

Alternatif Çürük Uzaklaştırma Yöntemleri

Alternative Caries Removal Methods

A. Tuğba ERTÜRK AVUNDUK^a,
Serdar BAĞLAR^a

^aRestoratif Diş Tedavisi ABD,
Kırıkkale Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Kırıkkale, TÜRKİYE

Received: 30 Nov 2017

Received in revised form: 26 Mar 2018

Accepted: 27 Mar 2018

Available online: 30 Mar 2018

Correspondence:

A. Tuğba ERTÜRK AVUNDUK
Kırıkkale Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi,
Restoratif Diş Tedavisi ABD, Kırıkkale,
TÜRKİYE/TURKEY
aysetugba11@gmail.com

ÖZET Ağız içerisinde demineralizasyon ve remineralizasyon belirli bir denge hâlinindedir ve bu dengenin demineralizasyon lehine bozulması çürük oluşumunu başlatmaktadır. Günümüz diş hekimliği uygulamalarında kavitasyon oluşmuş veya ağrı ya da hassasiyet gibi belirtiler gösteren dişlerin restorasyonları büyük yer tutmaktadır. Birçok hasta çürük uzaklaştırma işlemlerinden hoşnut olmadıklarını düşünmektedir. Diş hekimliği materyalleri ve anestezide olan gelişmelere rağmen, diş hekimliği tedavilerinde birçok kişi hâlâ ağrı çekmektedir. Çoğu zaman, bu endişe ağrı/rahatsızlık, lokal anestezi ve çürük uzaklaştırma işlemleri sırasında frezlerin kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Dentin çürüklerinin frezlerle uzaklaştırılması; basınç, termal hasar ve titreşime bağlı olarak pulpa için travmatik olabilmektedir. Üstelik düşük ve yüksek hızda çalışan el aletleri enfekte ve enfekte olmayan dentini eşit bir şekilde uzaklaştırmakta, sağlıklı diş dokusunun aşırı kaybıyla sonuçlanmaktadır. Frezler ve lokal anestetiklerin eksiklikleri sebebiyle daha konforlu ve sağlıklı diş dokularını koruyan alternatif teknikler geliştirmek konusunda artan bir ilgi bulunmaktadır. Bu tekniklerin amacı; sadece yüksek enfeksiyon derecesine sahip tabakayı (enfekte dentin) uzaklaştırmak, yeniden remineralize olma yeteneğine sahip dokuları içeren daha düşük enfeksiyon derecesine sahip (etkilenmiş dentin) tabakayı korumaktır. Çürük tedavilerinde minimal invaziv tekniklerin hastalar tarafından kabul edilmesi ayrıca önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Minimal invaziv teknikler; çürük uzaklaştırma; alternatif yöntemler

ABSTRACT Demineralization and remineralization in the mouth is in equilibrium and deterioration of balance in favor of demineralization initiates the formation of caries. A large portion of today's dental practices constitute the restoration of the teeth that cavitated or showing symptoms such as pain and sensitivity. Many patients consider caries removal to be very unpleasant. In spite of developments in dental materials and anaesthesia, many people are still apprehensive of pain during dental treatment. Often, this apprehension is due to pain/discomfort, local anaesthesia and the use of the drill during caries removal. Dentin caries removal with the drill may be traumatic to the pulp due to pressure, thermal damage and vibration. Moreover, a drill on a high or low speed hand-piece equally removes infected and uninfected dentin, resulting in excessive loss of healthy tooth structure. Due to the shortcomings of the drill and local anaesthesia, there has been a growing interest in developing alternative techniques, which are more comfortable and preserve healthy dental tissues. The aim of these techniques became to remove only the layer with a high level of infection (infected dentin), preserving the layer with a low level of infection (affected dentin), which consists of tissues able to remineralize. It is also important to evaluate minimally invasive techniques for caries treatment, which are more acceptable to patients.

Keywords: Minimally invasive techniques; caries removal; alternative methods

ÇÜRÜK UZAKLAŞTIRMA TEKNİKLERİ

En yaygın ve en eski hastalıklardan biri olan diş çürüğünün önlenmesi ve tedavisi insan sağlığı ile yakından ilişkilidir. Diş sert dokusu, remineralizasyon ve demineralizasyon süreçlerine bir döngü içerisinde uğramaktadır. Bu dengenin demineralizasyon lehine bozulduğu durumlarda çürük meydana gelmektedir. Diş çürüğü, mikroorganizmaların ürettiği asit nedeni ile oluşan mineral kaybıdır.¹

Minimal invaziv diş hekimliği konsepti ışığında; makroretantif tutuculuk sağlayan “G.V. Black” kaviteleri yerini, en fazla keskin marjin kenarlarının yuvarlatıldığı veya bevel yapıldığı sonrasında ise bonding işlemlerinin doğrudan yarar sağladığı limitli hazırlanan kavitelere bırakmıştır.^{2,3}

Klinik olarak, özellikle çürük uzaklaştırma işleminin kesin olarak sonlanım noktası bakımından, enfekte dokuyu aşırı genişletme yapmadan kaldırarak kavite preparasyonunu tamamlayan diagnostik bir araç günümüzde mevcut değildir. İlave olarak, çürük uzaklaştırma/kavite preparasyonu ile ilgili farklı yapıda kalan dentin alt tabakaları oluşturan ve bu sebeple adezyon açısından farklı alıcılık sağlayan teknikler mevcuttur.⁴

Çürüğün konvansiyonel olarak uzaklaştırılmasında genel olarak; yüksek hızda dönen el aletleri lezyona ulaşılmasında kullanılır iken, düşük hızda dönen el aletleri ile çürüğün uzaklaştırılmasında uygulanmaktadır. Bu metot hızlı ve etkin bir çürük uzaklaştırma işlemini kapsamakta olup, ancak sağlıklı dokunun veya remineralize olma yeteneğine sahip etkilenmiş dentinin uzaklaştırılması ile sonuçlanabilmektedir. Konvansiyonel yöntem, genellikle ağır ve hastaların huzursuzluk yaşamaları ile ilişkili olup, lokal anestezi ihtiyacı da doğurmaktadır. Aynı zamanda kemiğe iletilen ses ve vibrasyonun yanı sıra pulpanın da mekanik ve termal yaralanma oluşumuna sebep olması bu yöntemin majör eksikliklerindedir.⁵

Adeziv diş hekimliğindeki gelişmeler, kavite preparasyonunda uygulanan kuralları basitleştirmektedir.⁶ Minimal invaziv girişimler sırasında, konvansiyonel yöntem alternatif olarak çürük uzaklaştırılmasında daha koruyucu ve selektif yöntemler operatif diş hekimliğinde devrim oluşturacak niteliktedir.⁷

Genel olarak çürük uzaklaştırma yöntemlerini şu şekilde sınıflandırabiliriz:

1. Mekanik, rotary: El aletleri, frezler, atravmatik restoratif tedavi (ART),

2. Mekanik, non-rotary: Ekskavatörler, air-abrazyon, air-polishing, ultrasonikler, sono-abrazyon,

3. Kemo-mekanik: Sodyum hipoklorit bazlı (Caridex, carisolv); enzim bazlı (papacarie, biosolv),

4. Foto-ablasyon: Lazerler.

KARBİT FREZLERE ALTERNATİF OLARAK POLİMER FREZLER VE SERAMİK FREZLER (CERABURS)

POLİMER FREZLER

2000’li yılların başında Boston tarafından tanıtılmıştır.⁸ Yumuşak polyamide/imide polimer materyalinden yapılmıştır. Sadece enfekte dentini uzaklaştırmaktadır. Polimer frezleri çürük dentinden sert, sağlıklı dentinden yumuşaktır. Polimer materyallerinin Knoop sertlikleri 50 olup; bu değer, yumuşak çürüklü dentinin sertlik değerinden daha fazla (Knoop sertlik 0-30), sağlıklı dentinden (Knoop sertlik 70-90) daha yumuşaktır.⁹ Bu nedenle polimer frez ile çürük doku uzaklaştırırken frez sağlam kalmakta, sağlıklı dokuya gelince frez aşınmaktadır. Tek kullanımlık bir frez olup düşük devirli turla kullanılmaktadır. Çürük uzaklaştırırken lezyonun orta kısmından başlanmakta ve periferiye doğru hareket edilmektedir. Çürük uzaklaştırma da karbit frezlerden daha az efektif bir frez türüdür. Bu amaçla üretilen SmartPrep® (SS White, Lakeland, NJ, ABD) tek kullanımlık frez benzeri enstrümanlar olup, sertlikleri sağlıklı dentinden daha azdır. Çürükten etkilenmiş dentinle karşılaşınca kadar kesme etkinliğini selektif olarak koruyarak sadece çürük dentini uzaklaştırmak için dizayn edilmiştir.¹⁰

Hassan ve ark.nın yapmış olduğu klinik bir çalışmada; pulpayı içermeyen oklüzal çürüğü bulunan sağlıklı 60 süt molar dişinde farklı yöntemlerle (karbit frez, polimer frez ve ultrasonik yöntem) çürükleri temizlenmiştir.¹¹ Çürüklerin uzaklaştırılmasının öncesi ve sonrasında mikrobiyolojik analizlerinin yapılabilmesi için steril keskin bir ekskavatör ile örnek toplayarak *Streptococcus mutans* seviyeleri karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar çalışmanın sonucunda; *S. mutans* bakterisi sayısındaki azalmanın önem derecesinin karbit frez> ultrasonik uç> polimer frez şeklinde olduğunu bildirmişlerdir.

Divya ve ark.nın yapmış olduğu in vitro bir çalışmada; 60 adet çekilmiş dişte dört farklı yöntemle (paslanmaz çelik frez, polimer frez, Carisolv®, Papacarie®) çürük uzaklaştırma işlemi yapılmıştır.¹² Araştırma sonucunda araştırmacılar; paslanmaz çelik frezle yapılan çürük uzaklaştırma işlemlerinin diğer gruplara kıyasla daha az zaman aldığını, polimer frezle yapılan çürük uzaklaştırma işlemleri sonucunda bakteriyel artıkların Carisolv® ve Papacarie® ile kıyaslandığında daha fazla olduğunu, Carisolv® ve Papacarie® gruplarında çürük uzaklaştırma işlemleri sonrasında dentin tübül hasarının ve bakteri artıklarının daha az olduğunu rapor etmişlerdir.

SERAMİK FREZLER (CERABURS)

Son zamanlarda özel olarak zirkonya ile stabilize edilmiş alümina bazlı seramik frezler (ZrO₂: %76; Al₂O₃: %20; Y₂O₃: %4) piyasaya sunulmuştur (CeraBur, K1SM, Komet). İlk bakışta CeraBur enstrümanları; konvansiyonel rond frezlere benzemektedir ve uluslararası standardizasyon organizasyonu tarafından belirlenen dört farklı boyutta (010, 014, 018 ve 023.) piyasada mevcuttur. Konvansiyonel rond frezlere benzer şekilde, CeraBur enstrümanları yavaş dönen el aletleri ile 1.000 min⁻¹-1.500 min⁻¹ arasında hızda kullanılmaktadır. Üretici firmanın kullanım talimatlarına göre; seramik frezlerin dentin çürüklerinin uzaklaştırılmasındaki avantajları; optimal kesme yeterlilikleri, pürüzsüz ve iyi operasyon alanı ve korozyonunun olmamasıdır. Seramik frezlerin yumuşak, çürük dentinde yüksek kesme yeteneği bulunmakta ve sağlam, sert diş dokusundan minimal kayıp oluşturmaktadır. Minimal invaziv çürük uzaklaştırma ile daha az dentin tübüllerinin kesilmesi ve böylece konvansiyonel rond frezlerle kıyaslandığında daha az ağrı duyusunun tetiklenmesi gibi avantajları bulunmaktadır.

Dammaschke ve ark.nın yapmış olduğu bir in vitro çalışmada; 50 adet çekilmiş dişi, çürük lezyonlarının merkezinden ikiye bölerek elde ettikleri 100 örnek üzerinde rastgele seçim yaparak beş grup oluşturmuşlardır.¹³ Beş klinisyenin her birinden 10 dişin çürüğünün temizlenmesi istenmiştir. Yarısı seramik frezle, geri kalan yarısı ise konvan-

siyonel frezlerle temizlendikten sonra çürük temizleme işlemi boyunca geçen süreler hesaplanmıştır. Prepare edilen dişler Mallory-Azan ile boyandıktan sonra ışık mikroskobu altında histolojik örnekler oluşturulmuş ve kalan çürük kalınlığı ölçülmüştür (1 mm'den az ya da çok). Çalışmanın sonucunda araştırmacılar; 50 dişten elde edilen toplam 531 kesitten seramik frezlerle tedavi edilen kesimlerin (264 kesit) %89,8'i çürük içermezken, konvansiyonel frezlerle muamele edilen numunelerin (267 kesit) %92,1'inde çürük kaldığını rapor etmişlerdir. Seramik frezlerle yapılan çürük uzaklaştırma işlemi sonrasında kesitlerin %3,7'sinin, kalan çürük kalınlığı 1 mm'den daha kalın olmasına karşın kontrol grubunda %0 olduğunu bildirmişlerdir. Kaviteilerin seramik frezlerle temizlenmesi için geçen süre ortalama 159,12 saniye (±68,17) olmasına karşın, konvansiyonel frezlerle temizlenen kavite için geçen sürenin 170,62 (±72,30) saniye olduğunu rapor etmişlerdir.

ATRAVEMATİK RESTORATİF TEDAVİ

ART'nin gelişimi ile birlikte el aletleri yardımıyla çürük kaldırmaya ilgi artmıştır. Bu teknik, sadece ekskavatörler yardımıyla çürüğün kaldırılması ve kavitenin adeziv özelliklere sahip restoratif bir materyal olan cam iyonomer siman ile doldurulması esasına dayanmaktadır.^{14,15} İlk kez 1980'li yılların ortalarında Tanzanya'da saha çalışmalarında geliştirilen bu teknik ile yeni gelişmekte olan ülkelerde diş tedavileri gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca; ART yöntemi klinik şartlarda anksiyeteye sahip, aşırı korkusu olan çocukların, eve bağımlı olarak yaşayan yaşlıların, fiziksel veya mental retardasyona sahip bireylerin diş tedavilerinde de önerilmektedir. Ağrısız, minimal düzeyde kavite preparasyonu gerektiren, uygulaması kolay, maliyeti düşük, lokal anestezi ihtiyacı olmayan, diş yapısını koruyan, pulpa ekspoz riski az olan bir yöntemdir.¹⁶

ART tekniğinde çürük diş dokusunu uzaklaştırmak için yalnızca el aletleri kullanılmakta ve kavite ile birlikte komşu tüm mine fissürleri, çoğunlukla geleneksel cam iyonomer simanlar ile doldurulmaktadır. ART'nin çürük temizleme özelliği konvansiyonel yöntemle karşılaştırıldığında ye-

tersiz kalması bu yöntemin en önemli dezavantajıdır. Hekim için yorucu ve zaman alan bir yöntemdir. Marjinal sızıntıyı yeterli düzeyde engelleyemediğinden, sadece tek yüzeyle restorasyonlarda başarısının daha iyi olduğu ileri sürülmektedir.¹⁷

AİR-ABRAZYON YÖTEMİ

Air-abrazyon veya kinetik kavite preparasyonu, çürük uzaklaştırılmasında mekanik yöntemlere alternatif olarak geliştirilmiş olup, hava basıncı ile hareketlendirilen alüminyum oksit partiküllerinin yapısına bağlı olarak sağlam mine ve dentin dokusunun her ikisinde de etkili bir şekilde aşındırma gerçekleşmektedir.¹⁸

Corona ve ark.nın yapmış olduğu in vitro bir çalışmada; çekilmiş 20 adet 20 yaş dişlerinde karbit frez, air-abrazyon ve Er:YAG lazer ile hazırlanan Sınıf V kavitelere yerleştirilen kompozit restorasyonların mikrosızıntıları karşılaştırılmıştır.¹⁹ Gruplar arasında oklüzal bölgede en iyi marjinal örtücülüğün karbit frezle ve lazerle hazırlanan kavitelere olduğu bildirilmiştir. Teknikler karşılaştırıldığında; lazerle hazırlanan kavitelere en yüksek derecede mikrosızıntı sergilediklerini, oklüzal ve servikal marjinlerde anlamlı farklılıklar olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer deneysel gruplarda oklüzal marjinlerde, marjinal sızıntı miktarlarının anlamlı benzerlik sergilediği; ancak servikal marjinlerde karbit frezlerle hazırlanan kavitelere diğer gruplara kıyasla anlamlı farklılık sergilediği bildirilmiştir.

Rafique ve ark.nın yapmış olduğu çalışmada; 22 hastada konvansiyonel yöntemle (lokal anestezi+frez) yapılan tedavi sonrası alternatif yöntemler ile (air-abrazyon ve Carisolv® jel) aynı uygulayıcı tarafından genel uygulama pratiğinde olduğu gibi tedavi yapılmıştır.²⁰ Katılımcıların tedavi öncesi anksiyete seviyeleri “modifiye dental anksiyete skalası” ile ölçülmüştür. Konvansiyonel ve alternatif yöntemlerin her ikisi için de postoperatif anksiyete/beğenmeme seviyelerini vizüel analog skala kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuçlar; katılımcıların %100’ünün konvansiyonel tedavinin çeşitli aşamalarından (ağrı/enjeksiyon sırasında duyulan rahatsızlık, anestezi solüsyonun tadı, doku-

ların uyuşuk kalma süresinin uzun olması ve frezlerin sesi, titreşimleri ve su soğutması) endişe duyduklarını bildirmişlerdir. Bununla birlikte hastaların %75’inin air-abrazyon tekniğinin tüm aşamalarından mutlu olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak Carisolv® jelin, çalışma popülasyonunda, çürük uzaklaştırma sırasında alternatif bir yöntem olarak kabul edildiği rapor edilmiştir. Hastaların her iki tedavi yönteminin çeşitli yönlerini algılamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu ifade etmişlerdir. Tüm katılımcılar alternatif yöntemleri; ağrısız, hızlı ve konvansiyonel tekniklerle karşılaştırdıklarında daha kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacıların çalışmadan elde ettikleri sonuç; diş hekimliği hastaları açısından air abrazyon/Carisolv® jel tedavilerinin daha iyi kabul edilebilir, uygulanabilir ve konvansiyonel yöntemlerin anestezi enjeksiyonu ve frezlerine alternatif olduğu şeklindedir.

Air-abrazyon sisteminde; 27 µm çapında alüminyum partikülleri, dişlerdeki renklenmelerin uzaklaştırılması veya sığ kavitelelerin hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu yöntemin en büyük dezavantajı; çürük dentinden daha fazla sağlam dentinin daha etkili bir şekilde uzaklaştırılmasıdır.⁴

Air-abrazyon sonrasında kalan çürük dentinin topografisi; sıkıştırılmış hava altındaki parçacıkların etkisiyle oluşan gözenekli, sünger benzeri bir görünüm sergilemektedir. Aynı zamanda alümina tozu kalıntıları tanımlanmış olup, tübüller yüzey debrisleri ile tamamen tıkanmış durumdadır.²¹ Air-abrazyon yöntemi sonucunda, konvansiyonel yöntemle yani frezle kesilmiş dentinle kıyaslandığında daha düzensiz, örtücü yüzey paterni ve daha ince “smear” tabakası oluşturmasına rağmen; bonding sistemlerin dentine olan adezyon performansının etkilenmediği görülmüştür.²²

AİR-POLISHING YÖTEMİ

Air-polishing sistemi; suda çözünebilen sodyum bikarbonat parçacıkları içerisine akışkanlık özelliklerinin geliştirilebilmesi için ağırlıkça %0,08 oranında trikalsiyum fosfatın eklendiği yöntem olup, hava basıncı ve konsantrik olarak örülmüş su jetler ile diş yüzeylerine uygulanmaktadır.²³ Bu

durum, air-abrazyon ve bu teknik arasındaki en önemli farktır. Aşındırıcının suda çözünebilir olması gerçeği, operasyon alanından çok fazla uzağa kaçamaması anlamına gelmektedir. Sert diş dokusu yüzeylerine bu partiküller tarafından bombardıman olması, yüzeydeki eklentileri uzaklaştıran devamlı bir mekanik aşındırıcı etkiyle sonuçlanmaktadır.²⁴ Bu tekniğin ticari olarak önerilen kullanım şekli; mine yüzeyindeki lekelerin, plak ve diş taşlarının, sağlıklı diş eti marjın sınırlarından uzakta olacak şekilde temizlenmesidir. Bununla birlikte; selektif olmayan, aşındırıcı, sağlam dentin, mine ve restorasyon yüzeylerine zararlı etkiler, aşırı derecede kullanımı ise sağlıklı diş dokusundan özellikle servikal marjinlerde önemli bir miktarda kaldırılması ile sonuçlanan dezavantajları bulunmaktadır.²⁵ Air-polishing sisteminin yukarıda belirtilen dezavantajlarından dolayı; kavite preparasyonlarının son aşaması olan dentinden çürük uzaklaştırması sırasında kullanılması önerilmektedir.²⁴

ULTRASONİK ENSTRÜMANLAR

Yüksek frekanslı ultrasonik vibrasyonlar, 1950'li yıllardan itibaren ön ve arka grup dişlerin her ikisi için de proksimal çürük lezyonlarının uzaklaştırılmasında daha konservatif kavite preparasyonlarına ulaşılabilmesi önerilmektedir.²⁶ Bu teknik dentini fiziksel olarak kesmemekte; ancak maksimum frekansı 20-40 kHz arasında değişen elmas kaplı bir aşındırıcı uç kullanarak yaklaşık 6,5 kHz frekansta titreşim salarak dentini aşındırmaktadır. Bu prosedür; ses, vibrasyon, sıcaklık ve basınç oluşumunu en aza indirmekte olup, lokal anestezi kullanımını da azaltmaktadır.²⁷

Antonio ve ark.nın yapmış olduğu bir klinik çalışmada; annesi tarafından getirilen iki yaşındaki bir erkek çocuk hastada, ön dişlerinde çürük şikâyetiyle pedodonti kliniğine başvurulmuş olup, klinisyenlerin yaptıkları ağız-ıçi muayene sonucunda üst çenede keser dişlerin mezial yüzeylerinde çürük saptanmıştır.²⁸ Kavite preparasyonu ultrasonik cihazlarla yapılmış ve ışıkla polimerize kompozit dolgu ile restorasyonları tamamlanmıştır. Araştırmacıların yaptıkları altı ay ve bir yıllık klinik izlem sonucunda, ne sekonder çürük ne de marjinal sızıntı saptanmadığı rapor edilmiştir.

SONO-ABRAZYON YÖNTEMİ

Yüksek frekanslı sonic-air scaler'ların modifiye abrazyon uçlarla bir arada kullanıldığı özel bir yöntemdir. Yöntem ilk kez; kavite sınırlarının belirlenmesinde kullanılmış, fakat sert dokuların uzaklaştırılmasında başarılı sonuçlar vermesi ile kavite preparasyonu bitiminde de kullanılmaya başlanmıştır.

De Oliveira ve ark.nın yapmış olduğu bir in vitro çalışmada; spesifik parametreler ışığında üç farklı yöntemle [sono-abrazyon, air-abrazyon ve erbium:ytrium-aluminium-garnet (Er:YAG) lazer] yapılan dentin yüzey tedavisi sonrasında, dört farklı adeziv sistem üretici firmaların kullanım talimatlarına uyularak tedavi edilen yüzeylere uygulanmıştır.²⁹ Adeziv sistemler sonrasında kompozit bloklar ile restore edilmiş ve vertikal kesitler alındıktan sonra bağlanma dayanımları karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda; sono-abrazyon ve lazer ile yapılan tedavilerin adeziv sistemlerin bağlanma dayanımlarını etkilemediği; ancak air-abrazyon yönteminin bazı adeziv sistemlerin bağlanma dayanımlarını etkilediği rapor edilmiştir.

KEMOMEKANİK YÖNTEMLER

Bakteriyel enzimler ve asit ile etkilenme sonucunda dişin mineral içeriği azalmakta olup, kollajen fibriller arasında bağlantılar bozulmakta ve sonuç olarak çürük oluşmaktadır. Bozulan kollajen yapının uzaklaştırılması için uzun yıllardan beri frezlerin kullanılıyor olmasına rağmen; frezler sağlıklı ve çürük doku ayrımını yapacak nitelikte sensitivite ve spesifisiteye sahip değildir.

SODYUM HİPOKLORİT BAZLI AJANLAR

Kemomekanik temizlik, kimyasal bir ajanla yumuşatılan çürüğün özel el aletleriyle uzaklaştırılması esasına dayanmaktadır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi tarafından onaylanan ilk kemomekanik çürük temizleme sistemi olan "Carideks"le ilgili yapılan klinik ve laboratuvar araştırmaları, yöntemin çürük temizlemede çok etkili olmadığını göstermiştir. Ayrıca, ürünün pahalı ve raf ömrünün kısa olması, kullanımı sırasında çok fazla solüsyona gereksinim göstermesi gibi sorunlar nedeni ile yeni arayışlara devam edilmiştir. Carideks'e alternatif bir kemo-

mekanik çürük temizleme yöntemi olarak, 1998 yılında İsveç'te piyasaya sürülen Carisolv®, çürük uzaklaştırma sisteminin iyileştirilmiş bir versiyonu olarak piyasaya sürülmüştür.^{30,31} Carisolv®, üç farklı aminoasit (glutamik asit, lösin ve lizin) ve bu aminoasitlere ilave olarak; karboksimetilselüloz, eritrosin, sodyum klorit ve sodyum hidroksit içeren kırmızı bir jel ile %0,5'lik sodyum hipoklorit içeren renksiz bir sıvıdan oluşmaktadır. Jel içerisinde yer alan karboksimetilselüloz, viskoziteyi artırarak maddenin jel kıvamında olmasını ve böylece çürük lezyonu ile daha iyi temas sağlamaya yardımcı olmaktadır. Eritrosin, jelle kırmızı renk vererek kullanım sırasında görünürlüğü artırmaktadır. Sodyum hipoklorit ise organik bileşenleri uzaklaştırabilen proteolitik bir ajandır. Kuvvetli kimyasal etkisine bağlı olarak hipoklorit, nekrotik olamayan dokuları da parçalayabilmektedir, ancak hipoklorite aminoasitler eklenerek yüksek pH'ye sahip mono-di kloraminler oluşturulabileceği ve bu sayede oluşan kloraminlerin hipokloritin yan etkisini azaltarak etkinin özellikle denatüre proteinlere ve kollajene yönelebileceği belirtilmiştir.³²

Eftimoska ve ark.nın yapmış olduğu in vitro bir çalışmada; ortodontik sebeplerle çekilmiş 30 adet dişte Carisolv® jel ve nikel-titanyum el aletlerinden oluşan Carisolv™ sistem (MediTeam, İsveç), kemomekanik çürük uzaklaştırma işlemleri için kullanılmıştır.³³ Araştırmacılar çalışmalarında; sağlam, demineralize ve çürük dentine 20 dk boyunca uygulamışlar ve dentin yüzeylerini taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile analiz etmişlerdir. Çalışmalarının SEM sonuçlarına göre; Carisolv® jelin yalnızca yumuşak çürük dentini etkilediği ve sağlam dentinde ve demineralizasyon seviyelerinde herhangi bir değişiklik olmadığını rapor etmişlerdir.

Cebe ve ark.nın yapmış olduğu in vitro çalışmada; proksimal çürük lezyonu içeren 70 adet insan azı dişinde, rastgele oluşturdukları dört grupta dört farklı yöntemle (konvansiyonel çelik frez, Er:YAG lazer, Carisolv® jel ve air-polishing) çürükleri uzaklaştırmışlardır.³⁴ Oluşturdukları bu dört grubu daha sonra iki alt gruba ayırarak iki farklı adeziv sistem; Clearfil S³ (Kuraray Co., Ltd, Tokyo, Japonya) ve Adper SE Plus (3 M ESPE, St

Paul, MN, ABD) kullanmışlardır. Mine ve yüzeyel dentin düzleştirilmiş ve farklı yöntemler kullanılarak çürükler uzaklaştırılmıştır. Dişler kompozit ile restore edilmiş ve her diş için üç adet 1 mm²'lik çubuk şeklinde micro-tensile ölçümü için örnekler hazırlanmıştır. Her çürük uzaklaştırma tekniği için, dentin örneklerinin yüzey pürüzlülüğü atomik kuvvet mikroskopu kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda; kavite hazırlama tekniklerini ve adeziv sistemlerin etkilerini ve birbirleri ile olan etkileşimlerini istatistiksel olarak anlamlı bulduklarını (p<0,05) rapor etmişlerdir. Micro-tensile değerlerinin, çelik frezle hazırlanmış olan kavitelere Adper SE Plus adeziv sistemi uygulandığında en yüksek olduğunu (37,20±11,65 MPa), Er:YAG lazer ile hazırlanan kavitelere Clearfil S3 adeziv sistem uygulandığında en düşük (16,74±6,95MPa) olduğunu rapor etmişlerdir.

Yeni bir Carisolv® sistemi 2013 yılında piyasaya sürülmüştür. Son zamanlarda araştırmacılar, en yaygın ekskavasyon metodlarını araştırmışlar ve ne çürük dokunun üzerinde ne de altında ekskavasyon yapan yöntemleri saptamışlardır. Bu yöntemlerin Carisolv® jel ve CeraBur (Komet) olduğu ispatlanmıştır, ve bu nedenle en az sağlıklı dentini uzaklaştırdıklarından doku korunması açısından en iyi oldukları kabul edilmektedir. Carisolv® detektör, Carisolv® jel ve Cera-/PolyBur ile birlikte açıkça doku korumalı olan bu yöntem, şu an en güvenli çürük kaldırma yöntemidir. Komet ayrıca, PolyBur frezlerinin mükemmel bir tamamlayıcısı olarak Carisolv® jeline de işaret etmektedir.³⁵

ENZİM BAZLI AJANLAR

Papacarie®, kemomekanik çürük uzaklaştırma yöntemleri için yeni üretilmiş bir metoddur. Bu ürün; papain ve kloramin gibi aktif içerikleri ve aynı zamanda bakterisid, bakteriyostatik, antiinflamatuvar özellikleri kapsamaktadır.³⁶ Papain, kollajen molekülleri kısmen degrade olmuş olan ve normalde sağlıklı dokularda sindirim görevini inhibe eden alfa 1-antitripsin enziminin eksikliğinden dolayı, özellikle enfekte ve ölü dokuları parçalamaktadır.³⁷ Bu sebeple Papacarie®, sağlıklı dentinde minimal hasara yol açacak şekilde çürük dentinin uzaklaştırılmasına olanak tanımaktadır.³⁸

Bio-Solv (SFC-V ve SFC-VIII, 3M-ESPE AG, Seefeld, Almanya); Henüz deney aşamasında olan enzimatik kemomekanik çürük temizleme ajanıdır. Bio-Solv hakkındaki bilgi, üretici firmanın aktardıkları ile sınırlıdır.

2006 yılında Clementino-Luedemann ve ark., SFC-V solüsyonunu geliştirmişlerdir.³⁹ Carisolv® ile kıyasladıklarında, sonuç olarak SFC-V'nin Carisolv® kadar efektif olmadığını rapor etmişlerdir.

2010 yılında Banerjee ve ark. ile Neves ve ark., iki gelişmiş çürük temizleme jeli olan SFC-V ve SFC-VIII etkisini değerlendirdiklerinde, herhangi bir farklılık saptayamamışlardır.^{40,41}

Bio-Solv Enstrümanları: Clementino-Luedemann ve ark., kendi sisteminde kullanılmak üzere plastik el aletleri geliştirilmesini önermişlerdir.³⁹ Bu el aletlerinin sertliği şüphesiz çürük ve sağlıklı dentin arası bir sertlikte olmalıdır.

Yapılan son çalışmalarda, Bio-Solv kullanılarak yapılan çürük temizleme işlemi metal kaşık şeklindeki ekskavatörle yapılmaktadır.

Neves ve ark., Bio-Solv sisteminde en iyi çürük temizleme işleminin metal el aletleri ile yapıldığını rapor etmişlerdir.⁴¹

Bio-Solv'ün çürük temizleme işlemindeki etkinliği: Bio-Solv'ün etkinliği hakkında kafa karıştırıcı ve çelişkili olan sınırlı bilimsel veriler mevcuttur. Banerjee ve ark., Bio-Solv'ün Carisolv® ve ART'ye göre çok daha fazla çürükten etkilenmiş dentini bırakma eğiliminde olduğunu rapor etmişlerdir.⁴⁰

Bunu, dentinin Bio-Solv'ü hızlı bir şekilde tamponlamasına ve bu nedenle de yapısındaki pepsinin denatüre olmuş dentini uzaklaştıramamasına bağlamışlardır.

Tersine bir fikir olarak Neves ve ark., Bio-Solv'ün kemomekanik çürük temizleme jelleri içerisindeki en agresif jel olarak bildirmişlerdir.⁴² Bunu da asiditesine bağlamışlardır. Bu asiditenin hem çürük dokuya hem de sert dokuya etki ettiğini rapor etmişlerdir. Neves ve ark., ayrıca rapor ettiklerine göre, üretici Bio-Solv'ün hazırlanmasında kıvam artırması için konulan SFC-V jelin bu selek-

tif olmayan fonksiyonu ile bağlantılı olabileceğini bildirmişlerdir.

Bu yapı akışkanlığı artırarak sağlam dentin içerisine penetrasyonu sağlamaktadır. Bu deneysel ürünün klinik olarak kabul edilebilirliği için henüz çok erkendir. Bio-Solv'ün işleminin ve etkisinin daha iyi anlaşılabilmesi için daha ileri çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

Apacarie jel; yeni bir dental materyal olup, mangosten ekstraktlarından elde edilen polifenol ve papain jel karışımıdır. Bu jel, süt dişlerinde çürük temizleme işlemlerinin daha yumuşak yapılabilmesini sağlamaktadır. *S. mutans*'lara karşı spesifik polifenollerin etkisini araştıran pek çok in vitro çalışma bulunmaktadır. Bazı çalışmalarda, glukoziltransferaz enziminin inhibisyonunun çözünmeyen glukoz sentezine bağlı olduğu rapor edilmiştir.⁴³ Bazı çalışmalarda ise *S. mutans* tarafından üretilen asidin inhibisyonunun, kısmen de olsa proton inhibisyonu ile sonuçlanan translokasyon bakteriyel enzimi adenozin trifosfataz (F-ATPaz) olduğu rapor edilmiştir.⁴⁴ F-ATPaz enzimi, protonları hücreden dışarı taşımakta ve asidifikasyonun metabolik süreçler üzerindeki negatif etkisini hafifletmektedir. Bu sebeple, ekstraselüler çevrenin pH'sini düşürmektedir.⁴⁵ Papain, yaprakların lateksi ve erişkin yeşil papayanın meyvelerinden elde edilen bir enzimdir. Bu enzim bakterisidal, bakteriyostatik ve antiinflamatuvar aktiviteye sahip olan pepsin enzimine benzer bir endoproteindir. Papain, sağlıklı dokulara zarar vermemektedir. Aksine, sikatriyel süreci hızlandırmanın yanı sıra bakteriyostatik ve bakterisidal özelliklere sahiptir. Papain, kısmen çürük etkisiyle tahrip olan kollajen moleküllerini parçalayıp ölü hücreleri sindirebilmekte ve çürük süreci boyunca oluşan fibrin örtüsünü elimine etmektedir.⁴⁶ İlave olarak; papain sadece plazma proteaz inhibitörü olan alfa-1-antitripsin enziminden yoksun olan çürük doku üzerine etki etmektedir, ancak papainin proteolitik etkisi sağlıklı doku üzerinde iken inhibe olmaktadır.³⁶ Apacarie jel ise daha önce de belirtildiği gibi, mangosten ekstraktlarından elde edilen polifenol ve papain jel karışımı olup, antibakteriyel etkisi üzerine yoğunlaşmaktadır.⁴⁷

Foto-ablasyon Yöntemleri: Günümüzde çürüğün uzaklaştırılmasında lazer uygulanması da ayrıca büyük ilgi görmektedir. Kavite preparasyonunda kullanılmak üzere birçok lazer araştırılmış; en efektif olarak erbiyum bazlı (Er:YAG ve Er, Cr:YSGG) lazerler bulunmuştur. Bu nedenle erbiyum:itriyum-alüminyum-garnet (Er:YAG) ve erbiyum, kromiyum:itriyum-skandiyum-galyum, garnet (Er, Cr:YSGG) lazerlerin diş sert dokuları üzerinde uygulanması ayrıcalıklı sayılmaktadır.⁴⁸ Er-YAG lazerler güçlü bir şekilde suyu absorbe etmekte ve suyun dentinde hızlı ve yoğun vaporizasyonu ile sonuçlanmaktadır. Bu durum, dişin sert doku komponentlerinde patlayan bozulmalara yol açmaktadır.⁴ Konvansiyonel yöntemlerle kıyaslandığında, lazer ile çürük uzaklaştırılmasında limitli kanıt olmasına rağmen; araştırmacılar Er-YAG lazerlerin frezlere göre daha etkili olduğunu ve hastaların anestezi ihtiyacının az olması, düşük ağrı duyusunun olmasından dolayı lazerleri tercih ettikleri sonucuna varmışlardır.⁴⁹

Yaman ve ark.nın yapmış olduğu in vitro bir çalışmada; sınıf V kavitelere farklı adeziv sistemler kullanılarak elmas frez ve Er:YAG lazerlerin mikrosızıntıları karşılaştırılmıştır.⁵⁰ Çalışma sonucunda; Er:YAG lazerlerde elmas frezlerle kıyaslandığında daha fazla mikrosızıntı olduğu ve farklı bağlanma sistemlerinin mikrosızıntı derecelerinin sınıf V kompozit kavite hazırlanmasında elmas frez veya Er:YAG lazer kullanılmaya seçeneğinden etkili olduğu rapor edilmiştir.

Kinoshita ve ark.nın yapmış olduğu bir in vitro çalışmada; hava türbini, Carisolv® ve erbiyum, kromiyum:itriyum, skandiyum, galyum, garnet (Er, Cr: YSGG) lazer ile çürük uzaklaştırma öncesi ve sonrasındaki morfolojik değişimler DiagnoDENT ile değerlendirildikten sonra, ışık mikroskobu ve SEM ile analiz edilmiştir.⁵¹ Çalışma sonucunda araştırmacılar; ışık mikroskobu ile yapılan gözlemlerin üç tedavi grubunda da önemli ölçüde farklı olduğunu bildirmişlerdir. SEM sonuçlarına göre ise hava türbini ile tedavi edilen yüzeylerin oldukça pürüzsüz olduğunu, ancak debrisin mevcut olduğunu gözler önüne sermiştir. Er, Cr:YSGG grubunda, az miktarda debris ve “smear” tabakası pürüzsüz dalgalanma gösterir iken; Carisolv® gru-

bunun ince bir “smear” tabakası ile birlikte pürüzlü bir yüzey sergilediği rapor edilmiştir. Bitirme teknikleri arasında lazer grubunun en iyi etkinliği gösterdiği ve DIAGNOdent skorlarının ışık mikroskobu sonuçlarını destekler nitelikte olduğunu bildirmişlerdir.

Bir diğer alternatif metot ise floresans destekli çürük uzaklaştırma yöntemi olarak adlandırılmaktadır ve ışık üretmek için bir cihaz ve ışığın filtrelenmesi için hekimin kullanımına uygun gözlük mevcuttur. Dişten yansıyan floresans, hekimin kullandığı gözlük sayesinde ek bir donanıma ihtiyaç duyulmaksızın görülebilmektedir. Bununla birlikte, bu versiyonun sadece enfekte dentine karşı duyarlı olduğu ve bu alanların turuncu-kırmızı bir renk aldığı bildirilmiştir.⁵² Bu sistem, kavite preparasyonu sırasında hekimlerin kavite tabanındaki çürük dokularını basitçe görebilmeleri amacıyla çıkmıştır.⁵³

Alternatif çürük uzaklaştırma yöntemlerinin limitasyonları; alternatif yöntemlerin klinik uygulanmaları açısından ünite harcanan zaman dezavantaj yaratmaktadır. Ancak konvansiyonel yöntemlerde duyulan anestezi ihtiyacı sonrasında geçen süre bu durumu kompanse edebilmektedir. Minimal invaziv diş hekimliğinde kullanılan kemomeknik ajanlardan biri olan Carisolv®'un içerdiği sodyum hipokloritin, bonding ajanların polimerizasyonunu inhibe etmesi ve çürük uzaklaştırma sürecinde mineyi uzaklaştırmasında yetersiz kalmasından dolayı konvansiyonel teknikle birlikte kombine kullanılması gerekmektedir.⁵⁴ Bazı literatürlerde, kemomekanik ajanlarla yapılan çürük temizleme işlemleri sonrasında bir miktar kalan çürük olduğu bildirilmektedir.⁵⁵⁻⁵⁷ Papacarie için de bu durum geçerlidir. Kemomekanik yöntemlerin “smear” tabakasını uzaklaştırma kapasiteleri ile ilgili yapılan çalışmalar çelişkili bulunmuştur, bu tabaka dentin geçirgenliğinin azaltılmasında bariyer görevi görmektedir ve diş restorasyon materyali arasında yakın temas oluşturulmasını engellediğine dair görüşler mevcuttur.⁵⁸ Bazı literatürlerde, lazer ile yapılan çürük temizleme işlemleri sonucunda “smear”ın tabakasız bir yüzey oluşturduğu belirtilmekte ve bu durumun kavitenin steril ve mikrosızıntının az olmasından dolayı

adezyona katkısının olumlu olduğu bildirilmektedir.^{51,59,60} Ancak, bazı çalışmalarda ise lazer ile açılan kavitelere duvar marjinlerinin düzensiz oluşundan dolayı mikrosızıntı ve adezyona negatif etkisi olduğu savunulmaktadır.^{22,61}

SONUÇ

Bu çalışma, alternatif çürük uzaklaştırma yöntemleri ve kavite preparasyonları ile ilgili olarak kapsamlı bir literatür tartışması ve derlemesidir. Konvansiyonel yöntemler ile yapılan çürük uzaklaştırma işlemleri, sağlam diş dokuları ve enfekte dokuları selektif olmayan bir şekilde uzaklaştırmaktadır. Saydığımız diğer alternatif yöntemlerin hepsi de çürük dentini farklı seviyelerde ve farklı etkinlikte uzaklaştırmaktadır; ancak daha da önemlisi bu tekniklerin dentinin alt tabakaları olan yumuşak, dış, yüksek derecede enfekte, nekrotik tabaka ve daha iç, geri dönüşümlü hasar görmüş, daha az enfekte olan tabakalar arasındaki ayrımı kavitelere aşırı genişletmeye sebep olmadan yapabilmeleridir. Bu nedenle; bu saydığımız tekniklerin etkinliklerinin ve çürük dentin uzaklaştırma derecelerinin değerlendirilmesi önemli bir ihtiyaçtır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Tasarım:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Denetleme/Danışmanlık:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Analiz ve/veya Yorum:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Kaynak Taraması:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Makalenin Yazımı:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Eleştirel İnceleme:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar; **Kaynaklar Ve Fon Sağlama:** A. Tuğba Ertürk Avunduk, Serdar Bağlar.

KAYNAKLAR

- Pitts NB. Are we ready to move from operative to non-operative/preventive treatment of dental caries in clinical practice? *Caries Res.* 2004;38(3):294-304. [Crossref] [PubMed]
- Tyas MJ, Anusavice KJ, Frencken JE, Mount GJ. Minimal intervention dentistry--a review. FDI Commission Project 1-97. *Int Dent J.* 2000;50(1):1-12. [Crossref] [PubMed]
- Caufield PW, Griffen AL. Dental caries. An infectious and transmissible disease. *Pediatr Clin North Am.* 2000;47(5):1001-19. [Crossref]
- de Almeida Neves A, Coutinho E, Cardoso MV, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Current concepts and techniques for caries excavation and adhesion to residual dentin. *J Adhes Dent.* 2011;13(1):7-22.
- Mhatre S, Kiran Kumar S, Sinha S, Nadeem BM. Chemo-mechanical method of caries removal: a brief. *IJCDS.* 2011;2(2):52-7.
- Üçtaşlı MB. [Current concepts in caries excavation techniques]. *Türkiye Klinikleri J Restor Dent-Special Topics.* 2016;2(1):41-6.
- Mhatre S, Kumar S, Sinha S, Ahmed BMN, Thanawala EA. Chemo-mechanical method of caries removal: a brief review. *IJCDS.* 2011; 2(2):52-7.
- Boston DW. New device for selective dentin caries removal. *Quintessence Int.* 2003;34(9): 678-85.
- Dammaschke T, Rodenberg TN, Schäfer E, Ott KH. Efficiency of the polymer bur Smart-Prep compared with conventional tungsten carbide bud bur in dentin caries excavation. *Oper Dent.* 2006;31(2):256-60. [Crossref] [PubMed]
- Allen KL, Salgado TL, Janal MN, Thompson VP. Removing carious dentin using a polymer instrument without anesthesia versus a carbide bur with anesthesia. *J Am Dent Assoc.* 2005;136(5):643-51. [Crossref] [PubMed]
- Hassan AF, Yadav G, Tripathi AM, Mehrotra M, Saha S, Garg N. A comparative evaluation of the efficacy of different caries excavation techniques in reducing the cariogenic flora: an in vivo study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2016;9(3):214-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Divya G, Prasad MG, Vasa AA, Vasanthi D, Ramanarayana B, Mynampati P. Evaluation of the efficacy of caries removal using polymer bur, stainless steel bur, carisolv, papacarie-an invitro comparative study. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(7):ZC42-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Dammaschke T, Vesnić A, Schafer E. In vitro comparison of ceramic burs and conventional tungsten carbide bud burs in dentin caries excavation. *Quintessence Int.* 2008;39(6):495-9.
- Kazak M. [Minimally invasive caries removal methods and the latest innovations]. *Türkiye Klinikleri J Dent Sci-Special Topics.* 2014;5(3):61-8.
- Frencken JE, Holmgren CJ. Caries management through the atraumatic restorative treatment (ART) approach and glass-ionomers: update 2013. *Braz Oral Res.* 2014;28(1):5-8.

16. Frencken JE, Songpaisan Y, Phantumvanit P, Pilot T. An atraumatic restorative treatment (ART) technique: evaluation after one year. *Int Dent J*. 1994;44(5):460-4.
17. Şener Y, Şengün A, Kuşdemir M, Öztürk B, Bağlar S. [The microleakage of glass ionomer cements used for atraumatic restorative treatment]. *J Dent Fac Atatürk Uni*. 2011;21(3):175-81.
18. Çakır FY. [Minimal invasive cavity preparation. Techniques used in this field: sonic, laser, air abrasion and latest developments]. *Türkiye Klinikleri J Dent Sci-Special Topics*. 2014;5(3):69-78.
19. Corona SA, Borsatto M, Dibb RG, Ramos RP, Brugnera A, Pécora J. Microleakage of class V resin composite restorations after bur, air-abrasion or Er:YAG laser preparation. *Oper Dent*. 2001;26(5):491-7.
20. Rafique S, Fiske J, Banerjee A. Clinical trial of an air-abrasion/chemomechanical operative procedure for the restorative treatment of dental patients. *Caries Res*. 2003;37(5):360-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
21. Yazici AR, Özgünaltay G, Dayangaç B. A scanning electron microscope study of different caries removal techniques on human dentin. *Oper Dent*. 2002;27(4):360-6.
22. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. *Oper Dent*. 2003;28(5):647-60.
23. Walmsley AD, Williams AR, Laird WR. The air-powder dental abrasive unit--an evaluation using a model system. *J Oral Rehabil*. 1987;14(1):43-50. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Boyde A. Airpolishing effects on enamel, dentine, cement and bone. *Br Dent J*. 1984;156(8):287-91. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Lubow RM, Cooley RL. Effect of air-powder abrasive instrument on restorative materials. *J Prosthet Dent*. 1986;55(4):462-5. [[Crossref](#)]
26. Yip HK, Samaranyake LP. Caries removal techniques and instrumentation: a review. *Clin Oral Investig*. 1998;2(4):148-54. [[Crossref](#)]
27. Laird WR, Walmsley AD. Ultrasound in dentistry. Part 1--biophysical interactions. *J Dent*. 1991;19(1):14-7. [[Crossref](#)]
28. Antonio AG, Primo LG, Maia LC. Case report: ultrasonic cavity preparation--an alternative approach for caries removal in paediatric dentistry. *Eur J Paediatr Dent*. 2005;6(2):105-8.
29. de Oliveira MT, de Freitas PM, de Paula Eduardo C, Ambrosano G, Giannini M. Influence of diamond sono-abrasion, air-abrasion and Er:YAG laser irradiation on bonding of different adhesive systems to dentin. *Eur J Dent*. 2007;1(3):158-66. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
30. Ericson D, Zimmerman M, Raber H, Götrick B, Bornstein R, Thorell J. Clinical evaluation of efficacy and safety of a new method for chemomechanical removal of caries. *Caries Res*. 1999;33(3):171-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
31. Beeley JA, Yip HK, Stevenson AG. Chemomechanical caries removal: a review of the techniques and latest developments. *Br Dent J*. 2000;188(8):427-30. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Kathuria V, Ankola AV, Hebbal M, Mocherla M. Carisolv-an innovative method of caries removal. *J Clin Diagn Res*. 2013;7(12):3111-5.
33. Eftimoska M, Apostolska S, Rendzova V, Elencevski S, Popovac A, Perić M. Effect of carisolv gel on sound, demineralized and carious dentin: in vitro study. *Serbian Dent J*. 2015;62(1):21-6. [[Crossref](#)]
34. Cebe MA, Öztürk B, Sirin Karaarslan E. Effect of caries removal techniques on bond strength to caries affected dentin on gingival wall: AFM observation of dentinal surface. *J Adhes Sci Technol*. 2016;30(2):157-70. [[Crossref](#)]
35. Albrektsson T, Brattahl D, Glantz P-O, Lindhe J, eds. Tissue preservation in caries treatment. Quintessence. 2001;153-6.
36. Bussadori SK, Guedes CC, Hermida Bruno ML, Ram D. Chemo-mechanical removal of caries in an adolescent patient using a papain gel: case report. *J Clin Pediatr Dent*. 2008;32(3):177-80. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
37. Piva E, Ogliaresi FA, Moraes RR, Corá F, Henn S, Correr-Sobrinho L. Papain-based gel for biochemical caries removal: influence on microtensile bond strength to dentin. *Braz Oral Res*. 2008;22(4):364-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
38. Jawa D, Singh S, Somani R, Jaidka S, Sirkar K, Jaidka R. Comparative evaluation of the efficacy of chemomechanical caries removal agent (Papacarie) and conventional method of caries removal: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent*. 2010;28(2):73-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Clementino-Luedemann TN, Dabanoglu A, Ilie N, Hickel R, Kunzelmann KH. Micro-computed tomographic evaluation of a new enzyme solution for caries removal in deciduous teeth. *Dent Mater J*. 2006;25(4):675-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
40. Banerjee A, Kellow S, Mannocci F, Cook RJ, Watson TF. An in vitro evaluation of microtensile bond strengths of two adhesive bonding agents to residual dentine after caries removal using three excavation techniques. *J Dent*. 2010;38(6):480-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
41. Neves Ade A, Coutinho E, De Munck J, Van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *J Dent*. 2011;39(2):154-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
42. Neves AA, Coutinho E, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does DIAGN-Odent provide a reliable caries-removal endpoint? *J Dent*. 2011;39(5):351-60. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
43. Matsumoto M, Hamada S, Ooshima T. Molecular analysis of the inhibitory effects of oolong tea polyphenols on glucan-binding domain of recombinant glucosyltransferases from *Streptococcus mutans* MT8148. *FEMS Microbiol Lett*. 2003;228(1):73-80. [[Crossref](#)]
44. Duarte S, Gregoire S, Singh AP, Vorsa N, Schaich K, Bowen WH, et al. Inhibitory effects of cranberry polyphenols on formation and acidogenicity of *Streptococcus mutans* biofilms. *FEMS Microbiol Lett*. 2006;257(1):50-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
45. Xiao Y, Liu T, Zhan L, Zhou X. [The effects of tea polyphenols on the adherence of cariogenic bacterium to the salivary acquired pellicle in vitro]. *Hua Xi Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2000;18(5):336-9.
46. Bussadori SK, Castro LC, Galvão AC. Papain gel: a new chemo-mechanical caries removal agent. *J Clin Pediatr Dent*. 2006;30(2):115-9. [[Crossref](#)]
47. Juntavee A, Peerapattana J, Ratanathongkam A, Nualkaew N, Chatchiwattana S, Treesuwan P. The antibacterial effects of apacaries gel on *Streptococcus mutans*: an in vitro study. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2014;7(2):77-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
48. Schwass DR, Leichter JW, Purton DG, Swain MV. Evaluating the efficiency of caries removal using an Er:YAG laser driven by fluorescence feedback control. *Arch Oral Biol*. 2013;58(6):603-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
49. Jacobsen T, Norlund A, Englund GS, Tranæus S. Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials. *Acta Odontol Scand*. 2011;69(2):65-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
50. Yaman BC, Guray BE, Dörter C, Gomeç Y, Yazıcıoğlu O, Erdilek D. Effect of the erbium:yttrium-aluminum-garnet laser or diamond bur cavity preparation on the marginal microleakage of class V cavities restored with different adhesives and composite systems. *Lasers Med Sci*. 2012;27(4):785-94. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
51. Kinoshita J, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study of carious dentin removal by Er, Cr:YSGG laser and Carisolv. *J Clin Laser Med Surg*. 2003;21(5):307-15. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
52. Peskersoy C, Turkun M, Onal B. Comparative clinical evaluation of the efficacy of a new method for caries diagnosis and excavation. *J Conserv Dent*. 2015;18(5):364-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
53. Lennon AM, Attin T, Buchalla W. Quantity of remaining bacteria and cavity size after excavation with FACE, caries detector dye and conventional excavation in vitro. *Oper Dent*. 2007;32(3):236-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

54. Tsanova STs, Tomov GT. Morphological changes in hard dental tissues prepared by Er:YAG laser (LiteTouch, Syneron), Carisolv and rotary instruments. A scanning electron microscopy evaluation. *Folia Med (Plovdiv)*. 2010;52(3):46-55. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
55. Banerjee A, Watson TF, Kidd EA. Dentine caries excavation: a review of current clinical techniques. *Br Dent J*. 2000;188(9):476-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
56. Maragakis G, Hahn P, Hellwig E. Clinical evaluation of chemomechanical caries removal in primary molars and its acceptance by patients. *Caries Res*. 2001;35(3):205-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
57. Splieth C, Rosin M, Gellissen B. Determination of residual dentine caries after conventional mechanical and chemomechanical caries removal with Carisolv. *Clin Oral Investig*. 2001;5(4):250-3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
58. Arora R, Goswami M, Chaudhary S, Chaitra TR, Kishor A, Rallan M. Comparative evaluation of effects of chemo-mechanical and conventional caries removal on dentinal morphology and its bonding characteristics-an SEM study. *Eur Arch Paediatr Dent*. 2012;13(4):179-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
59. Hossain M, Nakamura Y, Yamada Y, Murakami Y, Matsumoto K. Microleakage of composite resin restoration in cavities prepared by Er,Cr:YSGG laser irradiation and etched bur cavities in primary teeth. *J Clin Pediatr Dent*. 2002;26(3):263-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
60. Jepsen S, Açil Y, Peschel T, Kargas K, Eberhard J. Biochemical and morphological analysis of dentin following selective caries removal with a fluorescence-controlled Er: YAG laser. *Lasers Surg Med*. 2008;40(5):350-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
61. Tachibana A, Marques MM, Soler JM, Matos AB. Erbium, chromium:yttrium scandium gallium garnet laser for caries removal: influence on bonding of a self-etching adhesive system. *Lasers Med Sci*. 2008;23(4):435-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]