufficient evidence to support the long-term efficacy of mineral trioxide aggregate (MTA) for endodontic therapy in primary teeth? *Int Endod J.* ;46(3):198–204.
32. Accorinte MLR, Loguercio AD, Reis A, Carneiro E, Grande RHM, Murata SS, et al. (2008) Response of human dental pulp capped with MTA and calcium hydroxide powder. *Oper Dent.* ;33(5):488–95.
33. Septodont. (2015) Biodentine - Instruction.
34. Malkondu Ö, Kazandağ MK, Kazazoğlu E. (2014) A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *Biomed Res Int.*
35. Caron G, Azérad J, Faure MO, Machtou P, Boucher Y. (2014) Use of a new retrograde filling material (Biodentine) for endodontic surgery: Two case reports. *Int J Oral Sci.* ;6(4):250–3.