T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
HAMİDİYE SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI BİOAKTİF KOMPOZİT REZİN İLE RESTORE EDİLEN SINIF II KAVİTELERDE KLORHEKSİDİN GLUKONAT KULLANIMININ MARJİNAL BOŞLUK OLUŞUMU VE MİKROSIZINTI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

HAKAN KARAOĞLAN

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. GÜNSELİ GÜVEN POLAT

ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ ANA BİLİM DALI
ÇOCUK DİŞ HEKİMLİĞİ DOKTORA PROGRAMI

DOKTORA TEZİ
NİSAN/2024

İTHAF

“İlk adımdan itibaren yanımda olan ve son adıma kadar her daim yanımda olacaklarına emin olduğum, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili annem Neriman KARAOĞLAN’a, sevgili babam Ahmet KARAOĞLAN’a ve sevgili kardeşim Pınar KARAOĞLAN’a ithaf ediyorum.”

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimimin başladığı ilk günden itibaren nezaketiyle kendisini örnek aldığım; elindeki ışıkla her daim yolumuzu aydınlatmaya çalışan, büyük bir özveri ve sabırla yanımda olan, bilgisi ve tecrübesi ile her konuda desteğini hissettiğim değerli danışman hocam Prof. Dr. Günseli GÜVEN POLAT'a,

Tez çalışmam boyunca tez izleme komitesinde yer alarak kıymetli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Prof. Dr. Şeniz KARAÇAY ve Doç. Dr. Barış KARABULUT hocalarıma,

Aynı klinikte beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum, tecrübelerini paylaşarak her zaman yanımda olan Doç. Dr. Bahar Başak KIZILTAN ELİAÇIK ve Dr. Öğr. Üyesi Cafer ATAŞ hocalarıma,

Doktoraya başladığımız ilk günden itibaren her zorluğu beraber atlattığımız, onlarla çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum eş kıdemlerim Ayça KURT BORAN'a, Banu Çiçek TEZ'e, İpek ALTINTAŞ KINIKOĞLU'na ve Gözde CUMHUR'a,

İhtiyaç duyduğum her konuda yanımda olan, manevi olarak her zaman desteğini hissettiğim, sabrıyla beni yalnız bırakmayan, bu yolu beraber yürüdüğüm Neslihan BÖLENLER'e,

Hayatım boyunca bütün kararlarımda arkamda olan, bana hep inanan, başarılarımın en büyük mimarları olan annem Neriman KARAOĞLAN ve babam Ahmet KARAOĞLAN'a, hiç bitmeyen enerjisi ve sevgisiyle hep yanımda olan kardeşim Pınar KARAOĞLAN'a teşekkür ederim.

Bu doktora tez çalışmasını bilimsel araştırmalar projesi kapsamında 2022/158 numaralı proje ile destekleyen Sağlık Bilimleri Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeler Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

İTHAF v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ ix
ŞEKİLLER LİSTESİ x
RESİMLER LİSTESİ xi
SİMGELER VE KISALTMALAR xii
ÖZET xiii
ABSTRACT xv
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. DİŞ ÇÜRÜĞÜ 3
2.1.1. Çürük Etiyolojisi 3
2.1.2. Süt Dişlerinde Çürük 4
2.2. SÜT DİŞLERİNDE KULLANILAN RESTORATİF MATERYALLER 5
2.3. BİOAKTİVİTE 6
2.3.1. Activa Pronto 8
2.3.2. Activa Kids BioActive Restorative ve Activa BioActive Restorative 8
2.4. MİKROSIZINTI VE KENAR UYUMU 11
2.4.1. Polimerizasyon Büzülmesi 12
2.4.2. Diş Dokularına Adezyon 12
2.4.3. Termal Genleşme Katsayısı 13
2.4.4. Kimyasal ve Mekanik Stres 13
2.5. YAŞLANDIRMA DENEYLERİ 13
2.5.1. Termal Siklüs ile Yaşlandırma 14
2.5.2. Mekanik Yükleme ile Yaşlandırma 15
2.5.3. Sıvıda Bekletme ile Yaşlandırma 15
2.5.4. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma 15
2.6. KAVİTE DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ 15
2.6.1. Klorheksidin Glukonat 16
2.6.2. Sodyum Hipoklorit 17
2.6.3. Hidrojen Peroksit 18
2.6.4. Benzalkolyum Klorür 18

2.6.5. İyodin Solüsyonları 19
3. GEREÇ VE YÖNTEM 20
3.1. DENEY ÖNCESİ HAZIRLIK 20
3.1.1. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi 20
3.1.2. Örneklerin Hazırlanması 20
3.2. DENEY SÜRECİ 21
3.2.1. Deney Gruplarının Oluşturulması 21
3.2.2. Klorheksidin ve Activa Pronto (Grup 1A) 22
3.2.3. Klorheksidin ve Activa BioActive Restorative (Grup 1B) 25
3.2.4. Klorheksidin ve Activa Kids BioAcitive Restorative (Grup 1C) 26
3.2.5. Klorheksidin Uygulanmayan Gruplar (Grup 2A, 2B, 2C) 27
3.2.6. Örneklerin Termal Döngü Cihazına Aktarılması 29
3.2.7. Örneklerin Stereomikroskop ile İncelemesi 31
3.2.8. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu ile İncelenmesi 33
3.3. İSTATİSTİKSEL İNCELEME 34
4. BULGULAR 35
4.1. Mikrosızıntı Testi Bulguları 35
4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntülerinin Analiz Bulguları 38
5. TARTIŞMA 41
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53
KAYNAKLAR 55
EKLER 67

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1: Etki mekanizmalarına göre biyoaktif materyaller 7

Tablo 3.1: Çalışma grupları 22

Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri 28

Tablo 3.3: Mikrosızıntı miktarının derecelendirilmesi 33

Tablo 4.1: Mikrosızıntı sonuçları 36

Tablo 4.2: Grupların mikrosızıntı skorlarının değerlendirilmesi 36

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Çürük gelişiminde rol oynayan faktörler (26,27) 3

Şekil 2.2: Demineralizasyon ve remineralizasyon döngüsü (29) 4

Şekil 2.3: Activa Pronto restoratif materyali 8

Şekil 2.4: Diş ve tükürük arasındaki iyon değişimi 9

Şekil 2.5: Materyalin hidrofilik özelliği 9

Şekil 2.6: Hidrojenin dişteki kalsiyumla yer değiştirmesi 10

Şekil 2.7: Activa BioActive Restorative dental ürünü 10

Şekil 2.8: Activa Kids BioActive Restorative dental ürünü 11

Şekil 4.1: Grupların mikrosızıntı skorları 37

RESİMLER LİSTESİ

Resim 3.1: Kavite boyutlarının ölçülmesi 21

Resim 3.2: Çalışmada kullanılan asit (A) ve uygulanması (B) 23

Resim 3.3: Kullanılan klorheksidin glukonat (A) ve uygulanması (B) 23

Resim 3.4: Kullanılan adeziv (A) ve uygulanması (B) 24

Resim 3.5: Çalışmada kullanılan ışık cihazı 24

Resim 3.6: Activa Pronto dental materyalinin uygulanması 25

Resim 3.7: Activa BioActive Restorative materyalinin uygulanması 26

Resim 3.8: Activa Kids BioActive Restorative materyalinin uygulanması 27

Resim 3.9: Örneklerin deiyonize suda bekletilmesi 29

Resim 3.10: Kullanılan termal döngü cihazı 29

Resim 3.11: Kök uçlarının kompozitle kapatılması 30

Resim 3.12: Diş yüzeyinin tırnak cilasıyla kaplanması 30

Resim 3.13: Örneklerin metilen mavisi solüsyonunda bekletilmesi 31

Resim 3.14: Kullanılan hassas kesim cihazı 31

Resim 3.15: Kullanılan stereomikroskop 32

Resim 3.16: Kullanılan taramalı elektron mikroskobu 33

Resim 4.1: Mikrosızıntı skoru 0 (A) ve 1 (B) olan örnekler 35

Resim 4.2: Mikrosızıntı skoru 2 (A) ve 3 (B) olan örnekler 36

Resim 4.3: Klorheksidin+Activa Pronto grubu (1A) ve Activa Pronto grubunun (2A) 7500X büyütmedeki SEM görüntüleri 39

Resim 4.4: Klorheksidin+Activa BioActive-Restorative grubu (1B) ve Activa BioActive-Restorative grubunun (2B) 7500X büyütmedeki SEM görüntüleri 39

Resim 4.5: Klorheksidin+Activa Kids BioActive-Restorative grubu (1C) ve Activa Kids BioActive-Restorative grubunun (2C) 7500X büyütmedeki SEM görüntüleri 40

SİMGELER VE KISALTMALAR

BPA : Bisfenol A

BIS-GMA : Bisfenol Glisid Metakrilat

Ca : Kalsiyum

CHX : Klorheksidin Diglukonat

FDA : Gıda ve İlaç Dairesi

H_2O_2 : Hidrojen Peroksit

MMP : Matriks Metalloproteinaz

NaOCl : Sodyum Hipoklorit

ppm : Milyonda Bir Birim

pH : Asit Baz Değeri

SEM : Taramalı Elektron Mikroskobu

S.Mutans : Streptococcus Mutans

S.Sanguinis : Streptococcus Sanguinis

FARKLI BİOAKTİF KOMPOZİT REZİN İLE RESTORE EDİLEN SINIF II KAVİTELERDE KLORHEKSİDİN GLUKONAT KULLANIMININ MARJİNAL BOŞLUK OLUŞUMU VE MİKROSIZINTI ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Amaç: Süt dişlerinde sınıf II kavitelere Activa Pronto, Activa BioActive-Restorative ve Activa Kids BioActive-Restorative materyalleri uygulanmadan önce kavitenin klorheksidin glukonat ile dezenfekte edilmesinin materyallerin mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşumları üzerine etkisinin in-vitro olarak incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda aproksimal yüzeyleri çürük veya restorasyon içermeyen 144 adet süt molar diş kullanılması planlanmıştır. Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 18.06.2021 tarih ve 2021/21 sayılı toplantısında görüşülerek 46418926-050.01.04--44723 karar örneği alınarak çalışmamıza başlanmıştır. Toplanan dişler temizlendikten sonra +24°C'de distile suda bekletilmiştir. Dişlere 4x2x4 mm boyutlarında mine sement sınırının 1 mm apikalinden başlayarak sınıf II kaviteler açılmıştır. Grup 1'de açılan kavitelere asit uygulandıktan sonra 1 dakika klorheksidin uygulaması yapılmıştır ve restorasyonlar tamamlanmıştır. Grup 2'de klorheksidin uygulaması yapılmadan restorasyonlar tamamlanmıştır. Dişler 24 saat deiyonize suda bekletilmiştir. Örnekler 5°C ve 55°C olarak ayarlanan termal siklus cihazında 5000 kez döngüye alınmıştır. Örnekler %0,5'lik metilen mavisi solüsyonunda 24 saat 37°C'de bekletilmiştir. Dişler mezio-distal yönde restorasyon merkezinden geçecek şekilde kesilmiştir. Kesiti alınan örnekler mikrosızıntı için stereomikroskopta, marginal boşluklarının görüntülenmesi için taramalı elektron mikroskobunda incelenmiştir.

Bulgular: İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiş ve normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken, gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Dunn's test kullanıldı. İki grup arası karşılaştırmalarında

Mann Whitney U test kullanıldı. Değerlendirmeler sonucu kavite dezenfektanı olarak klorheksidin uygulamasının mikrosızıntıyı etkilemediği görülmüştür.

Sonuç: Değerlendirme sonucunda, klorheksidin glukonat uygulanan her grupta kontrol grubuna göre mikrosızıntı skorlarında düşüş görülmüştür. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Biyoaktif Materyal, Klorheksidin Glukonat, Marjinal Boşluk, Mikrosızıntı

THE EFFECT OF CHLORHEXIDINE GLUCONATE ON MARGINAL GAP FORMATION AND MICROLEAKAGE IN CLASS II CAVITIES RESTORED USING DIFFERENT BIOACTIVE COMPOSITE RESINS

ABSTRACT

Aim: The present study investigates the effect on microleakage and marginal gap formation of disinfecting the cavity with chlorhexidine gluconate before the application of Activa Pronto, Activa BioActive Restorative and Activa Kids BioActive Restorative materials for the treatment of class-II cavities in primary teeth under in vitro conditions.

Materials and Method: For the present study, 144 primary molars extracted for periodontal reasons, orthodontic purposes or upon reaching the age of exfoliation, the physiological resorption of which had not reached the furcation, that had no fractures or cracks, and with approximal surfaces that contained no caries or restorations were collected. The teeth were cleaned and kept in distilled water at +24°C, and subjected to the study protocol within 4 months at the latest. The teeth were randomly divided into two groups, with three sub-groups in each, and 4x2x4 mm class-II cavities were drilled in each tooth. A standardized class II preparation was made with the cervical margin 1 mm below the cementum-enamel junction. In Group 1, chlorhexidine gluconate was applied for 1 minute following acid application, after which the adhesive was applied and the restorations were completed. In Group 2, the adhesive was applied without a chlorhexidine gluconate application, and the restorations were completed. The restored teeth were kept in distilled water for 24 hours and cycled 5000 times in a thermal cycling device set at 5°C and 55°C. The root apexes of the teeth were sealed with composite to prevent paint penetration. All tooth surfaces were covered with two coats of clear nail varnish, leaving a distance of 1 mm from the restoration margin. The teeth were kept in a 0.5% methylene blue solution for 24 hours at 37°C, and were then cut in a mesio-distal direction through the center of the restoration. The sectioned teeth were inspected under stereomicroscope for microleakage grades and the degree of microleakage was scored. A random selection was made from among the teeth with the highest scores in each of the six groups, and the selected teeth were imaged by scanning electron microscopy for marginal gap formation.

Results: IBM SPSS Statistics (Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp.) was used for the statistical evaluation of the data. The distribution of the parameters was evaluated for normality was assessed with a Kolmogorov-Smirnov test, revealing a non-normal distribution. A Kruskal Wallis test was applied for the comparison of between-group parameters, and Dunn's test to determine the group that caused the difference. Mann-Whitney U tests were used for the comparison of the parameters within two groups. It was understood from the evaluations that the use of chlorhexidine application as a cavity disinfectant had no effect on microleakage.

Conclusion: A greater decrease in microleakage scores was noted in each group treated with chlorhexidine gluconate when compared to the control group, but was not statistically significant.

Key Words: Bioactive Material, Chlorhexidine Gluconate, Marginal Gap Microleakage

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diş çürüğü, en sık karşılaşılan multifaktöriyel enfeksiyöz hastalıkların başında gelmektedir (1,2). Kavitasyon oluştuğu durumlarda mikrobiyal içeriği yoğun olan biyofilm tabakasının temizliği sağlıklı diş dokusuna göre daha zor olmaktadır. Bu durumda diş dokusunun korunması, fonksiyon ve estetiğin yeniden sağlanması amacıyla kavitenin sızdırmaz bir şekilde restore edilmesi gerekmektedir (3).

Geçmişte kayıp diş dokuları restore edilirken bütün çürük dokuların uzaklaştırılması tavsiye edilirdi. Fakat minimal invaziv teknikler ile mevcut diş dokularının korunması günümüzde daha çok kabul görmektedir (4). Son yıllarda çürük temizleme yaklaşımının değişmesi ve restoratif materyal teknolojisini gelişmesi restorasyonların başarısının artmasında önemli etkenler olmuşlardır. Restorasyonun başarısında estetik olması, yüksek aşınma direncine sahip olması gibi özelliklerinin yanında gelişmiş bağlanma mekanizmaları restorasyonun uzun ömürlü olmasını sağlamıştır (5).

İdeal bir restoratif materyal diş dokularıyla başarılı bir adezyon göstermeli ve mikrosızıntıyı önleyebilmelidir (6). Diş hekimliğinde kullanılan rezin içerikli restoratif materyallerin en büyük dezavantajları polimerizasyon büzülmesidir (7). Bu durum diş dokusu ve restorasyon arasında marjinal boşluk oluşumuna ve mikrosızıntıya sebep olmaktadır. Mikrosızıntı; diş dokusu ve restorasyon arasındaki boşluktan bakteri, ağız sıvıları ve molekül geçişi olarak tanımlanmaktadır. Mikrosızıntı sonucu tekrarlayan çürükler, kenar uyumunun bozulması, postoperatif hassasiyet, restoratif materyalin dayanımının azalması ve pulpal iltihap gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır (6,8). Rezin restorasyonlarda sıklıkla karşılaşılan bu mikrosızıntı özellikle sınıf II kavitelerin gingival basamağında meydana gelmektedir (9). Bu sebeple sınıf II kavitelerde gingival basamağa akıcı restoratif materyal uygulanmasının mikrosızıntıyı önemli ölçüde engellediğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (10-14).

Kavite preparasyonu sırasında bakterilerin başarılı bir şekilde elimine edilmesi restorasyonun ömrünü ve tedavinin başarısını arttıracaktır. Bakterilerin tamamen ortadan kaldırılmasını sadece mekanik olarak yapmak destek diş dokularını

zayıflatacak ve pulpa vitalitesi olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle kavitenin dezenfeksiyonu tekrarlayan çürüklere, postoperatif hassasiyete ve restorasyonun başarısızlığına sebep olan bakterilerin elimine edilmesine yardımcı olmaktadır (15). Kavite dezenfeksiyonunda sodyum hipoklorit (NaOCl), klorheksidin diglukonat (CHX), hidrojen peroksit, lazer, ozon, potasyum iyodin, benzalkonyum klorür ve alkol kullanılmaktadır (16-21). Bis-biguanid olan CHX geniş spektrumlu antimikrobiyal bir kavite dezenfektanıdır. Dentin tübüllerine penetre olduğu ve oradan yavaş salınarak etki ettiği gösterilmiştir (22).

Restoratif materyaller üzerinde yapılan araştırmaların sonucu olarak biyoaktif restoratif materyaller geliştirilmiştir (23). Bu materyaller içerdikleri aktif iyonları (kalsiyum, fosfat, sodyum ve florür) sıvı ortamda asidik koşullarda daha fazla salabilmektedirler. Ayrıca ağız florasının pH'sını arttırarak tamponlama görevi ve antikaryojenik etki gösterirler (24).

Literatür taraması sonucunda, biyoaktif özelliğe sahip Activa BioActive Restorative, Activa Kids BioActive Restorative ve yeni geliştirilen Activa Pronto materyallerinin değerlendirildiği araştırma sayısı oldukça sınırlıdır. Mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşumu açısından bu üç materyalin bir arada değerlendirildiği herhangi bir çalışma bulunamamıştır.

Tez çalışmamızda, bioaktif özelliği olan restoratif materyallerin (Activa BioActive Restorative, Activa Kids BioActive Restorative ve Activa Pronto) kavite dezenfektanı olarak CHX kullanımına bağlı olarak mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşum değerlerinin stereomikroskop ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmesi amaçlanmıştır.

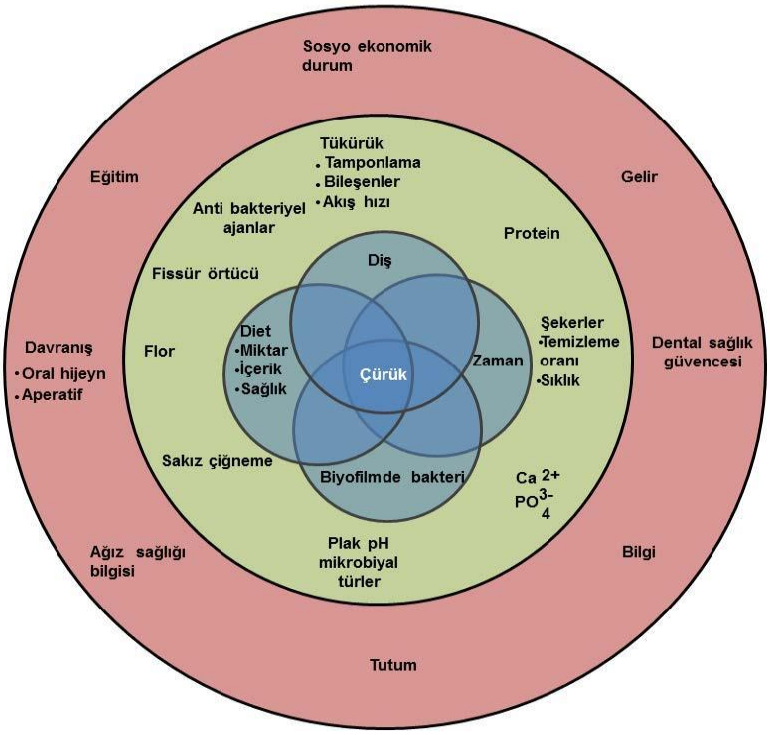
2. GENEL BİLGİLER

2.1. DİŞ ÇÜRÜĞÜ

Diş çürüğü, kalsifiye dokuların yıkımına sebep olan ve dokuların lokalize çözünmesiyle sonuçlanan multifaktöriyel enfeksiyöz bir hastalıktır (1,2,25). Diş dokusunda oluşan demineralizasyonun ilk belirtileri mine dokusunda izlenebilmektedir. Fakat devam eden deminerilazisyon biyofilm tabakası içerisinde devam etmektedir. Kavitasyon varlığında biyofilm karyojenik bakteriler için, koruma, yüksek asidite ve anaerobik çevre sağladığı için yıkım daha hızlı olmaktadır (4,26).

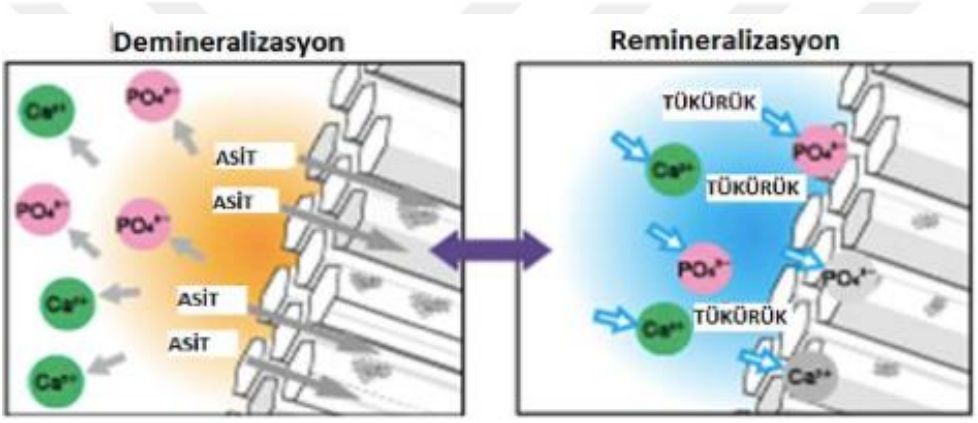
2.1.1. Çürük Etiyolojisi

Çürük, etiyolojisinde pek çok faktörün etken olduğu bir patolojik süreçtir. Çürüğün oluşabilmesi için uygun bir konak, karyojenik bakteriler, diyet ve zaman gerekmektedir (Şekil 2.1) (26,27).



Şekil 2.1: Çürük gelişiminde rol oynayan faktörler (26,27)

Diş dokularındaki mineraller ile biyofilm arasındaki dengenin bozulması sonucu çürük oluşur. Plak içerisindeki karyojenik bakteriler ortamda bulunan karbonhidratları fermente ederek organik asit açığa çıkartırlar ve ortamın pH'sının asidik yöne kaymasına sebep olurlar (28). Ortamın pH'sı kritik değer olan 5.5'in altına düştüğünde kalsiyum ve fosfat mineralleri çözünür ve demineralizasyon başlar. Ortamın pH'sı kritik seviyenin üzerine çıktığında kalsiyum ve fosfat mineralleri mine üzerine çökelir ve remineralizasyon süreci başlar. Remineralizasyon süreci daha yavaş olarak gerçekleşir. Ortam pH'sı uzun süre asidik döngüde kalırsa mineral çözünmesi devam eder ve kavitasyon oluşur (Şekil 2.2) (29).



Şekil 2.2: Demineralizasyon ve remineralizasyon döngüsü (29)

2.1.2. Süt Dişlerinde Çürük

Mine ve dentin içeriğinin farklı olması, çocukların karyojenik etkisi yüksek gıdalarla beslenme alışkanlığının fazla olması süt dişlerinde çürük lezyonlarının daimi dişlere göre daha hızlı ilerlemesine sebep olmaktadır (30). Süt dişlerinde çürük ilerleme sürecini etkileyen önemli faktörler vardır. Bu faktörler süt dişlerinde mine kalınlığının daha az olması, minenin daha poröz olması, mineralize içeriğinin daha az olması, daha az kalsiyum ve fosfat içermesidir (31,32).

Süt dişleri, daimi oklüzyona geçiş döneminde dişlerin sürme yolunu koruyarak oklüzyonun daha düzgün bir şekilde oluşmasında önemli rol oynarlar. Ayrıca süt dişleri beslenmeye, seslerin doğru telaffuz edilmesine ve özgüvenlerinin gelişmesine katkı sağlarlar (33). Diş çürüğü erken teşhisle önlebilen bir hastalıktır. Tedavi edilmeyen süt dişleri ağrı, enfeksiyon, konuşma bozukluğu, maloklüzyonlar, anormal dil alışkanlığı ve

beslenmede isteksizlik kaynaklı büyüme gelişim geriliği gibi olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır (34,35). İlerleyen durumlarda daimi diş germine zarar vererek turner hipoplazisi gelişme riski bulunmaktadır. Daha ciddi vakalarda çocukların hastane yatışını gerektirecek ciddi sonuçlarla karşılaşılabilmektedir (36). Bu yüzden süt dişlerinin erken dönem tedavisi ve uygun restoratif materyal seçimi dişlerin fizyolojik değişim dönemlerine kadar ağızda kalmaları açısından önemlidir.

2.2. SÜT DİŞLERİNDE KULLANILAN RESTORATİF MATERYALLER

Amalgam, restoratif materyal olarak çok uzun sürelerdir kullanılmaktadır (37). Kullanımının kolay olması, bakteriyostatik etki göstermesi ve maliyetinin düşük olması nedeniyle tercih edilen bir restoratif materyaldir (38). Rezin içerikli restoratif materyallere göre teknik hassasiyetinin düşük olması ve neme aşırı duyarlı olmaması avantajları arasındadır. Fakat kaviteye mekanik bağlanması, minimal invaziv kavite preperasyonuna uygun olmaması, kırılma direncinin düşük olması ve yüksek termal iletkenliği olumsuz özellikleridir (39). Amalgamın civa buharının olumsuz etkileri, ağır metal içermesi kaynaklı çevresel kaygılar ve estetik talebin artması gibi nedenlerle kullanımı azalmıştır (37). Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), genel sağlık üzerine etkisini gösteren uzun dönem kanıtların yetersiz olduğunu ifade etmiştir. Bu sebeple hamilelerde, fetüste ve 6 yaş altı çocuklarda kullanımını tavsiye etmemektedir (39). Avrupa Birliği ülkelerinde 2018 temmuzdan itibaren kullanımı kısıtlanmıştır. Hastanın özel gereksinimine yönelik hekimi tarafından gerekli görülmedikçe süt dişlerinde, 15 yaşından küçük çocuklarda ve hamile ya da emziren kadınlarda amalgamın kullanılmasını yasaklamıştır (40). Amalgam ile ilgili kaygıların artması üzerine, estetik materyallerin ve rezin içerikli restorasyonların kullanımı yaygınlaşmıştır (41).

Diş hekimliğinde 1970'lerden itibaren cam iyonomer simanlar restoratif materyal olarak, kaide materyali olarak, yapıştırma simanı olarak, pit ve fissür örücü olarak kullanılmaktadır (42). Cam iyonomer simanlar ilk üretildiklerinde manipülsayonları zordu, düşük aşınma ve kırılma direnci göstermesi gibi olumsuz özellikleri vardı. Geleneksel cam iyonomer simanlar ve rezin modifiye cam iyonomer simanların formül yapılarındaki gelişmeler bu olumsuz özelliklerinin azalmasını sağlamıştır (43). Mine ve dentine kimyasal adezyon göstermesi, diş dokularıyla benzer genleşme kat sayısı olması, florür salınımı, florürle reşarj olması ve kompozit rezinlere göre nem hassasiyetinin düşük olması süt dişlerinin tedavisinde kullanılmasını arttırmıştır (39).

Organik polimer matriks fazı, inorganik faz ve ara fazdan oluşan kompozitler diş dokularına adeziv yardımı ile bağlanırlar. Uygulanırken yüksek teknik hassasiyet gerektirmesi, Bisfenol A içermesi kaynaklı biyouyumluluk problemleri göstermesi ve polimerize olurken %1,5-3 oranında hacimsel büzülmeye uğraması dezavantajıdır. Polimerizasyon büzülmesi diş dokuları ve restoratif materyal arasında stress birikimine ve adezyonda başarısızlığa neden olmaktadır. Buna bağlı olarak postoperatif hassiyet, mikrosızıntı, tekrarlayan çürük ve renklenme görülmektedir (44).

2.3. BİOAKTİVİTE

Bioaktivite, materyallerin canlı dokular veya hücreler üzerinde etkileşim oluşturabilme yeteneğidir (45). İlk olarak bioaktif materyal terimi kemik rekonstrüksiyonunda kullanılan bir materyali tarif etmek için 1969 yılında Larry Hench tarafından kullanılmıştır. Hench, geliştirdiği biyocamın sert ve yumuşak dokulara bağlanabildiğini ve sulu çözeltilerde hidoksiapatiti çökelttiğini bildirmiştir. Böylece biyocam tıp ve diş hekimliğinde sert doku uyarılmasında klinik olarak uygulanmaya başlanmıştır (46).

Bioaktivite ilk yıllarda, materyal ve doku arasında spesifik bir biyolojik etkileşim ortay çıkartan ve aralarında bağ oluşan biyomateryaller olarak tanımlanmaktaydı. Bu kavram gelişen teknoloji ile birlikte oldukça genişlemiştir (47). Hench biyomateryalleri 1994 yılında osteoprodüktif ve osteokondüktif olarak sınıflamıştır. Materyalin arayüzünde ekstrasellüler cevap oluşturarak kemik büyümesine izin veren materyaller osteokondüktif olarak tanımlanmıştır. Osteojenik kök hücrelerin biyoaktif yüzeylerinde kolonizasyona izin veren materyal ise osteoprodüktif olarak tanımlanmıştır. Biyoaktivitenin oluşması için bu ekstrasellüler veya intrasellüler cevabın oluşması gerekmektedir (48).

Florür ve kalsiyum fosfat salan materyallerin etkisiyle apatit benzeri yapı oluşturarak diş dokusuna bağlanılması biyoaktivite için ilk adım olarak kabul edilir. Çeşitli biyoaktivite dereceleri gösteren malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Biyoaktif malzemeler diş dokusunun onarımı, rekonstrüksiyonu ve rejenerasyonu için kullanılmaktadır. Cam iyonomer simanlar flor salınımı yapabilmeleri ve diş dokusunun remineralizasyonu sağlamaları sebebiyle biyoaktif olarak tanımlanmıştır (49).

Kalsiyum hidroksit, kalsiyum ve hidroksil iyonlarına ayrışarak dentinin onarımını ve reminerealize olmasını sağlar (50). Aslında cam iyonomerler ve kalsiyum hidroksit ilk biyoaktif materyaller olarak kabul edilmektedir (51).

Materyallerin biyoaktif olarak kabul edilebilmesi için sahip olması gereken özellikler şu şekilde belirtilmektedir (52-54).

- İyon salınımı yaparak sert doku remineralizasyonunu uyarmak
- Sıvı temasında doku ve materyal arasında apatit benzeri doku oluşturmak
- Doku onarımı ve yenilenmesini sağlamak

Bu nedenle biyoaktif materyaller etki mekanizmalarına göre 3 gruba ayrılmaktadır (Tablo 2.1) (51).

Tablo 2.1: Etki mekanizmalarına göre biyoaktif materyaller (51)

Etki Mekanizması	Dental Materyal	Ticari Form
Remineralizasyon	Cam iyonomer simanlar ve türevleri	Riva Light Cure, Fuji II LC, Beautifil II, Activa Kids, Activa Restorative, Activa Pronto
Hidroksiapatit Depozisyonu	Kalsiyum aluminat simanlar	Ceramir
Doku Rejenerasyonu	Kalsiyum silikat simanlar (MTA ve diğer portland simanları)	Biodentine, iRoot SP, BioRoot, Endoseal, MTA, TheraCal
	Kalsiyum fosfat simanlar	Hydroset
	Kalsiyum silikat/kalsiyum fosfat kombinasyon simanları	EndoSequence BC Sealer

2.3.1. Activa Pronto

Doğal diş dokusunun özelliklerini taklit etmek üzere üretilmiş ışıkla sertleşen ilk kompozit restorasyon malzemesidir (Şekil 2.3). Baskı direnci yüksek, aşınma ve kırılmaya dayanıklı, kalsiyum, fosfat ve florür salınımı yapan ve reşarj edilebilen bir materyaldir. Başlıca özellikleri (55):

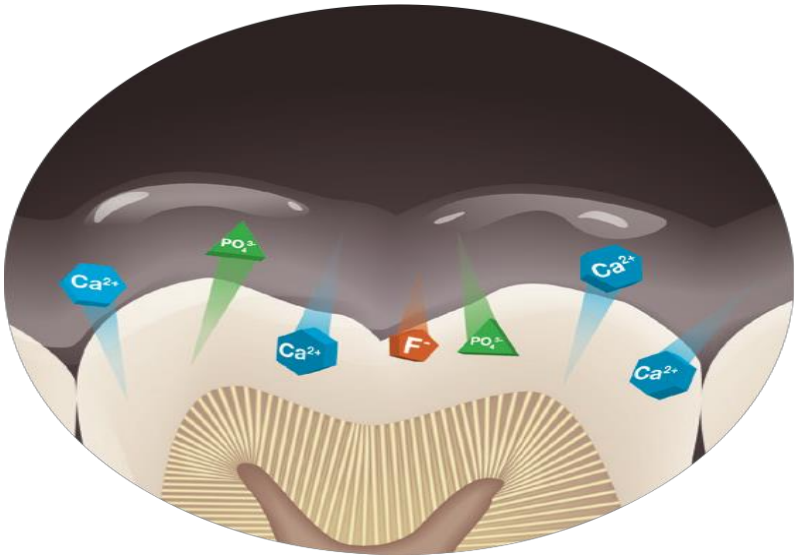
- Dentin ve minede kullanılabilen replasman malzemesidir
- Patentli kauçuklu reçine, bizote edilmiş ince alanlarda bile gerilimi emer ve aşınmaya, kırılmaya ve ufalanmaya karşı direnç gösterir
- Hidrofilik rezin yapısı sayesinde kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının difüzyonunu kolaylaştırır
- Dişlere kenar boşluğu olmadan uyum sağlamak için diş yapısına nüfuz eder ve bütünleşir
- Bis-GMA, Bisfenol A, BPA türevi içermez



Şekil 2.3: Activa Pronto restoratif materyali

2.3.2. Activa Kids BioActive Restorative ve Activa BioActive Restorative

ACTIVA BioACTIVE ürünleri, biyoaktif iyonik rezin matriksi, şok emici kauçuklu rezin bileşeninden oluşan ve doğal dişlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taklit eden reaktif iyonomer cam doldurucalara sahip ilk restoratif materyallerdir. Bu biyoaktif yapısı sayesinde dişlerin ve tükürüğün doğal kimyasını düzenleyen iyon değişim döngülerine aktif olarak katılarak diş yapısının ve ağız sağlığının korunmasına etkili olduğu bulunmuştur (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Diş ve tükürük arasındaki iyon değişimi

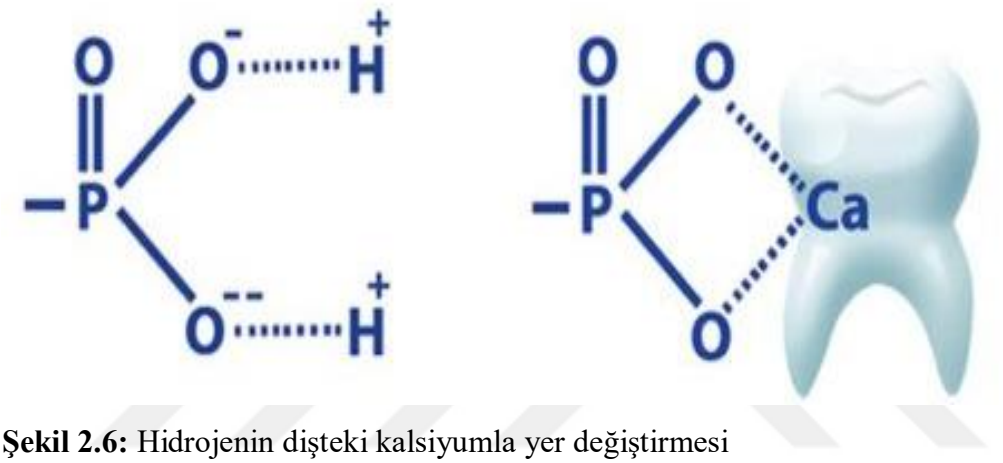
Kompozitlerin mukavemetine, estetiğine ve fiziksel özelliklerine sahiptir ve cam iyonomerlerden daha biyoaktif materyallerdir (56). Dişlere kimyasal olarak bağlanarak mikrosızıntıya karşı koruduğuve önemli miktarda kalsiyum, fosfat ve florür iyonlarının sürekli salınımı ve yeniden yüklenmesinin restorasyonların uzun dönem başarısında önemli rol oynadığı gösterilmiştir (57). Kompozitlerden daha sert ve kırılmaya karşı daha dayanıklıdır. Kırılma anındaki tokluğu kompozitlerden 2-3 kat, cam iyonomerler ve rezin modifiye cam iyonomerlerden ise 5-10 kat daha fazla bulunmuştur (58-60).

Hidrofobik olan, suyu iten ve pasif olarak tasarlanan geleneksel malzemelerin aksine, ağız ortamındaki değişikliklere tepki veren aktif hidrofilik özellik taşıdığı gösterilmiştir (Şekil 2.5) (61).



Şekil 2.5: Materyalin hidrofilik özelliği

İçeriğindeki iyonik rezin grupları fosfat asit grupları içermektedir. Suya bağlı bir iyonizasyon süreci sayesinde hidrojen iyonları fosfat asit grubundan koparak diş yapısındaki kalsiyum ile yer değiştirdiği ve bu sayede rezini dişteki minerallere bağlayarak güçlü bir rezin-hidroksiapatit kompleksi oluşturarak sızdırmazlık sağladığı gözlenmiştir (Şekil 2.6) (57,62,63). Hidrofilik özellik taşıyan ve iyonik rezin içeren Activa ürünlerinin ticari formları Activa BioActive Restorative (Şekil 2.7) ve Activa Kids BioActive olarak üretilmiştir (Şekil 2.8).



Şekil 2.6: Hidrojenin dişteki kalsiyumla yer değiştirmesi



Şekil 2.7: Activa BioActive Restorative dental ürünü



Şekil 2.8: Activa Kids BioActive Restorative dental ürünü

2.4. MİKROSIZINTI VE KENAR UYUMU

Restoratif materyal ile diş dokuları arasındaki adezyon restorasyonun başarısındaki en önemli faktör olduğu bildirilmiştir (64). Mikrosızıntı; bakterilerin, iyonların veya moleküllerin diş dokuları ile restorasyon materyali arasından, başlangıçta klinik olarak tespit edilemeyen mikroskobik düzeyde geçiş olarak tanımlanmıştır (65,66). Mikrosızıntıya, diş dokuları ve restoratif materyal arasındaki termal genleşme kat sayısındaki farklılığın sebep olduğu bildirilmiştir (67).

Rezin restorasyonlarda, polimerizasyon büzülmesi sonucu boyutsal değişiklikler meydana gelmektedir. Bu yüzden mekanik stresler, sürekli değişen ısı farkları ve su emilimi gibi sebeplerle restorasyonda aşınmalar oluşup kenar uyumu bozulmaktadır (68). Kenar uyumunun bozulmasıyla birlikte mikrosızıntı oluşacak ve sızıntıya bağlı olarak postoperatif hassasiyet, tekrarlayan çürükler, restoratif materyalin doku bütünlüğünde bozulmalar, pulpa hasarı ve pulpa nekrozu gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıktığı bildirilmiştir (66,69,70). Restoratif materyallerden beklenen en önemli özellik, diş dokuları ile ağız arasındaki ilişkiyi keserek pulpa ve diğer dokuların hasarını önleyebilmesi olarak gösterilmiştir (71).

Diş dokuları ve restorasyon arasından bakteri, iyon ve molekül geçişini önleyebilmek için mikrosızıntıya neden olan faktörleri incelemek gerekmektedir.

2.4.1. Polimerizasyon Büzülmesi

Polimer, küçük monomer yapıların birleşmesiyle oluşan yüksek molekül ağırlıklı zincir yapı olarak tanımlanmaktadır. Kendisini oluşturan monomer yapıların molekül ağırlığına göre polimer zincirinin molekül ağırlığı ve taşıdığı fiziksel özellikleri değişmektedir. Molekül ağırlığının yüksek olması zincirin dayanıklı olduğunu, düşük molekül ağırlığı ise zayıf bir polimer yapı oluşturduğunu göstermektedir (72).

Rezin içerikli materyallerde, monomer yapının polimerizasyonu sırasında bir büzülme meydana gelmektedir (73,74). Monomer yapı polimerize olmadan önce molekülleri arası 0,3;0,4 nanometre mesafe bulunmaktadır. Polimerizasyon sonrası bu mesafer 0,15 nanometre mesafeye kadar düşmektedir (75,76). Bu azalmanın materyalde %1,5;0,3 arasında hacimsel bir büzülmeye sebep olduğu gösterilmiştir. Oluşan bu hacimsel azalma polimerizasyon büzülmesi olarak adlandırılmıştır (77). Hacimsel değişimler restoratif materyal ile diş dokuları arasında klinik olarak tespit edilemeyen gerilmelere sebep olduğu bildirilmiştir. Bu gerilmeler diş dokuları ve restorasyonun birbirleriyle olan adaptasyonunu bozduğu görülmüştür. Bütün bu faktörlerle beraber bozulan adezyon sonucu oluşan boşluklar, termal ve mekanik streslerle birleşerek mikrosızıntının asıl sebebini oluşturduğu gözlenmiştir (78-80). Kavite geometrisi, materyal yapısı, polimerize olma derecesi ve tabakalama tekniği gibi faktölerin polimerizasyon büzülmesinde etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca foto aktivasyon yöntemlerinin polimerizasyon büzülmesi üzerine etkisi olduğu ifade edilmiştir (81-83).

2.4.2. Diş Dokularına Adezyon

Restoratif materyaller ile diş arasındaki bağlantının restorasyonun başarısında önemli bir etken olduğu ispatlanmıştır. Adezyonun polimerizasyon büzülmesinin oluşturduğu streslerden daha büyük bir kuvvette olması gerektiği görülmüştür (84).

Polimerizasyon sırası büzülme stresi ilk 5-10 saniye içerisinde olmaktadır. Bu stresler hızlı ve düzensiz oluşmaktadır. Adeziv sistemlerdeki gelişmelerle birlikte daha iyi bir hibrit tabakası oluşturma kabiliyetlerinin arttığı bilinmektedir. Fakat erken oluşan stresleri yeteri kadar karşılayamadıkları durumlarda restorsayon ara yüzünde başarısızlıkların oluştuğu gözlenmiştir (85).

Rezinlerin polimerizasyonu ile adeziv ajanlar üzerinde bir stres birikimi olduğu bilinmektedir. Adezivlerin büzülmeye karşı gösterdiği bu direncin postoperatif

hassasiyete neden olduğu belirtilmiştir. Polimerizasyon kuvvetlerinin oluşturduğu kuvvet adezyon üzerindeki dirençten fazla olduğu durumlarda restorasyon kenarlarında mikrosızıntı oluşabilecek açıklıkların olduğu gösterilmiştir. Bu sebeple güçlü bir bağlantının marjinal bütünlüğün devamlılığında etkili olduğu bilinmektedir (86).

2.4.3. Termal Genleşme Katsayısı

Kompozit rezinler ve diş dokuları arasındaki termal genleşme katsayılarının farklı olmasından dolayı termal değişkenlerin dişler üzerinde bir stres oluşturduğu belirtilmiştir (87). Rezinlerin termal genleşme katsayısılarının diş dokularından 2-6 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir (88). Minenin termal genleşme katsayısı 11.4 ppm/°C, dentinin ise 8.3 ppm/°C olarak belirtilmiştir. Kompozit rezinlerde katsayı 25-60 ppm/°C olarak ifade edilmiştir (87,89).

Bu katsayı farkından dolayı kompozit rezinlerin termal değişikliklerde diş dokusuna göre daha fazla genişleme ve büzülme göstereceği belirtilmiştir. Fiziksel bu değişken sebebiyle adezyon zayıflayarak açıklık meydana geleceği ve mikrosızıntı gerçekleşeceği gösterilmiştir (88,90).

2.4.4. Kimyasal ve Mekanik Stres

Diş dokuları ve restoratif materyaller ağız içerisindeki pH değişikliklerine ve mekanik kuvvetlere maruz kalmaktadırlar. Marjinal uyumun devamının sağlanması bu değişkenler varlığında materyaller için oldukça zordur (90,91). Asitler ve enzimlerin oluşturduğu kimyasal atakların, termal değişimlerin ve mekanik stresin marjinal bütünlüğün devamı için ciddi sorunlar oluşturduğu bilinmektedir (92). Bu streslerin dişler üzerindeki etkilerini incelemek için in-vitro koşullarda farklı deney metodları geliştirilmiştir.

2.5. YAŞLANDIRMA DENEYLERİ

Ağız içerisinde oluşan sıcaklık farkları, kimyasal ataklar ve mekanik kuvvetler gibi değişkenlere uzun süre maruz kalan restoratif materyallerin marjinal yapısında bozulmaların oluştuğu bilinmektedir. Bu faktörler restoratif materyalin klinik ömrünün kısalmasına sebep olmaktadır (92).

Yaşlandırma deneylerinin amacı restoratif materyallerin uzun dönemde gösterecekleri fiziksel değişkenler hakkında, laboratuvar ortamında kısa sürede bilgi sahibi olmaktır (93).

İn vivo deneyler adeziv sistemelerin değerlendirilmesinde en iyi yöntemlerdir. Fakat klinik olarak bu yöntemlerin çok uzun zaman alması ve hızla gelişen yeni restoratif materyallerin olması çalışmaların in vitro olarak tercih edilmesine sebep olmuştur. Diş hekimliğinde daha çok termal yaşlandırma, sıvıda bekletme, mekanik yükleme ve çiğneme simülatörü deneyleri kullanılmaktadır (86,94,95).

2.5.1. Termal Siklüs ile Yaşlandırma

En çok tercih edilen in vitro yaşlandırma yöntemidir. Yöntemin amacı, diş dokuları ve restorasyon arasındaki termal genleşme katsayılarının farklı olmasına dayanarak fiziksel değişiklerin taklit edilmesini sağlamaktır (96,97). Restorsayonu tamamlanan örneklerin su absorbsiyonun izin vermek için 24 saat bekletildikten sonra siklusa alınmaları gerektiği bildirilmiştir (98).

1994'te belirlenen ve 2003'te güncellenen ISO TR 11450 standartlarına göre termal siklus uygulaması, 5°C ile 55°C sıcaklıkta 500 tekrar ile yapılmasının uygun olduğu belirtilmiştir (99). ISO standartlarına göre 10.000 siklusun in vivo şartlarda 1 yıla denk geldiği ifade edilmiştir (100).

Termal siklus uygulamalarında, dentinin mineye karşı daha fazla yaşlandığı ifade edilmiştir (101). Dentinin organik içeriğinin ve yapısındaki suyun fazla olmasının bu duruma sebep olduğu belirtilmiştir (102-104).

Termal siklusun yaşlandırma etkisinin iki şekilde meydana gelebileceği ifade edilmiştir. Bunlar:

- Sıcak suyun arayüzdeki kollajen bileşenlerinin hidrolizini hızlandırabilir ve tam polimerize olmamış oligomerlerin ekstraksiyonuna neden olabilir (105,106).
- Diş dokuları ve restoratif materyal arasındaki termal genleşme katsayılarının farkı olmasına bağlı olarak oluşan genleşme ve büzülmenin yüzey streslerine ve mikrosızıntıya neden olabilir (100).

2.5.2. Mekanik Yükleme ile Yaşlandırma

Diş dokuları ile restorasyon arasındaki mikroboşluklarda bulunan sıvı üzerine basınç oluşturarak mekanik değişkenleri taklit edilmesi ile mekanik sızıntı kavramı ortaya atılmıştır (107). Mekanik yükleme sonucunda, restorasyonların boyutsal ölçülerinin değişken olması, marjinal kırık ve mikrosızıntı ihtimalinin olduğunun göstergesi olarak kabul edilmiştir. Ancak mekanik yükleme stresinin, restorasyonlar üzerinde etkisinin olmadığını savunan görüşler de bildirilmiştir (108,109).

Ağız içerisindeki restorasyonlar karşıt dişlerden gelen kuvvetlerle yılda yaklaşık 1 milyon kez karşılaştığı bildirilmiştir. Bu stresin uzun dönemde diş dokuları ve restorasyon arayüzündeki bağlantıyı zayıflattığı ifade edilmiştir (110). Mikrosızıntı deneylerinde hem mekanik yükleme hem de termal siklusun birlikte uygulanmasının ağız ortamını en iyi şekilde simule edeceği düşünülmüştür (111).

2.5.3. Sıvıda Bekletme ile Yaşlandırma

Bu yöntemde örneklerin, belirli bir süre 37°C'de su veya yapay tükürükte bekletilerek yaşlandırılması amaçlanmaktadır (71,112). Bekletme ile yaşlandırmada difüzyon oranına göre, adeziv rezinin mekanik özelliklerinin zayıflama, nanosızıntı, rezin monomer ve kollajenlerde hidroliz sonucu adezyonun dayanımında azalma görüldüğü bildirilmiştir (113-115). Difüzyon oranı, bekletme ile yaşlandırmada yıkım sürecini etkileyen en önemli faktördür (71). Bekletme süreleri 4-5 yıla kadar uzayabilmektedir. Kısa süreli çalışmalarda bile adezyon kuvvetinin azaldığını gösteren çalışmalar bildirilmiştir (112,116,117).

2.5.4. Çiğneme Simülatörü ile Yaşlandırma

Örnekler üzerine kuvvet, stres ve frekans uygulayarak yorulma dayanımını test eden cihazlardır. Restoratif materyallerin dayanıklılığının ve kullanım ömrünün test edilmesi için kullanıldığı bildirilmiştir (118).

2.6. KAVİTE DEZENFEKSİYON YÖNTEMLERİ

Ağız mikroorganizma çeşitliliği ve sayısı bakımından zengin bir ortamdır. Restorasyonlar bu mikroorganizmalarla direkt ilişki içerisindedirler. Bu yüzden restorasyonların sızdırmaz şekilde yapılmış olması ve kavitenin bakterilerden

temizlenmiş olması uzun dönem başarı açısından önemli kriterlerdir (19). Bakteriler restorasyon sonrasında dahi smear tabakası içerisinde kalabildiği bildirilmiştir (15).

Preperasyon sonrası diş dokuları histolojik olarak incelendiğinde steril alanın çok az olduğu ve rezidüel bakterilerin çok uzun süre canlı kaldığı gösterilmiştir (119). Rezidüel bakterilerin dezenfeksiyonu, kavitenin temiz olmasını ve adezyonun başarılı olmasını sağlamaktadır. Ayrıca enfeksiyon kontrolünde rol oynayarak sekonder çürük oluşumunu ve pulpal enflamasyon riskinin en aza indirilmesini sağlamaktadır (120). Enfekte dentin tespiti için çürük boyalarının kullanıldığı durumların %15-40'ında bakteri olduğu belirtilmiştir (121). Enfekte dentinin kaldırılmasından sonra bakterilerin pulpal yönde 0,24 mm uzaklıkta bile bulunabileceği gösterilmiştir (122). Bu yüzden restorasyonların başarısında etkili olan kavite dezenfektanlarının uzun sürelerdir kullanıldığı bilinmektedir (120).

Kavite dezenfeksiyonunda kullanılacak materyaller; geniş spektrumlu olmalı, diş ve restoratif materyaller üzerinde renklenme yapmamalı, adezyonu olumsuz yönde etkilemeli, sıvı temasında bile uzun süre etkili olmalı ve pulpal dokular için irritan olmaması gerekmektedir. Fakat daha önceden pulpal dokular için irritan olduğu bilinen fenol, timol, gümüş nitrat gibi dezenfektanların kullanıldığı bildirilmiştir (123).

Artık günümüzde kavite dezenfeksiyonunda; klorheksidin glukonat, sodyum hipoklorit, hidrojen peroksit (H_2O_2), benzalkolyum klorür, iyodin solüsyonları kullanılmaktadır. Ayrıca ozon, lazer ve fotoaktive dezenfeksiyon yöntemleri de kavite dezenfeksiyonunda tercih edilmektedir (124-126).

2.6.1. Klorheksidin Glukonat

Diş hekimliğinde 1970'lerden itibaren plak kontrolünde ve çürük oluşumunun önlenmesinde antimikrobiyal ajan olarak kullanılmaktadır (127). Kavite dezenfektanı olarak, irrigasyon solüsyonu ve medikamant olarak olarak ve oral gargara olarak kullanılmaktadır (128). Altın standart olarak kabul edilen oral antiseptik bir ajandır. İrrigasyonda %2, kavite dezenfeksiyonunda %1-2'lik konsantrasyonda kullanılmaktadır (129). Kuafaj tedavilerinde veya derin restorasyonlarda kullanımının başarı oranını arttırdığı gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda pulpal doku üzerinde %2'lik CHX'in 60 saniye uygulanmasının kanama kontrolünde etkili olduğu bildirilmiştir (130).

Klorheksidin glukonat, bakteri hücre zarındaki lipopolisakkarit ve fosfolipitlerle etkileşime giren, pozitif yüklü hidrofobik ve lipofilik moleküldür. Hücre içine aktif veya pasif difüzyon ile taşınmaktadır (131). Pozitif yüklü olduğu için hücre duvarındaki negatif fosfat grupları ile etkileşim kurar ve membran geçirgenliğini bozarak hücre içine girer (128,131). Hücre zarında glikozun taşınmasından sorumlu olan enzimi ve biyofilm oluşumundan sorumlu glikoziltransferaz enzimininin etkinliğini azalttığı bildirilmiştir (132,133).

Düşük yüzdelerde bakteriyostatik, yüksek yüzdelerde bakterisid etki göstermektedir (129). pH 5,5-7 arasında etkisi yüksekken, pH'nın 5,2'nin altına indiği durumlarda sınırlı etki göstermektedir (134). Protein içerikli sıvılarla temasında etkisi azalmaktadır (135). Gram (+) ve gram (-) mikroorganizmalar karşı belirli düzeyde etkinlik göstermektedir. *S.mutans* üzerinde yüksek düzeyde etkinlik gösterirken *s.sanguinis* suşları farklı duyarlılık düzeyi gösterirler.

Gram (-) bakteriler gram (+) bakterilere göre CHX'e daha dirençlidirler (136). Medikament olarak kullanıldığında dentinde rezidüel etki göstermektedir. (131). Plak içeriğindeki s.mutans seviyesini azalttığı ve etkisisin üç ay sonunda devam ettiği bildirilmiştir (137).

CHX, dentin matriksinde bulunan matriks metalloproteinazların (MMP) enzimatik etkinliğini inhibe ederek bağlanacak yüzeyin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir (138). MMP'lerin hibrit tabaka içerisindeki kollajen fibrillarin parçalanmasında etkili olduğu bilinmektedir. Bu sebeple MMP inhibitörlerinin adezyonun daha güçlü olmasına katkı sağladığı gösterilmiştir (139).

2.6.2. Sodyum Hipoklorit

Diş hekimliğinde ilk defa 1920 yılında kullanılmaya başlanan ve en yaygın kullanılan antimikrobiyal ajandır (140). Bakteri, spor, mantar ve virüslere karşı etkilidir ve bakterisid etkisini düşük konsantrasyonlarda bile gösterebilmektedir (21,141).

Direkt temas veya inhalasyon ile antibakteriyel olarak etki etmektedir. Proteinlerin peptid bağlarını kırarak proteinlerin çökelmesine sağlar. NaOCl, su ile karıştığında aktif klor içeren hipokloroz asit oluşur. Aktif klorür, hücre enzim gruplarında geri dönüşümsüz oksidasyon yaparak metabolik aktiviteyi bozmaktadır. Ayrıca asit ortamı nötralleştirerek bakterilerin çoğalmasına engel olmaktadır (142).

Diş hekimliğinde, geniş spektrumlu olması, proteolitik olması, uygulanmasının kolay ve ucuz olması sebebiyle tercih edilmektedir (143).

Sodyum hipoklorit, parçalandığında sodyum klorür ve oksijen açığa çıktığı bilinmektedir. Kavite dezenfektanı olarak kullanıldığında rezinlerin polimerizasyonunu bozduğu ve kollajen yapıyı bozarak hibrit tabakasının oluşumunu önlediği bildirilmiştir (144,145).

2.6.3. Hidrojen Peroksit

Su ve alkolde çözünebilen, renksiz, kokusuz antibakteriyel ajandır. Bakteri, mantar ve virüsler üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (146,147). H_2O_2 içerdiği hidroksil radikallerinin oksidasyonu ile dezenfeksiyon sağlamaktadır. Hücre zarı ve DNA hasarı oluşturarak antibakteriyel etki göstermektedir (148).

Katalaz aktivitesine sahip olmayan bakteriler peroksiti inhibe edemedikleri için H_2O_2'ye karşı duyarlıdır (146). *S. mutans* üzerinde yapılan bir araştırmada %3'lük H_2O_2'nin en yüksek düzeyde antibakteriyel etki gösterdiği bildirilmiştir (147).

H_2O_2, hidrolizi sonucu su ve oksijen açığa çıkartmaktadır. Açığa çıkan oksijen rezin materyallerin polimerizasyonunu bozmaktadır. Bu sebeple mikrosızıntı üzerine olumsuz etkileri olduğunu gösteren birçok çalışma bildirilmiştir (149-151).

2.6.4. Benzalkolyum Klorür

Kuaterner amonyum grubu içeren geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivitesi olan katyonik ajandır (152). Fakat aktivitesinin CHX'e göre daha az olduğu bildirilmiştir (153). CHX gibi dokularda uzun süre tutunarak rezidüel etkinlik göstermektedir. Hücre duvarındaki fosfat gruplarına ve hücre zarındaki lipopolisakkaritlere bağlanarak zarın geçirgenliğini bozar ve böylece bakterisidal etki gösterir (154).

Kavite dezenfektanı olarak %0,4;1,6'lık konsantrasyonlarda kullanılmaktadır (155). Kavitenin solüsyon ile silinmesi ve 30-60 saniye bekletildikten sonra sprey ile kurutulmasının dezenfeksiyon için yeterli olacağı bildirilmiştir (156). Ortamın asidik olması ve ortamda organik bileşiklerin bulunmasının etkinliğini azaltacağı ifade edilmiştir (157). Adezyonu olumsuz yönde etkileyen MMP'lerin inhibe edilmesinde CHX gibi etkili olduğu gösterilmiştir (139).

2.6.5. İyodin Solüsyonları

İyodin solüsyonları, 1800'lü yıllardan beri antiseptik özelliğinden faydalanmak için kullanılmaktadır. Gram (+) ve gram (-) bakterilere karşı bakterisid etki gösterirken, virus ve mantarlara karşı etkileri çok düşüktür (135,158,159). Bakteri hücre duvarı üzerindeki elektron taşınma zincirini bozarak antibakteriyel etki göstermektedir (158). Yüzde ikilik konsantrasyonun bakterisid etki gösterdiği ispatlanmıştır. Bu yüzden kavite dezenfektanı olarak etkili bir şekilde kullanılabileceği ifade edilmiştir (160).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Randomize kontrollü in-vitro çalışma olarak planlanan araştırmamızın etik kurul onayı, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 18.06.2021 tarih ve 2021/21 sayılı toplantısında görüşülerek 46418926-050.01.04--44723 karar örneği ile alınmıştır (EK-1). Araştırmamız Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Validebağ Deneysel Tıp araştırma ve Uygulama Merkezi, İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi ve Hacettepe Üniversitesi İleri Teknolojiler Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan tüm materyallerin temini Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi desteğiyle 2022/158 nolu proje kapsamında sağlanmıştır.

3.1. DENEY ÖNCESİ HAZIRLIK

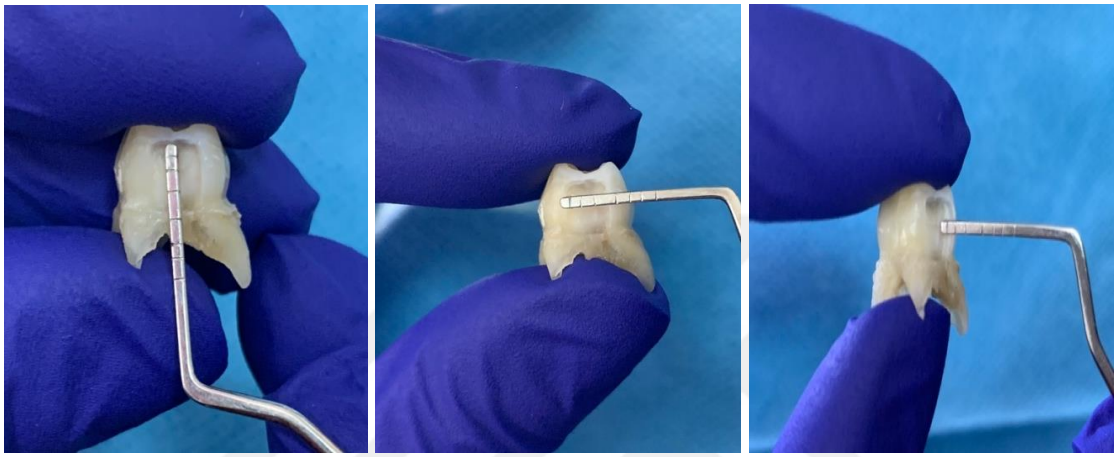
3.1.1. Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi

Çalışmamız ile ilgili G*Power 3.1 programı ile yapılan güç analizinde çalışma gruplarının mikrosızıntı için etki büyüklüğü 0,71 bulunmuştur. Buna göre α=0,05 anlamlılık düzeyinde ve güç değeri 0,80 alınarak yapılan örneklem genişliği analizinde toplam alınması gereken örnek sayısı 126 olarak belirlenmiştir. Çalışmamıza kayıp oranı göz önüne alınarak 144 örnek dahil edilmesine karar verilmiştir.

3.1.2. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda periodontal nedenlerle, ortodontik amaçlı veya düşme yaşı geldiği için çekilen, fizyolojik rezorpsiyonu furkasyona ulaşmamış, kırık veya çatlak bulunmayan, aproksimal yüzeyleri çürük veya restorasyon içermeyen 144 adet süt molar diş kullanılmıştır. Her bir grupta 24 diş olacak şekilde 6 grupta toplam 144 diş randomize edilmiştir. Çekim öncesi ailelere gerekli bilgilendirmeler yapılarak gönüllü onam formları (EK-2) imzalatılmıştır. Çekilen dişlerin üzerlerindeki doku artıkları temizlendikten sonra toplama sürecinde dişler salin solüsyonunda oda sıcaklığında bekletilmiştir.

Çekilmiş dişlerin aproksimal yüzeylerine açılacak kaviteler bukko-lingual genişlikleri 4 mm, mezio-distal genişlikleri 2 mm, oklüzo-gingival derinliği mine sement sınırının 1 mm apikalinden başlayarak 4 mm olacak şekilde standardize edilmiştir. Kavite genişlikleri periodontal sond kullanarak ölçülmüştür (Resim 3.1). Frezlerin yüzeylerindeki elmas partiküller aşındığı için her beş kaviteden sonra frez yenilenmiştir.



Resim 3.1: Kavite boyutlarının ölçülmesi

3.2. DENEY SÜRECİ

3.2.1. Deney Gruplarının Oluşturulması

Grup 1'e restorasyonlar yapılmadan önce kaviteye CHX uygulanacak grup olarak belirlenmiştir. Grup 1A'ya Activa Pronto (Pulpdent, Massachusetts, ABD), Grup 1B'ye Activa BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD), Grup 1C'ye Activa Kids BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD) materyalleri uygulanmıştır.

Grup 2 CHX uygulanmayacak kontrol grubu olarak belirlenmiş, Grup 2A'ya Activa Pronto (Pulpdent, Massachusetts, ABD), Grup 2B'ye Activa BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD), Grup 2C'ye Activa Kids BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD) materyalleri uygulanmıştır (Tablo 3.1).

Tablo 3.1: Çalışma grupları

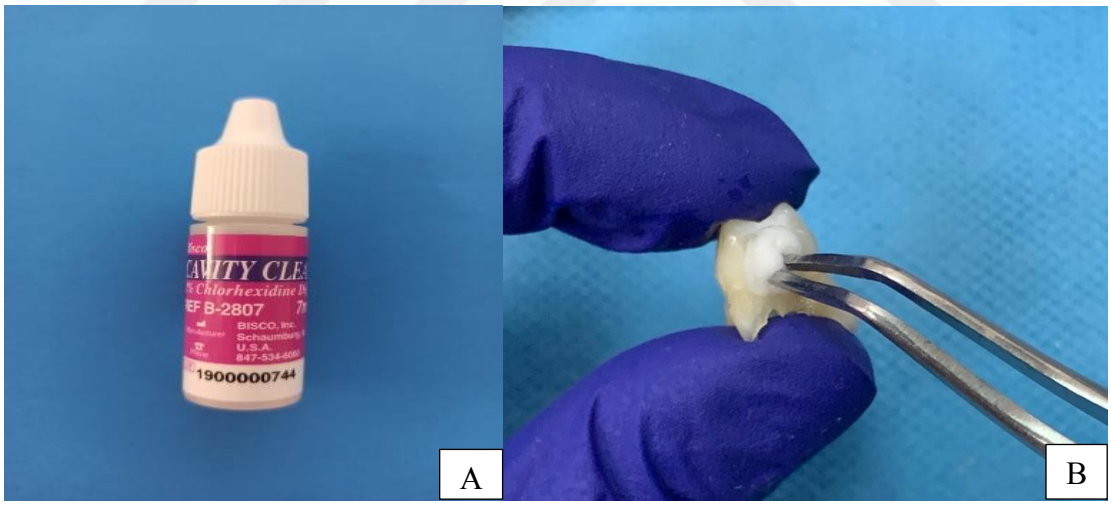
	GRUP 1	GRUP 2
A	CHX + Activa Pronto	Activa Pronto
B	CHX + Activa BioActive Restorative	Activa BioActive Restorative
C	CHX + Activa Kids BioActive Restorative	Activa Kids BioActive Restorative

3.2.2. Klorheksidin ve Activa Pronto (Grup 1A)

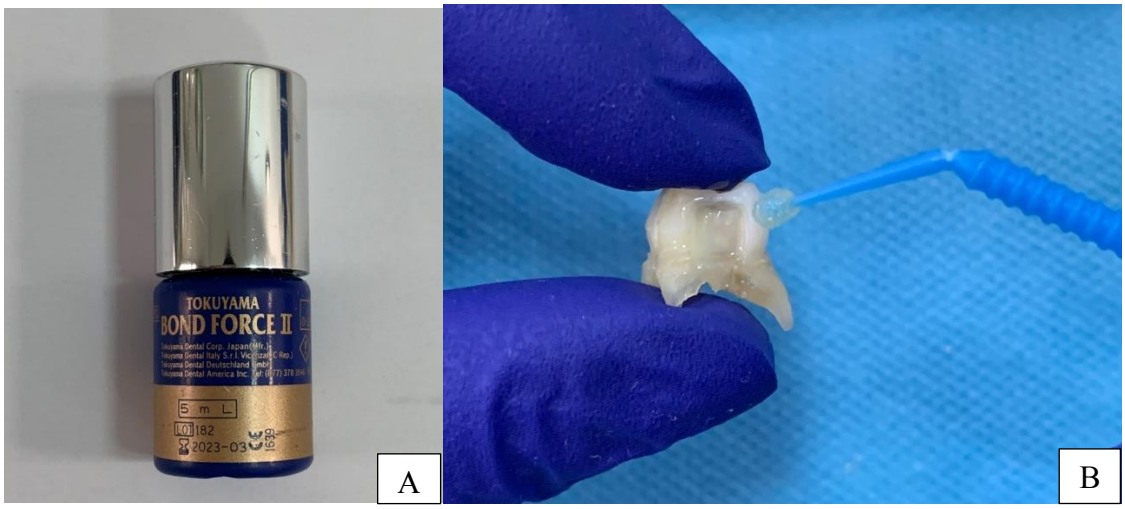
Kaviteleri hazırlanan dişlerin mine kenarlarına %37'lik ortofosforik asit (Pulpdent, Massachusetts, ABD) 30 saniye uygulandı (Resim 3.2). Daha sonra dişler 30 saniye yıkandı ve hafif hava ile kurutuldu. Bütün kavite duvarlarına %2'lik klorheksidin glukonat içeren Cavity Cleanser (Bisco, Schaumburg, ABD) 60 saniye uygulandı (Resim 3.3) ve 10 saniye hafif hava ile kurutuldu. Kavitelere Tokuyama Bond Force II (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) marka self-etch adeziv üretici firmanının talimatları doğrultusunda tek aplikatörle yüzeye 15 saniye boyunca uygulandı (Resim 3.4). Uygulamanın ardından 10 saniye beklenildi ve devamında 5 saniye boyunca hafif derecede hava ile kurutma yapıldı. Daha sonra yüzeyden 2 mm mesafede olacak şekilde 3M ESPE Elipar S10 (3M, Minnesota, ABD) ışık cihazı ile polimerize edildi (Resim 3.5).



Resim 3.2: Çalışmada kullanılan asit (A) ve uygulanması (B)



Resim 3.3: Kullanılan klorheksidin glukonat (A) ve uygulanması (B)



Resim 3.4: Kullanılan adeziv (A) ve uygulanması (B)



Resim 3.5: Çalışmada kullanılan ışık cihazı

Son olarak Activa Pronto (Pulpdent, Massachusetts, ABD) üretici firmanın talimatları doğrultusunda 2 mm katmanlar şeklinde tabakalandı ve her bir tabaka 20 saniye ışıklanarak polimerizasyon tamamlandı (Resim 3.6).



Resim 3.6: Activa Pronto dental materyalinin uygulanması

3.2.3. Klorheksidin ve Activa BioActive Restorative (Grup 1B)

Kaviteleri hazırlanan dişlerin mine kenarlarına %37'lik ortofosforik asit (Pulpdent, Massachusetts, ABD) 30 saniye uygulandı. Daha sonra dişler 30 saniye yıkandı ve hafif hava ile kurutuldu. Bütün kavite duvarlarına %2'lik klorheksidin glukonat içeren Cavity Cleanser (Bisco, Schaumburg, ABD) 60 saniye uygulandı ve 10 saniye hafif hava ile kurutuldu. Kavitelere Tokuyama Bond Force II (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) marka self-etch adeziv üretici firmanının talimatları doğrultusunda tek aplikatörle yüzeye 15 saniye boyunca uygulandı. Uygulamanın ardından 10 saniye beklenildi ve devamında 5 saniye boyunca hafif derecede hava ile kurutma yapıldı. Daha sonra yüzeyden 2 mm mesafede olacak şekilde 3M ESPE Elipar S10 (3M, Minnesota, ABD) ışık cihazı ile polimerize edildi.

Son olarak Activa BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD) üretici firmanın talimatları doğrultusunda 2 mm katmanlar şeklinde tabakalandı ve her bir tabaka 20 saniye ışıklanarak polimerizasyon tamamlandı (Resim 3.7).



Resim 3.7: Activa BioActive Restorative materyalinin uygulanması

3.2.4. Klorheksidin ve Activa Kids BioAcitive Restorative (Grup 1C)

Kaviteleri hazırlanan dişlerin mine kenarlarına %37'lik ortofosforik asit (Pulpdent, Massachusetts, ABD) 30 saniye uygulandı. Daha sonra dişler 30 saniye yıkandı ve hafif hava ile kurutuldu. Bütün kavite duvarlarına %2'lik klorheksidin glukonat içeren Cavity Cleanser (Bisco, Schaumburg, ABD) 60 saniye uygulandı ve 10 saniye hafif hava ile kurutuldu. Kavitelere Tokuyama Bond Force II (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) marka self-etch adeziv üretici firmanının talimatları doğrultusunda tek aplikatörle yüzeye 15 saniye boyunca uygulandı. Uygulamanın ardından 10 saniye beklenildi ve devamında 5 saniye boyunca hafif derecede hava ile kurutma yapıldı. Daha sonra yüzeyden 2 mm mesafede olacak şekilde 3M ESPE Elipar S10 (3M, Minnesota, ABD) ışık cihazı ile polimerize edildi.

Son olarak Activa Kids BioActive Restorative (Pulpdent, Massachusetts, ABD) üretici firmanın talimatları doğrultusunda 2 mm katmanlar şeklinde tabakalandı ve her bir tabaka 20 saniye ışıklanarak polimerizasyon tamamlandı (Resim 3.8).



Resim 3.8: Activa Kids BioActive Restorative materyalinin uygulanması

3.2.5. Klorheksidin Uygulanmayan Gruplar (Grup 2A, 2B, 2C)

Diş kavitelerinin mine kenarları %37'lik ortofosforik asit (Pulpdent, Massachusetts, ABD) 30 saniye uygulandıktan sonra 30 saniye yıkandı ve hafif hava ile kurutuldu. Kavitelere Tokuyama Bond Force II (Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya) marka self-etch adeziv üretici firmanının talimatları doğrultusunda tek aplikatörle yüzeye 15 saniye boyunca uygulandı. Uygulamanın ardından 10 saniye beklendi ve devamında 5 saniye boyunca hafif derecede hava ile kurutma yapıldı. Daha sonra yüzeyden 2 milimetre mesafede olacak şekilde 3M ESPE Elipar S10 (3M, Minnesota, ABD) ışık cihazı ile polimerize edildi.

Son olarak restoratif materyaller üretici firmanın talimatları doğrultusunda 2 mm katmanlar şeklinde tabakalandı ve her bir tabaka 20 saniye ışıklanarak polimerizasyon tamamlandı.

Grup 2 kontrol grubu olarak planlandı ve dişlere klorheksidin glukonat uygulaması yapılmadı.

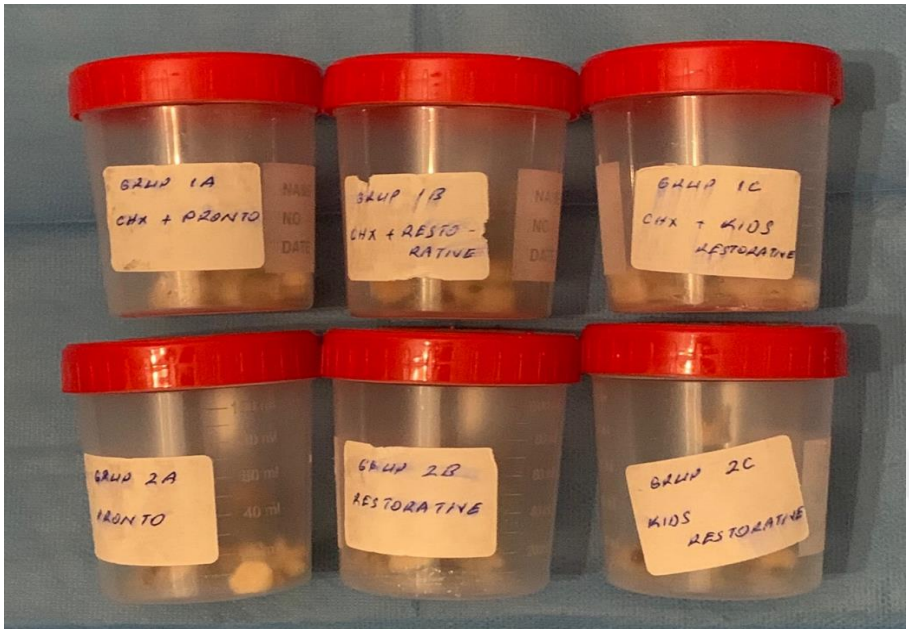
Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri Tablo 3.2'de belirtilmiştir.

Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan materyaller ve içerikleri

MATERYAL	İÇERİK	ÜRETİCİ FİRMA
Cavity Cleanser	%2 Klorheksidin glukonat	Bisco, Schaumburg, ABD
Tokuyama Bond Force II	Fosforik asit monomeri, 3D-SR monomeri, HEMA, BİS-GMA, TEGDMA, Kamforokinon, Alkol, Su, ph: 2,8	Tokuyama Dental, Tokyo, Japonya
Etch Royale	%37 fosforik asit	Pulpdent, Watertown, MA ABD
Activa Pronto	Diüretan karışımı ve diğer metakrilat rezinler, amorföz doldurucu silika, hidrofilik ve kauçuk rezin	Pulpdent, Watertown, MA ABD
Activa Kids Restorative	Metakrilat ve diüretan karışımı ile modifiye edilmiş poliakrilik asit, reaktif cam partiküller, inorganik doldurucular, sodyum florid, embrace rezin, su	Pulpdent, Watertown, MA ABD
Activa Restorative	Metakrilat ve diüretan karışımı ile modifiye edilmiş poliakrilik asit, reaktif cam partiküller, inorganik doldurucular, sodyum florid, embrace rezin, su	Pulpdent, Watertown, MA ABD

3.2.6. Örneklerin Termal Döngü Cihazına Aktarılması

Restorasyonu tamamlanan dişler 24 saat deiyonize suda bekletildi (Resim 3.9). Ağız ortamının günlük ısı değişikliklerini taklit edebilmek amacıyla dişler Salubris-Technica (Delta, Massachusetts, ABD) termal döngü cihazına alındı (Resim 3.10). 5°C ve 55°C olarak ayarlanan ısı banyolarının her birinde 25 saniye olacak şekilde bekletildi, transfer süresi 20 saniye olarak belirlendi ve 5000 tekrar yapıldı.



Resim 3.9: Örneklerin deiyonize suda bekletilmesi

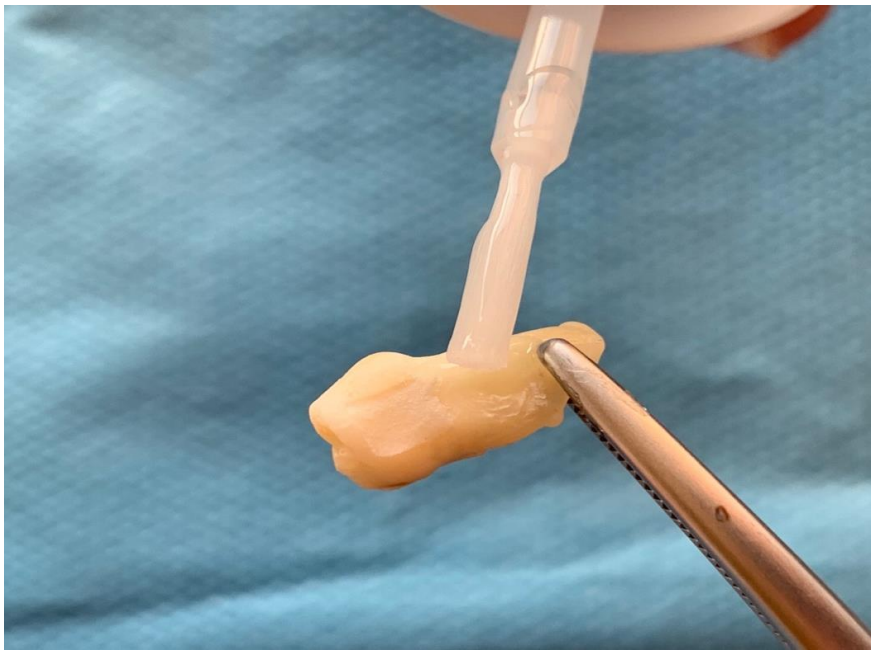


Resim 3.10: Kullanılan termal döngü cihazı

Termal döngü cihazıyla yaşlandırma deneyi tamamlanan dişlerin kök uçları metilen mavisi penetrasyonunun sadece restorasyon marjinlerinden olmasını sağlamak amacıyla kompozit ile kapatıldı (Resim 3.11). Restorasyonların marjininden 1 milimetre mesafe bırakılarak bütün diş yüzeyi iki kat olacak şekilde şeffaf tırnak cilasıyla kaplandı (Resim 3.12).



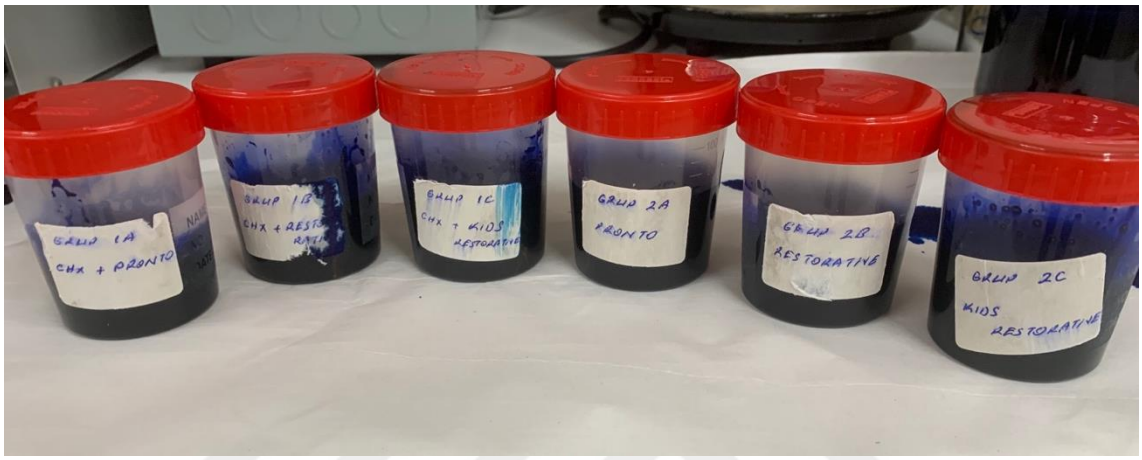
Resim 3.11: Kök uçlarının kompozitle kapatılması



Resim 3.12: Diş yüzeyinin tırnak cilasıyla kaplanması

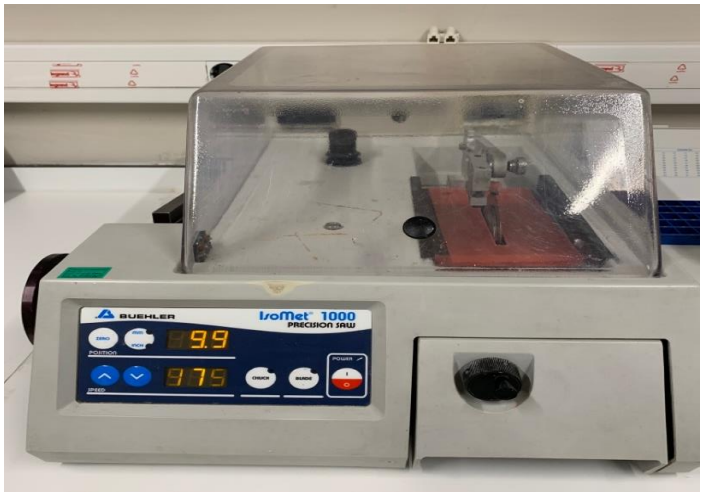
3.2.7. Örneklerin Stereomikroskop ile İncelemesi

Isı banyosundaki döngünün tamamlanmasından sonra inceleme aşamasında sızıntı derecesinin daha doğru sonuçlanması için diş sert dokuları ve restorasyonlarla kontrast bir renge sahip olan metilen mavisi solüsyonu kullanıldı (Resim 3.13). Dişler %0,5'lik metilen mavisi solüsyonunda 24 saat 37°C'de bekletildi.



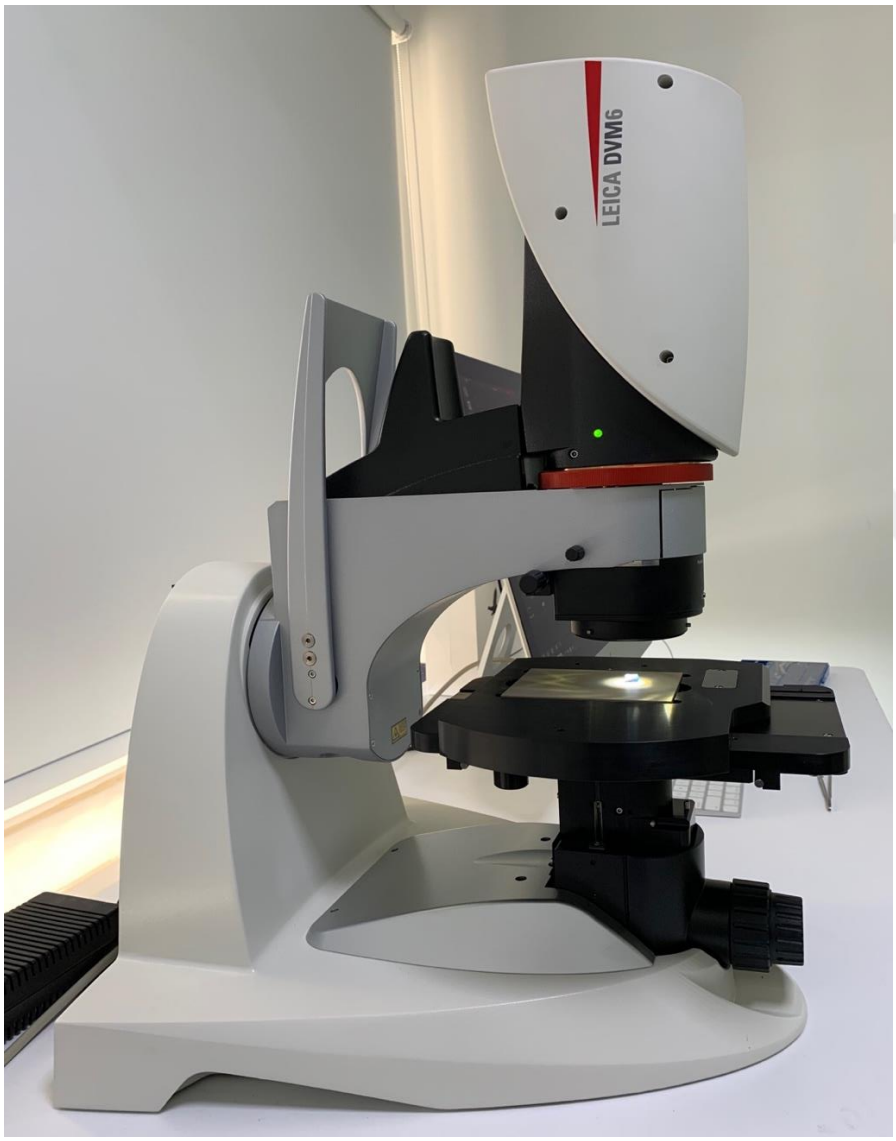
Resim 3.13: Örneklerin metilen mavisi solüsyonunda bekletilmesi

Daha sonra dişler mezio-distal yönde restorasyonun merkezinden geçecek şekilde dişin uzun aksına paralel olarak Buehler IsoMet 1000 (Buehler, Leinfelden-Echterdingen, Almanya) cihazında su soğutması altında elmas separe ile kesildi (Resim 3.14).



Resim 3.14: Kullanılan hassas kesim cihazı

Kesilen dişler mikrosızıntı derecesinin incelenmesi için Leica DVM6 (Pennsylvania, Washington, DC, ABD) cihazında incelendi (Resim 3.15). Kesiti alınan dişler 120X büyütmede incelendi. İncelemelerde gingival basamaktaki mikrosızıntı değerlerine bakıldı. Mikrosızıntı miktarına göre 0 ile 3 arasında örnekler skorlandı (Tablo 3.3).



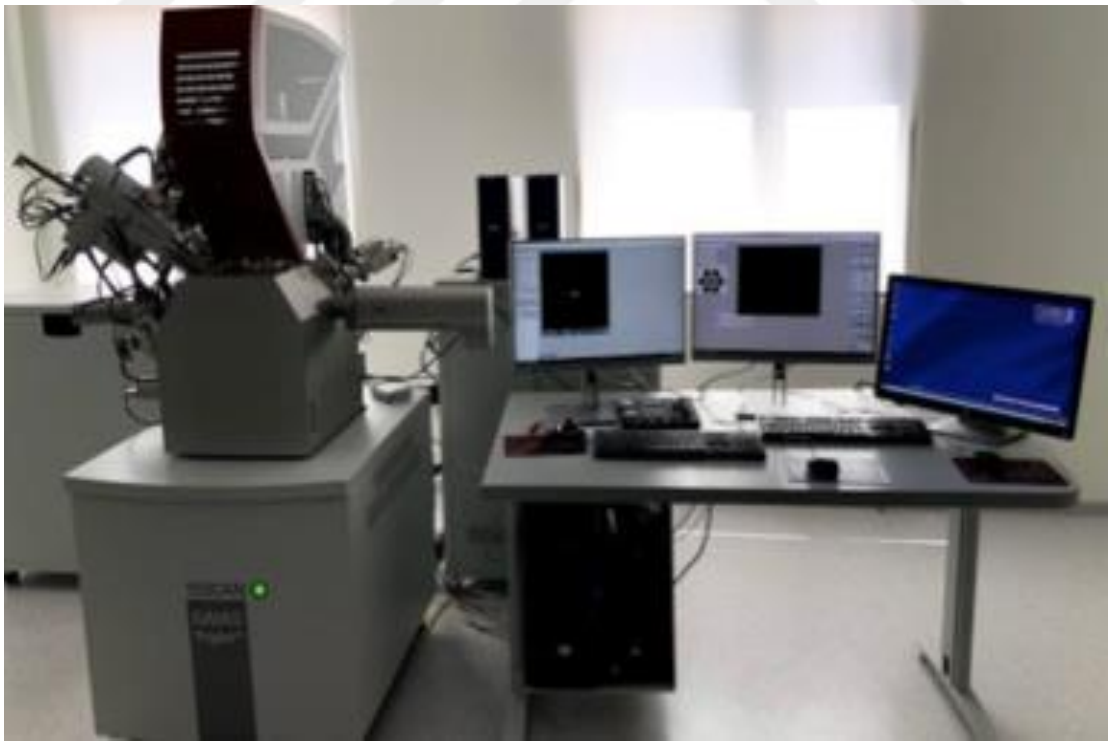
Resim 3.15: Kullanılan stereomikroskop

Tablo 3.3: Mikrosızıntı miktarının derecelendirilmesi

SKOR	PENETRASYON DERİNLİĞİ
0	Penetrasyon yok
1	Gingival basamakta en fazla 1 milimetre penetrasyon
2	Gingival basamakta 1 milimetreyi geçen penetrasyon
3	Aksiyal duvarı içine alan boya penetrasyonu

3.2.8. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobu ile İncelenmesi

Stereomikroskop incelemesi tamamlanan diş örneklerinin marjinal boşluk oluşum değerleri taramalı elektron mikroskobunda (SEM) (Tescan, GAIA3+Oxford XMax 150 EDS) yapılmıştır (Resim 3.16).



Resim 3.16: Kullanılan taramalı elektron mikroskobu

Örneklerin incelemeye hazır duruma gelmesi ve yüzey temizliği amacıyla etanol uygulaması yapılmıştır. Örnekler sırasıyla %80 etanol + %90 etanol + %100 etanol + %100 etanol + %100 aseton + %100 aseton içerisinde 5'er dakika olacak şekilde bekletilmiştir. Daha sonra kurutma işlemi için 24 saat boyunca 37°C'de bekletilmiştir. Kurutulan örneklerin yüzeyleri 5 nm kalınlığında platin ile kaplanmıştır. SEM cihazına yerleştirilen örnekler vakumlanarak X1000 ve X7500 büyütme altında incelenip fotoğraflanmıştır.

3.3. İSTATİSTİKSEL İNCELEME

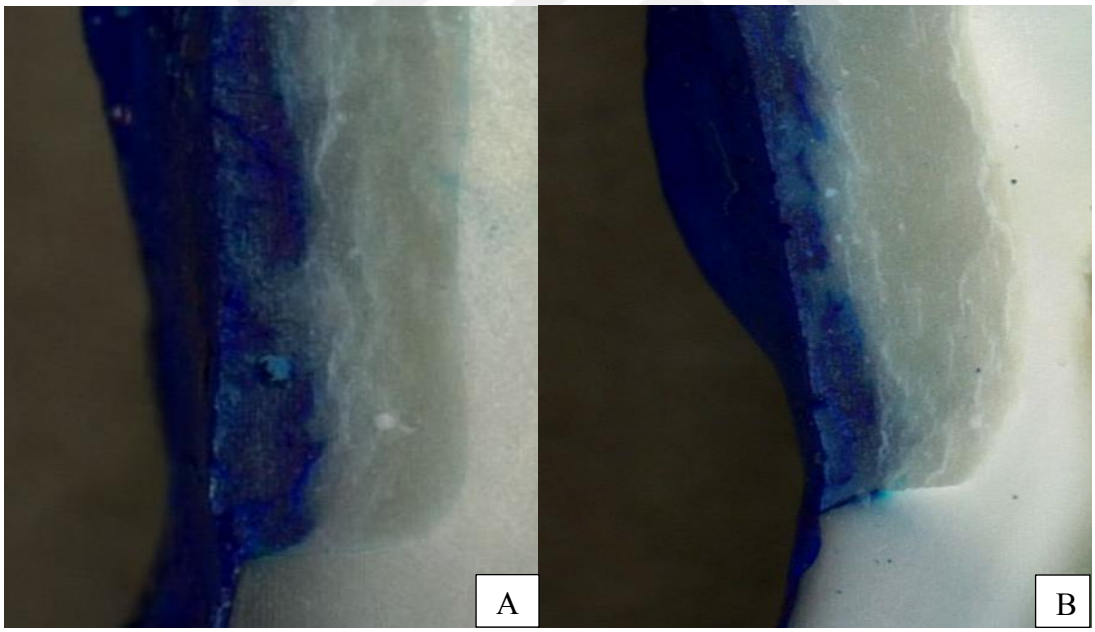
Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics 22 programı kullanıldı. Parametrelerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile değerlendirilmiş ve parametrelerin normal dağılım göstermediği saptanmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Kruskal Wallis testi ve farklılığa neden çıkan grubun tespitinde Dunn's test kullanıldı. Parametrelerin iki grup arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U test kullanıldı. Anlamlılık $p< 0,05$ düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

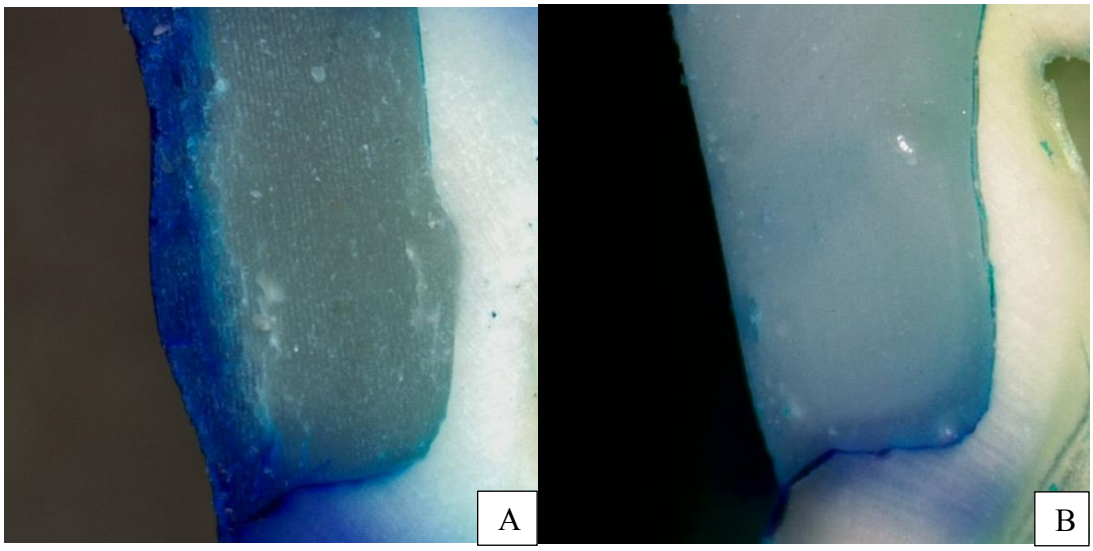
Çalışmamızda 3 farklı restoratif materyalin, kavitelere klorheksidin uygulanması sonrası mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşum değerleri üzerine etkisi stereomikroskop ve SEM ile incelenmiştir. Elde edilen bulgular aşağıda sunulmaktadır.

4.1. Mikrosızıntı Testi Bulguları

Çekilmiş süt molar dişlere sınıf II kaviteler açılarak yapılan restorasyonların kesitleri stereomikroskopta incelendi. Örneklerin gingival basamak mikrosızıntı skorlarının dağılımı tabloda gösterildi (Tablo 4.1). Stereomikroskop ile incelen mikrosızıntı derecelerine göre 0 ve 1 skoru alan örnekler (Resim 4.1) ile 2 ve 3 skoru alan örneklerin (Resim 4.2) görüntüleri eklendi.



Resim 4.1: Mikrosızıntı skoru 0 (A) ve 1 (B) olan örnekler



Resim 4.2: Mikrosızıntı skoru 2 (A) ve 3 (B) olan örnekler

Tablo 4.1: Mikrosızıntı deneyi skorları

Örnekler	GRUP 1A	GRUP 1B	GRUP 1C	GRUP 2A	GRUP 2B	GRUP 2C
1	2	1	3	2	3	2
2	1	1	3	2	2	3
3	2	2	2	1	2	1
4	3	2	2	3	3	2
5	1	3	1	2	2	2
6	0	3	2	2	3	2
7	0	1	1	1	2	2
8	1	2	2	0	3	3
9	3	3	2	2	1	1
10	2	1	3	2	0	2
11	2	3	2	1	2	2
12	1	2	1	1	2	3
13	1	2	2	2	3	3
14	0	2	2	1	1	2
15	1	3	3	1	2	3
16	1	3	1	1	3	3
17	3	1	2	2	3	3
18	2	0	2	2	2	2
19	0	2	2	1	2	2
20	0	2	2	1	2	2
21	1	2	2	1	3	1
22	1	3	2	2	3	1
23	0	1	3	1	2	2
24	1	0	2	2	3	2

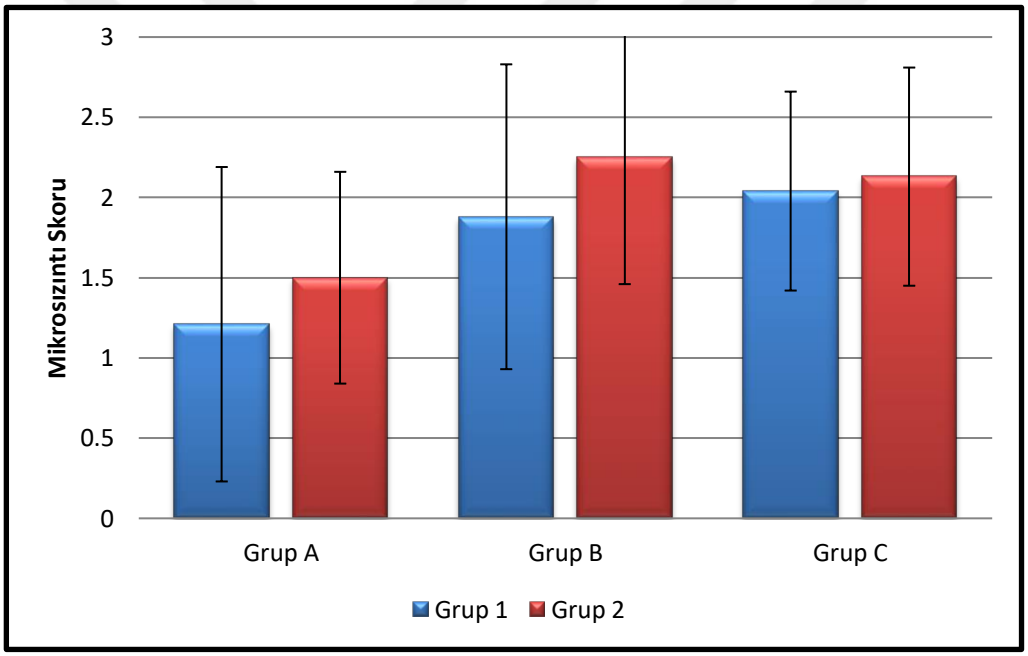
Gruplara ait mikrosızıntı sonuçlarına ait değerlendirme sonuçları Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Grupların mikrosızıntı skorlarının değerlendirilmesi

	Mikrosızıntı Skoru						
	Grup A		Grup B		Grup C		
	Min-Max	Ort±SS (medyan)	Min-Max	Ort±SS (medyan)	Min-Max	Ort±SS (medyan)	[1]p
Grup 1	0-3	1,21±0,98 (1)^{Aa}	0-3	1,88±0,95 (2)^{Ba}	1-3	2,04±0,62 (2)^{Ba}	0,005*
Grup 2	0-3	1,50±0,66 (2)^{Aa}	0-3	2,25±0,79 (2)^{Ba}	1-3	2,13±0,68 (2)^{Ba}	0,001*
[2]p		0,172		0,150		0,641	

*[1]Kruskal Wallis Test [2]Mann Whitney U Test *p< 0,05*

Satırlardaki farklı büyük harfler dolgu materyalleri arasındaki farklılığı göstermektedir. Sütunlardaki küçük harfler gruplar arası farklılığı göstermektedir.



Şekil 4.1: Grupların mikrosızıntı skorları

Grup 1'de; dolgu materyallerinin mikrosızıntı skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p: 0,005; p< 0,05). Anlamlılığın tespiti için yapılan post hoc Dunn's test sonucunda; Grup A'nın sızıntı skoru, Grup B (p: 0,041) ve Grup C'den (p: 0,007) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (p< 0,05). Grup B ve Grup C arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p> 0,05).

Grup 2'de; dolgu materyallerinin mikrosızıntı skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p: 0,001; p< 0,05). Anlamlılığın tespiti için yapılan post hoc Dunn's test sonucunda; Grup A'nın sızıntı skoru, Grup B (p: 0,001) ve Grup C'den (p: 0,015) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (p< 0,05). Grup B ve Grup C arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p> 0,05).

Grup A'da; Grup 1 ve Grup 2 arasında mikrosızıntı skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p: 0,172; p> 0,05).

Grup B'de; Grup 1 ve Grup 2 arasında mikrosızıntı skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p: 0,150; p> 0,05).

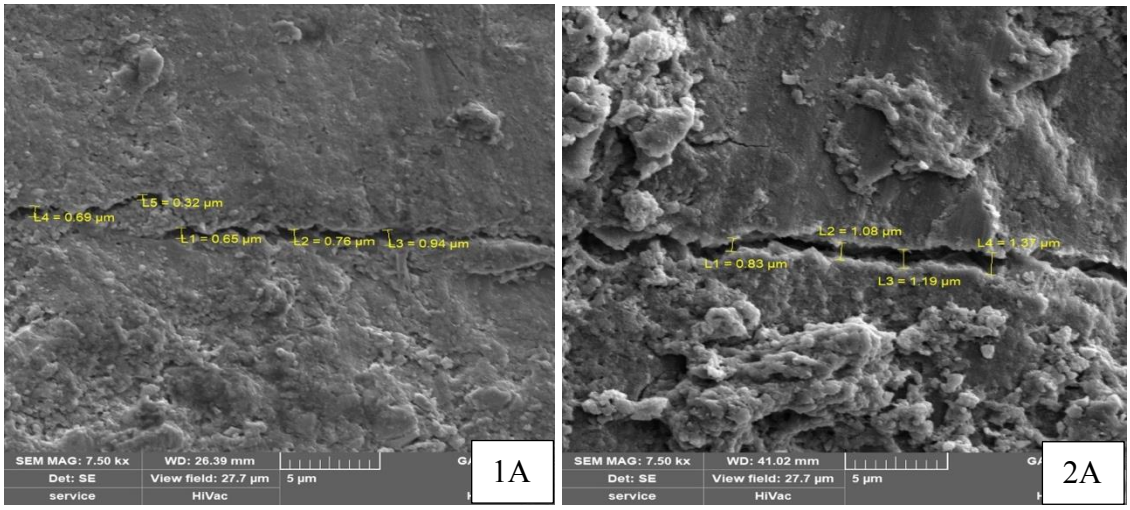
Grup C'de; Grup 1 ve Grup 2 arasında mikrosızıntı skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p: 0,641; p> 0,05).

CHX, uygulanan her grupta kontrol grubuna göre mikrosızıntı skorlarında düşüş görülmüştür. Fakat istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır (Şekil 4.1).

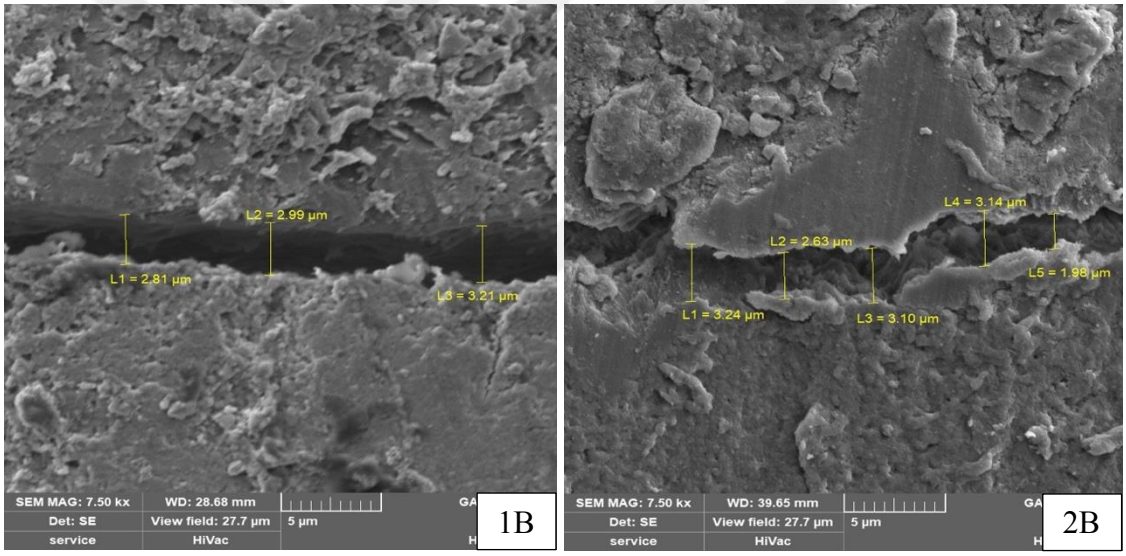
4.2. Taramalı Elektron Mikroskobu Görüntülerinin Analiz Bulguları

SEM analizinde kesit alınan diş örneklerinin marjinal boşluk oluşum miktarları 1000x ve 7500x büyütme altında incelenmiştir. 6 grup içerisinde mikrosızıntı skoru 3 olan örnekler arasından rastgele seçim yapılarak mikroskop altında görüntüleme yapılmıştır.

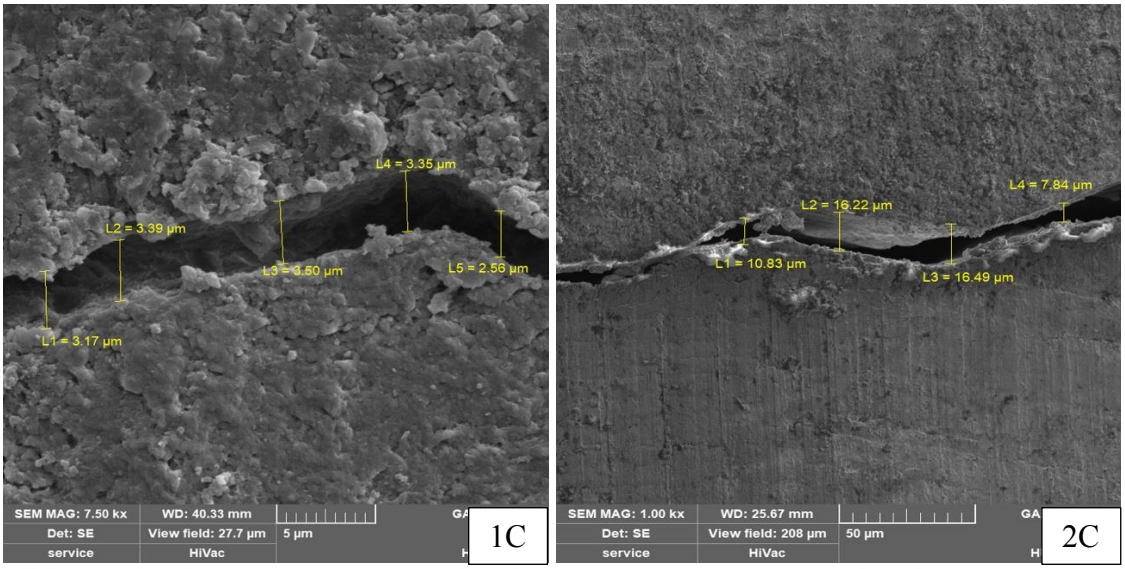
Her grup için mikrosızıntı skorları en fazla olan örnekler arasından rastgele yapılan SEM incelemesinde A grubunun (Resim 4.3) marjinal boşluk oluşum miktarının B (Resim 4.4) ve C grubuna (Resim 4.5) göre daha az olduğu görülmüştür. Grupların kendi içerisinde marjinal boşluk oluşum miktarlarının birbirlerine yakın görülmüştür.



Resim 4.3: Klorheksidin+Activa Pronto grubu (1A) ve Activa Pronto grubunun (2A) 7500X büyütmedeki SEM görüntüleri



Resim 4.4: Klorheksidin+Activa BioActive-Restorative grubu (1B) ve Activa BioActive-Restorative grubunun (2B) 7500X büyütmedeki SEM görüntüleri



Resim 4.5: Klorheksidin+Activa Kids BioActive-Restorative grubu 7500X (1C) ve Activa Kids BioActive-Restorative grubunun (2C) 1000X büyütmedeki SEM görüntüleri

5. TARTIŞMA

Diş hekimliğinde restoratif materyaller sürekli olarak geliştirilmektedir. Bu geliştirmelerin amacı, diş dokularında kullanılabilecek en ideal restoratif materyallere ulaşmaktır. İçerik ve özellikleri değiştirilerek farklı materyal üretim çalışmaları günümüzde de davem etmektedir. Bu anlamda en çok kullanılan restoratif materyaller kompozit rezinler olduğu bildirilmiştir (161). Ancak kompozitler de diğer polimer içerikli materyaller gibi polimerizasyon büzülmesi gösterdiği ve bu durumun klinik başarısızlıkta önemli bir etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (6,162,163).

Polimerizasyon büzülmesi ve oluşan mikrosızıntı sonucunda postoperatif hasssiyet, kenar uyumunda bozulma, sekonder çürükler, pulpa iltihabı ve nekrozu gibi istenmeyen klinik problemlerin ortaya çıktığı bilinmektedir (6,8,164-166). Klinik sorunları en aza indirmek amacıyla materyaller üzerinde yapılan geliştirmeler sürekli devam etmektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların içerisinde restoratif materyallere biyoaktif özellikler kazandırılmaya çalışılması da uzun yıllardır devam etmektedir.

Biyoaktif materyaller, canlı doku veya hücreler üzerinde bir etki ve bu etkiye karşılık yanıt oluşmasını sağlayan materyaller olarak tanımlanmıştır (167). Bu tanım ilk kez Larry Hench tarafından 1969 yılında sert ve yumuşak dokulara bağlanabilen, sıvı temasında hidroksiapatiti çökeltebilen bir materyal geliştirdiğinde kullanılmıştır (47). Biyoaktif materyallerin, remineralizasyonda ve diş dokuları ile restoratif materyaller arasında hidroksiapatit benzeri yapılar oluşmasında etkili olduğu bildirilmiştir. Bu sayede doku onarımında ve yenilenmesinde rol oynadığı ifade edilmiştir (52,168).

Literatür incelendiğinde Activa Kids ve Activa Restorative ile yapılan ayrı ayrı mikrosızıntı çalışmaları bulunmaktadır (169-177). Fakat beraber yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ayrıca daha çok yeni olan Activa Pronto materyali ile yapılan herhangi bir mikrosızıntı çalışması bulunamamıştır. Bu nedenle çalışmamızda biyoaktif içerikli rezin materyaller olan Activa Pronto, Activa Kids ve Activa Restorative'in kavite dezenfektanı olarak CHX uygulanmasının süt dişlerindeki mikrosızıntı skorları üzerine etkisinin in vitro koşullarda değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yeni üretilen restoratif materyallerin mekanik ve kimaysal özelliklerini, klinik kullanım ömürleri, avantaj ve dezavantajları hakkında bilgi sahibi olabilmek için in vitro

çalışmaların yapılmasına ihtiyaç olduğu bilinmektedir. İn vitro çalışmalar, daha hızlı sonuç alınabilmesi, çalışma maliyetinin düşük olması ve çalışmanın kolay planlanması gibi avantajlara sahip çalışma modelleridir. Bu yüzden diş hekimliği çalışmalarında in vivo çalışmalara göre daha fazla tercih edilmektedir (80). Fakat ağız ortamının mekanik streslerini, termal değişikliklerini, mikroorganizma ve tükürük etkilerini yansıtamaması in vitro çalışmaların dezavantajları arasında görülmektedir (86,178,179). İn vitro çalışmaların klinik çalışmalarla beraber yürütülmesi gerektiği ifade edilmiştir (179). Materyallerin bütün fiziksel özelliklerinin in vivo olarak test edilemeyeceği, düzgün planlanmış in vitro çalışmaların in vivo çalışmalarla benzer sonuçlar gösterdiği belirtilmiştir. Yapılan bir çalışmada in vivo ve in vitro çalışmaların arasında fark olmadığı gösterilmiştir (180). Başka bir çalışmada diş ve restorasyon arasındaki boya penetrasyonunun in vitro çalışmada in vivo çalışmaya göre daha fazla olduğu gösterilmiştir (181). İn vitro çalışmalar, klinik çalışmaların temelini oluşturduğu, farklı parametrelerin değerlendirildiği ve araştırmacıların hızlı sonuçlar alabildiği önemli çalışma metodlarıdır (179,182). Bu sebepler göz önüne alınarak çalışmamız in vitro olarak planlanmıştır.

Activa restoratif materyalleri ağız ortamında dinamik bir şekilde iyon alışverişi gerçekleştirmektedir. Kalsiyum, flor ve fosfat iyonu salarlar. Hidroksi apatit benzeri yapı oluşmasını sağladığı ve restorasyon ile diş dokuları arasındaki remineralizasyon sürecini indükleyerek mikrosızıntıya karşı koruma sağladığı ifade edilmiştir. Hidrofilik yapıda materyaller olup aşınmaya ve çözünürlüğe karşı dirençlidirler. Kompozitler kadar dayanıklı olup, flor salınımları cam iyonomer rezinlerden daha yüksektir. Activa materyallerinin BPA ve Bis-GMA içermedikleri bildirilmiştir (183). BPA'nın davranış bozuklukları, prostat ve idrar yolu rahatsızlıkları ve erken ergenlik ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (184). Bu olumsuz etkileri sebebiyle BPA içeren ürünlerin kullanımının çocuklarda en aza indirilmesi önemlidir. Activa ürünlerinin hücre adezyonu ve göçünü uyardığı, rezin modifiye cam iyonomer simanlara göre metabolik aktiviteyi daha fazla arttırdığı gösterilmiştir (185). Süt dişlerinin histolojik ve kimyasal yapısının daimi dişlerden farklı olmasından dolayı süt dişlerinde bağlanma dayanımı daha düşüktür. Daimi dişlerde daha kalın dentin tabakası, yüksek kalsiyum ve fosfor iyonları sayesinde nemin yüksek olması yüksek bağlanma değerlerininin sebebi olarak açıklanmıştır (186). Bu olumlu özellikleri Activa ürünlerinin gelecek vaat eden materyaller olduğunu göstermekte ancak süt dişlerindeki başarısıyla ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Literatür incelendiğinde mikrosızıntı testleri ile ilgili çalışmalar genellikle daimi dişlerle planlandığı görülmektedir. Activa restoratif materyallerin süt dişleri üzerindeki etkilerini görmek ve klinik pratiğinde uygunluğunun değerlendirilmesinde basamak olması açısından çalışmamız süt dişleri üzerinde planlanmıştır.

Çalışmalardan verimli sonuçlar elde edebilmek için çalışmaların belirli standartlarda gerçekleşmesi gerekmektedir. Yapılan 50 çalışmanın incelendiği bir araştırmada, testlerin %88'inde insan dişleri kullanıldığı, dişlerin %70'inin molar dişler olduğu ve testlerin %68'inin restorasyondan 24 saat sonra gerçekleştirildiği bildirilmiştir (187). ISO TR 11405 numaralı raporunda, sığır dişlerini kimyasal ve fiziksel yapısının farklı olması nedeniyle çalışmalarda insan dişlerinin kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceğini bildirmiştir. Bu sebeple daha doğru sonuçlar elde etmek ve karşılaştırmaların etkili yapılabilmesi amacıyla çalışmamızda insan süt molar dişleri kullanılmıştır.

Toplanan dişlerin çalışma yapılana kadar saklanacağı koşullar da standardizasyon açısından önemli bir konudur. Dentinin kimyasal yapısının korunması için bekletme solüsyonunun çeşidi, sıcaklığı ve süresi de önemli bir kriterdir. Yapılan çalışmalarda serum fizyolojik, timol solüsyonu, kloramin solüsyonu gibi çeşitli sıvılar kullanılmıştır. Ancak ISO standartlarında, dişlerin temizlendikten sonra +24°C'de distile su içerisinde bekletilmesinin daha uygun olduğunu belirtilmiştir. Dentinin protein yapısında meydana gelen değişiklikler sebebiyle örneklerin 6 aydan daha kısa sürede çalışmaya dahil edilmesi gerektiği ifade edilmiştir (182). Standartlar göz önünde bulundurularak çalışmamızda kullanılacak dişler de oda sıcaklığında distile su içerisinde bekletilmiş ve en geç 4 ay içerisinde çalışmada kullanılmıştır.

Kavite tasarımındaki değişkenler mikrosızıntı çalışmalarında önemli bir faktördür. Bu farklılıkların adezivin bağlanmasında etkili olduğu belirtilmiştir (188). Pulpaya doğru yaklaşıldıkça tübüllerin çapının ve yoğunluğunun değişeceği bildirilmiştir. Bu durumun mikrosızıntı derecesini etkileyebileceği ifade edilmiştir. Adezivin mine, dentin ve semente bağlanma derecelerinin farklı olmasının da mikrosızıntı miktarını değiştireceği gösterilmiştir (189). Dişlerin servikal alanlarında dentin tübüllerinin kavite tasarımına paralel olmasından dolayı güçlü bir rezin tag bağlantısı sağlanamadığı ifade edilmiştir (89). Bu değişkenler göz önüne alınarak çalışmamızda servikal bölgede kavite tasarımı mine sement birleşim hattının 1 milimetre apikalinde olacak şekilde planlanmıştır.

Süt dişlerinde oluşan çürükler daha çok ara yüzlerde oluşmaktadır. İlk oluşan çürük formu tabanı minede tepesi mine dentin hattında olacak şekilde üçgen formundadır. Tedavi edilmediği durumlarda dentine ve pulpaya doğru yıkıcı olarak yayılmaktadır (190). Süt dişleri restorasyonlarında Sınıf II kaviteler daha konservatif olmaları sebebiyle geleneksel Sınıf II kavite yaklaşımlarına göre daha fazla tercih edilmektedir (191). Geleneksel yaklaşımda gereksiz kaldırılan diş dokularının sonucu olarak posterior dişlerde kırık oluşma ihtimalini arttırdığı ifade edilmiştir (192). Süt molar dişlerde kavite tiplerinin kırılma direnci üzerine etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada güncel kutu kavite tasarımı ile kırlangıç kuyruğu kaviteler arasında kırılma dirençleri açısından anlamlı bir fark bulunamamıştır (193). Adeziv sistemlerdeki gelişmeler dikkate alınarak ve gereksiz diş dokusu kaybını önlemek amacıyla çalışmamızda kutu kavite preperasyonu tercih edilmiştir.

Süt ve daimi diş mineleri fiziksel ve kimyasal olarak farklı yapıdadırlar. Bu durum asitleme protokollerinin de farklı olmasını gerektirmektedir. Süt dişlerinde minenin en dış tabakası olan prizmasız tabakanın asit uygulamalarına karşı daha dirençli olduğu bildirilmiştir (194). Çocuk diş hekimliğinde daha pratik olması ve teknik hassasiyetinin yüksek olmaması sebebiyle self-etch adeziv sistemlerin daha çok tercih edildiği ifade edilmiştir (195). Etch-and-rinse sistemlerde dentinin fazla asitlenmesinin bağlantıyı azalttığı ve kurutma işlemi sırasında uzun süre yapılan kurutmanın kollajen yapının çökmesine neden olduğu bildirilmiştir. Bu durumun işlem sırasında daha fazla teknik hassasiyet gerektirdiği gösterilmiştir (196). Self-etch sistemlerin dentinde smear tabakasını yeterli derecede kaldırdığı fakat minede yeterli adezyon için zayıf kaldığı bildirilmiştir (197). Bu yüzden minenin asistlenmesinin retansiyonu arttıracağı ifade edilmiştir (198,199). Bu bilgiler göz önünde bulundurularak çalışmamızda adeziv uygulamasından önce mine kenarlarının asitlenmesine karar verilmiştir.

Mine üzerinde yapılanan asitleme sürelerinin değerlendirildiği bir çalışmada 15 saniye asitlemenin yeterli olduğu gösterilmiştir (200). Başka bir çalışmada ise 15 saniye asitlemenin yetersiz olduğu ve daha uzun süre asitlenmesi gerektiği bildirilmiştir (201). Yapılan diğer çalışmada %40'lık fosforik asidin 10, 20, 30 ve 60 saniye uygulanmasının mine prizmaları üzerine etkisi incelenmiş ve en uygun sürenin 30 saniye olduğunu belirtmişlerdir (202). Bu bilgiler doğrultusunda çalışmamızda minenin 30 saniye süreyle asitlenmesine karar verilmiştir.

Ağız içerisinde günlük alınan gıdalarla birlikte 0°C ile 67°C arasında sürekli bir ısı değişimi olduğu bildirilmiştir (203). Devamlı olan bu değişim termal genleşme katsayıları farklı olan diş ve restorasyon arasında bir stres oluşturmakta ve bağlantıyı olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple mikrosızıntı çalışmalarında ağız ortamını taklit edebilmek amacıyla termal siklus yöntemi sıklıkla uygulanmaktadır. Bu yöntem termal genleşme katsayıları arasındaki farktan yararlanarak ölçüm yapmayı amaçlamaktadır (116). Gün içerisinde ağız ortamının termal değişimi ortalama 20-50 olarak bildirilmiş ve mikrosızıntı araştırmalarında termal siklus döngüsünün 500 ile 10.000 tekrar arasında olduğu ifade edilmiştir (204,205).

Yapılan bir çalışmada, araştırmacıların %98,7 oranla en çok tercih ettikleri sıcaklıkların 5°C-55°C olduğu, en çok araştırılan döngü sayılarının 250-500 arasında olduğu ve 1000-1500 döngü sayısının %21,3 oranında tercih edildiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada termal siklus yöntemi ile yaşlandırmanın %79,3 oranla en çok tercih edilen yöntem olduğu ifade edilmiştir (206).

Termal siklus etkisinin incelendiği bir çalışmada 500 tekrar siklus uygulanmasının mikrosızıntıyı arttırdığı ifade edilmiştir (89). Yapılan başka bir çalışmada 1000, 5000 ve 10.000 tekrar siklus uygulanmış ve 10.000 tekrarın mikrosızıntıyı önemli derecede arttırdığını diğer gruplar arasında fark olmadığını ifade etmişlerdir (207). Diğer bir çalışmada ise 10.000 tekrar uygulanan grup ile siklusa alınmayan grup arasında fark olmadığı ifade edilmiştir (208). ISO TR 11450 numaralı raporunda 5°C-55°C sıcaklıkta 500-630 tekrarın yaşlandırma için yeterli olacağı bildirilmiştir. Bu çalışmalar göz önünde bulundurularak çalışmamızda termal siklus 5°C-55°C arasında 20 saniye bekleme süresi olacak şekilde 5000 tekrar olarak planlanmıştır.

Mikrosızıntı tespitinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen boya penetrasyon yöntemidir. Bu teknik kolay uygulabilmesi ve maliyetinin düşük olması sebebiyle araştırmacılar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (209). Diş dokusuna veya restorasyona bağlanan boyalar boşluğun daha geniş görünmesine sebep olacağı için mikrosızıntı sonuçlarını etkileyeceklerdir (210). Partikül boyutlarının mikrosızıntı sonuçları üzerinde etkisi olduğu da ifade edilmiştir (211). Çalışmalarda en çok metilen mavisi ve bazik fuksin boyalarının kullanıldığı bildirilmiştir. Molekül boyutlarının küçük olmasından dolayı çalışmalarda en doğru sonuçların metilen mavisi ve bazik fuksin ile elde edileceği söylenmiştir (212,213). Yapılan çalışmalarda

boyar solüsyonda bekletilme süreleri 1 ile 72 saat arasında değiştiği ve bu sürenin sızıntı sonuçlarını etkilemediği bildirilmiştir (214). Yaptığımız çalışmada örneklerin %0,5'lik metilen mavisi solüsyonunda 24 saat bekletilmesine karar verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada mikrosızıntı test sonuçlarının değerlendirilmesinde 2 boyutlu değerlendirme yönteminin %96,7'lik oranla en çok tercih edilen yöntem olduğu bildirilmiştir. Bu yöntemde değerlendirmenin gözlemciye bağlı olması ve sızıntı miktarının elde edilen kesitler dışında incelenme imkanının olmaması gibi dezavantajları bulunmaktadır (206). Bu çalışmada da 2 boyutlu değerlendirme yöntemi kullanılmıştır. Örneklerden mezio distal yönde dişlerin uzun aksına paralel olacak şekilde kesitler elde edilmiştir. Örneklerin stereomikroskopta x120 büyütme altında gingival basamak mikrosızıntı miktarları incelenmiştir.

Diş dokularının incelenmesinde en sık başvurulan yöntemlerden birisi de taramalı elektron mikroskobu kullanımıdır. Boşluk oluşumu, dentin tübülleri, hibrit tabaka oluşumu gibi konular hakkında daha detaylı bilgiye ulaşılabilmektedir (215). Bu yöntemin avantajı, yüksek yakınlaştırma özelliği sayesinde marjinal boşluk ve hibrit tabaka oluşumunun incelebilmesidir. Diğer avantajı ise incelenen alandan dijital fotoğraflar alınabilmesidir. Kurutma ve yüksek vakum altında inceleme yapıldığı için dentinin su içeren yapılarının incelenememesi, uzmanlık isteyen ve pahalı bir yöntem olması ise dezavantajları olarak gösterilmektedir (216,217). Çalışmamızda örnekler stereomikroskop ile incelendikten sonra her gruptan en yüksek mikrosızıntı skoru olan örnekler arasından rastgele seçim yapılarak SEM ile incelenmesi yapılmıştır.

Klorheksidin glukonat, geniş spektrumlu bir antiseptik ajandır. Pozitif yüklü olduğu için negatif iyon yüküne sahip amino asit, bakteri ve hidroksiapatite bağlanarak rezidüel etki göstermektedir (153). Mikroorganizmaların eliminasyonu üzerine ve kavite dezenfektanı olarak altın standart olarak kabul edilen antiseptik ajandır (218). CHX'in adeziv ajan uygulanmadan önce dezenfektan olarak kullanılmasının tekrarlayan çürük oluşumunu azaltacağı ifade edilmiştir (19).

Klorheksidin glukonat diş dokularında bağlanmayı arttırdığına yönelik farklı görüşler bulunmaktadır. Bunlardan birincisi smear tabakasına etki ederek bağlantının arttırıldığı yönündeki görüştür (19). Diğer görüş dentinin yüzey enerjisini düşürdüğü ve buna bağlı olarak adeziv ajanların dentine bağlantısını arttırdığı görüşüdür (219). Bir diğer görüş ise kollajen yapıyı bozarak hibrit tabaka oluşumunu olumsuz etkileyen

MMP'leri inhibe ederek etki göstermesidir (220). CHX'in bağlantı üzerine olumsuz etkisini ise dentindeki kalsiyum (Ca) ile etkileşime girerek gösterdiği ifade edilmiştir (221). CHX formunun, konsantrasyonun, uygulanan adeziv tipinin ve termal yaşlandırma sayısındaki farklılıkların CHX'in etkisi üzerinde rol oynadığı ifade edilmiştir (15). *S. mutans* üzerine farklı konsantrasyondaki CHX ürünlerinin etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada konsantrasyon arttıkça antibakteriyel etkinliğin arttığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada en fazla sitotoksik etkinin %2'lik CHX jel ile sağlandığı ifade edilmiştir (222). CHX'in uygulama süresi üzerine yapılan bir derlemede %2'lik CHX solüsyonunun asit uygulandıktan sonra 1 dakika süreyle uygulanmasının daha etkili sonuç verdiği belirtilmiştir (223). Yapılan başka bir çalışmada uygulama süresinin total-etch sistemlerde bağlantı üzerine etkisi incelenmiş 5, 15, 30 ve 60 saniye yapılan uygulamalar arasında anlamlı bir farklılık bulunamadığı ifade edilmiştir (224). Başka bir çalışma total-etch ve self-etch sistemlerde 30, 60, 120 saniye uygulanan %2'lik CHX'in bağlantı üzerine bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (225). Farklı konsantrasyon ve uygulama sürelerinin bağlantı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada %0,002, %0,02, %0,2, %2, %4'lük formlar 60 saniye uygulanmış ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada %0,002 ve %2'lik formları 15 ve 60 saniye uygulanmış ve bağlanma üzerine aralarında anlamlı bir fark bulunmadığını göstermişlerdir (226). Bu araştırmalar göz önünde bulundurularak çalışmamızda %2'lik CHX kavite dezenfektanı kullanılmasına ve kaviteye 1 dakika uygulanmasına karar verilmiştir.

Literatür incelendiğinde çalışmamızda kullanılan restoratif materyaller olan Activa Pronto, Activa Kids ve Activa Restorative ürünlerinin mikrosızıntı değerlerinin CHX kullanımına bağlı olarak değişimini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden başka restoratif materyaller ile yapılmış kavite dezenfeksiyonu için CHX kullanılmış mikrosızıntı çalışmaları incelenecektir. Henüz çok yeni olan Activa Pronto ile ilgili herhangi bir mikrosızıntı çalışması bulunamamıştır. Ayrıca kullandığımız diğer iki restoratif materyalin birbirleriyle kıyaslandığı mikrosızıntı çalışması bulunamamıştır. Bu sebeple başka restoratif materyallerin kullanıldığı mikrosızıntı çalışmaları incelenecektir.

Kavite dezenfektanı olarak %2'lik CHX ve iyodin solüsyonu kullanılarak, çürüksüz üçüncü molar dişlere açılan sınıf V kaviteler üzerinde yapılan mikrosızıntı çalışmasında CHX'in mikrosızıntı üzerine etkisinin olmadığı bildirilmiştir (19). Kavite

dezenfektanı olarak %2'lik CHX kullanıldığı sınıf V kavitelere uygulanan iki farklı adeziv ajanın mikrosızıntı açısından değerlendirildiği başka bir çalışmada CHX'in adezyon üzerine etkisi olmadığı bildirilmiştir (227). Çekilmiş premolar dişlere açılan sınıf V kavitelere uygulanan %0,2, %1 ve %2'lik CHX solüsyonlarının mikrosızıntı üzerine etkisi incelenmiş ve solüsyonların mikrosızıntıyı olumsuz yönde etkilemediği belirtilmiştir (228).

%2'lik CHX'in asitleme ve yıkama basamağı olan sistemlerde 6 aya kadar bağlanma dayanımının korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir (229,230). Günaydın ve ark. sınıf I kaviteler üzerinde CHX'in bağlanma üzerine etkisinin incelendiği 5000 termal döngü yaptıkları bir çalışmada CHX'in bağlanım değerlerini arttırdığını göstermişlerdir (230). Bizim çalışmamızda da CHX uygulanan grupta mikrosızıntı değerlerinde azalma görülmekle birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu durumun CHX'in MMP etkinliğini inhibe ederek adezyonun bozulmasını koruduğu ve bu şekilde bağlantının devamlılığını sağladığını düşünmekteyiz (231).

Kavite dezenfektanı olarak CHX kullanılan dişlere termal siklus sayısının değiştirilerek bağlantı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada 500 termal siklusta CHX uygulanan grubun uygulanmayan gruba göre bağlantısının daha yüksek olduğu bildirilmiştir. 6000 termal siklusta ise gruplar arasında anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir (232). Bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Çok fazla tekrar uygulanan grupta diş ve restorasyon arasındaki termal genleşme katsayılarının farklı olmasına bağlı olarak adezyonun azalmış olabileceği düşünülmüştür.

Süt köpek dişleri üzerinde yapılan in vivo bir çalışmada %2'lik CHX uygulamasının iki aşamalı etch and rinse (Prime-Bond, Dentsply) ve self etch sistemlerin (Syntac, Ivoclar) mikrosızıntısını arttırdığı gösterilmiştir (18). Başka bir çalışmada süt köpek dişlerine açılan sınıf V kavitelere etch and rinse sistemle uygulanan adezivin (Adper Single Bond 2, 3M ESPE) bağlantısının CHX uygulanan grupta daha düşük bulunduğu belirtilmiştir (233). CHX uygulanmasının uzun dönem etkilerinin incelendiği başka bir çalışmada CHX uygulanan grubun 6 ve 12 aylık bekleme sonrası bağlanma dayanımı değerlerinin daha düşük bulunduğu ifade edilmiştir (234). Bu çalışmalarda elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızla örtüşmemektedir.

Bunun asitleme protokolündeki farklılıklardan, adeziv sistemlerdeki farklılıklardan veya in vivo olarak planlandığı için ağız içerisinde termal değişkenler dışında etki eden diğer faktörlerden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Yapılan bir çalışmada CHX kullanılmasının dentin morfolojisine ve self etch sistemin bağlantısı üzerine etkisi incelenmiştir. CHX'in bağlanma dayanımını olumsuz etkilemediği bildirilmiştir. Aynı çalışmada SEM görüntülerinde, asit uygulandıktan sonra CHX kullanılmasının dentin tübüllerinde debris birikmesine sebep olduğu ve yeterli rezin uzantıların oluşamadığı gösterilmiştir (219). Self etch sistemlerde CHX'in bağlantı üzerindeki olumsuz etkisini kavitede kalan nemli diş dokusundan kaynaklandığını söyleyen araştırmacılar bulunmaktadır (235,236). Çalışmamızda CHX uygulanan grupta mikrosızıntı skorlarının düştüğü fakat istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç olmadığı görülmüştür. Bu durumu self atch bir adeziv kullanmış olmamıza rağmen mine kenarlarının selektif olarak asitlenmesine ve mikromekanik bağlantının daha güçlü bir şekilde sağlanmış olmasına bağlamaktayız.

Asitleme öncesi ve sonrası uygulanan kavite dezenfektanlarının bağlantı üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, asitleme öncesi CHX uygulamasının yüzeyi pürüzlendirmeye dirençli hale getirdiği için asidin etkisini azalttığı ifade edilmiştir (237). Bu yüzden çalışmamızda asit uygulamasından sonra kavite dezenfektanı kullanılmıştır.

Activa ilk kullanılmaya başlandığında üretici talimatı olarak herhangi bir adeziv kullanılmasına gerek olmadığı bildirilmişti. Bu doğrultuda Activa kullanılarak yapılan mikrosızıntı çalışmalarında başarı oranının çok düşük olduğu ifade edilmiştir (238,239). Çalışmalar sonucunda üretici firma yeni protokolde adezivle birlikte kullanılmasını önermektedir. Bu protokol doğrultusunda çalışmamızda Activa ürünlerinin self etch bir adezivle birlikte uygulanmasına karar verilmiştir.

Activa Kids, Filtek Z250 ve Vitramer'in süt dişi sınıf II kavitelerde mikrosızıntılarının değerlendirildiği bir çalışmada Activa'nın gingival kenarda Filtek Z250'ye göre daha yüksek sızıntı gösterdiği ifade edilmiştir. SEM incelemesinde Activa'nın marjinal boşluk oluşumunun daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Activa'nın sınıf II kavitelerde restoratif materyal olarak kullanılabileceğini belirtilmişlerdir (177). Activa'da daha yüksek sızıntı ve marjinal boşluk oluşumunun adeziv ajan kullanılmaması kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

Equia Fil, Fuji II LC ve Activa Kids ile yapılan termal siklus öncesi ve sonrası mikrosızıntılarının değerlendirildiği bir çalışmada siklus öncesi ve sonrası materyallerde mikrosızıntı ve marjinal boşluk değerlendirilmesinde üç materyal arasında anlamlı bir fark bulunamadığını belirtmişlerdir (176).

Activa Kids, kompozit ve rezin modifiye cam iyonomer simanın 500 termal siklus sonrası mikrosızıntılarının karşılaştığı bir çalışmada bonding ajan kullanılarak uygulananan Activa'nın kompozitle aralarında anlamlı bir fark görülmediği bildirilmiştir. Bonding ajan kullanılan Activa'nın rezin modifiye cam iyonomer simandan ve bond kullanılmadan uygulanan Activa'dan anlamlı derecede daha düşük mikrosızıntı gösterdiği ifade edilmiştir. Hem Activa hem de rezin modifiye cam iyonomer simanlar florür salan materyallerdir, bu nedenle mikrosızıntıdan kaynaklanan tekrarlayan çürüklere karşı savunmasız olan ve florür salınımından yararlanan yüksek çürük riskli hastalarda Activa'nın bonding ajanla birlikte kullanılmasının daha uygun olacağını tavsiye etmişlerdir (170).

Activa Kids, geleneksel cam iyonomer siman (GC Fuji Gold Label Type 9), zirkonya ilave cam iyonomer simanın (Zirconomer) bağlantılarının karşılaştırıldığı bir çalışmada Activa'nın diğer iki gruba göre anlamlı derecede daha yüksek bağlanma skoru elde ettiği ifade edilmiştir (169).

İki farklı bonding sistem kullanılarak yapılan Activa Restorative ve kompozitin mikrosızıntılarının karşılaştırıldığı bir çalışmada Activa'nın daha az sızıntı gösterdiği fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ifade edilmiştir (172). Activa Restorative, Fuji II LC ve Filtek Z250 ile yapılan başka bir çalışmada materyallerin mikrosızıntı değerleri karşılaştırılmıştır. Gingival duvarda Fuji II LC'nin en yüksek mikrosızıntı skoru aldığını, Activa Restorative'in adezivle uygulandığı grubun en az mikrosızıntı değeri aldığını göstermişlerdir (174). Bu durumda Activa Restorative'in adeziv ajanla kullanılmasının daha başarılı sonuçlar gösterdiği sonucuna ulaşabilmekteyiz.

Activa Restorative, Fuji II LC ve universal hibrit kompozit olan Esthet-X ile yapılan çalışmada mine sement sınırının 1 milimetre apikalinde açılan kavitelerde Activa'nın daha yüksek sızıntı gösterdiğini fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterilmiştir. Çalışma sonucunda restoratif materyal tipinin mikrosızıntıyı etkilemediğini belirtmişlerdir (240).

Activa Restorative, Fuji II LC, Equia Forte, ASAR-MP4'ün bonding ajan kullanılmadan ve universal adezivle kullanılan Ceram X Spectra ST HV'nin yüzey nemliliği ve smear kalınlığının adezyon üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada Activa Restorative'in bağlanma değerinin daha düşük bulunduğu belirtilmiştir (241). Başka bir çalışmada self adeziv materyaller (Activa Restorative, Fuji II LC, Equia Forte, ASAR-MP4) ve adezivle beraber kullanılan kompozitin bağlanma değerleri karşılaştırılmış, Activa'nın en düşük bağlanma değeri gösterdiği belirtilmiştir (242). Bu iki çalışmada Activa Restorative'in düşük bağlanma değeri göstermesine adeziv kullanılmamasının sebep olduğunu düşünmekteyiz. Activa Restorative ile yapılan in vivo bir çalışmada bir yıllık takipte dişlerin %3,8'inde sekonder çürük oluştuğu bildirilmiştir (243).

Activa Restorative, Filtek bulk-fill kompozit, Tetric N-Ceram bulk-fill kompozit ve G-aenial kompozitin 24 saat, 4 hafta ve 8 hafta sonunda mikrosızıntı skorları incelenmiş. Her üç zaman diliminde de anlamlı farklılıklar bulunduğu belirtilmiştir. Geleneksel kompozitin en düşük mikrosızıntı değeri gösterdiği, Activa'nın ikinci sırada olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, yeni biyoaktif materyal olan Activa'nın bulk-fill kompozitler ve geleneksel kompozitlerle benzer mikrosızıntı değeri gösterdiği ve alternatif bir restoratif materyal olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (173).

Üç biyoaktif restoratif materyal ile (Activa, Micron, Predicta) Tetric N-Ceram'ın marjinal boşluk oluşumlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada en düşük marjinal boşluk oluşumu Predicta materyalinde, en büyük marjinal boşluk Micron'da olduğu ifade edilmiştir. Termal siklus sonrası bütün materyallerde marjinal boşluk miktarının önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir (244).

Biyoaktif içerikli üç farklı restoratif materyalle restore edilen sınıf II kavitelerde CHX'in mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşumu üzerine etkilerini incelediğimiz in vitro çalışmamızda, her iki grupta da Activa Pronto restoratif materyalinin diğer iki restoratif materyallere göre daha az mikrosızıntı ve daha az marjinal boşluk oluşturduğu görülmüştür. Gruplar karşılaştırıldığında, CHX kullanılmasının materyallerin bağlantısı üzerine olumsuz etkisinin olmadığını, mikrosızıntı ve marjinal boşluk derecelerini düşürdüğü görülmüştür. Ancak istatistiksel analiz sonucunda aralarında anlamlı bir fark olmadığı belirlenmiştir. CHX kullanılmasının MMP'leri inhibe ederek adezyonun bozulmasını önlediği bilinmektedir. CHX uygulanmayan grubun mikrosızıntı skorlarının uygulanan grupla benzer olmasını minenin selektif olarak asitlenmesine ve bu sayede

adeziv bağlantıyla beraber güçlü bir mikromekanik adezyon sağlanmış olmasına bağlı olabileceği kanaatindeyiz. Biyoaktif yapısı sonucu diş ve restoratif materyaller arasında hidroksiapatit benzeri yapı oluşturarak iyi bir marjinal uyum sağlayacağını, antibakteriyel etki göstererek biyofilmi azaltacağını ve bu sayede mikrosızıntı oluşumunu azaltacabileceğini düşünmekteyiz. Ancak mikrosızıntı üzerine yapılan kısıtlı sayıda çalışma incelendiğinde klinik kullanımlarının ve uzun dönem başarılarının değerlendirileceği daha fazla in vitro ve in vivo çalışmaya ihtiyaç olduğu kanaatindeyiz.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İn-vitro koşullarda oluşturulmuş kavite dezenfektanı olarak klorheksidin glukonat kullanımının farklı biyoaktif rezinlerin mikrosızıntı ve marjinal boşluk oluşumu üzerine etkisini incelediğimiz çalışmamızın sonuçları aşağıda belirtilmektedir:

1. Activa Pronto uygulanan grupta (Grup A) mikrosızıntı ölçümleri karşılaştırıldığında klorheksidin glukonat kullanılmasının mikrosızıntıyı azalttığı fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (p: 0,172; p> 0,05).

2. Activa BioActive Restorative uygulanan grupta (Grup B) mikrosızıntı ölçümleri karşılaştırıldığında klorheksidin glukonat kullanılmasının mikrosızıntıyı azalttığı fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (p: 0,150; p> 0,05).

3. Activa Kids BioActive Restorative uygulanan grupta (Grup C) mikrosızıntı ölçümleri karşılaştırıldığında klorheksidin glukonat kullanılmasının mikrosızıntıyı azalttığı fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark yaratmadığı görülmüştür (p: 0,641; p> 0,05).

4. Klorhesidin uygulanan grupta (Grup 1) grup içi mikrosızıntı skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p: 0,005; p< 0,05). Anlamlılığın tespiti için yapılan post hoc Dunn's test sonucunda; Grup A'nın sızıntı skoru, Grup B (p: 0,041) ve Grup C'den (p: 0,007) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (p< 0,05). Grup B ve Grup C arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p> 0,05).

5. Klorheksidin uygulanmayan grupta (Grup 2) grup içi mikrosızıntı skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır (p: 0,001; p< 0,05). Anlamlılığın tespiti için yapılan post hoc Dunn's test sonucunda; Grup A'nın sızıntı skoru, Grup B (p: 0,001) ve Grup C'den (p: 0,015) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (p< 0,05). Grup B ve Grup C arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır (p> 0,05).

6. Grup A, Grup B ve Grup C kendi içlerinde marjinal boşluk oluşum miktarları açısından karşılaştırıldığında; her grupta klorheksidin uygulanan grubun (Grup 1) marjinal boşluk miktarları kontrol grubuna (Grup 2) göre daha düşük ölçülmüştür.

Bilimsel ilerlemeyle birlikte geliştirilen biyoaktif restoratif materyaller çocuk diş hekimliğinde sıklıkla kullanılmaktadır. Biyolojik olarak kalsiyum, fosfor ve flor salınımını aktif olarak yaparlar. Bu özellikleri sayesinde yüksek çürük risk grubundaki hastalarda tercih edilmektedirler. Çalışmamızda kullanılan Activa Pronto ile yapılan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Activa Kids BioActive Restorative ve Activa Restorative ile yapılan süt dişi çalışmaları oldukça kısıtlıdır. Mikrosızıntı üzerine yapılan kısıtlı sayıda çalışma incelendiğinde klinik kullanımlarının ve uzun dönem başarılarının değerlendirileceği daha fazla in vitro ve in vivo çalışmayla desteklenmesi gerektiği kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

1. Zero, D. T. (1999). Dental caries process. *Dental Clinics of North America*, 43(4), 635–664. https://doi.org/10.1016/s0011-8532(22)00818-7
2. Petersen, P. E. (2003). The World Oral Health Report 2003: Continuous improvement of oral health in the 21st century - The approach of the WHO Global Oral Health Programme. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 31(SUPPL. 1), 3–24. https://doi.org/10.1046/j..2003.com122.x
3. Schwendicke, F. (2018). Removing Carious Tissue: Why and How?. *Monographs in Oral Science,* 27, 56–67. https://doi.org/10.1159/000487832
4. Ferreira Zandona, A. G. (2019). Surgical Management of Caries Lesions: Selective Removal of Carious Tissues. *Dental clinics of North America,* 63(4), 705–713. https://doi.org/10.1016/j.cden.2019.07.001
5. Yazici, A. R., Baseren, M., & Dayangaç, B. (2003). The effect of flowable resin composite on microleakage in class V cavities. *Operative Dentistry,* 28(1), 42–46.
6. Kim, R. J., Kim, Y. J., Choi, N. S., & Lee, I. B. (2015). Polymerization shrinkage, modulus, and shrinkage stress related to tooth-restoration interfacial debonding in bulk-fill composites. *Journal of Dentistry,* 43(4), 430–439. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.02.002
7. Bowen, R. L., Rapson, J. E., & Dickson, G. (1982). Hardening shrinkage and hygroscopic expansion of composite resins. *Journal of Dental Research,* 61(5), 654–658. https://doi.org/10.1177/00220345820610050701
8. Moorthy, A., Hogg, C. H., Dowling, A. H., Grufferty, B. F., Benetti, A. R., & Fleming, G. J. (2012). Cuspal deflection and microleakage in premolar teeth restored with bulk-fill flowable resin-based composite base materials. *Journal of Dentistry,* 40(6), 500–505. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.02.015
9. Ferrari, M., Vichi, A., Mannocci, F., & Davidson, C. L. (1998). Sealing ability of two "compomers" applied with and without phosphoric acid treatment for Class V restorations in vivo. *Journal of Prosthetic Dentistry,* 79(2), 131–135. https://doi.org/10.1016/S0022-3913(98)70205-7
10. Owens, B. M., & Johnson, W. W. (2005). Effect of insertion technique and adhesive system on microleakage of Class V resin composite restorations. *Journal of Adhesive Dentistry*, 7(4).
11. Ozel, E., & Soyman, M. (2009). Effect of fiber nets, application techniques and flowable composites on microleakage and the effect of fiber nets on polymerization shrinkage in class II MOD cavities. *Operative Dentistry*, 34(2), 174–180. https://doi.org/10.2341/08-57
12. Sadeghi M., & Lynch C. D. (2009) The Effect of Flowable Materials on the Microleakage of Class II Composite Restorations That Extend Apical to the Cemento-enamel Junction. *Operative Dentistry* 1 May., 34 (3): 306–311. doi: https://doi.org/10.2341/08-91
13. Fabianelli, A., Sgarra, A., Goracci, C., Cantoro, A., Pollington, S., & Ferrari, M. (2010). Microleakage in class II restorations: open vs closed centripetal build-up technique. *Operative Dentistry*, 35(3), 308–313. https://doi.org/10.2341/09-128-L
14. Radhika M., Sajjan, G. S., Kumaraswamy, B. N., & Mittal, N. (2010). Effect of different placement techniques on marginal microleakage of deep class-II cavities restored with two composite resin formulations. *Journal of Conservative Dentistry*, 13(1), 9–15. https://doi.org/10.4103/0972-0707.62633
15. Bin-Shuwaish, M. S. (2016). Effects and Effectiveness of Cavity Disinfectants in Operative Dentistry: A Literature Review. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 17(10), 867–879. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1946
16. Geraldo-Martins, V. R., Robles, F. R., & Matos, A. B. (2007). Chlorhexidine's effect on sealing ability of composite restorations following Er:YAG laser cavity preparation. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 8(5), 26–33.
17. Gürgan, S., Bolay, S., & Kiremitçi, A. (1999). Effect of disinfectant application methods on the bond strength of composite to dentin. Journal of Oral Rehabilitation, 26(10), 836–840. https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1999.00458.x
18. Tulunoglu, O., Ayhan, H., Olmez, A., & Bodur, H. (1998). The effect of cavity disinfectants on microleakage in dentin bonding systems. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 22(4), 299–305.
19. Meiers, J. C., & Kresin, J. C. (1996). Cavity disinfectants and dentin bonding. *Operative Dentistry*, 21(4), 153–159.
20. Arslan, S., Yazici, A. R., Gorucu, J., Ertan, A., Pala, K., Ustun, Y., Antonson, S. A., & Antonson, D. E. (2011). Effects of different cavity disinfectants on shear bond strength of a silorane-based resin

composite. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 12(4), 279–286. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-1047
21. Arslan, S., Yazici, A. R., Görücü, J., Pala, K., Antonson, D. E., Antonson, S. A., & Silici, S. (2012). Comparison of the effects of Er,Cr:YSGG laser and different cavity disinfection agents on microleakage of current adhesives. *Lasers in Medical Science*, 27(4), 805–811. https://doi.org/10.1007/s10103-011-0980-4
22. Ercan, E., Ozekinci, T., Atakul, F., & Gül, K. (2004). Antibacterial activity of 2% chlorhexidine gluconate and 5.25% sodium hypochlorite in infected root canal: in vivo study. *Journal of Endodontics*, 30(2), 84–87. https://doi.org/10.1097/00004770-200402000-00005
23. Jyothi, K., Annapurna, S., Kumar, A. S., Venugopal, P., & Jayashankara, C. (2011). Clinical evaluation of giomer- and resin-modified glass ionomer cement in class V noncarious cervical lesions: An in vivo study. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(4), 409–413. https://doi.org/10.4103/0972-0707.87214
24. Nicholson, J. W., Czarnecka, B., & Limanowska-Shaw, H. (1999). The long-term interaction of dental cements with lactic acid solutions. *Journal of Materials Science*. Materials in medicine, 10(8), 449–452. https://doi.org/10.1023/a:1008991422909
25. Fontana, M., Wolff, M., & Featherstone, J. D. (2018). Introduction to ICNARA 3. Advances in dental research, 29(1), 3. https://doi.org/10.1177/0022034517746372
26. Selwitz, R. H., Ismail, A. I., & Pitts, N. B. (2007). Dental caries. *Lancet* (London, England), 369(9555), 51–59. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60031-2
27. Van Amerongen, J. P., van Loveren, C., & Kidd, E. A. M. (2001) Caries management: diagnosis and treatment strategies. In: J. B. Summitt, J. W. Robbins, R. S. Schwartz and J. D. Santos. *Fundamentals of Operative Dentistry a Contemporary Approach.Second ed*. Illinois: Quintessence publishing., 70-91.
28. Yalcın Cakır, F., Gürgan, S., & Attar, N. (2010). Çürük Mikrobiyolojisi. *Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 34(3–4), 78–91.
29. Roberson, T. M., Heymann, H. O., Swift, E. J., Sturdevant, C. M., & Gürgan, S. (2011). *Sturdevant's Art & Science of Operative Dentistry*, 5. ed., 67-134.
30. Johansson, A. K., Sorvari, R., Birkhed, D., & Meurman, J. H. (2001). Dental erosion in deciduous teeth--an in vivo and in vitro study. *Journal of Dentistry*, 29(5), 333–340. https://doi.org/10.1016/s0300-5712(01)00029-x
31. Mortimer, K. V. (1970). The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. Caries research, 4(3), 206–223. https://doi.org/10.1159/000259643
32. Lippert, F., Parker, D. M., & Jandt, K. D. (2004). Susceptibility of deciduous and permanent enamel to dietary acid-induced erosion studied with atomic force microscopy nanoindentation. *European Journal of Oral Sciences*, 112(1), 61–66. https://doi.org/10.1111/j.0909-8836.2004.00095.x
33. Yengopal, V., Harneker, S. Y., Patel, N., & Siegfried, N. (2009). Dental fillings for the treatment of caries in the primary dentition. The Cochrane database of systematic reviews, (2), CD004483. https://doi.org/10.1002/14651858.CD004483.pub2
34. Slabsinskiene, E., Milciuviene, S., Narbutaite, J., Vasiliauskiene, I., Andruskeviciene, V., Bendoraitiene, E. A., & Saldūnaite, K. (2010). Severe early childhood caries and behavioral risk factors among 3-year-old children in Lithuania. *Medicina (Kaunas, Lithuania),* 46(2), 135–141.
35. Alkarimi, H. A., Watt, R. G., Pikhart, H., Sheiham, A., & Tsakos, G. (2014). Dental caries and growth in school-age children. *Pediatrics*, 133(3), e616–e623. https://doi.org/10.1542/peds.2013-0846
36. Filstrup, S. L., Briskie, D., da Fonseca, M., Lawrence, L., Wandera, A., & Inglehart, M. R. (2003). Early childhood caries and quality of life: child and parent perspectives. *Pediatric Dentistry*, 25(5), 431–440.
37. Beazoglou, T., Eklund, S., Heffley, D., Meiers, J., Brown, L. J., & Bailit, H. (2007). Economic impact of regulating the use of amalgam restorations. Public health reports (Washington, D.C. : 1974), 122(5), 657–663. https://doi.org/10.1177/003335490712200513
38. FDI World Dental Federation (2014). FDI policy statement on dental amalgam and the Minamata Convention on Mercury: adopted by the FDI General Assembly: 13 September 2014, New Delhi, India. *International Dental Journal*, 64(6), 295–296. https://doi.org/10.1111/idj.12151
39. American Academy of Pediatric Dentistry. (2020) Pediatric restorative dentistry. *The Reference Manual of Pediatric Dentistry,* 371-383.
40. Regulation (EU) 2017/852 of the European Parliament and of the Council of 17 May 2017 on mercury, and repealing Regulation (EC) Official Journal, 1– 21.
41. Yeolekar, T. S., Chowdhary, N. R., Mukunda, K. S., & Kiran, N. K. (2015). Evaluation of Microleakage and Marginal Ridge Fracture Resistance of Primary Molars Restored with Three Restorative Materials: A Comparative in vitro Study. *International journal of clinical pediatric dentistry*, 8(2), 108–113. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1294

42. Wilson, A. D., & Kent, B. E. (1972). A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. *British Dental Journal*, 132(4), 133–135. https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4802810

43. Hunt, P. R. (1994). Glass ionomers: the next generation. A summary of the current situation. *Journal of Esthetic Dentistry*, 6(5), 192–194. https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.1994.tb00859.x
44. Yap, A. U., & Seneviratne, C. (2001). Influence of light energy density on effectiveness of composite cure. *Operative Dentistry*, 26(5), 460–466.
45. Sonarkar, S. & Purba, R. (2015). Bioactive materials in Conservative Dentistry. *International Journal of Contemporary Dental and Medical Reviews.* 10.15713/ins.ijcdmr.47.
46. Baino, F., Hamzehlou, S., & Kargozar, S. (2018). Bioactive Glasses: Where Are We and Where Are We Going?. *Journal of Functional Biomaterials*, 9(1), 25. https://doi.org/10.3390/jfb9010025
47. Jones, J. R. (2015). Reprint of: Review of bioactive glass: From Hench to hybrids. Acta biomaterialia, 23 Suppl, S53–S82. https://doi.org/10.1016/j.actbio.2015.07.019
48. Hench, L.L. (1994). *Bioactive Ceramics: Theory and Clinical Applications*.
49. Hicks, J., Garcia-Godoy, F., Donly, K., & Flaitz, C. (2002). Fluoride-releasing restorative materials and secondary caries. *Dental Clinics of North America*, 46(2), 247–vi. https://doi.org/10.1016/s0011-8532(01)00004-0
50. Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of Endodontics,* 35(4), 475–480. https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026
51. Hamdy, T.M. (2018). Bioactivity: A New Buzz in Dental Materials.
52. Fernando, D., Attik, N., Pradelle-Plasse, N., Jackson, P., Grosgogeat, B., & Colon, P. (2017). Bioactive glass for dentin remineralization: A systematic review. *Materials Science & Engineering*. C, Materials for biological applications, 76, 1369–1377. https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.083
53. Ferreira, M. (2016). Materiales bioactivos en la remineralización dentinaria. *Odontoestomatología.* 18. 11-19.
54. Wu, C., Xiao, Y. (2009). Article Commentary: Evaluation of the In Vitro Bioactivity of Bioceramics. Bone and Tissue Regeneration Insights. 2. doi:10.4137/BTRI.S3188
55. Pulpdent. (2022). Activa bioactive a closer look at bioactive materials, 2024 March. Available from: [https://www.pulpdent.com/pulpdent-products/activa-pronto/]
56. May, E., & Donly, K. J. (2017). Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material. *American Journal of Dentistry*, 30(6), 305–308.
57. Zmener, O., Pameijer, C. H., & Hernández, S. (2014). Resistance against bacterial leakage of four luting agents used for cementation of complete cast crowns. *American Journal of Dentistry*, 27(1), 51–55.
58. Pameijer, C. H., Garcia-Godoy, F., Morrow, B. R., & Jefferies, S. R. (2015). Flexural strength and flexural fatigue properties of resin-modified glass ionomers. *The Journal of Clinical Dentistry*, 26(1), 23–27.
59. Chao, W. (2015) Deflection at break of restorative materials. *Journal of Restorative Dentistry,* 94 (Spec Iss A) 2375 (www.iadr.org).
60. Girn. V., et al. (2014) Comparison of mechanical properties of dental restorative material. *Journal of Restorative Dentistry*, 93 (Spec Iss A): 1163 (www.iadr.org).
61. McCabe, J. F., Yan, Z., Al Naimi, O. T., Mahmoud, G., & Rolland, S. L. (2011). Smart materials in dentistry. *Australian Dental Journal*, 56 Suppl 1, 3–10. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2010.01291.x
62. Prabhakar, A. R., Murthy, S. A., & Sugandhan, S. (2011). Comparative evaluation of the length of resin tags, viscosity and microleakage of pit and fissure sealants - an in vitro scanning electron microscope study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 2(4), 324–330. https://doi.org/10.4103/0976-237X.91797
63. Singla, R., Bogra, P., & Singal, B. (2012). Comparative evaluation of traditional and self-priming hydrophilic resin. *Journal of Conservative Dentistry*, 15(3), 233–236. https://doi.org/10.4103/0972-0707.97944
64. Gjorgievska, E., Nicholson, J. W., Iljovska, S., & Slipper, I. J. (2008). Marginal adaptation and performance of bioactive dental restorative materials in deciduous and young permanent teeth. *Journal of Applied Oral Science*: revista FOB, 16(1), 1–6. https://doi.org/10.1590/s1678-77572008000100002
65. Kidd, E. A. (1976). Microleakage: a review. *Journal of Dentistry*, 4(5), 199–206. https://doi.org/10.1016/0300-5712(76)90048-8
66. Gwinnett, J. A., Tay, F. R., Pang, K. M., & Wei, S. H. (1995). Comparison of three methods of critical evaluation of microleakage along restorative interfaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 74(6), 575–585. https://doi.org/10.1016/s0022-3913(05)80308-7
67. Saboia, V., Pimenta, L. A., & Ambrosano, G. M. (2002). Effect of collagen removal on microleakage of resin composite restorations. *Operative Dentistry*, 27(1), 38–43.

68. Lutz, F., Krejci, I., & Barbakow, F. (1991). Quality and durability of marginal adaptation in bonded composite restorations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 7(2), 107–113. https://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90055-4
69. Hiraishi, N., Kitasako, Y., Nikaido, T., Nomura, S., Burrow, M. F., & Tagami, J. (2003). Effect of artificial saliva contamination on pH value change and dentin bond strength. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 19(5), 429–434. https://doi.org/10.1016/s0109-5641(02)00087-8
70. Owens, B. M., & Johnson, W. W. (2005). Effect of insertion technique and adhesive system on microleakage of Class V resin composite restorations. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 7(4), 303–308.
71. De Munck, J., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. (2005). A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *Journal of Dental Research*, 84(2), 118–132. https://doi.org/10.1177/154405910508400204
72. Danesh, G., Davids, H., Reinhardt, K. J., Ott, K., & Schäfer, E. (2004). Polymerisation characteristics of resin composites polymerised with different curing units. *Journal of Dentistry*, 32(6), 479–488. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2004.03.003
73. Neves, A. D., Discacciati, J. A., Orêfice, R. L., & Jansen, W. C. (2002). Correlação entre grau de conversão, microdureza e conteúdo inorgânico em compósitos [Correlation between degree of conversion, microhardness and inorganic content in composites]. Pesquisa odontologica brasileira = *Brazilian Oral Research,* 16(4), 349–354. https://doi.org/10.1590/s1517-74912002000400012
74. Neves, A. D., Discacciati, J. A., Oréfice, R. L., & Yoshida, M. I. (2005). Influence of the power density on the kinetics of photopolymerization and properties of dental composites. *Journal of Biomedical Materials Research.* Part B, Applied biomaterials, 72(2), 393–400. https://doi.org/10.1002/jbm.b.30179
75. Coelho Santos, M. J., Santos, G. C., Jr, Nagem Filho, H., Mondelli, R. F., & El-Mowafy, O. (2004). Effect of light curing method on volumetric polymerization shrinkage of resin composites. *Operative Dentistry,* 29(2), 157–161.
76. Lee, I. B., Cho, B. H., Son, H. H., & Um, C. M. (2005). A new method to measure the polymerization shrinkage kinetics of light cured composites. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(4), 304–314. https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01414.x
77. Rueggeberg, F. (1999). Contemporary issues in photocuring. *Compendium of Continuing Education in Dentistry.* (Jamesburg, N.J. : 1995). Supplement, (25), S4–S73.
78. Rueggeberg, F. A., Caughman, W. F., & Curtis, J. W., Jr (1994). Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative Dentistry*, 19(1), 26–32.
79. Versluis, A., Tantbirojn, D., Pintado, M. R., DeLong, R., & Douglas, W. H. (2004). Residual shrinkage stress distributions in molars after composite restoration. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 20(6), 554–564. https://doi.org/10.1016/j.dental.2003.05.007
80. Sarrett, D. C. (2005). Clinical challenges and the relevance of materials testing for posterior composite restorations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 21(1), 9–20. https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.10.001
81. Bagis, Y. H., Baltacioglu, I. H., & Kahyaogullari, S. (2009). Comparing microleakage and the layering methods of silorane-based resin composite in wide Class II MOD cavities. *Operative Dentistry*, 34(5), 578–585. https://doi.org/10.2341/08-073-LR
82. Hegde, M. N., Vyapaka, P., & Shetty, S. (2009). A comparative evaluation of microleakage of three different newer direct composite resins using a self etching primer in class V cavities: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 12(4), 160–163. https://doi.org/10.4103/0972-0707.58340
83. Altun, C., Kabalay, U., Güven Polat, G., Başak, F., & Akbulut Ahmet, E. (2005). Pediatrik diş hekimliğinde foto-aktivasyon yöntemlerinin restoratif materyalin polimerizasyon büzülmesi üzerine etkileri. *Gülhane Tıp Dergisi* 127-131. , (Yayın No : 8832263)
84. Balkenhol, M., Huang, J., Wöstmann, B., & Hannig, M. (2007). Influence of solvent type in experimental dentin primer on the marginal adaptation of Class V restorations. Journal of Dentistry, 35(11), 836–844. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2007.07.010
85. Bayne, S. C. (2005). Dental biomaterials: where are we and where are we going?. *Journal of Dental Education,* 69(5), 571–585.
86. Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. (2010). Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials,* 26(2), e100–e121. https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.148
87. Kubo, S., Yokota, H., Yokota, H., & Hayashi, Y. (2004). Microleakage of cervical cavities restored with flowable composites. *American Journal of Dentistry*, 17(1), 33–37.

88. Summitt, J.B., Robbins, J.W., Hilton, T.J. & Schwartz, R.S. (2006) *Fundamentals of Operative Dentistry: A Contemporary Approach*. 3rd Edition, Quintessence Publishing Co, Inc., Illinois.
89. Wahab, F. K., Shaini, F. J., & Morgano, S. M. (2003). The effect of thermocycling on microleakage of several commercially available composite Class V restorations in vitro. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 90(2), 168–174. https://doi.org/10.1016/s0022-3913(03)00300-7
90. Hakimeh, S., Vaidyanathan, J., Houpt, M. L., Vaidyanathan, T. K., & Von Hagen, S. (2000). Microleakage of compomer class V restorations: effect of load cycling, thermal cycling, and cavity shape differences. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 83(2), 194–203. https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)80012-8
91. Manhart, J., Schmidt, M., Chen, H. Y., Kunzelmann, K. H., & Hickel, R. (2001). Marginal quality of tooth-colored restorations in class II cavities after artificial aging. *Operative Dentistry*, 26(4), 357–366.
92. Bedran-de-Castro, A. K., Pereira, P. N., Pimenta, L. A., & Thompson, J. Y. (2004). Effect of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strength of a total-etch adhesive system. *Operative dentistry*, 29(2), 150–156.
93. Tekbaş Atay, M., Oğuz Ahmet, B. S., & Sayın Özel, G. (2016) Ağız ortamının simülasyonu açısından termal ve loading siklusun önemi. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg*., 14:88-93.
94. Heintze, S. D., Ruffieux, C., & Rousson, V. (2010). Clinical performance of cervical restorations--a meta-analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 26(10), 993–1000. https://doi.org/10.1016/j.dental.2010.06.003
95. Mitsui, F. H., Peris, A. R., Cavalcanti, A. N., Marchi, G. M., & Pimenta, L. A. (2006). Influence of thermal and mechanical load cycling on microtensile bond strengths of total and self-etching adhesive systems. *Operative Dentistry*, 31(2), 240–247. https://doi.org/10.2341/05-20
96. Erdilek, D., Dörter, C., Koray, F., Kunzelmann, K. H., Efes, B. G., & Gomec, Y. (2009). Effect of Thermo-mechanical Load Cycling on Microleakage in Class II Ormocer Restorations. *European Journal of Dentistry*, 3(3), 200–205.
97. Kubo, S., Yokota, H., Sata, Y., & Hayashi, Y. (2001). Microleakage of self-etching primers after thermal and flexural load cycling. *American Journal of Dentistry*, 14(3), 163–169.
98. Wendt, S. L., McInnes, P. M., & Dickinson, G. L. (1992). The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 8(3), 181–184. https://doi.org/10.1016/0109-5641(92)90079-r
99. Daneshkazemi, A. R., Davari, A. R., Ataei, E., Dastjerdi, F., & Hajighasemi, E. (2013). Effects of mechanical and thermal load cycling on micro tensile bond strength of clearfil SE bond to superficial dentin. *Journal of Dental Research*, 10(2), 202–209. https://doi.org/10.4103/1735-3327.113344
100. Gale, M. S., & Darvell, B. W. (1999). Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of Dentistry*, 27(2), 89–99. https://doi.org/10.1016/s0300-5712(98)00037-2
101. Frankenberger, R., & Tay, F. R. (2005). Self-etch vs etch-and-rinse adhesives: effect of thermo-mechanical fatigue loading on marginal quality of bonded resin composite restorations. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 21(5), 397–412. https://doi.org/10.1016/j.dental.2004.07.005
102. Schuckar, M., & Geurtsen, W. (1997). Proximo-cervical adaptation of Class II-composite restorations after thermocycling: a quantitative and qualitative study. *Journal of Oral Rehabilitation*, 24(10), 766–775. https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.1997.00591.x
103. Mjör, I. A., Shen, C., Eliasson, S. T., & Richter, S. (2002). Placement and replacement of restorations in general dental practice in Iceland. *Operative Dentistry*, 27(2), 117–123.
104. Blunck, U., & Zaslansky, P. (2007). Effectiveness of all-in-one adhesive systems tested by thermocycling following short and long-term water storage. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 9 Suppl 2, 231–240.
105. Miyazaki, M., Sato, M., Onose, H., & Moore, B. K. (1998). Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *American Journal of Dentistry*, 11(3), 118–122.
106. Hashimoto, M., Ohno, H., Kaga, M., Endo, K., Sano, H., & Oguchi, H. (2000). In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *Journal of Dental Research*, 79(6), 1385–1391. https://doi.org/10.1177/00220345000790060601
107. Youngson, C. C., Jones, J. C., Manogue, M., & Smith, I. S. (1998). In vitro dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. *International Endodontic Journal*, 31(2), 90–99. https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.1998.00132.x
108. Mitsui, F. H., Bedran-de-Castro, A. K., Ritter, A. V., Cardoso, P. E., & Pimenta, L. A. (2003). Influence of load cycling on marginal microleakage with two self-etching and two one-bottle dentin adhesive systems in dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(3), 209–216.

109. Liberman, R., Ben-Amar, A., Frayberg, E., Abramovitz, I., & Metzger, Z. (2001). Effect of repeated vertical loads on microleakage of IRM and calcium sulfate-based temporary fillings. *Journal of Endodontics*, 27(12), 724–729. https://doi.org/10.1097/00004770-200112000-00003
110. Nikaido, T., Kunzelmann, K. H., Chen, H., Ogata, M., Harada, N., Yamaguchi, S., Cox, C. F., Hickel, R., & Tagami, J. (2002). Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 18(3), 269–275. https://doi.org/10.1016/s0109-5641(01)00048-3
111. Mandras, R. S., Retief, D. H., & Russell, C. M. (1991). The effects of thermal and occlusal stresses on the microleakage of the Scotchbond 2 dentinal bonding system. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 7(1), 63–67. https://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90030-3
112. Abdalla, A. I., El Zohairy, A. A., Aboushelib, M. M., & Feilzer, A. J. (2007). Influence of thermal and mechanical load cycling on the microtensile bond strength of self-etching adhesives. *American Journal of Dentistry*, 20(4), 250–254.
113. Hosaka, K., Nakajima, M., Takahashi, M., Itoh, S., Ikeda, M., Tagami, J., & Pashley, D. H. (2010). Relationship between mechanical properties of one-step self-etch adhesives and water sorption. *Dental materials: official publication of the Academy of Dental Materials*, 26(4), 360–367. https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.12.007
115. Torkabadi, S., Nakajima, M., Ikeda, M., Foxton, R. M., & Tagami, J. (2009). Influence of bonded enamel margins on dentin bonding stability of one-step self-etching adhesives. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 11(5), 347–353.
115. Van Landuyt, K. L., De Munck, J., Mine, A., Cardoso, M. V., Peumans, M., & Van Meerbeek, B. (2010). Filler debonding & subhybrid-layer failures in self-etch adhesives. *Journal of Dental Research*, 89(10), 1045–1050. https://doi.org/10.1177/0022034510375285
116. Akın, G., Hergüner-Siso, Ş., & Akın, H. (2012). Termal siklus ve suda bekletmenin kendinden asitli adezivlerin dentine mikrogerilim bağlanma dayanımları üzerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2012(2), 125–131.
117. Giannini, M., Seixas, C. A., Reis, A. F., & Pimenta, L. A. (2003). Six-month storage-time evaluation of one-bottle adhesive systems to dentin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry, 15(1), 43–49. https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2003.tb00281.x
118. Beuer, F., Stimmelmayr, M., Gueth, J. F., Edelhoff, D., & Naumann, M. (2012). In vitro performance of full-contour zirconia single crowns. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 28(4), 449–456. https://doi.org/10.1016/j.dental.2011.11.024
119. Sharma, V., Rampal, P., & Kumar, S. (2011). Shear bond strength of composite resin to dentin after application of cavity disinfectants - SEM study. *Contemporary Clinical Dentistry,* 2(3), 155–159. https://doi.org/10.4103/0976-237X.86438
120. Türkün, M., Türkün, L. S., & Kalender, A. (2004). Effect of cavity disinfectants on the sealing ability of nonrinsing dentin-bonding resins. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985),* 35(6), 469–476.
121. Anderson, M. H., Loesche, W. J., & Charbeneau, G. T. (1985). Bacteriologic study of a basic fuchsin caries-disclosing dye. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 54(1), 51–55. https://doi.org/10.1016/s0022-3913(85)80069-x
122. Boston, D. W., & Graver, H. T. (1994). Histobacteriological analysis of acid red dye-stainable dentin found beneath intact amalgam restorations. *Operative Dentistry*, 19(2), 65–69.
123. Karanika-Kouma, A., Dionysopoulos, P., Koliniotou-Koubia, E., & Kolokotronis, A. (2001). Antibacterial properties of dentin bonding systems, polyacid-modified composite resins and composite resins. *Journal of Oral Rehabilitation*, 28(2), 157–160. https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00643.x
124. Cehreli, S. B., Yalcinkaya, Z., Guven Polat, G., & Cehreli, Z. C. (2010). Effect of ozone pretreatment on the microleakage of pit and fissure sealants. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 35(2), 187–190. https://doi.org/10.17796/jcpd.35.2.v2gn643k3774j014
125. Kim, B. R., Oh, M. H., & Shin, D. H. (2017). Effect of cavity disinfectants on antibacterial activity and microtensile bond strength in class I cavity. *Dental Materials Journal*, 36(3), 368–373. https://doi.org/10.4012/dmj.2016-283
126. Coelho, A., Amaro, I., Apolónio, A., Paula, A., Saraiva, J., Ferreira, M. M., Marto, C. M., & Carrilho, E. (2021). Effect of Cavity Disinfectants on Adhesion to Primary Teeth-A Systematic Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4398. https://doi.org/10.3390/ijms22094398
127. Puig Silla, M., Montiel Company, J. M., & Almerich Silla, J. M. (2008). Use of chlorhexidine varnishes in preventing and treating periodontal disease. A review of the literature. *Medicina Oral, Patologia Oral Cirugia Bucal*, 13(4), E257–E260.

128. Kanisavaran, Z. M. (2008). Chlorhexidine gluconate in endodontics: an update review. *International Dental Journal*, 58(5), 247–257. https://doi.org/10.1111/j.1875-595x.2008.tb00196.x
129. Filoche, S. K., Soma, K., & Sissons, C. H. (2005). Antimicrobial effects of essential oils in combination with chlorhexidine digluconate. *Oral Microbiology and Immunology*, 20(4), 221–225. https://doi.org/10.1111/j.1399-302X.2005.00216.x
130. Quintas, V., Prada-López, I., Donos, N., Suárez-Quintanilla, D., & Tomás, I. (2015). Antiplaque effect of essential oils and 0.2% chlorhexidine on an in situ model of oral biofilm growth: a randomised clinical trial. PloS one, 10(2), e0117177. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117177
131. Athanassiadis, B., Abbott, P. V., & Walsh, L. J. (2007). The use of calcium hydroxide, antibiotics and biocides as antimicrobial medicaments in endodontics. *Australian Dental Journal*, 52(1 Suppl), S64–S82. https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2007.tb00527.x
132. Scheie, A. A., Eggen, K. H., & Rölla, G. (1987). Glucosyltransferase activity in human in vivo formed enamel pellicle and in whole saliva. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 95(3), 212–215. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1987.tb01833.x
133. Marsh, P. D., Keevil, C. W., McDermid, A. S., Williamson, M. I., & Ellwood, D. C. (1983). Inhibition by the antimicrobial agent chlorhexidine of acid production and sugar transport in oral streptococcal bacteria. *Archives of Oral Biology*, 28(3), 233–240. https://doi.org/10.1016/0003-9969(83)90152-8
134. Bektaş, Ö. (2023). Cavity Disinfection In Operative Dentistry – Review. *Journal of International Dental Sciences*, 9(2), 68-76. https://doi.org/10.21306/dishekimligi.1128565
135. Ünlü Söğüt, M. (2013). Jermisid ajanlardan katyonik deterjanlar. *Journal of Experimental and Clinical Medicine,* 30(1s), 75-79.
136. Emilson, C. G. (1977). Susceptibility of various microorganisms to chlorhexidine. *Scandinavian Journal of Dental Research*, 85(4), 255–265. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.1977.tb00561.x
137. Tazegül, S., Koçak, M.M., Topuz, Ö., Özcan, S., Altun Çekiç, A., & Erten, H., (2006). Üç Farklı Solüsyonun Streptococcus mutans ve Enterococcus faecalis Üzerine Antimikrobiyal Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi*, 27, 153-158.
138. Pashley, D. H., Tay, F. R., Yiu, C., Hashimoto, M., Breschi, L., Carvalho, R. M., & Ito, S. (2004). Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. *Journal of Dental Research*, 83(3), 216–221. https://doi.org/10.1177/154405910408300306
139. Mazzoni, A., Tjäderhane, L., Checchi, V., Di Lenarda, R., Salo, T., Tay, F. R., Pashley, D. H., & Breschi, L. (2015). Role of dentin MMPs in caries progression and bond stability. *Journal of Dental Research*, 94(2), 241–251. https://doi.org/10.1177/0022034514562833
140. Spencer, H. R., Ike, V., & Brennan, P. A. (2007). Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics--potential complications and their management. *British Dental Journal*, 202(9), 555–559. https://doi.org/10.1038/bdj.2007.374
141. Berber, V. B., Gomes, B. P., Sena, N. T., Vianna, M. E., Ferraz, C. C., Zaia, A. A., & Souza-Filho, F. J. (2006). Efficacy of various concentrations of NaOCl and instrumentation techniques in reducing Enterococcus faecalis within root canals and dentinal tubules. *International Endodontic Journal*, 39(1), 10–17. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01038.x
142. Piva, E., Martos, J., & Demarco, F. F. (2001). Microleakage in amalgam restorations: influence of cavity cleanser solutions and anticariogenic agents. *Operative Dentistry*, 26(4), 383–388.
143. Radcliffe, C. E., Potouridou, L., Qureshi, R., Habahbeh, N., Qualtrough, A., Worthington, H., & Drucker, D. B. (2004). Antimicrobial activity of varying concentrations of sodium hypochlorite on the endodontic microorganisms Actinomyces israelii, A. naeslundii, Candida albicans and Enterococcus faecalis. *International Endodontic Journal*, 37(7), 438–446. https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2004.00752.x
144. Perdigão, J., Lopes, M., Geraldeli, S., Lopes, G. C., & García-Godoy, F. (2000). Effect of a sodium hypochlorite gel on dentin bonding. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 16(5), 311–323. https://doi.org/10.1016/s0109-5641(00)00021-x
145. Cadenaro, M., Maravic, T., Comba, A., Mazzoni, A., Fanfoni, L., Hilton, T., Ferracane, J., & Breschi, L. (2019). The role of polymerization in adhesive dentistry. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 35(1), e1–e22. https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.012
146. Ohara, P., Torabinejad, M., & Kettering, J. D. (1993). Antibacterial effects of various endodontic irrigants on selected anaerobic bacteria. *Endodontics & Dental Traumatology*, 9(3), 95–100. https://doi.org/10.1111/j.1600-9657.1993.tb00258.x
147. Özel E, Yurdagüven H, Say E, & Kocagöz S. (2005). Fosforik Asit ve Dezenfektan Solusyonların Streptococcus Mutans'a Karşı Antibakteryel Etkisinin Saptanması. *Hacettepe Diş Hek Fak Derg*, 29(4), 8–14.

148. Heling, I., & Chandler, N. P. (1998). Antimicrobial effect of irrigant combinations within dentinal tubules. *International Endodontic Journal*, 31(1), 8–14.
149. Crim, G. A. (1992). Prerestorative bleaching: effect on microleakage of Class V cavities. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 23(12), 823–825.
150. Barkhordar, R. A., Kempler, D., & Plesh, O. (1997). Effect of nonvital tooth bleaching on microleakage of resin composite restorations. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 28(5), 341–344.
151. Bağış, Y.A., & Ertaş ,E. (2000). Kompozit restorasyonların yapımından önce ve sonra uygulanan vital ağartma işlemlerinin mikrosızıntı üzerine etkileri. *Atatürk Üni Diş Hek Fak Derg*, 27, 137–142.
152. Sabatini, C., & Pashley, D. H. (2015). Aging of adhesive interfaces treated with benzalkonium chloride and benzalkonium methacrylate. European journal of oral sciences, 123(2), 102–107. https://doi.org/10.1111/eos.12168
153. Turkun, M., Ozata, F., Uzer, E., & Ates, M. (2005). Antimicrobial substantivity of cavity disinfectants. *General Dentistry*, 53(3), 182–186.
154. Dinç, G. (2012). Kavite dezenfektanlarının antibakteriyel özellikleri, bağlanma dayanımı ve mikrosızıntı üzerine etkileri (derleme). *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 22.
155. Türkün, M., Türkün, L. S., Ergücü, Z., & Ateş, M. (2006). Is an antibacterial adhesive system more effective than cavity disinfection?. *American Journal of Dentistry*, 19(3), 166–170.
156. Türkün, M., Türkün, L.S., & Ateş, M. (2004a). Antibacterial activity of cavity disinfectants. *Balkan Journal of Stomatology*, 8, 214-219.
157. Chan, D.C.N., & Lo, W.W. (1994). Residual antimicrobial action of benzalkonium chloride containing etchant. *Journal of Dental Research,* 73, 226.
158. McDonnell, G., & Russell, A. D. (1999). Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology*, reviews, 12(1), 147–179. https://doi.org/10.1128/CMR.12.1.147
159. Uygun, G. (2007). Diş Hekimliğinde El Hijyeni ve Lateks Allerjisi. 5. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, 648-661.
160. da Silva, N. R., Calamia, C. S., Coelho, P. G., Carrilho, M. R., de Carvalho, R. M., Caufield, P., & Thompson, V. P. (2006). Effect of 2% iodine disinfecting solution on bond strength to dentin. *Journal of Applied Oral Science*: revista FOB, 14(6), 399–404. https://doi.org/10.1590/s1678-77572006000600003
161. Walter, R., Boushell, L. W., Heymann, H. O., Ritter, A. V., Sturdevant, J. R., Wilder, A. D., Jr, Chung, Y., & Swift, E. J., Jr (2014). Three-year clinical evaluation of a silorane composite resin. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*: official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry, 26(3), 179–190. https://doi.org/10.1111/jerd.12077
162. Benetti, A. R., Havndrup-Pedersen, C., Honoré, D., Pedersen, M. K., & Pallesen, U. (2015). Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative Dentistry*, 40(2), 190–200. https://doi.org/10.2341/13-324-L
163. Rosatto, C. M., Bicalho, A. A., Veríssimo, C., Bragança, G. F., Rodrigues, M. P., Tantbirojn, D., Versluis, A., & Soares, C. J. (2015). Mechanical properties, shrinkage stress, cuspal strain and fracture resistance of molars restored with bulk-fill composites and incremental filling technique. *Journal of Dentistry*, 43(12), 1519–1528. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.09.007
164. Garcia, D., Yaman, P., Dennison, J., & Neiva, G. (2014). Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk fill flowable composite resins. *Operative Dentistry*, 39(4), 441–448. https://doi.org/10.2341/12-484L
165. Gamarra, V. S. S., Borges, G. A., Júnior, L. H. B., & Spohr, A. M. (2018). Marginal adaptation and microleakage of a bulk-fill composite resin photopolymerized with different techniques. *Odontology*, 106(1), 56–63. https://doi.org/10.1007/s10266-017-0294-5
166. Zorzin, J., Maier, E., Harre, S., Fey, T., Belli, R., Lohbauer, U., Petschelt, A., & Taschner, M. (2015). Bulk-fill resin composites: polymerization properties and extended light curing. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 31(3), 293–301. https://doi.org/10.1016/j.dental.2014.12.010
167. Anusavice, K., Shen, C., & Rawls, H. (2013). Emerging trends. *Phillip's Science of Dental Materials*, 12th ed, 519.
168. Wu, C., & Xiao, Y. (2009). Article Commentary: Evaluation of the In Vitro Bioactivity of Bioceramics. Bone and Tissue Regeneration Insights, 2, BTRI.S3188. https://doi.org/10.4137/btri.s3188
169. Nanavati, K., Katge, F., Chimata, V. K., Pradhan, D., Kamble, A., & Patil, D. (2021). Comparative Evaluation of Shear Bond Strength of Bioactive Restorative Material, Zirconia Reinforced Glass Ionomer Cement and Conventional Glass Ionomer Cement to the Dentinal Surface of Primary Molars: an in vitro Study. *Journal of Dentistry*, 22(4), 260–266. https://doi.org/10.30476/DENTJODS.2021.87115.1230

170. Adeyeye, A., Spivey, V., Stoeckel, D., & Welch, D. (2023). Comparison of the marginal microleakage of a bioactive composite resin and traditional dental restorative materials. *General Dentistry*, 71(3), 52–56.
171. Tohidkhah, S., Kermanshah, H., Ahmadi, E., Jalalian, B., & Ranjbar Omrani, L. (2022). Marginal microleakage and modified microtensile bond strength of Activa Bioactive, in comparison with conventional restorative materials. *Clinical and Experimental Dental Research*, 8(1), 329–335. https://doi.org/10.1002/cre2.534
172. Kaushik, M., & Yadav, M. (2017). Margınal Mıcroleakage Properties Of Actıva Bıoactıve Restoratıve And Nanohybrıd Composıte Resın Usıng Two Dıfferent Adhesıves In Non Carıous Cervıcal Lesıons - An In Vıtro Study. *Journal of the West African College of Surgeons*, 7(2), 1–14.
173. Martínez-Sabio, L., Peñate, L., Arregui, M., Veloso Duran, A., Blanco, J. R., & Guinot, F. (2023). Comparison of Shear Bond Strength and Microleakage between Activa™ Bioactive Restorative™ and Bulk-Fill Composites-An In Vitro Study. *Polymers*, 15(13), 2840. https://doi.org/10.3390/polym15132840
174. Omidi, B. R., Naeini, F. F., Dehghan, H., Tamiz, P., Savadroodbari, M. M., & Jabbarian, R. (2018). Microleakage of an Enhanced Resin-Modified Glass Ionomer Restorative Material in Primary Molars. *Journal of Dentistry*, 15(4), 205–213.
175. Vohra, F., Altwaim, M., Alshuwaier, A. S., Alomayri, A., Al Deeb, M., AlFawaz, Y. F., Alrabiah, M., Al Ahdal, K., Al Deeb, L., & Abduljabbar, T. (2020). Bond integrity and microleakage of dentin-bonded crowns cemented with bioactive cement in comparison to resin cements: in vitro study. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 18, 2280800020905768. https://doi.org/10.1177/2280800020905768
176. Ebaya, M. M., Ali, A. I., & Mahmoud, S. H. (2019). Evaluation of Marginal Adaptation and Microleakage of Three Glass Ionomer-Based Class V Restorations: In Vitro Study. *European Journal of Dentistry*, 13(4), 599–606. https://doi.org/10.1055/s-0039-3401435
177. Amaireh, A. I., Al-Jundi, S. H., & Alshraideh, H. A. (2019). In vitro evaluation of microleakage in primary teeth restored with three adhesive materials: ACTIVA™, composite resin, and resin-modified glass ionomer. *European archives of paediatric dentistry : official journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 20(4), 359–367. https://doi.org/10.1007/s40368-019-00428-6
178. Peumans, M., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2007). Five-year clinical effectiveness of a two-step self-etching adhesive. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 9(1), 7–10.
179. Tekce, N. (2013). The correlation between laboratory bond tests and clinical outcome. *EÜ Dişhek Fak Derg*, 34(2), 57–65.
180. Gray, S. E., & Burgess, J. O. (1991). An in vivo and in vitro comparison of two dentin bonding agents. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 7(3), 161–165. https://doi.org/10.1016/0109-5641(91)90036-x
181. Barnes, D. M., Thompson, V. P., Blank, L. W., & McDonald, N. J. (1993). Microleakage of Class 5 composite resin restorations: a comparison between in vivo and in vitro. *Operative Dentistry*, 18(6), 237–245.
182. Lee, J. J., Nettey-Marbell, A., Cook, A., Jr, Pimenta, L. A., Leonard, R., & Ritter, A. V. (2007). Using extracted teeth for research: the effect of storage medium and sterilization on dentin bond strengths. *Journal of the American Dental Association*, 138(12), 1599–1603. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0110
183. Pulpdent (2017). Activa bioactive a closer look at bioactive materials, 2024 March. Available from: [https://www.pulpdent.com/wp-content/uploads/2019/09/ACTIVA-White-Paper-XF-VWP6-REV-06-2017-3.pdf]
184. Fleisch, A. F., Sheffield, P. E., Chinn, C., Edelstein, B. L., & Landrigan, P. J. (2010). Bisphenol A and related compounds in dental materials. *Pediatrics*, 126(4), 760–768. https://doi.org/10.1542/peds.2009-2693
185. López-García, S., Pecci-Lloret, M. P., Pecci-Lloret, M. R., Oñate-Sánchez, R. E., García-Bernal, D., Castelo-Baz, P., Rodríguez-Lozano, F. J., & Guerrero-Gironés, J. (2019). In Vitro Evaluation of the Biological Effects of ACTIVA Kids BioACTIVE Restorative, Ionolux, and Riva Light Cure on Human Dental Pulp Stem Cells. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(22), 3694. https://doi.org/10.3390/ma12223694
186. Patanjali, S., Arora, A., Arya, A., & Grewal, M. S. (2019). An In Vitro Study of Effect of Beveling of Enamel on Microleakage and Shear Bond Strength of Adhesive Systems in Primary and Permanent Teeth. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 12(3), 205–210. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1623
187. al-Salehi, S. K., & Burke, F. J. (1997). Methods used in dentin bonding tests: an analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)*, 28(11), 717–723.

188. Hilton, T. J. (2002). Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? In vitro investigations. Part 2. *American Journal of Dentistry*, 15(4), 279–289.
189. Taylor, M. J., & Lynch, E. (1993). Marginal adaptation. *Journal of Dentistry*, 21(5), 265–273. https://doi.org/10.1016/0300-5712(93)90104-x
190. Gopinath, V. K. (2017). Comparative evaluation of microleakage between bulk esthetic materials versus resin-modified glass ionomer to restore Class II cavities in primary molars. *Journal of the Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry*, 35(3), 238–243. https://doi.org/10.4103/JISPPD.JISPPD_17_17
191. Ozdemir, D. (2014). Dental caries and preventive strategies. Journal of Educational and Instructional Studies in the World, 4(4), 20-24.
192. Burke, F. J. (2003). From extension for prevention to prevention of extension: (minimal intervention dentistry). *Dental Update*, 30(9), 492–502. https://doi.org/10.12968/denu.2003.30.9.492
193. Suwatviroj, P., Messer, L. B., & Palamara, J. E. (2003). The effects of cavity preparation and lamination on bond strength and fracture of tooth-colored restorations in primary molars. *Pediatric Dentistry*, 25(6), 534–540.
194. Kodaka, T., Nakajima, F., & Higashi, S. (1989). Structure of the so-called 'prismless' enamel in human deciduous teeth. *Caries Research*, 23(5), 290–296. https://doi.org/10.1159/000261195
195. Nakornchai, S., Harnirattisai, C., Surarit, R., & Thiradilok, S. (2005). Microtensile bond strength of a total-etching versus self-etching adhesive to caries-affected and intact dentin in primary teeth. *Journal of the American Dental Association*, 136(4), 477–483. https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0203
196. Pashley, D. H., & Carvalho, R. M. (1997). Dentine permeability and dentine adhesion. *Journal of Dentistry*, 25(5), 355–372. https://doi.org/10.1016/s0300-5712(96)00057-7
197. Van Landuyt, K., De Munck, J., Coutinho, E., Peumans, M., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Bonding to dentin: Smear layer and the process of hybridization. In Dental Hard Tissues and Bonding: Interfacial Phenomena and Related Properties (pp. 89–122). *Springer Berlin Heidelberg*. https://doi.org/10.1007/3-540-28559-8_5
198. Andersson-Wenckert, I. E., Folkesson, U. H., & van Dijken, J. W. (1997). Durability of a polyacid-modified composite resin (compomer) in primary molars. A multicenter study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 55(4), 255–260. https://doi.org/10.3109/00016359709115424
199. Eick, J. D., Miller, R. G., Robinson, S. J., Bowles, C. Q., Gutshall, P. L., & Chappelow, C. C. (1996). Quantitative analysis of the dentin adhesive interface by Auger spectroscopy. *Journal of Dental Research*, 75(4), 1027–1033. https://doi.org/10.1177/00220345960750040501
200. Barkmeier, W. W., Shaffer, S. E., & Gwinnett, A. J. (1986). Effects of 15 vs 60 second enamel acid conditioning on adhesion and morphology. *Operative Dentistry*, 11(3), 111–116.
201. Walshaw, P. R., & McComb, D. (1996). Clinical considerations for optimal dentinal bonding. *Quintessence international (Berlin, Germany: 1985),* 27(9), 619–625.
202. Hosoya, Y. (1991). The effect of acid etching times on ground primary enamel. *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(3), 188–194.
203. Palmer, D. S., Barco, M. T., & Billy, E. J. (1992). Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 67(3), 325–327. https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90239-7
204. Dallı, M. (2010). Termal siklusun mikrosızıntıya etkisinin sınıf V kavitelerde kompozit restorasyonlarda in vitro incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*.
205. Araujo, F.deO., Vieira, L. C., & Monteiro Junior, S. (2006). Influence of resin composite shade and location of the gingival margin on the microleakage of posterior restorations. *Operative Dentistry*, 31(5), 556–561. https://doi.org/10.2341/05-94
206. Türkün, Ş., & Ergücü, Z. (2004). Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 21(2), 143–151. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazidis/293793
207. Şengün, A., & Öztürk, B. (2005). Farklı sayıda termal siklus uygulamasının bir kompozit rezinin marjinal sızıntısı üzerine etkisi. *Acta Odontologica,* retrieved from http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gaziaot/article/download/5000074015/5000068273
208. Dallı, M., Ercan, E., İnce, B., Çolak, H., Bahşi, E., Şahbaz, C., & Bağlar, S. (2010). Termal siklusun mikrosızıntıya etkisinin sınıf V kavitelerde kompozit restorasyonlarda in vitro incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 20(2), 105 - 113.

209. Karaarslan, E.Ş., Altintaş, S., Cebe, M., & Üşümez, A. (2010). Işıkla aktive edilen dezenfeksiyon işlemi uygulanmış kompozit restorasyonlarda mikrosızıntının değerlendirilmesi. *Hacettepe Üniv Diş Hek Fak Derg*, 34, 2-9.
210. Alani, A. H., & Toh, C. G. (1997). Detection of microleakage around dental restorations: a review. *Operative Dentistry*, 22(4), 173–185.
211. Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Operative Dentistry*, 28(3), 215–235.
212. Hanks, C. T., Wataha, J. C., Parsell, R. R., Strawn, S. E., & Fat, J. C. (1994). Permeability of biological and synthetic molecules through dentine. *Journal of Oral Rehabilitation*, 21(4), 475–487. https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1994.tb01162.x
213. Ferrari, M., & García-Godoy, F. (2002). Sealing ability of new generation adhesive-restorative materials placed on vital teeth. *American Journal of Dentistry*, 15(2), 117–128.
214. Alptekin, T., Ozer, F., Unlu, N., Cobanoglu, N., & Blatz, M. B. (2010). In vivo and in vitro evaluations of microleakage around Class I amalgam and composite restorations. *Operative Dentistry*, 35(6), 641–648. https://doi.org/10.2341/10-065-L
215. Mônika, C. M., & Fröner, I. C. (2006). A scanning electron microscopic evaluation of different root canal irrigation regimens. *Brazilian Oral Research*, 20(3), 235–240. https://doi.org/10.1590/s1806-83242006000300010
216. Ahmed, T. R., Mordan, N. J., Gilthorpe, M. S., & Gillam, D. G. (2005). In vitro quantification of changes in human dentine tubule parameters using SEM and digital analysis. *Journal of Oral Rehabilitation*, 32(8), 589–597. https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2005.01473.x
217. Silikas, N., Watts, D. C., England, K. E., & Jandt, K. D. (1999). Surface fine structure of treated dentine investigated with tapping mode atomic force microscopy. *Journal of Dentistry*, 27(2), 137–144. https://doi.org/10.1016/s0300-5712(98)00032-3
218. Jones, C. G. (1997). Chlorhexidine: is it still the gold standard?. *Periodontology 2000*, 15, 55–62. https://doi.org/10.1111/j.1600-0757.1997.tb00105.x
219. Perdigao, J., Denehy, G. E., & Swift, E. J., Jr (1994). Effects of chlorhexidine on dentin surfaces and shear bond strengths. *American Journal of Dentistry*, 7(2), 81–84.
220. Brackett, W. W., Tay, F. R., Brackett, M. G., Dib, A., Sword, R. J., & Pashley, D. H. (2007). The effect of chlorhexidine on dentin hybrid layers in vivo. *Operative Dentistry*, 32(2), 107–111. https://doi.org/10.2341/06-55
221. Suma, N., K Shashibhushan, K., & Subba Reddy, V. V. (2017). Effect of Dentin Disinfection with 2% Chlorhexidine Gluconate and 0.3% Iodine on Dentin Bond Strength: An in vitro Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 10(3), 223–228. https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-1440
222. Lessa, F. C., Nogueira, I., Huck, C., Hebling, J., & Costa, C. A. (2010). Transdentinal cytotoxic effects of different concentrations of chlorhexidine gel applied on acid-conditioned dentin substrate. *Journal of Biomedical Materials Research*. Part B, Applied biomaterials, 92(1), 40–47. https://doi.org/10.1002/jbm.b.31487
223. Moon, P. C., Weaver, J., & Brooks, C. N. (2010). Review of matrix metalloproteinases' effect on the hybrid dentin bond layer stability and chlorhexidine clinical use to prevent bond failure. *The Open Dentistry Journal*, 4, 147–152. https://doi.org/10.2174/1874210601004010147
224. Chang, Y. E., & Shin, D. H. (2010). Effect of chlorhexidine application methods on microtensile bond strength to dentin in Class I cavities. *Operative Dentistry*, 35(6), 618–623. https://doi.org/10.2341/09-360-L
225. Cecchin, D., Farina, A. P., Giacomin, M., Vidal, C.deM., Carlini-Júnior, B., & Ferraz, C. C. (2014). Influence of chlorhexidine application time on the bond strength between fiber posts and dentin. *Journal of Endodontics*, 40(12), 2045–2048. https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.08.019
226. Leitune, V. C., Collares, F. M., & Werner Samuel, S. M. (2010). Influence of chlorhexidine application at longitudinal push-out bond strength of fiber posts. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontics*, 110(5), e77–e81. https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2010.04.046
227. Çel, K., & Özel, Y. (2007). Kavite Dezenfektani Uygulamasinin Farkli Dentin Adeziv Sistemlerin Mikrosizintisina Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2007(2), 7-13.
228. Dalli, M., İnce, B., Şahbaz, C., & Bahşi, E. (2009). Sınıf V Kavitelerde Dezenfektanların Mikrosızıntı Üzerine Etkisi: In Vitro Çalışma, 14–19.

229. Francisconi-dos-Rios, L. F., Casas-Apayco, L. C., Calabria, M. P., Francisconi, P. A., Borges, A. F., & Wang, L. (2015). Role of chlorhexidine in bond strength to artificially eroded dentin over time. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 17(2), 133–139. https://doi.org/10.3290/j.jad.a34059
230. Gunaydin, Z., Yazici, A. R., & Cehreli, Z. C. (2016). In Vivo and In Vitro Effects of Chlorhexidine Pretreatment on Immediate and Aged Dentin Bond Strengths. *Operative Dentistry*, 41(3), 258–267. https://doi.org/10.2341/14-231-C
231. Nishitani, Y., Yoshiyama, M., Wadgaonkar, B., Breschi, L., Mannello, F., Mazzoni, A., Carvalho, R. M., Tjäderhane, L., Tay, F. R., & Pashley, D. H. (2006). Activation of gelatinolytic/collagenolytic activity in dentin by self-etching adhesives. *European Journal of Oral Sciences*, 114(2), 160–166. https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2006.00342.x

232. Sheikh Hasani, Y., Paryab, M., Saffarpour, A., Kharazifard, M. J., & Shahrabi, M. (2017). The Effect of Disinfection with Chlorhexidine on the Shear Bond Strength of Equia Resin-Modified Glass Ionomer Cement to Dentin in Permanent Teeth after Two Thermocycling Protocols. *Journal of Dentistry (Shiraz, Iran)*, 18(4), 265–271.
233. Bahrololoomi, Z., Salajeghe, S., Shahini Tiran, S. (2019). Effect of two disinfecting agents on the microleakage of resin-based composite restorations in primary teeth. *Journal of Dental Materials and Technology*, 8(3), 107-113.
234. Dursun, E., Le Goff, S., Ruse, D. N., & Attal, J. P. (2013). Effect of chlorhexidine application on the long-term shear bond strength to dentin of a resin-modified glass ionomer. *Operative Dentistry*, 38(3), 275–281. https://doi.org/10.2341/11-501-L
235. Singla, M., Aggarwal, V., & Kumar, N. (2011). Effect of chlorhexidine cavity disinfection on microleakage in cavities restored with composite using a self-etching single bottle adhesive. *Journal of Conservative Dentistry*, 14(4), 374–377. https://doi.org/10.4103/0972-0707.87201
236. Hiraishi, N., Yiu, C. K., King, N. M., & Tay, F. R. (2009). Effect of 2% chlorhexidine on dentin microtensile bond strengths and nanoleakage of luting cements. *Journal of Dentistry*, 37(6), 440–448. https://doi.org/10.1016/j.jdent.2009.02.002
237. de Castro, F. L., de Andrade, M. F., Duarte Júnior, S. L., Vaz, L. G., & Ahid, F. J. (2003). Effect of 2% chlorhexidine on microtensile bond strength of composite to dentin. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 5(2), 129–138.
238. Bhadra, D., Shah, N. C., Rao, A. S., Dedania, M. S., & Bajpai, N. (2019). A 1-year comparative evaluation of clinical performance of nanohybrid composite with Activa™ bioactive composite in Class II carious lesion: A randomized control study. *Journal of Conservative Dentistry*, 22(1), 92–96. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_511_18
239. van Dijken, J. W. V., Pallesen, U., & Benetti, A. (2019). A randomized controlled evaluation of posterior resin restorations of an altered resin modified glass-ionomer cement with claimed bioactivity. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 35(2), 335–343. https://doi.org/10.1016/j.dental.2018.11.027
240. Owens, B. M., Phebus, J. G., & Johnson, W. W. (2018). Evaluation of the marginal integrity of a bioactive restorative material. *General Dentistry*, 66(3), 32–36.
241. Latta, M. A., & Radniecki, S. M. (2020). Bond Strength of Self-Adhesive Restorative Materials Affected by Smear Layer Thickness but not Dentin Desiccation. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 79–84. https://doi.org/10.3290/j.jad.a43932
242. Latta, M. A., Tsujimoto, A., Takamizawa, T., & Barkmeier, W. W. (2020). Enamel and Dentin Bond Durability of Self-Adhesive Restorative Materials. *The Journal of Adhesive Dentistry*, 22(1), 99–105. https://doi.org/10.3290/j.jad.a43996
243. Benetti, A. R., Michou, S., Larsen, L., Peutzfeldt, A., Pallesen, U., & van Dijken, J. W. V. (2019). Adhesion and marginal adaptation of a claimed bioactive, restorative material. *Biomaterial Investigations in Dentistry*, 6(1), 90–98. https://doi.org/10.1080/26415275.2019.1696202
244. Angadala, P., Mandava, J., Ravi, R., Hanumanthu, K. R., Penmatsa, P., & Pulidindi, H. (2022). An in vitro micro-CT assessment of bioactive restorative materials interfacial adaptation to dentin. *Dental Research Journal*, 19, 56.

EKLER

EK-1.Etik Kurul Onayı

Evrak Tarih ve Sayısı: 01.07.2021-44723

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : E-46418926-050.01.04--44723 01.07.2021
Konu : Araştırma Projesi Değerlendirme Raporu
(21/464)

Sayın Prof. Dr. Günseli GÜVEN POLAT

Kurulumuza değerlendirilmek üzere sunulan, 21/464 kayıt numaralı ***"Farklı Bioaktif Kompozit Rezin ile Restore Edilen Sınıf II Kavitelerde Klorheksidin Glukonat Kullanımının Marjinal Boşluk Oluşumu ve Mikrosızıntı Üzerine Etkisinin İncelenmesi"*** başlıklı proje önerisi kurulumuzun 18.06.2021 tarihli toplantısında değerlendirilmiş ve etik açıdan uygun bulunmuştur. İlgili kurul kararı Ek'te sunulmuştur.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Fatih GÜLTEKİN
Başkan

Ek:Kurul Kararı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :*BSC4UD0UFC* Pin Kodu :41272 Belge Takip Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/sbu-ebys

Adres:Mekteb-i Tıbbiye-i Şahane Kampüsü, Tıbbiye Cad. No:38 Selimiye
Telefon:0216 346 36 38 Faks:0216 346 36 40
Web:http://sbu.edu.tr
Kep Adresi:sbu@hs01.kep.tr

Bilgi için: Ronayı COŞKUN
Unvanı: Araştırma Görevlisi

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

EK-2.Bilgilendirilmiş Onam Formu

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ HAMİDİYE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

Sayın hasta,

Çekim endikasyonu konularak çekilmiş dişinizin *''*Farklı Bioaktif Kompozit Rezin ile Restore Edilen Sınıf II Kavitelerde Klorheksidin Glukonat Kullanımının Marjinal Boşluk Oluşumu ve Mikrosızıntı Üzerine Etkisinin İncelenmesi*''* isimli bilimsel araştırma çalışmasında kullanılabilmesi için izin istenmektedir.

ÇALIŞMAYA KATILMAMIN OLASI YARARLARI NELERDİR?

Çekilmiş dişlerin *''*Farklı Bioaktif Kompozit Rezin ile Restore Edilen Sınıf II Kavitelerde Klorheksidin Glukonat Kullanımının Marjinal Boşluk Oluşumu ve Mikrosızıntı Üzerine Etkisinin İncelenmesi*''* isimli çalışmada kavite dezanfektanının dolgu diş ara yüzündeki bağlantı üzerine etkisi incelenerek, klinik kullanımı sonucunda avantaj sağlayıp sağlamayacağı bu deneysel çalışma sayesinde araştırılmış olacaktır. Bu çalışmada amacımız dolgu ve diş bağlantısını daha kuvvetli hale getirecek materyaller hakkında daha detaylı bilgiler elde etmektir.

ÇALIŞMAYA KATILMAMIN OLASI RİSKLERİ NELERDİR?

Çalışmaya katılmanın herhangi bir olası riski bulunmamaktadır.

KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?
Bu formu imzalayarak araştırmaya katılım için onay vermiş olacaksınız. Bununla birlikte kimlik bilgileriniz çalışmanın herhangi bir aşamasında kullanılmayacak, yalnızca çekilmiş diş çalışma içinde değerlendirilecektir.

SORU VE PROBLEMLER İÇİN BAŞVURULACAK KİŞİ:
Adı Soyadı: Hakan KARAOĞLAN, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Diş Hekimliği Fakültesi Çocuk Diş Hekimliği Ana Bilim Dalı
Telefon: 0(216) 418 96 16

ÇALIŞMAYA KATILMA ONAYI:

Bilgilendirilmiş gönüllü olur formundaki tüm açıklamaları okudum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum. Bana yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi biliyorum.

Gönüllü Adı Soyadı: Tarih ve İmza:

Araştırmacı Adı Soyadı: Tarih ve İmza: