

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**RESTORATİF MATERYALLERİN SÜT DİŞİ
DENTİNİNE BAĞLANMA
DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Esra ÖZKAN KAYA

**Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Seçkin AKSU**

**Yardımcı Tez Danışmanı
Doç. Dr. Seçil ÇALIŞKAN**

**ESKİŞEHİR
2022**

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**RESTORATİF MATERYALLERİN SÜT DİŞİ
DENTİNİNE BAĞLANMA
DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

Esra ÖZKAN KAYA

**Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı
Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Seçkin AKSU**

**Yardımcı Tez Danışmanı
Doç. Dr. Seçil ÇALIŞKAN**

Bu tez, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından TDH-2021-1698 proje numarası ile desteklenmiştir.

ESKİŞEHİR
2022

T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

RESTORATİF MATERYALLERİN SÜT DİŞİ DENTİNİNE
BAĞLANMA
DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Esra ÖZKAN KAYA

Tez Savunma Tarihi : 18.07.2022

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Seçkin AKSU (Mersin Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Doç. Dr. Ebru DELİKAN (Nuh Naci Yazgan Üniversitesi)

Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Münevver KILIÇ (Atatürk Üniversitesi)

Onay

Bu çalışma yukarıdaki jüri üyeleri tarafından **Uzmanlık tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Batu Can YAMAN
Dekan

Uzmanlık Tezi
ESKİŞEHİR-2022

UZMANLIK TEZİ BEYANNAMESİ

Uzmanlık tezi olarak sunduğum “**RESTORATİF MATERYALLERİN SÜT DİŞİ DENTİNİNE BAĞLANMA DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**” baŐlıklı araŐtırmayı danıŐmanım **Dr. Öğr. Üyesi Seçkin Aksu** rehberlik ve sorumluluğunda tamamladığımı; çalışma protokolü ve süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun davrandığımı, verilerin tarafımca toplandığını, örneklerin tarafımca hazırlandığını; deney, analiz ve görüntüleme iŐlemlerinin ilgili laboratuvar ve görüntüleme merkezinde tarafımca yapıldığını/yaptırıldığını, tez metnini hazırlarken kaynakçanın eksiksiz olarak gösterildiğini, tezin yazım kılavuzu kurallarına uygun olarak hazırlandığını ve belirtilen hususların aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Esra ÖZKAN KAYA

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	ix
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Süt Dişlerinin Daimi Dişlerden Farkları	4
2.2. Süt Dişi Dentinin Özellikleri ve Süt Dişi Dentinine Bağlanma	5
2.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller	8
2.3.1. Cam İyonomer Simanlar.....	8
2.3.2. Kompomerler.....	15
2.3.3. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyaller	18
2.4. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi	20
2.5. Araştırmanın Amacı	21
3. MATERYAL VE METOT	22
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller	22
3.2. Örneklerin Hazırlanması	23
3.3. Makaslama Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi	26
3.4. İstatistiksel Analiz.....	29
4. BULGULAR	30
4.1. Steromikroskop ve Sem Görüntüleri.....	33
4.1.1. Materyallerin Kırılma Bölgelerinin Steromikroskop Görüntüleri Örnekleri	33
4.1.2. Geleneksel Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri.....	33
4.1.3. Resin Modifiye Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri	34

4.1.4. Kompomer-SEM Görüntüleri.....	34
4.1.5. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal-SEM Görüntüleri.....	35
5. TARTIŞMA.....	36
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR	44

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgisini, sabrını, iyi niyetini ve desteğini esirgemeyen, değerli danışman hocam Sayın **Dr. Öğr. Üyesi Seçkin AKSU**'ya,

Uzmanlık eğitimim süresince Çocuk Diş Hekimliği'nin esaslarını sabırla öğreten, bilgi ve tecrübesinden çok şey öğrendiğim, her konuda hoşgörü ve desteğini hissettiğim çok değerli hocam Sayın **Doç. Dr. Sevil ÇALIŞKAN**'a,

ESOGÜ Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde tez çalışmamın hazırlanması sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın **Öğr. Gör. Tayfun ŞENGEL** ve **Öğr. Gör. Berk Can YÜCEL**'e,

Değerli zamanını ayırarak tez savunma sınavıma katılma nezaketini gösteren değerli hocalarım Sayın **Doç. Dr. Ebru DELİKAN** ve **Dr. Öğr. Üyesi Münevver KILIÇ**'a

Birlikte çalışmaktan keyif aldığım tüm ESOGÜ Diş Hekimliği Fakültesi personeline, asistan arkadaşlarıma, yardım ve desteklerini esirgemeyen Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı çalışanlarına,

Tez çalışmamın hazırlanması sırasında yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım **Ruken ERGÜL**, **Sena AYYILDIZ**'a,

Üniversiteden bu yana beni her zaman en iyi anlayanım olan ve kalplerimizin hep bir olduğunu bildiğim can dostum **Beyza Nur İLHAN**'a,

Hayattaki en büyük şansım ve destekçim olan eşim **Yunus Emre KAYA**'ya,

Bugünlere gelmemde en büyük emeğe sahip olan ve her zaman arkamda duran duran canım aileme,

Uzmanlık sürecim boyunca ve hayatımın son dört yılının her aşamasında yanımda olan eşimin ailesine,

Sonsuz teşekkürlerimle...

ESRA ÖZKAN KAYA

ÖZET

Restoratif Materyallerin Süt Dişı Dentinine Bağlanma

Dayanımının Değerlendirilmesi

Amaç: Bu tez araştırmasında, geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, kompomer ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlandı.

Materyal ve Metot: Bağlanma dayanımı testi için, süt azı dişlerinin gömüleceği 64 adet akrilik blok hazırlandı ve dişler mine-sement sınırına kadar gömüldü. Dişlerin okluzal yüzeyi mezio-distal yönde mine-sement sınırına paralel olacak şekilde su soğutması altında elmas separe kullanılarak aşındırılıp dentin yüzeyi açığa çıkarıldı. Dentin yüzeyleri 600 gridlik silikon karbit zımparayla su altında 1 dakika boyunca zımparalandı. Bloklar her bir restoratif materyal için 16 adet süt dişı olacak şekilde 4 gruba ayrıldı. Restoratif materyaller (Geleneksel cam iyonomer siman (FUJI IX LC), Resin modifiye cam iyonomer siman (FUJI II LC), Kompomer (DYRACT XP), ACTIVA Kids Bioactive Restorative) polietilenden hazırlanmış 3 mm çapında, 4 mm yüksekliğinde silindirik kalıp kullanılarak üretici firmanın önerileri doğrutusunda yerleştirildi. Tüm örnekler 24 saat 37°C'lik etüvde distile su içerisinde bekletildikten sonra makaslama bağlanma dayanımı değerleri universal test cihazı kullanılarak ölçüldü. Kopan örneklerin kırılma tipleri (adeziv-koheziv-mix) steromikroskop altında incelendi ve görüntüleri kaydedildi. Her gruptan birer örnek elektron mikroskobu (SEM) altında x50, x500, x1000 büyütmede incelendi ve temsili alanların görüntüleri kaydedildi. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesinde tek yönlü varyans analizi (One-way-ANOVA), Post-Hoc Tukey testleri ve Ki-Kare, Post-Hoc Bonferroni testleri kullanıldı.

Bulgular: Tüm gruplar arasında en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri rezin modifiye cam iyonomer siman (FUJI II LC) grubunda, en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri ise kompomer (DYRACT XP) grubunda gözlemlendi. Restoratif materyal gruplarının makaslama bağlanma dayanımı değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p < 0.01$). Restoratif materyallerin kırılma tipleri değerlendirildiğinde, tüm gruplarda en çok görülen kırılma tipinin adeziv tip kırılma (%67.2), en az görülenin ise koheziv tip kırılma (%1.6) olduğu tespit edildi. Grupların kırılma tipi oranları değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ($p = 0.026$).

Sonuç: Sonuç olarak rezin içerikli materyallerin süt dişı dentinine bağlanma dayanımı daha fazladır ve yeni piyasaya sürülmüş, hakkında sınırlı çalışma olan ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal klinikte süt dişlerinde kullanım için uygundur.

Anahtar Kelimeler: ACTIVA Kids, Makaslama Bağlanma Dayanımı, Süt Dişı Dentini.

ABSTRACT

Evaluation of the Bonding Strength of Primary Tooth Dentin of Restorative

Materials

Aim: The aim of this study was to provide a comparative evaluation of the shear bond strengths of conventional glass ionomer cement, resin modified glass ionomer cement, compomer and ACTIVA Kids bioactive restorative material.

Material and Method: For the bond strength test, 64 acrylic blocks were prepared for the embedding of the primary molars and the teeth were embedded up to the enamel-cementum boundary. The occlusal surface of the teeth was abraded in the mesio-distal direction parallel to the enamel-cementum boundary, using diamond separator under water cooling, and the dentin surface was exposed. Dentin surfaces were sanded under water for 1 minute with a 600-grid silicon carbide sandpaper. The blocks were divided into 4 groups with 16 primary teeth for each restorative material. Restorative materials (Conventional glass ionomer cement [FUJI IX LC], Resin-modified glass ionomer cement [FUJI II LC], Compomer [DYRACT XP], ACTIVA Kids Bioactive Restorative) were placed in accordance with the manufacturer's recommendations by using a 3 mm diameter 4 mm height polyethylene cylindrical mold. All specimens were stored at 37°C for 24 h and shear bond strength was then measured by universal testing machine. Fracture types (adhesive, cohesive, mixed) obtained were determined at stereomicroscope. One sample from each group was examined to electron microscope (SEM) at x50, x500, x1000 magnification and images of representative areas were recorded. Data were analyzed using one-way ANOVA, Post-hoc Tukey tests and Ki-Kare, Post-Hoc Bonferroni tests.

Results: The highest mean shear bond strength values were observed in the resin modified glass ionomer cement (FUJI II LC) group for all restorative materials while the lowest mean shear bond strength values were in the compomer (DYRACT XP) group were observed. When the shear bond strength values of the restorative material groups were compared, a statistically significant difference was found ($p < 0.01$). When the fracture types of the restorative materials were evaluated, it was determined that the most common fracture type in all groups was adhesive type fracture (67.2%), the least common cohesive type fracture (1.6%). When the fracture type ratios of the groups were evaluated, a statistically significant difference was found between them ($p = 0.026$).

Conclusion: In conclusion, resin-containing materials have higher bond strength to primary tooth dentin and ACTIVA Kids bioactive restorative material is suitable for clinical use in primary teeth.

Keywords: ACTIVA Kids, Primary Teeth Dentine, Shear Bond Strength.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al_2O_3	: Alüminyum oksit
Ark.	: Arkadaşları
ASPA	: Alümino silikat poliakrilik asit
$BaSO_4$: Baryum sülfat
Bis-GMA	: Bisfenol-A glisidil metakrilat
BPA	: Bisfenol A
ESOGÜ	: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
HEMA	: 2-Hidroksietil Metakrilat
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
La_2O_3	: Lantan oksit
LED	: Diyot Yayan Işık
Mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
SEM	: Elektron tarama mikroskobu
Sn	: Saniye
SiO_2	: Silisyum dioksit
SrO	: Stronsiyum oksit
TCB	: Tetrakarboksilik bütan
UDMA	: Üretan dimetrakrilat
$^{\circ}C$: Santigrat derece
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan materyaller.....	22
Şekil 3.2. Bloğa gömülmüş süt dişlerinin okluzalden ve bukkalden görünümü.....	24
Şekil 3.3. Mine-dentin sınırından kesilmiş süt dişinin okluzal görüntüsü.....	24
Şekil 3.4. Restoratif materyal yerleştirildikten sonra okluzal ve bukkal görüntüler..	26
Şekil 3.5. Universal test cihazı.....	27
Şekil 3.6. Bloğun cihaza yerleştirilmiş hali ve kırılma öncesi görüntüsü.....	27
Şekil 3.7. Elektron Tarama Mikroskobu.....	28
Şekil 4.1. Materyallerin Kırılma Bölgelerinin Steromikroskop Görüntüleri.....	33
Şekil 4.2. Geleneksel Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri.....	33
Şekil 4.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri.....	34
Şekil 4.4. Kompomer-SEM Görüntüleri.....	34
Şekil 4.5. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal-SEM Görüntüleri.....	35

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan materyallerin içeriği.....	23
Tablo 4.1. Restoratif materyallerin süt dişi dentinine ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri.....	31
Tablo 4.2. Restoratif materyal-dentin arasında görülen kırılma tipleri.....	32

1.GİRİŞ

Süt dişleri; beslenme, konuşma, çenelerin gelişimi, estetik gibi fonksiyonları yerine getirirler ve aynı zamanda kendinden sonra sürecek daimi dişlerin yerini koruduklarından yer tutucu görevi de görmektedirler.¹ Sağlıklı okluzyonun anahtarı olan süt dişlerinin erken kaybedilmesi estetik sorunlara, kalıcı veya geçici oklüzyon bozukluklarına, konuşma problemlerine ve psikolojik sorunlara neden olabilmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı süt dişlerinin restore edilmesi oldukça önemlidir.²

Süt dişleri morfolojik ve histolojik olarak daimi dişlerden farklıdır. Tberkller arası mesafenin daha dar, proksimal kontakt alanlarının daha düz olması, kronun servikal bölgede ani daralma göstermesi, dentin kalınlığının daha az, dentin tübüllerinin daha geniş olması, mineral içeriğinin ve dağılımının farklı olması gibi özellikleriyle daimi dişlerden ayrılırlar. Bu da bize süt dişlerinde restoratif materyal bağlanma dayanımının ve aynı zamanda restoratif materyal gereksiniminin farklı olacağını göstermektedir.^{3,4}

Geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar ve poliasit modifiye kompozit rezinler (kompomer) süt dişlerinin tedavisinde sıklıkla kullanılan restoratif materyallerdir.^{3,5,6}

Geleneksel cam iyonomer simanlar, asit-baz reaksiyonuyla sertleşen, flor salınım özelliği olan ve flor rezervuarı işlevi de görebilen restoratif materyallerdir.^{7,8} Mineye ve dentine kimyasal bağlanması, uzun süre boyunca flor salınımı yapabilmesi, reşarj olma özelliği, termal genleşme katsayısının dişe yakın olması, karyostatik etkisinin olması ve biyoyumluluk avantajlarıyken; sertleşirken erken dönem nem hassasiyeti, ilerleyen zamanda ise dehidratasyon karşısında hassas olması, kırılma dayanımının ve aşınma direncinin az olması, manipülasyonun güç olması ve estetiğin iyi olmaması ise dezavantajlarıdır.^{9,10}

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, cam iyonomer bileşenlerin yanında organik komponentler, fotopolimerize olabilen monomerler ve bunların başlatıcı sistemlerinden oluşan %80'ini cam iyonomer simanın ve %20'sini ise rezinin oluşturduğu hibrit restoratif materyallerdir.^{11,12} Rezin modifiye cam iyonomer simanlar görünür ışıkla sertleşmeye başladığı için çalışma süresi daha uzundur. Mekanik ve estetik özellikleri, kırılmaya karşı dayanıklılıkları ve aşınmaya karşı dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksektir.^{6, 13} Ancak rezin modifiye cam iyonomer simanların geleneksel cam iyonomer simanlara kıyasla daha az flor salma eğiliminde olması, sertleşme esnasında görülen polimerizasyon büzülmesi ve bununla birlikte görülen mikrosızıntı sorunu materyalin dezavantajlarıdır.¹⁴

Kompomerler, cam iyonomer simanların ve kompozit rezinlerin özelliklerinin birleştirilmesi amacıyla tasarlanmış, %30'unu cam iyonomer simanın, %70'ini ise kompozit rezinin oluşturduğu restoratif materyallerdir.¹⁴⁻¹⁷ Tek komponente sahip olması ve estetik özellikleriyle kompozit rezinlere, flor salınımı yapabilmesi ve adezyon özelliğiyle cam iyonomer simanlara benzemektedir.¹⁸ Süt dişlerine benzer aşınma göstermesi ve kaviteye uygulanmasının fazla aşama gerektirmemesi olumlu özellikleri arasındadır.^{19, 20}

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal dual-cure sertleşme özelliğine sahip olan, dişlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taklit edebilen dental rezindir. Kompozitin sağlamlığının ve estetiğinin cam iyonomer simanın özellikleriyle birleştirilmesi amaçlanmaktadır. Cam iyonomer içeriği sayesinde dişe kimyasal olarak bağlanır ve flor salınımı kapasitesi yüksektir. Bu sebeple süt dişlerinin restorasyonunda kullanımı önerilmektedir.²¹ ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal rezin içeriği sayesinde yüksek dayanıklılık, estetik ve fiziksel özellikler gösterirken, cam iyonomer simanlara göre daha fazla kalsiyum, fosfat, flor salınımı ve reşarj olabilme özelliğine sahiptir.²¹⁻²³

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal piyasaya yeni sürülmüş bir materyal olup, üretici firmanın öne sürdüğü özellikleri dışında hakkında az miktarda karşılaştırmalı çalışma mevcuttur.^{24, 25} Bu sebeple, bu tez araştırmasında, ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımının geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompomerle karşılaştırılarak sonuçların değerlendirilmesi amaçlandı.

Çalışmamızda test edilen H_0 hipotezi şu şekilde kurulmuştur:

Süt dişlerinin restoratif materyallere makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

Süt dişleri çiğneme, konuşma, yer tutucu ve estetiği sağlama gibi farklı ve önemli görevlere sahip olmakla birlikte, bu dişlerin erken kaybedilmesi maloklüzyona, konuşma patolojisine, fonksiyonel ve estetik sorunlara yol açabilmektedir. Süt dişleri yalnızca konuşma, çiğneme, görünüm ve kötü alışkanlıkların önüne geçilmesi açısından değil, aynı zamanda daimi dişlerin yönlendirilmesinde ve sürmesinde, çocuğun büyüme ve gelişmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. Süt dişlerinin eksfoliasyonu ve daimi dişlerin sürmesi normal fizyolojik bir süreçtir ve oklüzyonun gelişiminde belirleyici bir faktördür. Önemleri göz önüne alındığında, bu dişlerin erken kaybında maloklüzyon riskinin ortaya çıkacağı akılda bulunmalıdır. Süt dişleri, daimi dişlenme için en iyi yer tutucu seçeneği olarak hizmet etmektedir ve problemlerden kaçınmanın yolu da süt dişlerinin normal eksfoliasyon zamanına kadar arkta korunmasıdır.²⁶⁻²⁸

2.1. Süt Dişlerinin Daimi Dişlerden Farkları

Süt dişlerinin histolojik ve morfolojik özellikleri daimi dişlerden farklıdır. Mine ve dentin kalınlığı daimi dişlere göre daha ince, tüberküller arası mesafe daha dar, proksimal kontakt alanları ise daha düzdür. Süt dişlerinde kron meziodistal olarak serviko-oklüzale göre daha geniştir, daha geniş bir temas alanına sahiptir ve servikal bölgede ani daralım gösterir. Kasplar uzun, keskin ve oklüzal fossaları daha derindir. Bukkal, lingual yüzeyler ve servikal çıkıntı daha az yuvarlak ve düz olduğu için servikal sırt daha belirgindir.^{3, 29}

Süt dişleri ile daimi dişler arasındaki bu farklılıklar materyallerin diş sert dokularına adezyon performansını, bağlanma dayanımını ve restorasyonun ömrünü etkileyebilir.³⁰

2.2. Süt Dişı Dentinin Özellikleri ve Süt Dişı Dentinine Bağlanma

Süt dişine yapılan restorasyonlarda etkili bir adezyonun sağlanması, marjinal mikrosızıntıyı, sekonder çürüklerin oluşmasına neden olan bakteri girişini, operasyon sonrası oluşabilecek hassasiyeti ve pulpal enflamasyonları azaltır. Bunun yanında kalan diş dokusunun maksimum oranda korunduğu kavitelerin hazırlanması, süt dişlerinin gerekli zaman aralığında ağız içinde kalmasını olanaklı kılmaktadır.³¹

Dentin dokusu, inorganik madde olarak büyük oranda hidroksiapatit, çoğunluğu tip 1 kollajen olmak üzere organik madde ve su içermesi ile karakterizedir. Bununla birlikte dentin dokusunda yoğun bir tübül ağı bulunmaktadır. 1-2,5 mikrometre çaplarında değişen bu dentin tübülleri sıvı içermektedir. Bu tübüllerin etrafı peritübüler dentin denilen hipermineralize bir dentinle çevrilidir. İntertübüler dentin peritübüler dentine göre daha az mineralize olan kısımdır ve dentinin en büyük kısmını oluşturur. Peritübüler ve intertübüler dentin oranları çeşitli bölgelerde farklılık göstermektedir. Bu sebeple dentin mineden farklı olarak daha heterojen özellik göstermektedir.^{32, 33} Dentine bağlanmada zorluk, bu kompleks yapı ve kimyasal içeriğin farklı olması nedeniyledir.³⁴

Süt diş dentini prenatal ve postnatal olmak üzere iki tabakadan oluşur. Prenatal dentinin yapısı daha yoğun ve homojenken, postnatal dentinin yapısı daha az yoğun ve pörözdür. Dentin tübüllerinin doğrultusu süt ve daimi dişlerin kole bölgelerinde farklı yapıdadır. Süt dişlerinde dentin kanalları kole bölgesinde düz doğrultudayken, daimi dişlerde daha kıvrımlı yapıdadır. Ayrıca süt diş dentini daimi diş dentininin yarısı kalınlığındadır.^{35, 36} Süt diş dentininin yapısı biyolojik ve mekanik özellikler bakımından daimi diş dentinine benzer özellik gösterir. Ancak peritübüler ve intertübüler dentinin kalsiyum ve fosfor miktarları daha düşüktür ve daha az mineralize yapıdadır.³⁵ Bundan dolayı da süt diş dentininin mikrosertlik değeri, daimi diş dentininden belirgin oranda daha düşüktür. Pulpayla doğru yaklaşıldıkça da yüzeysel dentine oranla mikrosertlik ve

elastisite modülü değerleri azalmaktadır.³⁷ Süt dişleri ve daimi dişler arasındaki bu yapısal farklılıklar sebebiyle süt dişlerinin geçirgenliği ve duyarlılığı artmakta, diş etkenlerden daha kolay etkilenir hale gelmektedir.³⁸

Süt dişi dentinine bağlanma daimi dişlerde olduğu gibi hibridizasyon ve rezin tağlarının oluşumuyla olmaktadır. Süt dişlerinin mineral içeriği daimi dişlere göre daha düşük, dentin tübül sayısı az ve çapı da daha geniştir. Asidik ajanların penetrasyonu tübüller boyunca gerçekleştiğinden süt dişlerinde daha derine penetrasyon ve dolayısıyla daha güçlü demineralizasyon gerçekleşir. Tüm bu özellikler süt dişine uygulanan restoratif materyallerin bağlanmasını etkilemesi açısından önemlidir.^{35, 36, 39}

Adezyon, latince “adhaerere” kelimesinden köken almakta ve bağlanmak anlamına gelmektedir. Farklı moleküller arasında oluşan çekim kuvvetine ‘adezyon’, aynı moleküllerin birbirleri arasında oluşturduğu çekim kuvvetine ise ‘kohezyon’ denmektedir. Adezyonu meydana getiren madde ‘adeziv’; adezivin uygulandığı madde ise ‘aderent’ olarak tanımlanır.^{34, 40}

Buonocore 1955 yılında diş yüzeyinin asitle pürüzlendirilmesi düşüncesini ortaya koymuş ve böylelikle adeziv diş hekimliği olarak adlandırılan yeni bir dönem başlamıştır.⁴¹ Mineye ve dentine adezyon ile bağlanabilme özelliği olan adeziv dolgu materyallerinin geliştirilmesiyle rkleri ve defektleri restore etmek için yapılan uygulamalarda başarı oranı önemli miktarda artmış, restorasyon sonrası hassasiyet olması ihtimali, restorasyon kenarlarında renklenme, sekonder rk oluşumu gibi restorasyonun ömrünü negatif anlamda etkileyen klinik problemler mümkün oldukça azaltılmıştır.³⁴

Adezyon dört farklı mekanizmayla açıklanmaktadır:^{32, 42}

1-Mekanik adezyon: Adezyon, adezivin aderent yüzeyindeki düzensiz yapılara mekanik olarak kilitlemesiyle gerçekleşir.

2-Adsorbsiyon adezyonu: Adeziv ve aderentin kimyasal olarak bağlanmasıyla gerçekleşir. Bu adezyon tipinde kuvvetleri primer (iyonik-kovalent) ya da sekonder (hidrojen bağları-dipol etkileşimler-van der waals) kuvvetler oluşturmaktadır.

3-Difüzyon adezyonu: Hareketli moleküllerin arasında meydana gelen bağlanma olarak tanımlanmaktadır.

4-Elektrostatik adezyon: Farklı yapıdaki düz yüzeyler (metal ve polimer yapı) arasındaki elektrostatik etkileşimler sonucu gerçekleşen bağlanmadır, zayıf bir bağlanma şeklidir.

İyi bir adezyon, adeziv ve adherent arasındaki temasın yakın olmasıyla sağlanabilir. Adezivin aderent yüzeyinde küre şeklinde bir yapı oluşturması gereklidir ve bu küreye çizilen teğet ile aderent yüzeyi arasındaki açı değim açısıdır. Yakın temas için bu değim açısı sıfıra yakın olmalıdır. Bu da yüzeyin temiz olmasıyla sağlanabilir. Aynı zamanda adezivin yüzey enerjisinin mine ve dentinin yüzey enerjisinden daha düşük olması gerekir. Bu koşullar altında sağlam bir adezyon gerçekleşmiş olur.^{34, 40}

Adeziv bağlantının başarısız olması durumunda üç tip kırılma gözlenmektedir.⁴³

-Koheziv kırılma: Materyalin kendi içerisinde meydana gelen kırılma,

-Adeziv kırılma: Materyalin ve dişin birbirine bağlandığı yüzde meydana gelen kırılma,

-Mix kırılma: Her iki kırılma tipinin de birlikte görüldüğü durumdur.

Restoratif materyaller ve süt dişi dentini arasındaki makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin yüksek olması, adezyonun iyi olmasına ve süt dişlerinin eksfoliasyon yaşı gelene kadar ağız içinde sağlıklı bir şekilde bulunmalarına katkı sağlayacaktır.²⁵ Bu bağlamda kullanılacak olan restoratif materyallerin seçimi son derece önemlidir.

2.3. Süt Dişlerinde Kullanılan Restoratif Materyaller

2.3.1. Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar, 1960'ların sonunda Alan Wilson ve çalışma arkadaşları tarafından silikat simanlara alternatif olarak geliştirilmiş ve patenti alınmıştır.⁴⁴ 1972 yılında ise ilk kez Wilson ve Kent tarafından geliştirilerek alümino silikat poliakrilik asit (ASPA) adı altında tanıtılmıştır.⁴⁵

Toz ve likidin karıştırılması ile elde edilen bu simanlar polikarboksilat simanın hibriti formunda tanımlanmaktadır. Cam iyonomer simanların sertleşmeleri asit-baz reaksiyonuyla olur. Dişteki kalsiyum iyonlarıyla veya metal iyonlarıyla çapraz bağlar yapabilme kapasitesine sahiptir. Uzun süre florür salınımı yapma, reşarj olma özelliği vardır ve buna bağlı olarak da antikaryojenik özellik gösterir. Diş minesine ve dentine termal uyumluluk göstermesi, düşük sitotoksitesi gibi avantajları sayesinde günümüzde diş hekimliğinde geniş kullanım alanı vardır. Aşınma direncinin düşük, çalışma süresinin kısa, sertleşme süresinin uzun olması, sertleşme esnasında nem kontaminasyonuna karşı duyarlılığı kullanımını kısıtlayan faktörlerdir.⁴⁶

1994 yılında McLean ve ark.⁴⁷ tarafından yapılan çalışmalara göre cam iyonomer simanlar sertleşme reaksiyonlarına göre üçe ayrılmıştır. Bunlar;

- I. Geleneksel cam iyonomer simanlar
- II. Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
- III. Kompomerler

2.3.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Geleneksel cam iyonomer simanlar; suda çözünen, fonksiyonelliği oluşturan karboksilik asit, bazik bir inorganik cam olan kalsiyum floro alüminosilikat ve su gibi üç ana bileşeni içeren organik/inorganik materyallerdir.^{47, 48}

Silikat simanların matriks yapısında alüminyum ve kalsiyum fosfatların olduğunun keşfedilmesiyle silikat simanların içeriğindeki fosforik asidin daha az agresif organik asitle değiştirilmesi düşüncesi ortaya çıkmıştır.^{49, 50} Bu amaçla, Wilson ve ark.⁵¹ %35-50 oranında sıvı çözeltiler halinde pirüvik, tartarik, tannik, floroborik, gliserofosforik ve tetrafosforik asit serileri ve %25'lik polimerik asidin sıvı çözeltisini alüminosilikat cam tozlarıyla karıştırarak deneysel simanlar hazırlamıştır. Bu simanlar birden çok olumlu özellik göstermesine rağmen, sertleşme reaksiyonunun yavaş olması ve klinik kullanımda zayıf hidrolitik stabilite göstermesi gibi olumsuz özelliklere sahipti.⁵¹ Ancak, %25'lik poliakrilik asit kombinasyonu ile ortaya çıkan simanların hidrolitik parçalanma karşısında daha fazla direnç gösterdiği ama çalışma zamanının çok daha kısa olduğu görülmüştür.^{51, 52} Wilson ve Kent⁴⁵ ise çalışmalarında cam reaktivitesinin alüminyum oksit (Al_2O_3)/silisyum dioksit (SiO_2) oranı ile kontrol edildiğini göstermiş ve böylece daha kararlı simanlar oluşturulabilmiştir.

Ortaya çıkan ilk cam iyonomer siman ASPA I adıyla piyasaya sürülmüş fakat bu siman yavaş sertleşme özelliği, nem karşısındaki hassasiyetinin fazla olması ve translüsentliğinin düşük olması sebebiyle içine tartarik asit ilavesiyle tekrar geliştirilmiş ve pratikte ilk kullanılan ASPA II piyasaya sürülmüştür.⁵³ Daha sonra yapılan çalışmalarla poliakrilik asit çözeltisine metil alkol eklenerek ASPA III geliştirilmiştir. Ancak bu simanın ağız ortamında renklendiği görüldükten sonra simanın likidine itakonik asit ve akrilik polimerler eklenmiş ASPA IV ortaya çıkmıştır. ASPA IV'ün mekanik özelliğindeki eksikliklerin önlenmesi amacıyla asidin kurutulup cam tozunun içerisine

eklenmesiyle ASPA V geliştirilip piyasaya sürülmüştür. Ortaya çıkan simanın sertleşme zamanı daha kısa hale getirilmiş ve dayanıklılığı da arttırılmıştır. Daha sonra bu simanın yapısı daha da inceltiirerek yapıştırma simanı olarak kullanılmak üzere piyasaya sunulmuştur.^{54,55}

Cam iyonomer simanın tozunun içerisinde asitle çözünebilen kalsiyum florü alüminosilikat cam vardır, ayrıca içeriğinde çinko, sodyum, potasyum, stronsiyum ve lantanyum da bulunabilen elementlerdir.⁴⁷ Alüminyum oksit, SiO₂ ve diğer metal oksit, metal florür ve metal fosfatların 1100°C (santigrat derece)'den daha yüksek bir sıcaklıkta eritilip sonrasında soğutulması ile materyalin cam kısmı ortaya çıkar. Fosfat ve flor iyonları, simanın üretiminde erime sıcaklığını yükseltmek için kullanılırken, cam yapısına da sertleşme özelliklerinin değiştirilmesi amacıyla eklenmektedir. Lantan oksit (La₂O₃), stronsiyum oksit (SrO) ve baryum sülfat (BaSO₄) da materyale radyoopaklık kazandırmak amacıyla cam yapının içerisine eklenmektedir. Florü alüminosilikat camın yapısı flor iyonu salma özelliğine sahiptir. Bu camın iskeletsel olarak yapısı Al₂O₃ ve SiO₂ içeren, üç boyutlu silikat cam yapı olan bir tetrahedrondur. Alüminyum iyonu tetrahedron yapının merkezinde bulunan silika iyonu ile yer değiştirebilir özelliğe sahiptir. Cam yapının içerisinde yer alan flor ve fosfat iyonları ise tetrahedral yapıya katılmazlar.⁵⁶

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması

Cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonu; tozun çözünmesi, katılma, sertleşme ve maturasyon olmak üzere dört aşamadan oluşur.^{53,57,58}

1. Tozun Çözünmesi: Bir proton vericisi olan poliakrilik asit ve bir proton alıcısı olan alüminosilikat cam arasında asit-baz reaksiyonu olur. Asit, cam partikülleri ile

tepkimeye girerek alüminyum, kalsiyum, sodyum gibi katyonların serbest kalmasını sağlar ve parçacıkların yüzeyinde silikat jel tabakası oluşur.

2. Katılma: Katyon konsantrasyonunun artmasıyla sulu fazın pH değeri artar ve bu da karboksilik asidin daha fazla iyonlaşmasını sağlar. Zayıf iyonik çapraz bağların ve hidrojen bağlarının oluşumu jel yapıyı meydana getirir. Cam iyonomerin jelleşme süreci, iyonizasyondaki artışın sonucu olarak polimer zincirlerinin karboksilat gruplarıyla yüklenmesi, sonrasında birbirini itip çözünmesi ve daha doğrusal bir konfigürasyon alması ile olur. Metalik katyonların karboksilat grupları ile reaksiyonunun ilerlemesi ile de viskozitede bir artış görülür. Bu katyonların difüzyonu simanın jelleşmesinde ana etkiye sahiptir.

3. Sertleşme: Metalik iyonların salınmasıyla polimer zincirlerinde çapraz bağlar oluşur ve bununla birlikte simanda sertleşme gerçekleşir. Sertleşmenin ilk 10 dakikasında kalsiyum iyonlarının salınımı görülür ve bu erken dönem sertleşmeden sorumludur. Sonrasında ise alüminyum iyonları daha yavaş miktarda salınır ve bu da geç dönem sertleşmeden sorumludur. Bu aşamada alüminyum iyonları, materyalin mekanik özelliklerinin önemli ölçüde oluşmasını sağlamaktadır. Materyal artık çapraz bağlar içeren matriks ile çevrili tepkimeye girmemiş cam parçacıklarından oluşur.

4. Maturasyon: Reaksiyon ilerledikçe sertleşme ve moleküler arası kuvvet artar. Reaksiyon dayanımının büyük bir kısmı 24 saat sonrasında tamamlanmasına rağmen, katyonların asit lokasyonlarına doğru difüzyonu sayesinde Young modülü değeri ve moleküller arası kuvvette artış bir kaç ay devam eder.

Geleneksel cam iyonomer simanın sıvı/toz oranı, sertleşen simanın mikroyapısını etkileyen faktörlerdendir. Simanın partikül boyutlarının, kritik bir noktadan daha küçük olması durumunda asitle etkileşim sonucu tüm partiküller yok edilebilir ve reaksiyona

girmemiş cam partiküllerinin kalmasına neden olabilir. Bu da simanın mekanik özelliğinin azalmasıyla sonuçlanır. Daha yoğun kıvamda karıştırılan simanların sertleşmesi daha hızlı olur ve düşük kıvamlı karıştırılan simanlardan daha güçlüdür.⁵³

Geleneksel Cam İyonomer Simanların Dış Dokularına Adezyonu

Cam iyonomer simanlarda adezyonun sağlanabilmesi temiz bir yüzeye sahip olunmasına, bu yüzeyin adeziv ile tamamen ıslanmasına ve adezivin sıvı formdan katı forma geçmesine bağlıdır.⁵⁹ Dış dokusuna adezyonun sağlanabilmesi için gerekli iki aşama vardır. İlk aşama mikromekanik kilitlenmedir. Bu kilitlenme alkenoik asit ile temizlenen dış yüzeyinde yüzeyel demineralizasyonun oluşması ve hidroksiapatitle kaplı olan kollajen fibrillerde oluşan yüzeyel hibridizasyon ile elde edilir. İkinci aşama ise kimyasal bağlanmadır. Cam iyonomer simanların mineye ve dentine kimyasal olarak bağlanması, polialkenoik asitteki karboksil grubunun, açığa çıkan hidroksiapatitin kalsiyumuyla yaptığı iyonik bağ sayesinde meydana gelir.⁴⁶

Cam iyonomer simanların neme duyarlılığından dolayı dentine bağlanma gücü 1 ile 3 MPa (megapaskal) arasında olmaktadır. Ancak bu değerler dentinin poliakrilik asit ile muamelesi sonucu 11 MPa'a kadar yükseltilmiştir. Polikarboksilik asitlerin hidroksiapatit ile etkileşimi sonucu cam iyonomerin dış sert dokularına kimyasal bağlanması en önemli avantajlarıdır. Cam iyonomerler bir smear tabakası varlığında bile doğrudan mine ve dentine bağlanabilir.⁶⁰ Bununla birlikte polikarboksilik, sitrik veya fosforik asitler gibi yüzey düzenleyiciler sayesinde bağ kuvvetinin arttığı gösterilmiştir.⁶¹ Bağlanma kuvvetinin yaklaşık olarak %80'lik bölümü sertleşmenin ilk 15 dakikasında gerçekleşir. Bu sertleşme ilerleyen zaman içerisinde artarak devam eder.⁶²

Minenin hidroksiapatit miktarının dentinden daha fazla olması nedeniyle poliakrilik asit ve hidroksiapatit arasında oluşan kimyasal bağlanma artmakta ve mineye olan bağlanma kuvveti dentinden daha fazla olmaktadır.⁶²

2.3.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Antonucci ve ark. 1988'de geleneksel cam iyonomer simanların nem karşısında hassasiyetlerinin ve düşük mekanik özelliklerinin azaltılması amacıyla rezin modifiye cam iyonomer simanları geliştirmişlerdir.⁶³ Hibrit cam iyonomer simanlar veya ışıkla sertleşen cam iyonomer simanlar olarak da adlandırılırlar.⁶⁴ Geleneksel cam iyonomer simanlarla aynı temel bileşenleri içermesinin yanında ek olarak bir fotopolimerize olabilir monomer komponentler ve başlatıcı sistemler içerirler. Esas olarak %20 rezin ve %80 cam iyonomer içeren materyallerdir.^{65, 66}

Rezin modifiye cam iyonomer simanların toz kısmı floro aluminosilikat cam, likit kısmı ise hidroksietil metakrilat (HEMA), metakrilat grupları, poliakrilik asit, tartarik asit ve %8 oranında sudan oluşmaktadır.^{11, 67} Simanın likitine %18-20 oranlarında rezin ilavesi yapılır ve toz/su oranına bağlı olarak siman kütesinin %4,5'u ilave rezin olarak kabul edilir.⁶⁸

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, sertleşme tepkimelerinin ışıkla başlatılması, çalışma sürelerinin daha uzun olması, daha iyi mekanik özellikler, kenar uyumu, diş dokularına adezyon ve estetik gibi özellikleriyle geleneksel cam iyonomerlerden daha başarılıdır. Bunun yanında flor iyonu salma, resarj olabilme, diş dokusuna yakın termal genişleme ve fiziko-kimyasal olarak bağlanabilme gibi geleneksel cam iyonomer simanların sahip oldukları özelliklere de sahiptirler. Rezin modifiye cam iyonomer simanların kırılmaya dayanıklılıkları ve aşınma dirençleri geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha yüksektir.^{6, 12, 53}

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar rezin içeriğine ve oranına bağlı olarak polimerizasyon büzülmesi göstermektedir.⁶⁹ Bu nedenle kaviteye tabakalar halinde uygulanması ışık kaynağının tamamen polimerizasyon derinliğine ulaşabilmesi için gereklidir.⁷⁰

Rezin modifiye cam iyonomer simanların biyoyumluluğu, içerisinde HEMA monomeri bulundurması nedeniyle geleneksel cam iyonomer simanlara göre daha düşüktür. Bu durum pulpada hassasiyet oluşmasına hatta enflamasyona kadar gidebilen olumsuzluklara neden olabilir.⁷¹

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Sertleşme Mekanizması

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar dual-cure sertleşme mekanizmasıyla sertleşirler, yani asit-baz reaksiyonunun yanında foto-kimyasal olarak sertleşme özelliğine de sahiptirler. Materyalde HEMA'yla reaksiyona girebilecek kimyasal bir indikatör bulunuyorsa, böyle bir durumda üç aşamalı (tricure) polimerizasyon görülür.^{66,}
⁷² Polimerizasyonun başlaması asit-baz reaksiyonuyla olur, bunun ardından foto başlatıcılar, kimyasal başlatıcılar ya da her ikisi tarafından oluşturulabilen serbest radikallerin ilave polimerizasyonu ile devam eder. Bir metal poliakrilat tuz hidrojeni ve bir polimer olmak üzere iki matriks ortaya çıkmaktadır. Rezin modifiye cam iyonomer simanların başlangıçtaki sertleşme reaksiyonları matriksin polimer formasyonu ile sonlanır, bunu takiben asit-baz reaksiyonu devam eder, bu da matriksin dayanıklılık ve sertliğinin gelişmesini sağlar.⁶⁸ Basma dayanıklılığı ilk 24 saat içerisinde, geleneksel cam iyonomer simanlara göre iki ya da üç kat daha fazladır. Bunun sebebi fotopolimerizasyonla birlikte hızlı bir şekilde görülen rezin çapraz bağlarının oluşmasıdır.⁷³ Rezin modifiye cam iyonomer simanlar ışıkla aktive edilmeseler bile reaksiyona girerler fakat bu sertleşme reaksiyonu geleneksel cam iyonomer simanlardan

çok daha yavaştır. Bu simanlarda matriks yapısının ışık yoluyla polimerizasyonu, materyalin içerisine suyun difüzyonunu ve suyla erken temasta karşımıza çıkabilecek zararlı etkileri önlemektedir. Bu da nem hassasiyetinin azalmasını sağlamaktadır.⁷⁴

Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanların Diş Dokusuna Adezyonu

Rezin modifiye cam iyonomer simanlar, geleneksel cam iyonomer simanlar ve kompozit rezinler arasında yer alan hibrit materyallerdir. İçerisinde bulunan poliakrilik asit sayesinde iyonik bağlar kurarak ve monomerik bileşenin kısmen demineralize olan dentinin yüzeyine mikromekanik olarak kilitlenmesiyle adezyon oluşmaktadır. Mikromekanik retansiyonun temel özellikleri dentin tübüllerinde rezin tagların oluşumu, ayrıca tübüler dentin ve peritübüler dentin ile hibrit tabakanın oluşumudur.⁷⁵ Diş dokusunda iki farklı şekilde oluşan bağlanma yoluyla, rezin modifiye cam iyonomer simanlarda daha büyük bağlanma değerlerinin oluşumu sağlanır ve bu bağlanmanın önemli bir kısmı kimyasal bağlanma tarafından oluşturulmaktadır.⁷⁶

Rezin modifiye cam iyonomer simanların uygulama öncesinde, dentinin 10 saniye (sn) boyunca %10'luk poliakrilik asit ile muamele edilip dentindeki debrislerin uzaklaştırılarak dentin tübüllerinin açılması önerilmektedir.⁷⁷ Ayrıca minenin asitlenmesi bu simanların bağlanmasını da arttırmaktadır.⁷⁸

Rezin modifiye cam iyonomer simanlarda klinik uygulamalar geleneksel cam iyonomer simanlara benzer şekilde yapılmaktadır.⁷⁹ Geleneksel cam iyonomer simanlara göre dentinde daha güçlü bir adezyon, diş-restorasyon ara yüzünde azalmış mikrosızıntı ve daha iyi bir adaptasyon görülmektedir.⁸⁰

2.3.2. Kompomerler

Kompomerler 1990'lı yıllarda piyasaya tanıtılmış, kompozit rezinlerin estetik özellikleri ile cam iyonomer simanların flor salınım özelliklerinin birleştirildiği

materyallerdir.^{81, 82} “Kompomer” terimi poliasit modifiye kompozit rezin için kullanılan bir jenerik isimdir⁸³ ve “COMPOSITE” ve “ionOMER” kelimelerinden türetilmiştir.⁸⁴ İçeriğindeki rezin ve cam iyonomer miktarı her firmaya göre farklılık gösterebilmektedir ancak bu oran genelde %70-80 kompozit rezin ve %20-30 cam iyonomer şeklindedir. Resin oranının daha yüksek olması kompozite daha yakın fiziksel özellikler göstermesini sağlamaktadır.¹⁶ Tüpler içerisinde pasta formunda bulunmaktadır.⁸¹ Isı iletkenliklerinin düşük olması, kavite preparasyonunda diş yapısının korunmasına olanak sağlaması, bileşenlerinin stabil olması, flor salınımı ve estetik özellikleri nedeniyle çocuk diş hekimliğinde yaygın olarak kabul görmektedirler.⁸⁵

Kompomerler, HEMA'ya hidrofilik monomerler eklenerek modifiye edilmiştir.¹⁶ Geleneksel cam iyonomer simanlardaki gibi iyon salabilme özelliğine sahip cam benzeri dolduruculara sahiptirler.⁸⁴ Geleneksel cam iyonomer simanlardan farklı olarak matriks kısmında su bulundurmazlar. Yapıları kompozit rezinlerin yapısıyla çok benzerdir. Fonksiyonel monomer olarak ise asidik ve yan gruplara sahip tetrakarboksilik bütan (TCB) ve sikloalifatik dikarboksilik asit dimetakrilat gibi yeni monomerler bulundurmaktadır. Reaktifliği oluşturan inorganik partikül kısmında ise stronsiyum floro aluminosilikat, iterbiyum triflorür ve baryum alüminyum floro silikat bulunmaktadır.⁸⁶ Bunlara ilave olarak içeriğine reaksiyon başlatıcılar, stabilizatörler ve pigmentler de eklenmektedir.⁸⁷

Kompomerlerin Sertleşme Mekanizması

Kompomerler dual-cure sertleşme özelliğine sahiptirler. Sertleşme rezinin fotopolimerizasyonu yoluyla gerçekleşmektedir. Işıkla sertleşmenin ardından üretan dimetakrilat (UDMA) ve TCB gibi monomerlerin polimerize olabilen moleküllerinin bir araya gelmesiyle üç boyutlu bir ağ yapısı oluşur ve böylece materyalde ilk sertleşme

reaksiyonu oluşur. Materyal içerisinde su bulundurmadığı için bu aşamada TCB moleküllerinin üzerinde bulunan karboksilat grupları aktif değildir.¹⁵ Materyalde suyun emilimi nem ile temasın olması sonucu başlar ve su emilimiyle salınan hidrojen iyonları cam partiküllerle reaksiyona girerek asit-baz reaksiyonunu gerçekleştirir. Böylelikle florür iyonu salınımı başlamaktadır.⁶

Kompomerlerin kaviteye iki milimetre (mm)'den daha fazla kalınlıkta yerleştirilmesi önerilmez. Çünkü derin bölgelere suyun ulaşamaması sonucu asit-baz reaksiyonu başlayamazken, aynı zamanda ışık da ulaşamayacağı için yeterli polimerizasyon elde edilemez.⁸⁸

Kompomerlerin Diş Dokularına Adezyonu

Kompomerlerde diş dokusuna bağlanma mikromekanik yolla olup adezyonun sağlanabilmesi için dentin bonding ajanların kullanılması gerekmektedir. Bu amaç için özel üretilmiş dentin bonding sistemleri varken, kompozit rezinler için kullanılan sistemler de kullanılabilir.⁸⁹

Materyalin dişin yüzeyine bağlanması iki farklı şekilde gerçekleşir. Bunlardan ilki; materyalin içerisindeki self-adeziv özellik kaynaklıdır. Reaktif ünitelerin %50'sini oluşturan TCB hidrofilik karboksilik gruplar içermektedir. Fonksiyonel olan bu karboksilik gruplar kalsiyum iyonları yoluyla diş yüzeyine asitle pürüzlendirme yapılmasına gerek olmadan iyonik bağlar kurarlar. Bununla birlikte hidrojen bağları gibi bazı ikincil değerlikli bağların da meydana gelebileceği gösterilmiştir.¹⁵

Bağlanma mekanizmasının ikincisi ise; diş yüzeyinde primer/adeziv sistemlerin kullanılmasıyla gerçekleşir. Adeziv rezinin içerisinde bulunan hidrofilik fosfat grupları sayesinde hidroksiapatitteki kalsiyum iyonlarıyla iyonik olarak kurur. Bununla birlikte ışıkla polimerizasyon sırasında adezivin içeriğindeki metakrilat bazlı rezinlerin serbest

radikal polimerizasyonu gerçekleşir. Bu çapraz bağlı rezinler sayesinde dentin yüzeyinde hibrit tabakaya benzer sert bir tabaka meydana gelir. Bu tabaka da hem mineyi hem dentini bağlanmaya uygun hale getirir.¹⁵

Bu bağlanma mekanizmaları sayesinde üretici firmaların çoğu materyalin kullanımı sırasında bonding ajan öncesi mine ve dentinde asit uygulaması önermemektedir.⁹⁰

2.3.3. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyaller

ACTIVA Kids biyoaktif materyaller piyasaya yeni sürülmüş ve hakkında az sayıda çalışma olan restoratif materyallerdir.^{24, 25} Bu materyaller, nemli ağız ortamına uygun davranarak diş çürüğünün oluşumuna neden olan asit ortam koşullarını nötralize edebilen, remineralizasyon potansiyelinin yüksek olduğu materyallerdir. Dual-cure sertleşme özelliğine sahip, dişlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin taklit edildiği ilk dental rezinler olduğu üretici firma tarafından bildirilmiştir. Apatit formasyonunu stimüle eder ve doğal remineralizasyon sürecini uyarırlar. Dişlerin ve tükürüğün doğal yapısını düzenleyen, diş yapısının ve ağız sağlığının korunmasına katkı sağlayan iyonik değişim döngülerine aktif olarak katılırlar. Çocuk diş hekimliğinde kullanıma uygun opak beyaz renk tonuna sahiplerdir.²¹

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyaller, kompozit rezinlerin dayanıklılık, estetik ve fiziksel özelliklerini taşımasının yanısıra cam iyonomer simanlara kıyasla daha fazla kalsiyum ve fosfat içerir, flor salınımı ve reşarjı yapar.²¹⁻²³

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyaller yapısal olarak üç ana bileşenden oluşur:²¹

1. Biyoaktif iyonik rezin matriks

2.Şok absorbe edici su geçirmez rezin bileşen

3.Reaktif iyonomer cam doldurucular

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyallerin iyonik rezin içeriğinde monomer olarak UDMA bulunmaktadır. Materyalin sıvısında cam iyonomer simanlarınkine benzer yüksek moleküler ağırlıklı bir poliakrilik asit bulunur ve polimerize edilmiş metakrilat grupları tarafından modifiye edilmemiştir. Üretan dimetakrilat monomerleri ve dimetakrilat fosfat gibi asitler de içerisine eklenmiştir. Polimerizasyon reaksiyonunu başlatmak için fotobaşlatıcılar ve kimyasal başlatıcılar içerir. Sıvı içeriğinde aynı zamanda az miktarda su bulunmaktadır.^{21, 91, 92}

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyallerin cam doldurucu kısmında ise rezin matriksine bağlanabilen, materyale aşınma direnci ve estetik sağlayan silanize floro alüminosilikat bulunmaktadır.⁹²

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyallerde bisfenol-A glisidil metakrilat (Bis-GMA), bisfenol A (BPA) ve türevleri bulunmamaktadır.²¹

ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyallerin Sertleşme Mekanizması

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyallerin sertleşmesi dual-cure reaksiyonu ile olur. Silanize floro alüminosilikat doldurucularıyla etkileşime geçen poliakrilik asit ve dimetakrilat fosfat monomerleri aracılığıyla asit-baz reaksiyonu meydana gelir. Bu asit-baz reaksiyonu geleneksel cam iyonomer simanların sertleşme reaksiyonuna benzer şekilde iyon salınımı yoluyla gerçekleşir. Kalsiyum ve alüminyum iyonlarının salınımı rezin ve cam doldurucular arasında çapraz bağlar oluşmasını sağlar. Asit-baz reaksiyonuyla birlikte, kimyasal başlatıcılar aktive olur ve rezinin polimerizasyonu gerçekleşir. Sonrasında fotopolimerizasyon tamamlanmaktadır.⁹²

ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyallerin Diş Dokularına Adezyonu

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyallerin iyonik rezin yapısı nem dostudur ve iyonik rezinin beraberindeki su molekülleri rezin ile karışır. Bu materyallerin iyonik rezin içeriği, rezin ve reaktif cam doldurucuları arasındaki etkileşimi sağlar, diş yapısı ile bağlanmasını artıran fosfat asit gruplarını içerir.²¹

Suya bağlı olarak oluşan iyonlaşma sürecinin ardından hidrojen iyonlarının fosfat gruplarından ayrılması gerçekleşir ve dişin yapısındaki kalsiyum ile yer değiştirir. Bu iyonik bağ, rezinin dişteki minerallere bağlanmasını sağlayarak güçlü bir rezin-hidroksiapatit kompleksi oluşturur ve mikrosızıntıya karşı da sızdırmazlık sağlar.^{22, 93-97}

2.4. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi

Klinik çalışmalar, restorasyonların uzun ömürlülüğünün belirlenmesinde kullanılan en etkili yöntemlerdir fakat bu çalışmalar çok uzun zaman almaktadır. Uzun zaman dezavantajını ortadan kaldırmak, kullanılan materyallerin sürekli yenilerinin geliştirilmesinden dolayı daha kolay değerlendirme yapabilmek, hasta üzerinde öngörülemeyen yan etkilerin önlenmesini engellemek amacıyla in-vitro testlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bağlanma dayanımı testleri, adeziv sistemlerin karşılaştırılması veya restoratif materyallerin diş dokusuna bağlanma kapasitelerinin değerlendirilmesi için kullanılan en yaygın in-vitro testlerdir.⁹⁸⁻¹⁰⁰

Makaslama bağlanma dayanımı, restorasyonu diş boyunca hareket ettirmeye çalışan kuvvetlere gösterilen direnç olarak tanımlanmaktadır. Ağız içerisindeki restorasyonun hareket ettirmesine neden olan kuvvetlerin büyük çoğunluğu makaslama tipi kuvvettir. Bu nedenle klinik yönden önemlidir. Makaslama bağlanma değerinin yüksek olması, materyalin dişe çok daha iyi bağlandığının göstergesidir.¹⁰¹ Makaslama bağlanma dayanımı testinde, diş yüzeyine bağlanma alanına paralel bir kuvvet uygulanır.

Örnekler test cihazında sabitlendikten sonra yüzey ölçüleri, hız ve kırma hassasiyet değerleri de girilerek test sürecine başlanır.³³

Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 11405 standardına göre, makaslama bağlanma dayanımı testinde kullanılacak test cihazında, örneklerin sabitlenebilmesinin sağlanması amacıyla sert bir blok ve bu bloğa bağlı kesici uç hızının 0.45-1.05 mm/dakika arasında olması gerektiği belirtilmiştir.¹⁰² Dönme kuvvetinin oluşumunun engellenmesi için ayırıcı yüzeyin, diş ve adezivin bağlanma yüzeyine en yakın noktada temasının olması gereklidir. Makaslama testleri yük dağılımının uniform olması nedeniyle bağlanma testleri arasında en kolay ve en sık uygulanan testlerdir.¹⁰³ Ayrıca uygulama süresinin kısa olması ve kolay uygulanabilirliği gibi avantajlarının olması dolayısıyla, bilimsel araştırmalarda en fazla kullanılan test yöntemi olmuştur.¹⁰⁴

2.5. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı, süt dişlerinin restoratif tedavisinde kullanılan geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, kompomer ve piyasaya yeni sürülmüş bir ürün olan ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesidir.

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez araştırması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından TDH-2021-1698 proje numarasıyla desteklenmektedir. Bu tez çalışması, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde 16.12.2021-16.06.2022 tarihleri arasında gerçekleştirildi.

3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller

Araştırmada geleneksel cam iyonomer siman (GC FUJI IX CAPSULE), rezin modifiye cam iyonomer siman (GC FUJI II CAPSULE), kompomer (DYRACT XP) ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalden oluşan 4 farklı restoratif materyal kullanıldı. Araştırmada kullanılan materyaller Şekil 3.1.'de gösterilmektedir. Kullanılan materyallerin içerik bilgilerine ilişkin bilgiler tablo 3.1.'de verilmiştir.



1. GC Cavity Conditioner 2. GC Fuji IX 3. GC Fuji II LC 4. ACTIVA Kids
Bioactive Restorative 5. Süt dişinin gömüldüğü akrilik blok örneği 6. LED ışık
cihazı 7. Prime&Bond NT 8. Dyract XP

Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan materyaller

Tablo 3.1. Araştırmada kullanılan materyallerin içeriği

Materyal	Tipi	İçeriği	Lot Numarası	Üretici Firma
Fuji IX	Geleneksel cam iyonomer siman	Toz: Floroalüminosilikat cam, Likit: Poliakrilik asit, polibazik karboksilik asit, distile su	210309A	GC Corporation, Tokyo, Japan
Fuji II LC	Rezin modifiye cam iyonomer siman	Florealüminosilikat cam, 2-hidroksietilmetakrilat, polibazik karboksilik asit, üreten dimetakrilat, kamforokinon, distile su	210219A	GC Corporation, Tokyo, Japan
Dyract XP	Kompomer	UDMA, TCB, Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), Trimetilolpropan trimetakrilat (TMPTMA), dimetakrilat rezinler, CQ, Etil-4 (dimetilamino) benzoat, Bütil hidroksi tolüen (BHT), UV stabilizatör, stronsiyum-alümino-sodyum-floro- fosfor-silikat cam, silicon dioksit, stronsiyum florid, demir oksit, titanyum oksit	60604210	Dentsply Sirona, USA
ACTIVA Kids BioActive-Restorative	ACTIVA Kids Biyoaktif restoratif materyal	Modifiye poliakrilik asit ile diüretan ve diğer metakrilat karışımı, amorf silika, sodyum florid, su	210618	Pulpdent Corporation, Watertown, USA

3.2. Örneklerin Hazırlanması

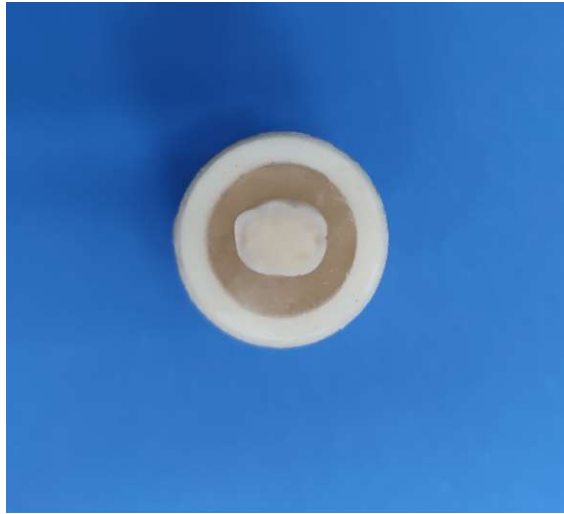
Çalışmada kullanılan örneklerin sayıları yapılan power analizi (0,60 etki büyüklüğü, %5 yanılma düzeyi, %95 güç düzeyi) sonucu belirlenmiştir.

Bağlanma dayanımı testi için her bir grupta 16 adet çürüksüz süt ikinci azı dişi olmak üzere toplam 64 adet dişin gömülmesi amacıyla akrilik bloklar hazırlandı. Dişler deneyin gerçekleşeceği zamana kadar oda sıcaklığında, %0.1 timol içeren distile su içerisinde, haftalık periyotlarla değiştirilerek muhafaza edildi. Dişler kökleri akrilik blok içerisinde kalacak şekilde mine sement sınırına kadar gömüldü.



Şekil 3.2. Bloğa gömülmüş süt dişlerinin okluzalden ve bukkalden görünümü

Tüm okluzal mine mezio-distal yönde mine-sement sınırına paralel olacak şekilde su soğutması altında elmas separe kullanılarak aşındırılıp düzgün dentin yüzeyinin açığa çıkarılması sağlandı. Homojen bir smear tabakası oluşturmak amacıyla dentin yüzeyleri 600 grid'lik silikon karbit zımparalarla su altında 1 dakika boyunca zımparalandı.



Şekil 3.3. Mine-dentin sınırından kesilmiş süt dişinin okluzal görüntüsü

64 adet süt azı uygulanacak restoratif materyale göre her grupta 16 adet örnek olacak şekilde rastgele 4 gruba ayrıldı;

Grup 1: Geleceksel Cam İyonomer Siman (Fuji IX) (n=16)

Grup 2: Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman (Fuji II LC) (n=16)

Grup 3: Kompomer (Dyract XP) (n=16)

Grup 4: ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal (n=16)

Dentin üzerine uygulanacak restoratif materyallerin yerleştirilmesi amacıyla polietilenden yapılmış 3 mm çapında, 4 mm yüksekliğinde silindirik bir kalıp kullanıldı.

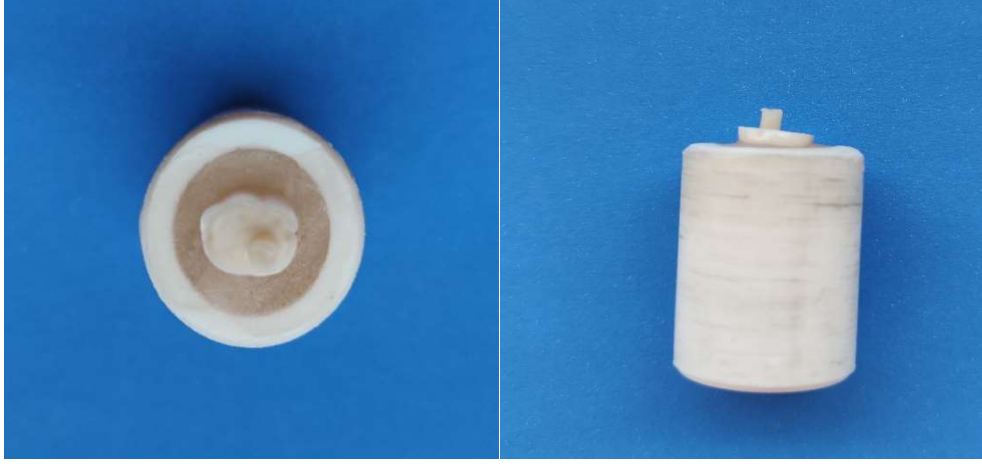
Geleneksel Cam İyonomer Siman (Fuji IX): Süt dişi dentini yüzeyine 20 sn Dentin Conditioner uygulandı ve yıkanarak hava ile kurutuldu. Materyal, üretici firmanın önerileri doğrultusunda 10 sn boyunca karıştırıcı ile karıştırılıp uygulama tabancasıyla yerleştirildi.

Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman (Fuji II LC): Süt dişi dentini yüzeyine 20 sn Dentin Conditioner uygulandı ve yıkanarak hava ile kurutuldu. Materyal, üretici firmanın önerileri doğrultusunda 10 sn boyunca karıştırıcı ile karıştırılıp uygulama tabancasıyla yerleştirildikten sonra Valo Grand (Ultradent, South Jordan, UT, USA, ışık gücü 1000-3200 mW/cm²) LED ışık cihazıyla standart modda 20 sn polimerize edildi

Kompomer (Dyract XP): Açığa çıkarılan dentin yüzeyine Prime & Bond NT tek kullanımlık bond fırçasıyla 20 sn uygulandı ve sonrasında nazik bir şekilde havayla kurutuldu ve arkasından Valo Grand (Ultradent, South Jordan, UT, USA, ışık gücü 1000-3200 mW/cm²) LED ışık cihazıyla 10 sn boyunca polimerize edildi. Sonrasında kompomer üretici firmanın önerileri doğrultusunda tabakalama tekniği ile iki aşamada yerleştirildi. Her bir tabaka Valo Grand LED ışık cihazıyla 20 sn boyunca polimerize edildi.

ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal: Açığa çıkarılan dentin yüzeyine Prime & Bond NT tek kullanımlık bond fırçasıyla 20 sn uygulandı ve sonrasında nazik

bir şekilde havayla kurutuldu ve arkasından Valo Grand (Ultradent, South Jordan, UT, USA, ışık gücü 1000-3200 mW/cm²) LED ışık cihazıyla 10 sn polimerize edildi. Sonrasında pasta-pasta formundaki tüpün kendi özel tabancasıyla ile üretici firmanın önerileri doğrultusunda yerleştirildi ve Valo Grand LED ışık cihazıyla standart modda 20 sn polimerize edildi.



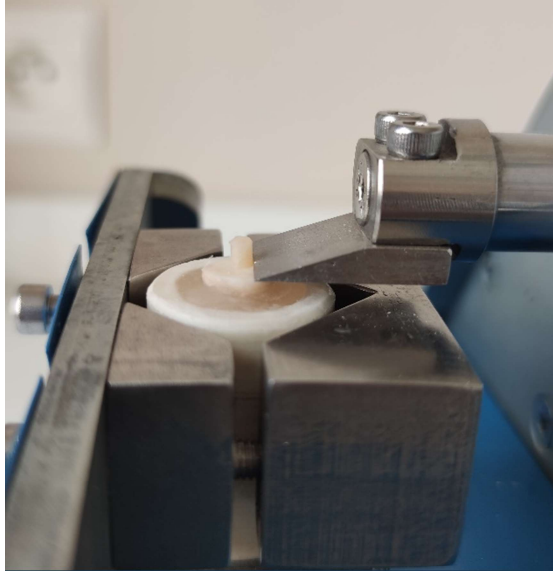
Şekil 3.4. Restoratif materyal yerleştirildikten sonra okluzal ve bukkal görüntüler

3.3. Makaslama Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi

Tüm örnekler 24 saat boyunca 37°C'lik etüvde distile su içerisinde bekletildikten sonra, makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin ölçülmesi amacıyla universal test cihazına (MOD Dental MIC-101, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye) yerleştirildi. Arkasından bağlanma alanının uzun eksenine paralel ve hızı 1 mm/dakika olacak şekilde kopma oluşuncaya kadar kuvvet uygulandı. Her bir örneğin kopma değeri Newton cinsinden ölçüldü ve sonrasında örneklerin kopma değerleri, kuvvetin yüzey alanına bölünerek MPa cinsinden kaydedildi.



Şekil 3.5. Universal test cihazı



Şekil 3.6. Bloğun cihaza yerleştirilmiş hali ve kırılma öncesi görüntüsü

Koparılan örneklerin tamamı Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda

stereomikroskop altında kırılma tiplerine göre (adeziv-koheziv-mix) tanımlandı ve görüntüleri kaydedildi.

Her gruptan rastgele birer tane seçilmiş koparılan örnekler Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda vakumlu etüvde (60°'de) kurutulduktan sonra üzeri 10 nanometre altın-paladyum plaka ile kaplanarak elektron tarama mikroskobu (SEM) (JEOL JSM-5600LV Scanning Electron Microscope, Tokyo, Japonya) altında x50, x500, x1000 büyütmede incelendi ve temsili alanların görüntüleri kaydedildi.



Şekil 3.7. Elektron Tarama Mikroskobu

3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesi ve istatistiksel analizlerin saptanması amacıyla Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) istatistik programı (SPSS 24 for Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanıldı. Tanımlayıcı istatistikler bağlanma dayanımı değerleri için ortalama standart sapma (%) şeklinde değerlendirildi. Veri seti normal dağılımda, varyanslar homojendir. Verilerin değerlendirilmesinde ve karşılaştırılmasında One-way-ANOVA ve Post-Hoc Tukey analizleri kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi. Örneklerin kırılma tipi oranlarının belirlenmesinde ki-kare ve post hoc bonferroni testleri kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmada kullanılan tüm restoratif materyal grupları arasında en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerinin rezin modifiye cam iyonomer siman grubunda ($4,28 \pm 1,10$ MPa), en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerinin de kompomer grubunda ($2,49 \pm 0,83$ MPa) olduğu gözlemlendi. Restoratif materyal gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri sırasıyla rezin modifiye cam iyonomer siman ($4,28 \pm 1,10$ MPa), ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal ($3,67 \pm 1,19$ MPa), geleneksel cam iyonomer siman ($3,11 \pm 0,97$ MPa), kompomer ($2,49 \pm 0,83$ MPa) şeklindeydi. Restoratif materyal gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($p < 0,01$).

En yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerine sahip olan rezin modifiye cam iyonomer siman grubu ile ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gözlenmezken ($p = 0,350$), her iki grubun da ortalama makaslama bağlanma dayanım değerlerinin en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri veren kompomer grubundan anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edildi ($p < 0,01$).

Geleneksel cam iyonomer siman grubundaki örneklerin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerinin kompomer grubundaki örneklerin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerinden daha yüksek olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edildi ($p = 0,338$).

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal grubundaki örneklerin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin geleneksel cam iyonomer siman grubundaki örneklerin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerinden daha yüksek olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edildi ($p = 0,412$).

Tablo 4.1. Restoratif materyallerin süt dişi dentinine ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri

Restoratif materyal	Ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri (MPa) (ortalama±standart sapma)	p
Geleneksel cam iyonomer siman	3,11± 0,97 ^{b,c}	<0.01*
Rezin modifiye cam iyonomer siman	4,28± 1,10 ^a	
Kompomer	2,49± 0,83 ^c	
ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal	3,67± 1,19 ^{a,b}	

Aynı üst simge ile gösterilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Farklı harfler her bir restoratif materyal grubunun dentine bağlanma dayanımı arasındaki istatistiksel farklılıkları göstermektedir ($p<0.05$).

Çalışmada kullanılan restoratif materyallerin kırılma tipleri gruplardan bağımsız olarak değerlendirildiğinde en fazla görülen kırılma tipinin materyal ve dentin arasında görülen adeziv kırılma (% 67.2), en az görülenin ise materyalin kendi içinde kırıldığı koheziv tip kırılma (% 1.6) olduğu tespit edildi.

Geleneksel cam iyonomer siman grubunda görülen kırılma tipleri çoktan aza doğru sırasıyla mix (% 50), adeziv (% 43.8) ve koheziv (% 6.3) şeklindeydi.

Rezin modifiye cam iyonomer siman grubunda görülen kırılma tipleri çoktan aza doğru sırasıyla adeziv (% 56.3), mix (% 43.8) şeklindeydi. Bu grupta koheziv kırılma tipi görülmedi.

Kompomer grubunda görülen kırılma tipleri çoktan aza doğru sırasıyla adeziv (%87.5), mix (% 12.5) şeklindeydi. Bu grupta koheziv kırılma tipi görülmedi.

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal grubunda görülen kırılma tipleri çoktan aza doğru sırasıyla adeziv (% 81.3), mix (% 18.8) şeklindeydi. Bu grupta koheziv kırılma tipi görülmedi.

Grupların kırılma tipi oranları değerlendirildiğinde aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ($p=0.026$).

Grupların kırılma tipi oranları kıyaslandığında kompomer ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal gruplarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olacak şekilde daha yüksek oranda adeziv kırılma olduğu saptandı. Mix kırılma tipi istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olacak şekilde geleneksel cam iyonomer siman grubunda, kompomer ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal grubuna göre daha yüksek oranda saptandı. Mix kırılma tipi oranları açısından geleneksel cam iyonomer siman ve rezin modifiye cam iyonomer siman arasında anlamlı bir farklılık gözlenmedi.

Tablo 4.2. Restoratif materyal-dentin arasında görülen kırılma tipleri

Grup	Adeziv	Mix	Koheziv
	Kırılma	Kırılma	Kırılma
Geleneksel Cam İyonomer Siman	7 ^a	8 ^a	1
Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman	9 ^{a,b}	7 ^{a,b}	0
Kompomer	14 ^c	2 ^c	0
ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal	13 ^{b,c}	3 ^{b,c}	0
P	0.026*		

Aynı üst simge ile gösterilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0.05$). Farklı harfler her bir restoratif materyal grubunun kırılma tipi oranlarının istatistiksel farklılıklarını göstermektedir ($p<0.05$).

4.1. Steromikroskop ve Sem Görüntüleri

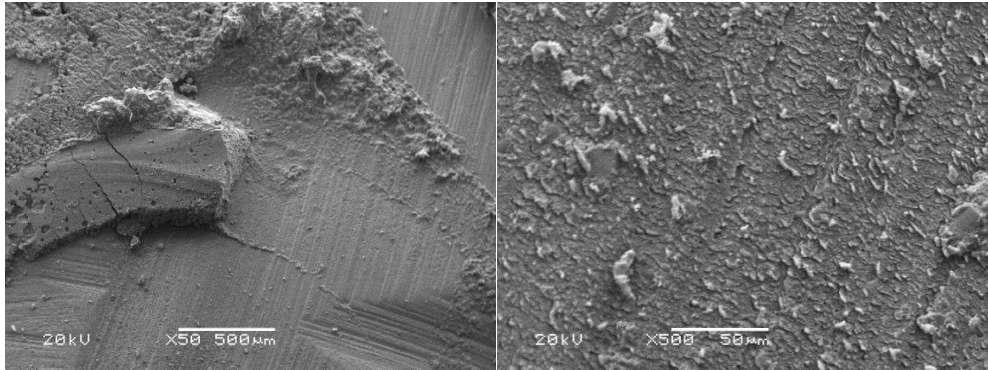
4.1.1. Materyallerin Kırılma Bölgelerinin Steromikroskop Görüntüleri Örnekleri



A- Adeziv kırılma B- Mix kırılma C- Koheziv kırılma

Şekil 4.1. Materyallerin Kırılma Bölgelerinin Steromikroskop Görüntüleri Örnekleri

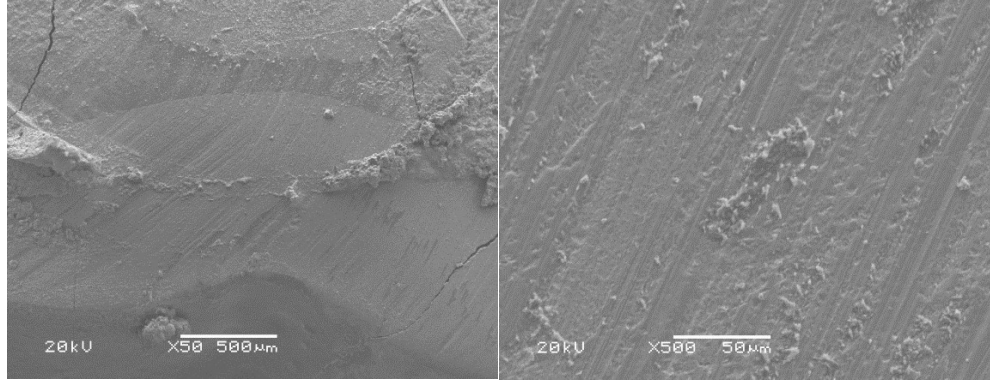
4.1.2. Geleneksel Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri



Geleneksel cam iyonomer siman-dentin bileşeninin x50 ve x500 büyütmede SEM analizi görüntüleri: MİKS KIRILMA

Şekil 4.2. Geleneksel Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri

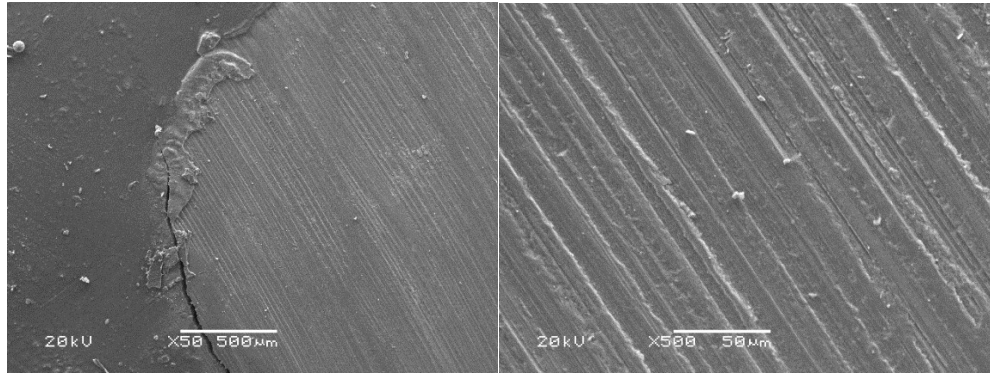
4.1.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri



Rezin modifiye cam iyonomer siman-dentin bileşeninin x50 ve x500 büyütmede SEM analizi görüntüleri: MİKS KIRILMA

Şekil 4.3. Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman-SEM Görüntüleri

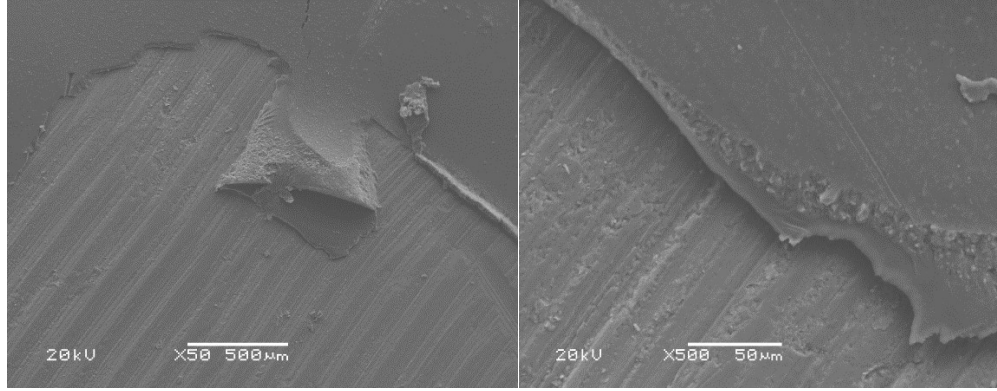
4.1.4. Kompomer-SEM Görüntüleri



Kompomer ve dentin bileşeninin x50 ve x500 büyütmede SEM analizi görüntüleri: ADEZİV KIRILMA

Şekil 4.4. Kompomer-SEM Görüntüleri

4.1.5. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal-SEM Görüntüleri



ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal-dentin bileşeninin x50 ve x500 büyütmede SEM analizi görüntüleri: MİKS KIRILMA

Şekil 4.5. ACTIVA Kids Biyoaktif Restoratif Materyal-SEM Görüntüleri

5. TARTIŞMA

Süt dişlerinin çiğneme, konuşma, yer tutucu fonksiyonu görme ve estetiğin sağlanması gibi bir takım farklı ve önemli görevleri vardır. Süt dişlerinde sorunların meydana gelmesi, büyüme ve gelişimi olumsuz etkilemekte, estetik kaygılar nedeniyle psikolojik problemlerin oluşumuna ve seslerin çıkmasını etkilediği için konuşma bozukluklarına neden olabilmektedir. Bu dişlerin erken kaybı, ark boyutunda azalmalara, istenmeyen diş hareketlerine sebep olmakta ve ciddi ortodontik problemler yaratabilmektedir.^{105, 106} Bu problemlerin oluşumunun önüne geçebilmek için rejenerasyon kapasitesi son derece sınırlı olan diş dokusunun korunması, kaybedilen dokunun ise uygun formunun, fonksiyonunun ve estetiğinin sağlanması için restoratif materyaller kullanılmaktadır.¹⁰⁷

Restoratif materyallerin klinik başarısı, ağız boşluğu içerisinde hareket eden çeşitli yer değiştirme kuvvetlerine karşı gösterdiği dirence yani dentin yüzeyi ile arasındaki adezyona bağlıdır.¹⁰⁷ Geleneksel cam iyonomer simanlar, rezin modifiye cam iyonomer simanlar ve kompomerler süt dişlerinin tedavisinde kullanıma uygun olan sıkça kullanılan restoratif materyallerdir.^{3-5, 107} ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal ise piyasaya yeni sürülmüş, süt dişlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taklit edebilen dental rezindir.²¹

Bu araştırmada, geleneksel cam iyonomer siman, rezin modifiye cam iyonomer siman, kompomer ve piyasaya yeni sürülmüş, hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunan ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine olan makaslama bağlanma dayanımının karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Diş yüzeyine bağlanma etkinliğinin ölçülmesi ve değerlendirilmesinde en sık kullanılan laboratuvar parametresi makaslama bağlanma dayanımı testidir.^{32, 108-110} Bu

test, materyalin fiziksel gücünü anlamada etkili bir yöntemdir. Ayrıca materyalin klinik performansını tahmin etme ve geliştirmede de önemli araçlardır.¹⁰⁸ Makaslama bağlanma değerinin yüksek olması materyalin diş yüzeyine daha iyi bağlandığı anlamına gelmektedir.¹⁰⁷

Çocuk diş hekimliğinde temel amaç, daimi dişler sürene kadar süt dişlerinin ağız içerisinde sağlıklı bir şekilde tutulmasıdır. Çürük süt dişlerinin restorasyonu için, dişlerin ağız içerisinde bulunduğu süre boyunca çiğneme işlevi görebileceği restoratif materyaller gereklidir. Süt dişlerinde dentin kalınlığının daimi dişlere göre daha az olması ve yapısındaki farklılıklar preparasyon sonrası kalan destek yapının daha zayıf olmasına, bağlanma problemlerine ve restorasyonun uyumunun bozulmasına yol açmaktadır. Süt dişlerinin yapısından dolayı karşılaşılabileceğimiz olumsuzlukların elimine edilebilmesinde restoratif materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerinin doğal diş yapısına yakın, biyouyumlu ve fizyolojik düşme zamanına kadar yenilenme ihtiyacı gerektirmeyecek dayanıklılıkta olması önemlidir. Bu da daha az uygulama gerektiren, kontaminasyon riskinin daha az olduğu ve tedavi süresinin kısa olduğu materyallerin arayışına neden olmuştur.¹¹¹⁻¹¹⁵ Tüm bu nedenler dolayısıyla bu tez çalışmasında materyallerin başarısında gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmesi ve klinik uygulamalara katkı sağlaması açısından insan süt dişi dentini kullanılmıştır.

Literatürde, restoratif materyallerin makaslama bağlanma dayanımının değerlendirildiği çalışmalarda, 320,600,800,1200 gridlik silikon karbit zımparalarla dentinde homojen bir smear tabakası oluşturulduğu¹¹⁶⁻¹²¹, materyallerin yerleştirilmesinde 2-4 mm arasında çapı, 2-5 mm arasında yüksekliği olan silindirik kalıplar kullanıldığı^{118-120, 122-127} ve örneklerin 24 saat boyunca 37 °C' de etüvde bekletildiği^{116, 117, 119-122, 124, 126, 127} görülmüştür. Bu tez çalışmasında da literatüre uygun olarak dentin yüzeyinde 600 gridlik silikon karbit zımparayla homojen bir smear tabakası

oluşturuldu, restoratif materyaller 3 mm çapında ve 4 mm yksekliginde silindirik kalıplarla yerleştirildi ve makaslama bağlanma dayanımı testinden önce 24 saat boyunca 37°C’de etüvde bekletildi.

Rezin modifiye cam iyonomer siman ve kompomerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırıldığı literatür tarandığında, El-Kalla ve ark.¹²⁸ bu tez çalışmasından farklı olarak kompomerin (Dyract XP) süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerini (35.0±4.3 MPa), rezin modifiye cam iyonomer simanın (Vitremer) değerlerinden (23.8±4.7 MPa), istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulmuştur.

Kompomer ve geleneksel cam iyonomer simanın süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırıldığı literatür tarandığında, Singh ve ark.¹²⁹ bu tez çalışmasından farklı olarak kompomerin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin (10.27±1.38 MPa), geleneksel cam iyonomer simanın değerlerinden (2.94±0.91 MPa) istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulmuştur.

Rezin modifiye cam iyonomer siman ve geleneksel cam iyonomer simanın makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırıldığı literatür tarandığında, Pasifici ve ark.¹³⁰ bu tez çalışmasından farklı olarak, geleneksel cam iyonomer simanın (Fuji IX) süt dişi dentinine ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerini (6.04±3.76 MPa), rezin modifiye cam iyonomer simanın (Fuji II) değerlerinden (5,91±3.51 MPa) daha yüksek bulmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Karşılaşılan bu farklı sonuçların dişlerin yaşının, morfolojisinin, materyalin içeriğinin, oluşturulan smear tabakasının, karıştırma koşullarının, çalışmanın yürütüldüğü ortamın ve uygulayıcının farklılığından kaynaklandığı dşnlmektedir.

Somani ve ark.¹⁰⁷ rezin modifiye cam iyonomer simanın (Fuji II LC) süt dişi dentinine ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerini (9.85 ± 1.62 MPa), geleneksel cam iyonomer simanın (Fuji IX) değerlerinden ($7.23 \pm 0,88$ MPa) istatistiksel olarak anlamlı derece yüksek bulmuştur. Swift ve ark.¹³¹ yaptıkları çalışmada, 5 farklı rezin modifiye cam iyonomer simanın dentine ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerini (Fuji II LC (12.3 ± 4.9 MPa), Vitremer (11.8 ± 5.9 MPa), Geristore (8.6 ± 4.6 MPa), VariGlass VLC (5.4 ± 2.5 MPa), Photac-Fil Aplicap (1.4 ± 0.6 MPa)), geleneksel cam iyonomer simanın (Ketac-Fil) değerlerinden (1.1 ± 0.7 MPa) daha yüksek bulmuştur. Bu tez çalışmasında da değerler literatürle paralellik göstermektedir.

El-Kalla ve ark.¹²⁸ rezin modifiye cam iyonomer simanın (Vitremer) süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin (23.8 ± 4.7 MPa), iki farklı kompomerin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinden (Compoglass (16.9 ± 4.2 MPa), Hytac (20.4 ± 4.2 MPa)) daha yüksek bulmuştur. Ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu tez çalışmasındaki değerler literatürle paralellik göstermektedir.

Rezin modifiye cam iyonomer simanın, geleneksel cam iyonomer siman ve kompomerden daha yüksek değerler göstermesinin nedeninin dentin yüzeyine hem mikromekanik kilitleme hem de kimyasal bağlanma olmak üzere iki farklı adezyon mekanizmasıyla bağlanması, fotopolimerizasyon ile oluşan rezin çapraz bağları, gelişmiş mekanik özellikleri ve dentin yüzeyinin materyal yerleştirmeden önce %10'luk poliakrilik asit ile muamele edilmesi olduğu düşünölmektedir.

Literatürde rezin modifiye cam iyonomer siman ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırmalı olarak değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasında rezin modifiye cam

iyonomer simanın (Fuji II) süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin ($4,28\pm 1,10$ MPa), ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin değerlerine ($3,67\pm 1,19$ MPa) benzer olduğu görülmüstür. Bu sonucun iki materyalin benzer içeriğe sahip olmasına, asit-baz reaksiyonu sonrası fotopolimerizasyon yoluyla ikili sertleşme mekanizmasına sahip olmasına ve dişe kimyasal bağlanmasına bağlı olduğu dşnlmektedir.¹¹⁵

ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal ve geleneksel cam iyonomer simanın süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin karşılaştırıldığı literatür tarandığında, Nanavati ve ark.²⁵ ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerlerini, geleneksel cam iyonomer simanın (FUJI IX) değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulmuştur. Bu tez çalışmasında da dentine makaslama bağlanma dayanımı değerleri literatürle paralellik göstermektedir. Geleneksel cam iyonomer simanların yalnızca asit-baz reaksiyonuyla sertleşmeleri ve fiziko-kimyasal olarak bağlanmaları mekanik özelliklerini rezin içerikli materyallerden farklı kılmaktadır. ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyale göre daha düşük değerler göstermesinin, materyalin kırılma sertliği, aşınma direnci, çekme gücünün düşük olmasından ve kırılganlık gibi mekanik özelliklerinden kaynaklandığı dşnlmektedir.^{25, 132}

Literatürde, ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal ve kompomerin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırmalı olarak değerlendiren çalışmaya rastlanmamıştır. Bu tez çalışmasında ise ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin süt dişi dentinine makaslama bağlanma dayanımı değerleri kompomerin değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde daha yüksek bulundu. ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyal, diş yapısına bağlanmayı artıran fosforik asit grupları içerir ve bu gruplar kalsiyum ile iyonik bağlar oluşturarak güçlü bir rezin-hidroksiapatit

kompleksi oluşturur. Oluşan hidroksiapatit kristalleri sayesinde remineralizasyon sürecinin uyarıldığı ve bu şekilde oluşan bağ ile marjinal boşlukların tıkanarak restorasyonun başarısının arttığı düşünülmektedir.¹³³

Makaslama bağlanma dayanımı testlerinde kırılma tipi analizi oldukça önemli bir parametredir. Kırılma tipi kullanılan materyalin klinik performansı hakkında bilgi vermektedir.¹³⁴ Adeziv kırılma materyalin dentin yüzeyindeki gözeneklere daha az temas ederek daha az mekanik kilitlemeye neden olduğunu göstermektedir.¹³⁵ Adeziv kırılma bağlanan yüzeyde daha düşük bir bağlanma gücünün olduğu, koheziv kırılma materyalin kendi içinde bağlanma gücünün daha düşük olduğu anlamına gelmektedir.^{25, 128} Atsu ve ark.¹³⁶ bağlanma kuvvetine göre kırılma tipini incelediği çalışmalarında, bu tez çalışmasına paralel olarak düşük bağlanma dayanımı gösteren gruplarda adeziv tip kırılmanın daha fazla görüldüğünü, yüksek bağlanma dayanımı gösteren gruplarda ise mix ve koheziv kırılmanın çoğunlukta olduğunu bildirmişlerdir.

Restoratif materyallerin başarısının değerlendirilmesinde en uygun yöntem kontrollü klinik çalışmalardır. Ancak klinik çalışmalar, uzun zaman alması, pahalı olması, farklı materyallerin piyasaya sürülmeye devam edilmesi ve standardizasyonun zor olması gibi nedenlerden dolayı bir takım kısıtlamalara sahiptir. Tüm bu kısıtlamalar göz önüne alındığında dental materyallerin fiziksel, mekanik ve biyolojik özelliklerinin anlaşılması ve başarısının daha kolay, hızlı ve gerçeğe yakın bir şekilde değerlendirilebilmesi için in-vitro çalışmalar yapılmaktadır.^{137, 138}

Bu tez çalışması çekilmiş süt dişleri kullanılarak in vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir. Diş yaşında, dişlerin kesildiği yüzeydeki dentin tübüllerinin genişliğinde ve sayısında, smear tabakasında farklılıklar olabilmektedir. Dişlerin günlük hayatta ağız içerisinde maruz kalınan soğuk-sıcak dengesinin, dişlere gelen ekstra

kuvvetlerin ve tükürüğün taklit edilemeyişi, dişler üzerinde yaşlandırma tekniğinin uygulanmamış olması gibi faktörler sonuçların değerlendirilmesinde limitasyon oluşturabilir. Bu nedenle materyallerin bağlanma gücüne dair daha kesin bilgi elde edebilmek amacıyla uzun dönem takip edilebilecek klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tez çalışmasının limitasyonları dahilinde ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin, uygulanmasının kolay olması, ışıkla polimerize olabilme özelliği dolayısıyla hasta başında geçirilen sürenin kısalması, diğer restoratif materyallere benzer ya da daha yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerleri göstermesi sebebiyle çocuk diş hekimliği alanında kullanımının uygun olduğu görüşüne varıldı.²⁵ Bu çalışmadan elde edilen veriler ışığında rezin modifiye cam iyonomer siman ve ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin yüksek bağlanma dayanımı değerleri göstermesi, rezin içerikli materyallerin süt dişi dentinine daha başarılı bağlandığı ve klinisyenlere bu yönde yardımcı olabileceği düşünüldü.

Bu tez çalışmasının gösterdiği sonuçlara göre, H_0 hipotezi reddedilerek, kullanılan restoratif materyallerin süt dişi dentinine bağlanma dayanımı değerlerinin değişkenlik gösterebildiği gözlemlendi.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez araştırmasından elde edilen veriler dahilinde sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibidir:

1) Çalışmamızda, tüm örnekler içerisinde en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri Dyract XP kompomer grubunda gözlemlendi.

2) En yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri rezin modifiye cam iyonomer siman olan GC FUJİ II LC'nin grubunda gözlemlendi.

3) Materyallerin kırılma tipi oranları değerlendirildiğinde çoktan aza doğru adeziv, mix ve koheziv kırılmanın olduğu gözlemlendi.

4) Adeziv kırılma tipi en yüksek oranda en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri gösteren kompomer grubunda gözlemlendi.

5) Çalışmamızın bulgularına göre ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin çocuk diş hekimliğinde kullanıma uygun olduğu sonucuna varıldı.

Bu tez çalışması piyasaya yeni sürülmüş ve hakkında sınırlı çalışma olan ACTIVA Kids biyoaktif restoratif materyalin klinikte süt dişlerinde uzun yıllardır sıklıkla kullanılan rezin modifiye cam iyonomer siman, geleneksel cam iyonomer siman ve kompomerin süt dişi dentinine bağlanma dayanımının karşılaştırmalı olarak incelendiği çalışma olarak literatürdeki boşluğun doldurulmasına katkı sağlamaktadır. Ancak klinisyenlere rehberlik edecek daha çok in vivo ve in vitro çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Bayardo R. Anterior space maintainer and regainer. 1986;53(6):452-55.
2. Mete A. Süt Azi Dişlerinde Cad/Cam Yöntemiyle Hazırlanan Kuronların İn Vitro Şartlarda Karşılaştırılması. 2014.
3. Mutluay M. Süt Dişlerinde Restoratif Materyal Seçimi Ve Etkileyen Faktörler. 2016;3(3):151-58.
4. Özdemir R, Dilek T, Odabaş ME, Tulunoğlu Ö. Süt ve daimi diş minesinde üç farklı kendinden pürüzlendirilmeli adeziv sistemin mikromakaslama bağlanma kuvvetlerinin in vitro olarak değerlendirilmesi. 2010;27(3):181-86.
5. Berg J. The continuum of restorative materials in pediatric dentistry-a review for the clinician. 1998;2093-100.
6. Burke F, Fleming G, Owen F, Watson D. Materials for restoration of primary teeth: 2. Glass ionomer derivatives and compomers. 2002;29(1):10-17.
7. Van de Voorde A, Gerdts G, Murchison D. Clinical use of glass ionomer cement: a literature review. 1988;19(1):53-61.
8. Kurtoğlu C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. 2012;2012(2):205-16.
9. Naasan M, Watson T. Conventional glass ionomers as posterior restorations. A status report for the American Journal of Dentistry. 1998;11(1):36-45.
10. Mount G. Glass ionomers: a review of their current status. 1999;24115-24.
11. Mitra S. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/base. 1991;70(1):72-74.
12. Croll TP, Nicholson J. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. 2002;24(5):423-29.
13. Altan H, Altan A, Arslanoğlu Z. Cam iyonomer siman, türevleri ve cam karbomer siman. 2013;6(4):1319-22.
14. De Trey D. Dyract product profile. 1994.
15. Hes K, Leung S, Wei S. Resin-ionomer restorative materials for children: A review. 1999;44(1):1-11.
16. Meyer J, Cattani-Lorente M, Dupuis VJB. Compomers: between glass-ionomer cements and composites. 1998;19(6):529-39.
17. Gandolfi M, Chersoni S, Acquaviva G, Piana G, Prati C, Mongiorgi R. Fluoride release and absorption at different pH from glass-ionomer cements. 2006;22(5):441-49.

18. Nicholson J. Polyacid-modified composite resins (“compomers”) and their use in clinical dentistry. 2007;23(5):615-22.
19. Türkün Ş, Çelik E. Antibakteriyal adeziv ile uygulanan kompomer ve nanofil kompozit restorasyonların bir yıllık klinik performansı. 2007;24(1):1-8.
20. Hse KM, Wei S. Clinical evaluation of compomer in primary teeth: 1-year results. 1997;128(8):1088-96.
21. Pulpdent Activa BioActive White Paper. Available online. <https://secureservercdn.net/198.71.233.195/91d.e9f.myftpupload.com/wp-content/uploads/2019/12/XF-VWP8-REV10.19.pdf>.
22. Zmener O, Pameijer C, Della Porta R, Hernandez S, Serrano S. Marginal bacterial leakage in class I cavities filled with a new resin-modified glass ionomer restorative material. 2013.
23. Slowikowski L, John S, Finkleman M, Perry R, Harsono M, Kugel G. Fluoride ion release and recharge over time in three restoratives. 2014;93268.
24. Ibrahim MS, Alabbas MS, Alsomaly KU, AlMansour AA, Aljouie AA, Alzahrani MM, Asseri AA, AlHumaid J. Flexural Strength, Elastic Modulus and Remineralizing Abilities of Bioactive Resin-Based Dental Sealants. *Polymers (Basel)* 2021;14(1).
25. Nanavati K, Katge F, Chimata VK, Pradhan D, Kamble A, Patil D. 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. *J Dent (Shiraz)* 2021;22(4):260-66.
26. Demiriz L, Bodrumlu E, Journal D. Reasons for the Extraction of Primary Teeth in Primary School-age Children in Zonguldak, Turkey: A Retrospective Study. 2018;19(1):32.
27. Setia V, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Sekhon H, JCDR dr. Space maintainers in dentistry: past to present. 2013;7(10):2402.
28. Barbería E, Lucavechi T, Cárdenas D, Maroto M. Free-end space maintainers: design, utilization and advantages. 2007;31(1):5-8.
29. Aliuddin S. Difference between primary and permanent teeth, Sequence of eruption, mixed dentition, causes of tooth loss. *İçinde:* 2021.
30. Amend S, Frankenberger R, Oschmann T, Lücker S, Winter J, Krämer N. Long-term microtensile bond strength of self-etch adhesives and influence of 7 s phosphoric acid etching on adhesion of a 3-step etch-and-rinse adhesive to dentine of primary teeth. 2021.
31. Sano H, Takatsu T, Ciucchi B, Horner J, Matthews W, Pashley D. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. 1995;20(1):18-25.

32. Roberson T, Heymann HO, Swift Jr EJ. Sturdevant's art and science of operative dentistry. Baskı. Elsevier Health Sciences; 2006.
33. Ayaz Df, Tağtekin D, Yanıkoğlu F. Dentine bağlanma ve değerlendirme metodları. 2011;2011(4):49-56.
34. ÖZ ÖP, Seçilmiş A, Aydın C. Adezyon ve Rezin Simanlar. 2013;7(1):1441-47.
35. Agostini FG, Kaaden C, Powers J. Bond strength of self-etching primers to enamel and dentin of primary teeth. 2001;23(6):481-86.
36. Asakawa T, Manabe A, Itoh K, Inoue M, Hisamitu H, Sasa R. Efficacy of dentin adhesives in primary and permanent teeth. 2001;25(3):231-36.
37. Angker L, Swain MV, Kilpatrick N. Micro-mechanical characterisation of the properties of primary tooth dentine. 2003;31(4):261-67.
38. Özçobanoğlu G, Durutürk L. Süt dişlerinde pulpa ve dentinin histolojik yapısal özellikleri. 2013;30(2):99-109.
39. Nör JE, Feigal RJ, Dennison JB, Edwards CA. Dentin bonding: SEM comparison of the resin-dentin interface in primary and permanent teeth. J Dent Res 1996;75(6):1396-403.
40. Arhun N-ST. Adezyon ve Adeziv Sistemler. 2017;3(3):113-27.
41. Buonocore M. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. 1955;34(6):849-53.
42. Adem G. Adezyon Ve Bonding Ajanlar. Sağlık Bilimlerinde 2022.
43. Karadas M, Cantekin K, Gumus H, Ateş SM, Duymuş ZYJS. Evaluation of the bond strength of different adhesive agents to a resin-modified calcium silicate material (TheraCal LC). 2016;38(5):403-11.
44. Wilson AD, Batchelor R. Dental silicate cements. I. The chemistry of erosion. 1967;46(5):1075-85.
45. Wilson A. A new translucent cement for dentistry: the glass-ionomer cement. 1972;132133-35.
46. Kaya DT, Tirali Y. Cam iyonomer simanlardaki gelişmeler. 2013;23.
47. Mclean J. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements and related materials. 1994;25587-89.
48. Culbertson B. New polymeric materials for use in glass-ionomer cements. 2006;34(8):556-65.

49. Wilson AD, Batchelor R. Dental silicate cements. II. Preparation and durability. 1967;46(6):1425-32.
50. Wilson AD, Batchelor R. Dental silicate cements: III. Environment and durability. 1968;47(1):115-20.
51. Wilson A. Dental silicate cements: VII. Alternative liquid cement formers. 1968;47(6):1133-36.
52. Wilson A. A hard decade's work: steps in the invention of the glass-ionomer cement. 1996;75(10):1723-27.
53. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. 2013;10(4):411.
54. Lacefield W, Reindl M, Retief DJTJopd. Tensile bond strength of a glass-ionomer cement. 1985;53(2):194-98.
55. McLean J, Wilson AJADJ. The clinical development of the glass-ionomer cements. I. Formulations and properties. 1977;22(1):31-36.
56. Wilson A. Acid-base cements, their biomedical and industrial applications. 1993;116-75.
57. Khoroushi M, Mansoori-Karvandi T, Hadi S. The effect of pre-warming and delayed irradiation on marginal integrity of a resin-modified glass-ionomer. 2012;60(6):e383-8.
58. Kleverlaan CJ, Van Duinen RN, Feilzer A. Mechanical properties of glass ionomer cements affected by curing methods. 2004;20(1):45-50.
59. Lin A, McIntyre N, Davidson R. Studies on the adhesion of glass-ionomer cements to dentin. 1992;71(11):1836-41.
60. Lohbauer U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?— Properties, limitations future trends. 2009;3(1):76-96.
61. Powis D, Follerås T, Merson S, Wilson A. Materials science: Improved adhesion of a glass ionomer cement to dentin and enamel. 1982;61(12):1416-22.
62. Pereira LCG, Nunes MCP, Dibb RGP, Powers JM, Roulet J-F, de Lima Navarro M. Mechanical properties and bond strength of glass-ionomer cements. 2002;4(1).
63. Antonucci J. Toughened glass-ionomer cements. 1988;54.
64. Wilson A. Resin-modified glass-ionomer cements. 1990;3(5).
65. Mousavinasab M, Namazikhah MS, Sarabi N, Jajarm HH, Bidar M, Ghavamnasiri M. Histopathology study on pulp response to glass ionomers in human teeth. 2008;36(1):51-55.

66. OÄNAL B, Pamir T. The two-year clinical performance of esthetic restorative materials in noncarious cervical lesions. 2005;136(11):1547-55.
67. Nicholson J. Glass ionomer dental cements: update. 2010;25(1):8-13.
68. Mount GJ. Glass ionomer cements and future research. Am J Dent 1994;7(5):286-92.
69. Attin T, Buchalla W, Kielbassa AM, Hellwig E. Curing shrinkage and volumetric changes of resin-modified glass ionomer restorative materials. 1995;11(5-6):359-62.
70. Sidhu SK, Watson T. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American Journal of Dentistry. 1995;8(1):59-67.
71. Nicholson JW, Czarnecka BJdm. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. 2008;24(12):1702-08.
72. Dayangaç B. Kompozit rezin restorasyonlar. Baskı. Güneş Kitabevi; 2000.
73. Davidson C. Advances in glass-ionomer cements. 2006;143-9.
74. KARADAĞ S. Cam iyonomer simanlar ve endodontide kullanımları. 2015;22(3):189-93.
75. Abdalla A. Morphological interface between hybrid ionomers and dentin with and without smear-layer removal. 2000;27(9):808-14.
76. Coutinho E, Yoshida Y, Inoue S, Fukuda R, Snauwaert J, Nakayama Y, De Munck J, Lambrechts P, Suzuki K, Van Meerbeek B. Gel phase formation at resin-modified glass-ionomer/tooth interfaces. 2007;86(7):656-61.
77. Mount GJ. Adhesion of glass-ionomer cement in the clinical environment. Oper Dent 1991;16(4):141-8.
78. Cortes O, Garcia-Godoy F, Boj J. Bond strength of resin-reinforced glass ionomer cements after enamel etching. 1993;6(6):299-301.
79. Sidhu S. Clinical evaluations of resin-modified glass-ionomer restorations. 2010;26(1):7-12.
80. Sidhu SJAjod. Marginal contraction gap formation of light-cured glass ionomers. 1994;7(2):115-18.
81. Kraemer N, Frankenberger R. Compomers in restorative therapy of children: a literature review. 2007;17(1):2-9.
82. Krejci I, Gebauer L, Häusler T, Lutz F. Composite polymers--an amalgam substitute for deciduous tooth cavities? 1994;104(6):724-30.
83. Burgess J, Norling B, Rawls H, Ong J. Directly placed esthetic restorative materials--the continuum. 1996;17(8):731-2, 34 passim; quiz 48.

84. Ruse ND. What is a "compomer"? J Can Dent Assoc 1999;65(9):500-4.
85. Ertugrul F, Cogulu D, Özdemir Y, Ersin N, Practice. Comparison of conventional versus colored compomers for class II restorations in primary molars: a 12-month clinical study. 2010;19(2):148-52.
86. Schneider B, Baumann M, Watanabe L, Marshall Jr G. Dentin shear bond strength of compomers and composites. 2000;16(1):15-19.
87. Bala O. Poliasit-Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler): Literatür Taraması. 1998;1(2):113-18.
88. Shaw A, Carrick T, McCabe J. Fluoride release from glass-ionomer and compomer restorative materials: 6-month data. 1998;26(4):355-59.
89. Tate W, You C, Powers J. Bond strength of compomers to human enamel. 2000;25(4):283-91.
90. García-Godoy F. Resin-based composites and compomers in primary molars. 2000;44(3):541-70.
91. Activa Bioactive-Restorative Safety Data Sheet <https://www.pulpdent.com/wp-content/uploads/2019/09/GHS-SDS-Activa-Restorative-1.pdf>.
92. Francois P, Fouquet V, Attal J-P, Dursun E. Commercially available fluoride-releasing restorative materials: a review and a proposal for classification. 2020;13(10):2313.
93. Zmener O, Pameijer CH, Hernandez S. Resistance against bacterial leakage of four luting agents used for cementation of complete cast crowns. 2014;27(1):51-5.
94. Prabhakar A, Murthy SA, Sugandhan S. Comparative evaluation of the length of resin tags, viscosity and microleakage of pit and fissure sealants—an in vitro scanning electron microscope study. 2011;2(4):324.
95. Pameijer C. Microleakage of four experimental resin modified glass ionomer restorative materials. 2011;38(6):247-93.
96. Cannavo M, Harsono M, Finkelman M, Kugel G. Microleakage of dental bulk fill, conventional and self-adhesive composites. 2014;93(Spec Iss A):847.
97. Singla R, Bogra P, Singal B. Comparative evaluation of traditional and self-priming hydrophilic resin. 2012;15(3):233.
98. Tanumiharja M, Burrow M, Tyas M. Microtensile bond strengths of seven dentin adhesive systems. 2000;16(3):180-87.
99. Heintze S. Systematic reviews: I. The correlation between laboratory tests on marginal quality and bond strength. II. The correlation between marginal quality and clinical outcome. 2007;9(1).

100. Oilo GJIdj. Bond strength testing--what does it mean? 1993;43(5):492-98.
101. Suresh K, Nagarathna J. Evaluation of shear bond strengths of fuji II and fuji IX with and without salivary contamination on deciduous molars-an In vitro study. 2011;1(3):139-45.
102. IOF S. Dental Materials: Testing of Adhesion to Tooth Structure. 2003.
103. Leinfelder K. Dentin adhesives for the twenty-first century. 2001;45(1):1-6.
104. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. 2010;26(2):e100-e21.
105. LIN YT, LIN WH, LIN Y. Twelve month space changes after premature loss of a primary maxillary first molar. 2011;21(3):161-66.
106. Akgün ÖM, Görgülü S, Altun C. Süt dişlerinin önemi ve erken çocukluk çağı çürükleri The importance of primary teeth and early childhood caries.
107. Somani R, Jaidka S, Singh DJ, Sibal G. Comparative evaluation of shear bond strength of various glass ionomer cements to dentin of primary teeth: An in vitro study. 2016;9(3):192.
108. Patanjali S, Arora A, Arya A, Grewal M. An in vitro study of effect of beveling of enamel on microleakage and shear bond strength of adhesive systems in primary and permanent teeth. 2019;12(3):205.
109. Mishra A, Koul M, Upadhyay VK, Abdullah A. A comparative evaluation of shear bond strength of seventh-and eighth-generation self-etch dentin bonding agents in primary teeth: An in vitro study. 2020;13(3):225.
110. Hegde MN, Bhandary SJJocdJ. An evaluation and comparison of shear bond strength of composite resin to dentin, using newer dentin bonding agents. 2008;11(2):71.
111. Gaintantzopoulou MD, Gopinath VK, Zinelis S. Evaluation of cavity wall adaptation of bulk esthetic materials to restore class II cavities in primary molars. 2017;21(4):1063-70.
112. Griffin SO, Gooch BF, Beltrán E, Sutherland JN, Barsley R. Dental services, costs, and factors associated with hospitalization for Medicaid eligible children, Louisiana 1996–97. 2000;60(1):21-27.
113. Misra S, Tahmassebi JF, Brosnan M. Early childhood caries—a review. 2007;34(9):556-64.
114. Eidelman E, Faibis S, Peretz B. A comparison of restorations for children with early childhood caries treated under general anesthesia or conscious sedation. 2000;22(1):33-37.

115. Kagihara LE, Niederhauser VP, Stark M. Assessment, management, and prevention of early childhood caries. 2009;21(1):1-10.
116. Malekafzali B, Ghasemi A, Torabzadeh H, Hamedani R, Tadayon N. Effect of multiple adhesive coating on microshear bond strength to primary tooth dentin. 2013;10(2):169.
117. Yıldırım S, Tosun G, Koyutürk AE, Şener Y, Şengün A, Özer F, Imazato S. Microtensile and microshear bond strength of an antibacterial self-etching system to primary tooth dentin. 2008;2(01):11-17.
118. Karaman E, Tuncer D, Karahan S, Ertan A. Farklı adeziv sistemlerin dentine makaslama bağlanma dayanımı: in vitro çalışma. 2015;32(3):112-15.
119. Glasspoole EA, Erickson RL, Davidson C. Effect of surface treatments on the bond strength of glass ionomers to enamel. 2002;18(6):454-62.
120. Olcay K, Eyüboğlu T. Farklı hassasiyet giderici ajanların tek aşamalı bir self-etch adeziv sistemin dentine makaslama bağlanma dayanımına etkisi. 2019;29(2):213-19.
121. Carvalho T-S, van Amerongen W-E, de Gee A, Bönecker M, Sampaio F-C. Shear bond strengths of three glass ionomer cements to enamel and dentine. 2011;16(3):e406-10.
122. Altunsoy M, Evren O, Küçükyılmaz E, Bölükbaşı B, Bilgin M. Farklı cam iyonomer simanların kompozit ve kompomere olan makaslama bağlanma dayanım kuvvetlerinin karşılaştırılması. 2015;2(2):71-75.
123. Phrukkanon S, Burrow M, Tyas M. Effect of cross-sectional surface area on bond strengths between resin and dentin. 1998;14(2):120-28.
124. Atash R, Abbeele A. Sealing ability and bond strength of four contemporary adhesives to enamel and to dentine. 2005;6(4):185.
125. Souza-Zaroni D, Christine W, Nhani VT, Ciccone-Nogueira JC, Chinelatti MA, Palma-Dibb RG, Corona S. Shear bond strength of glass-ionomer cements to air-abraded dentin. 2006;8(4).
126. Czarnecka B, Deręowska-Nosowicz P, Limanowska-Shaw H, Nicholson J. Shear bond strengths of glass-ionomer cements to sound and to prepared carious dentine. 2007;18(5):845-49.
127. Kensche A, Dähne F, Wagenschwanz C, Richter G, Viergutz G, Hannig C. Shear bond strength of different types of adhesive systems to dentin and enamel of deciduous teeth in vitro. 2016;20(4):831-40.
128. el-Kalla IH, García-Godoy F. Bond strength and interfacial micromorphology of compomers in primary and permanent teeth. *Int J Paediatr Dent* 1998;8(2):103-14.
129. Singh P, Jha M, Arora K, Bhat D, Awchat K, Goyal G, Mitra M, Sciences D. Comparison of Shear Bond Strength of Packable Glass Ionomer Cement, Resin Modified

Glass Ionomer Cement, Compomer and Giomer to Primary and Permanent Teeth--An In Vitro Study. 2021;10(19):1429-35.

130. Pacifici E, Chazine M, Vichi A, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Shear-bond strength of a new self-adhering flowable restorative material to dentin of primary molars. 2013;38(2):149-54.

131. Swift E, Pawlus M, Vargas M. Shear bond strengths of resin-modified glass-ionomer restorative materials. 1995;20138-38.

132. Manuja N, Pandit I, Srivastava N, Gugnani N, Nagpal R, Dentistry P. Comparative evaluation of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. 2011;29(1):7.

133. Nanavati K, Katge F, Chimata VK, Pradhan D, Kamble A, Patil D. 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. 2021;22(4):260.

134. Cekic-Nagas I, Ergun G, Egilmez F, Vallittu PK, Lassila L. Micro-shear bond strength of different resin cements to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. 2016;60(4):265-73.

135. Poorzandpoush K, Shahrabi M, Heidari A, Hosseinipour Z. Shear bond strength of self-adhesive flowable composite, conventional flowable composite and resin-modified glass ionomer cement to primary dentin. 2019;16(1):62.

136. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka P. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. 2006;95(6):430-36.

137. Nikaido T, Kunzelmann K-H, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, Cox C, Hickel R, Tagami J. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. 2002;18(3):269-75.

138. Koyuturk AE, Kusgoz A, Ulker M, Yesilyurt C. Effects of mechanical and thermal aging on microleakage of different fissure sealants. 2008;27(6):795-801.