



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**GÜNCEL BONDİNG AJANLARININ VE CAM
İYONOMER SİMAN-KOMPOZİT ARASINDAKİ
BAĞLANTI DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Şükrü ÖZÇELİK

**Samsun
Mart-2019**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PEDODONTİ ANABİLİM DALI

**GÜNCEL BONDİNG AJANLARININ VE CAM
İYONOMER SİMAN-KOMPOZİT ARASINDAKİ
BAĞLANTI DAYANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Şükrü ÖZÇELİK

Danışman

Doç. Dr. M. Erhan SARI

Samsun

Mart-2019

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, bana destek olan ve yol gösteren tez danışmanım Doç.Dr. M. Erhan SARI'ya,

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti Anabilim Dalı'nda görev yapan değerli hocalarım, Prof. Dr. Aysun AVŞAR'a, Prof.Dr. Emine ŞEN TUNÇ'a, Doç.Dr. Ayça Tuba ULUSOY YAMAK'a, Doç. Dr. Sezin ÖZER'e, Uzm. Dr. Bilal ÖZMEN'e,

Verilerimin istatistiksel değerlendirmesinde her türlü destekleri için sayın Doç. Dr. Leman TOMAK'a,

Doktora eğitimim boyunca beraber çalıştığım ve desteğini gördüğüm tüm çalışma arkadaşlarıma,

Sadece varlıklarıyla bile her zaman yanımda hissettiğim ve zor zamanlarımı kolaylaştıran tüm dostlarıma,

Tüm hayatım boyunca sonsuz sevgi, özveri ve hoşgörülerini ile her zaman yanımda olan, maddi-manevi destekleriyle bugünlere gelmemi sağlayan sevgili annem Sevim ÖZÇELİK ve babam Recep ÖZÇELİK ile canım kardeşimlerim Şule ÖZÇELİK, Melike ÖZÇELİK ve Burak ÖZÇELİK'e

Sonsuz Teşekkürlerimi Sunarım...

*Bu tez çalışması Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı'nca PYO.DIS.1904.17.005 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET
**GÜNCEL BONDİNG AJANLARININ VE CAM İYONOMER SİMAN-
KOMPOZİT ARASINDAKİ BAĞLANTI DAYANIMININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Amaç: Bu çalışmanın amacı; bir kompozit rezinin güncel self-etch adeziv sistemlerle farklı cam iyonomer simanlara (CİS) makaslama bağlanma değerlerini karşılaştırmak ve yaşlandırma işleminin bağlantı dayanımına etkisini değerlendirmektir.

Materyal ve Metot: Çalışmada 180 adet silindirik şekilli akrilik bloğun ortasına 2 mm derinliğinde ve 3 mm çapında olan boşluklar açıldı. Açılan boşluklara GCP Karbomer (K), Fuji IX GP (F) ve Equia Forte (E) yerleştirildi. Daha sonra bu bloklar kendi içerisinde rastgele olarak self-etch bonding ajanlara göre üç gruba daha ayrıldı ve CİS yüzeylerine; 3M ESPE Single Bond Universal (3M), G-Premio Bond (GP) ve Clearfil Universal Bond (C) uygulandı. Hazırlanan yüzeylere 2x2 mm boyutlarında yerleştirilen kompozitler polimerize edildi. Tüm örnekler 24 saat 37 °C nemli ortamda bekletildi ve yaşlandırma işleminin bağlantıya etkisini belirlemek amacıyla her bir grup iki alt gruba daha ayrıldı (n=10). Gruplardan birisine 5000 termal siklus ile yaşlandırma yapılırken diğer gruba yaşlandırma yapılmadı. Tüm örnekler universal test cihazı ile Makaslama Bağlanma Değerleri (MBD) ölçüldü. Kırık analizi için stereomikroskop kullanıldı. Verilerin istatistiksel analizinde tek yönlü ANOVA ve Tukey testleri kullanıldı.

Bulgular: Yapılan ölçümlere göre tüm test grupları içinde en yüksek MBD termal siklus yapılmayan E/3M kullanılmış örneklerde, en düşük MBD ise termal siklus yapılan F/GP örneklerinde elde edilmiştir. Termal siklus sonrası tüm gruplarda ortalama MBD, yaşlandırma yapılmayan örneklerden daha düşük bulunmuştur. Termal siklus sonrası bonding adezivlerden C'nin, CİS arasından E'nin kompozitle olan MBD ortalama değerleri daha yüksek bulundu. Ancak yaşlandırma sonrası tüm gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamıştır (p=0,945).

Sonuçlar: Sandviç tekniği ile restorasyon amaçlı kaide materyali olarak her üç cam iyonomer simanın ve self-etch adezivin de kullanılabilceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Cam iyonomer siman; kompozit; makaslama dayanımı; self-etch adeziv; termal siklus

Şükrü ÖZÇELİK, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi - Samsun, Mart-2019

ABSTRACT

EVALUATION OF THE SHEAR BOND STRENGTH OF THE RECENT BONDING AGENT ADHESIVES, LIGHT CURED BETWEEN GLASS IONOMER CEMENTS&COMPOSITE RESIN MATERIAL

Aim: The aim of this study is to compare the shear bond strength (SBS) of up to date self-etch adhesive agents between composite resin material& different glass ionomer cements with&without the effect of thermal cycles.

Material&Method: 180 cylindrical acrylic blocks were prepared with a hole (3 mm diameter&2 mm height). The acrylic blocks were divided into 3 groups randomly&filled with three different glass ionomer cements (GCP Carbomer (K), Equia Forte (E)&Fuji IX GP (F)). Self-etch adhesives (G-Premio Bond (GP), Clearfil Universal (C), 3M ESPE Single Universal Bond (3M)) were applied to the surface of glass ionomer cements according to the manufacturer's instruction. Resin composite material was applied over the glass ionomer cements by means of a plastic cylinder with 2x2 mm&light cured with LED from the upper side of the cylinder. All samples were incubated in distilled water for 24 hours at 37 °C. Each group was divided into 2 subgroups (n=10). The half of the samples were artificially aged for a total of 5000 cycles,&other ones were not. SBS of all samples was tested for failure using a universal testing machine. A stereomicroscope was used for the failure mode analysis. The data was analyzed using a one-way ANOVA&post-hoc Tukey's test.

Results According to the results, the highest shear bond strength values were observed without thermal cycles of E/3M group among all material groups. The lowest shear bond strength values were obtained with F/GP group after thermal cycling. After thermal cycle aging the average SBS values were found lower than non-cycling group. After thermal cycling, Clearfil Bond exhibited in the highest SBS value among the three adhesives,&Equia Forte showed the highest SBS among the three GICs. However, no statistical difference was detected in all the groups after thermal cycle aging (p=0,945).

Conclusions: All self-etch adhesives&each type of the three glass ionomers were found to be useful as a base material in the sandwich technique restoration procedure.

Keywords: Glass ionomer cement; self-etch adhesive; shear strength; thermal cycle

Şükrü ÖZÇELİK, Doctora Thesis

Ondokuz Mayıs University - Samsun, March-2019

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	: Yüzde
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
CİS	: Cam İyonomer Siman
GCİS	: Geleneksel Cam İyonomer Siman
RMCİS	: Rezin Modifiye Cam İyonomer Siman
dk	: Dakika
Sn	: Saniye
N	: Newton
MPa	: Megapascal
A	: Alan
p	: İstatistiksel Önem Düzeyi
Ss	: Standart Sapma
=	: Eşittir
r	: Yarı Çap
HEMA	: Hidroksietil Metakrilat
Bis-GMA	: Bisfenol A Glisidil Metakrilat
UDMA	: Uretan Dimetakrilat
Bis-EMA	: Bis-Etilen Glikol Dimetakrilat
TEGDMA	: Trietilen Glikol Dimetakrilat
PEGDMA	: Poli (Etilen Glikol) Dimetakrilat
10-MDP	: 10-Metakriloiloksidil Dihidrojen Fosfat
4-MET	: 4- [2- (Metakriloksi) Etoksikarbonil] Talik Asit
BHT	: Butil Hidroksi Toluen
SBS	: Makaslama Bağlantı Dayanımı
LED	: Light-Emitting Diode
mm	: Milimetre
X	: Büyütme Oranı
°C	: Derece Santigrat
°	: Derece

- \pm : Artı Eksi İşareti
nm : Nanometre
W : Watt
mW/cm² : Santimetre kare başına düşen ışık enerji miktarı



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Cam İyonomer Simanlar	4
2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar	5
2.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar	7
2.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Rezinler (Kompomerler)	8
2.1.4. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar (YVCİS)	8
2.1.5. Giomerler	9
2.1.6. Nano-İyonomerler	9
2.1.7. Cam Karbomerler	10
2.2. Kompozitler	11
2.2.1. Organik Polimer Matriks Faz	11
2.2.2. İnorganik Faz	11
2.2.3. Ara Faz	12
2.3. Adezyon ve Adeziv Sistemler	13
2.3.1. Adezyona Etki Eden Temel Faktörler	13
2.3.2. Adeziv Sistemlerin Yapısı	13
2.3.3. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması	14
2.4. Adezyon Testleri	17
2.4.1. Kullanılan Restoratif Materyallerin Makaslama Bağlanma Dayanımı Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi	18
2.4.2. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testleri Sırasında Oluşan Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi	18
2.4.3. Termal Siklus	19
2.5. Araştırmanın Amacı	20
3. MATERYAL VE METOT	21
3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller	21
3.2. Çalışma Planı	24
3.3. Örneklerin Hazırlanması	26
3.4. Grupların Oluşturulması	26

3.5. Termal Siklus Uygulamasıyla Yaşlandırma.....	28
3.6. Makaslama Bağlanma Dayanımı Değerlerinin Ölçülmesi.....	29
3.7. Kırılma Analizi.....	29
3.8. İstatistiksel Değerlendirmeler.....	31
4. BULGULAR	32
4.1. Verilerin Değerlendirilmesi.....	32
5.TARTIŞMA	36
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	63



1. GİRİŞ

İnsan dişi, rejenerasyon kapasitesi sınırlı olan bir organdır. Bu nedenle çürük ve travma gibi sebeplerden dolayı dişlerde meydana gelen madde kayıpları, uygun bir materyal ile restore edilmelidir (Shubhashini ve ark., 2008).

İdeal restoratif materyal, mine ve dentine kimyasal bağlanmalı, biyoyumlu olmalı, bakteriostatik olmalı, yüksek basınç ve çekme kuvvetlerine dirençli olmalı, flor salabilmeli, aşınma ve termal genişleme oranları diş yapısıyla benzer olmalıdır (Rodríguez-Farre ve ark., 2016). Günümüz diş hekimliği pratiğinde bu amaçla farklı restoratif materyaller direkt veya indirekt olarak uygulanmaktadır. Amalgam, kompozit rezin ve cam iyonomer simanlar direkt olarak uygulanan en yaygın restoratif materyallerdir (Nowak ve Crall, 2005).

Amalgam, cıva ve metal alaşımlarından oluşan dental bir materyaldir. Uygulama kolaylığı, dayanıklılığı, ağız sıvılarında erimemesi ve ekonomik olması gibi avantajları mevcut olup, cıva işermesi, korozyona neden olması, estetik olmaması, ilave kavite preparasyonu gerektirmesi ve diş dokularına bağlanma eksikliği ise dezavantajlarıdır (Eakle, 1986; Duncalf ve Wilson, 1992).

Kompozit rezin estetik, dişe adezyonu ve yeterli fiziksel özellikleri olan bir materyaldir. Ancak materyalin uygulama tekniğine hassasiyeti ve polimerizasyon büzülmesi sonucu sekonder çürük riskini arttırması gibi dezavantajları vardır (Lindberg ve ark., 2007; Jandt ve Sigusch, 2009).

Cam iyonomer simanın, mine ve dentine kimyasal bağlanması, diş sert dokularına benzer termal genişleme göstermesi, düşük elastik modülü ve flor salınımı ile biyoyumluluğu ve düşük sitotoksisite oranı gibi avantajları mevcuttur (Lindberg ve ark., 2007; van de Sande ve ark., 2015; Calvo ve ark., 2016). Ancak CİS'lerin sertleşme esnasında neme karşı hassas olması ve zayıf mekanik direnci dezavantajlarıdır (Croll ve Nicholson, 2002). CİS'lerin olumsuz özelliklerini azaltıp, fiziksel özelliklerini güçlendirmek amacıyla materyalin toz ve likit kısmında modifikasyonlar yapılarak rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) ve yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar (YVCİS) gibi çeşitli CİS'lar üretilmiştir (Moshaverinia ve ark., 2011; Julius Zoergiebel ve Nicoleta Ilie, 2013a, 2013b). Son yıllarda CİS'lerin yapısına nano boyutta hidroksiaptit ve florapatit tozu eklenerek oluşturulan, kırılma ve aşınma direnci daha yüksek olan cam karbomer materyali geliştirilmiştir (Zainuddin ve ark., 2012;

Subramaniam ve ark., 2015).

Derin kavitelere kayıp dentinin yeri cam iyonomer siman ile restore edilip, geri kalan kısma kompozit rezin yerleştirilebilir. Cam iyonomer simanların avantajlarından faydalanmak için uygulanan bu tekniğe ‘sandviç tekniği’ denir (Pamir ve ark., 2012). Böylece, cam iyonomer simanın flor salınımı ve diş yapılarına kimyasal bağlanma avantajları ile kompozit rezinin gelişmiş fiziksel ve estetik özelliklerinden faydalanılarak restorasyon tamamlanır (Bona ve ark., 2007). Bununla birlikte geleneksel cam iyonomer siman (GCİS) ile rezin kompozitler arasındaki bağlanma kuvveti sınırlıdır. Bu durum olarak kompozit rezinlerin polimerizasyon büzülmesi ve kompozit rezinlerle GCİS arasındaki reaksiyonların farklılığı ile açıklanabilir (Mangum ve ark., 1990).

Posterior dişlerde kullanılan bir restoratif materyal çiğneme kuvvetlerine karşı yüksek basınç dayanımına sahip olmalı ve bunun yanında dentinle veya cam iyonomer simanla güçlü bir bağlantı da oluşturmalıdır. Bu nedenle restoratif materyallerin bağlanma kuvveti klinik pratiğinde önemli bir faktördür (Kaup ve ark., 2015).

Adeziv diş hekimliği, diş yapısına yeterli bağlanma ana hedefi ile restoratif rezin materyalinin dişe ideal retansiyon sağlama, minimum mikrosızıntı, daha iyi renk stabilitesi gibi avantajları ile diş hekimliğinde önem kazanmıştır (Mandava ve ark., 2009).

Adeziv diş hekimliği temel olarak etch&rinse (total-etch) ve self-etch sistemleri içerir. Etch&rinse sistemindeki uygulama prosedürü ve bileşenlerinin karmaşıklığı, basitleştirilmiş self-etch sistemlerini ortaya çıkarmıştır (Sensi ve ark., 2005). Yapılan çalışmalarda restoratif rezin materyallerin uygulanmasından önce ön işlemler iyi tanımlanmıştır. Ancak sandviç tekniğinde kompozit rezini kondanse etmeden önce CİS’in yüzey işlemlerine duyulan ihtiyaç tartışmalıdır (De Munck ve ark., 2005; Lührs ve ark., 2008). Geleneksel CİS’in yüzeyinin asit ile pürüzlendirilebileceği böylelikle CİS, bonding materyali ve kompozit arasında mekanik birleşme geliştirilebileceği belirtilmiştir (Garcia-Godoy ve ark., 1988). Ancak CİS’in sertleşme sürecinde, asitleme ile çözünerek fiziksel özelliklerinin bozulması ve neme hassas olması sıklıkla başarısızlığa yol açabilmektedir (Garcia-Godoy ve ark., 1988; Gupta ve Mahajan, 2015).

Bir kompozit rezinin, güncel self-etch adeziv sistemlerle cam iyonomer simanlara makaslama bağlanma değerlerini karşılaştırmak ve yaşlandırma işlemlerinin bağlantı dayanımına etkisini değerlendirmek çalışmamızın amacını oluşturmaktadır.



2. GENEL BİLGİLER

Dişlerde oluşan çeşitli madde kayıplarında, kalan diş dokusunu korumak, dişin anatomik formunu, fonksiyonunu ve estetiğini sağlamak için çeşitli restoratif materyaller kullanılmıştır (Hübel ve Mejare, 2003). Kullanılan restoratif materyallerin klinik başarısı diş dokularına iyi adezyon sağlamasına ve oral kaviteye gelen kuvvetlere karşı dayanıklı olmasına bağlıdır (Manuja ve ark., 2011).

Minimal invaziv diş hekimliği tekniği işlemlerin basit olması, kısa tedavi süresi gerektirmesi, diş dokuları arasında temasın geliştirilmiş olması, post ve pin gibi ekstra retansiyon sağlayacak işlemler gerektirmemesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Stangel ve ark., 2007). Bu sayede çürük diş dokusunun daha konservatif bir şekilde uzaklaştırılarak minimal invaziv diş hekimliği sağlanmış olacaktır (Hübel ve Mejare, 2003).

Mine ve dentin gibi doğal diş yapısını taklit eden (biyomimetik), minimal invaziv tekniği ile kalan diş yapısını destekleyen materyallerin kullanımı Dünya Sağlık Örgütü tarafından desteklenmiştir. Çürük lezyonlarını tedavi etmek için minimal invaziv yaklaşımını daha fazla arttırmak ve desteklemek amacıyla, dental sert dokuları remineralize edebilen materyaller geliştirmek için biyomimetik materyal yaklaşımları tavsiye edilmiştir (Rodríguez-Farre ve ark., 2016).

Cam iyonomer simanlar flor salınımı ve diş dokularına adezyonu gibi belirgin avantajlarına rağmen kompozit rezinler kadar fiziksel özelliklere ve estetiğe sahip değildirler. Bu nedenle sandviç tekniği ile dentin yüzeyine CİS yerleştirilmesi, oklüzal kuvvetlere maruz kalan kısma kompozit rezin kullanılması restorasyonun daha güçlü ve estetik olmasını sağlar. Cam iyonomer simanlar sandviç tekniğinde kullanıldığında dentin dokusunu oluştururken, kompozit ise fiziksel ve estetik özelliği ile kayıp mine dokusunu oluşturur (Van Dijken ve ark., 1999; Andersson-Wenckert ve Kieri, 2004).

2.1. Cam İyonomer Simanlar

Mine ve dentine kimyasal olarak bağlanan, flor salınımı yapan, diş yapısına benzer ısıl genişmesi ve biyouyumlu olan cam iyonomer siman, ilk kez Wilson ve Kent (1972) adlı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. (Wilson ve Kent, 1972).

Cam iyonomer simanlar, süt ve daimi dişlerde kaide ve kor materyali olarak, süt dişi restorasyonlarında, fissür örtücü olarak, geçici dolgu materyali olarak ve paslanmaz çelik kron, ortodontik bant ve braketlerin yapıştırılmasında kullanılmaktadır

(AAPD, 2014). Aşınma direncinin ve kırılma dayanımının düşük olması, sertleşme sürecinde neme hassas olması, materyali işlemenin zorluğu gibi dezavantajlarının iyileştirilmesi amacıyla zaman içerisinde CİS içeriklerinde değişiklikler yapılmıştır. Fiziksel özelliklerini arttırmak amacıyla; ultrasonik dalga aktivasyonu, N-vinylcaprolactam eklenmesi, nanopartiküllerin eklenmesi, ısı uygulanması ve materyalin sertleşme ortamının modifiye edilmesi gibi yöntemler önerilmiştir (Moshaverinia ve ark., 2012).

Cam iyonomer simanlar içeriklerine göre şu şekilde sınıflandırılabilirler;

- Geleneksel cam iyonomer simanlar
- Hibrit cam iyonomer simanlar
- Rezin modifiye cam iyonomer simanlar
- Poliasit modifiye kompozit rezinler (Kompomerler)
- Yüksek viskoziteli cam iyonomer simanlar
- Giomerler
- Nano-iyonomerler (Hewlett ve Mount, 2003; Kanık ve Türkün, 2016)

2.1.1. Geleneksel Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanlar, silikat simanların florür salma özelliği ile polikarboksilat simanların diş yapısına kimyasal adezyonu ve biyouyumlu olma avantajlarını birleştirme amacıyla üretilmiştir (McLean ve Wilson, 1977; Wakefield ve Kofford, 2001).

Geleneksel cam iyonomer simanlar, toz ve likit olarak iki komponentten oluşur. Toz kısmında; floro-alüminosilikat cam partikülleri, likit kısmında ise; poliakrilik, tartarik ve itakonik asit gibi asitler bulunmaktadır (Lohbauer, 2009). Toz ve likit arasında asit-baz reaksiyonu gerçekleşir. Asidik olan likit silikat cam partiküllerini çözer ve kalsiyum, florür, alüminyum, silikon ve diğer iyonlar salınır. Salınan kalsiyum iyonları hızlıca karboksil yan grupları tarafından şelasyona uğrar ve poliakrilik asit polimer zincirinde çapraz bağ oluşturur. Materyal en hassas olduğu bu dönemde nem ile kontamine olursa yapısal olarak zayıflar ya da materyalden su kaybı olursa reaksiyon tamamlanamaz ve çapraz bağlar oluşmayabilir. Simanın sertleşme süresi yavaş bir işlemdir. İlk sertleşme süresi sonrası (3-6 dakika) cam iyonomer siman henüz fiziksel ve mekanik özelliklerine tam olarak ulaşamamıştır. GCİS'in stabil hale gelmesi yaklaşık

olarak 24 saat sürer. Bu sürede, kalsiyum iyonlarının yerini daha yavaş reaksiyona giren alüminyum iyonları alır. Böylece daha fazla çapraz bağ oluşturarak mekanik olarak daha dayanıklı bir matriks oluşur (Anusavice ve Cascone, 2003; Lohbauer, 2009; Khoroushi ve Keshani, 2013; Richard Van Noort, 2014).

Uzun süreli florür salma özellikleri nedeniyle geleneksel cam iyonomer simanların çürük önleyici etkileri olduğu kabul edilmiştir. GCİS'in sertleşme reaksiyonu sırasında cam partiküllerinin polialkenoik asit ile tepkimeye girmesi sonucunda meydana gelen bir patlama etkisi (burst effect) olur ve ilk 24 saat içerisindeki yüksek florür salımı oluşur. Başlangıçta görülen yüksek florür salımı 24-72 saat sonra hızlıca azalır, 10-20 gün içinde sabit bir düzeye yaklaşır ve simanların içeriğindeki florür birkaç ay içinde oldukça hızlı bir şekilde tükenir (Wiegand ve ark., 2007; S. Sidhu, 2011).

Cam iyonomer simandan florür salımı ile çevre dış yapısında florohidroksiapatit oluşur ve kalsiyum hidroksite oranla daha antibakteriyeldir (Eli ve ark., 1995). Ayrıca salınan florür aktif çürük bölgelerinde dahi iyon alış verişi ile remineralizasyonu destekler (Ricketts, 2001). Derin çürüklü bölgelerde, final restorasyon öncesi kaide materyali olarak cam iyonomer siman kullanılması, kalan bakterilerin ölmesini ve pulpanın tekrar tamir sürecini başlatabilmesini sağlayacaktır. Bu tamir özelliği sebebiyle kavitede kısmi demineralize alanlar bırakılarak daha konservatif kavite preparasyonu hazırlanabilir (Ngo ve ark., 1997; Mount, 2003).

Cam iyonomer simanlar sandviç tekniğinde kullanıldığında dentin dokusunu oluştururken aynı zamanda marjinal aralanmayı azaltması da hedeflenmektedir. Cam iyonomer simanlar dentin üzerine uygulandıktan sonra dentindeki nemi absorbe ederek genişir. Bu genişleme miktarı, kompozit rezinin polimerizasyon sırasındaki büzülme miktarını telafi edecek seviyededir (Trushkowsky, 2005).

Cam iyonomer siman ve kompozit rezin arasındaki bağlantı, restorasyonun başarısı için önemlidir. Büyük oranda mikromekanik olan bu bağlantıyı artırmak için Smith ve Martin (1990); kaide olarak uygulanan CİS yüzeyinin asit ile pürüzlendirilmesi ve sonrasında adeziv materyal uygulanıp kompozit rezinin yerleştirilmesi ile daha güçlü adezyon elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Ancak cam iyonomer siman üzerine 30 sn'den fazla süreyle asit uygulaması yüzeyden aşırı

miktarda matriks kaybı ve cam partiküllerin erimesi ile bağlantının olumsuz etkilenmesine yol açabilir (Smith, 1988).

2.1.2. Rezin Modifiye Cam İyonomer Simanlar

Cam iyonomer simanların sertleşmeleri esnasında neme olan hassasiyetini giderebilmek ve düşük fiziksel özellikleri güçlendirmek için, rezin monomerler eklenerek rezin modifiye cam iyonomerler geliştirilmiştir.

İçeriği esas olarak %80 cam iyonomer siman, %20 rezindir. Likidi içerisinde ışıkla polimerize olan hidroksietil metakrilat (HEMA), metakrilat grupları, tartarikasit, poliakrilikasit ve su bulunur. Tozu ise floro-alümino silikat cam tanecikleridir (Lim ve ark., 2009; Koroğlu ve ark., 2012).

Rezin modifiye cam iyonomer simanların (RMCİS) sertleşmeleri, içeriklerine rezin bileşenlerin eklenmesi ile asit/baz tepkimesi ve ışıkla polimerizasyon sağlanmasıyla gerçekleşir. Işıkla polimerizasyon sonucunda bir matriks oluşur ve bu matrikste asit-baz reaksiyonu devam ederek, materyalin daha iyi sertleşmesini ve direncinin daha yüksek olmasını sağlar. Asit baz reaksiyonu ise toz ve likidin karıştırılmasından itibaren yavaşça ilerlemekte ve 24 saat sürmektedir (McLean, 1994; Sidhu ve Watson, 1995; Vaikuntam, 1997; Mazzaoui ve ark., 2003; Koroğlu ve ark., 2012).

GCİS'lar ile karşılaştırıldığında RMCİS'ların çalışma süreleri daha uzundur, neme karşı hassasiyetleri oldukça azalmıştır. RMCİS'lar adaptasyon, adezyon ve estetik açıdan daha iyidir. Bununla beraber GCİS'ların esas avantajları olan; florür salımı ve yeniden yüklenmesi, biyouyumluluk, dişle uyumlu termal genleşme ve diş dokusuna fizikokimyasal bağlanma gibi özelliklerini de kaybetmemiştir. Yapılan çalışmalarda RMCİS'ların GCİS'lar kadar flor saldıgı gösterilmiştir (Anusavice, 2003; Hugar ve ark., 2016). Rezin modifiye cam iyonomer simanların çürük önleyici etkilerinin iyi olduğu ve dentin duvarlarındaki rekürrent çürüklere karşı direnç gösterdikleri birçok çalışmada belirlenmiştir (Ricketts, 2001; Xu ve Burgess, 2003; Wiegand ve ark., 2007). Bu özelliğinden dolayı çürüğün tamamen uzaklaştırıldığından emin olunamadığı durumlarda ve kompozit miktarının akışkan kompozitle azaltılamayacağı derin kaviterlerde astar ve taban maddeleri olarak rezin modifiye cam iyonomerler tercih edilebilir (Musa ve ark., 1996; Kan ve ark., 1997; Freedman ve Diefenderfer, 2003;

Anusavice, 2003; Xu ve Burgess, 2003; Khoroushi ve Keshani, 2013; Hugar ve ark., 2016).

2.1.3. Poliasit Modifiye Kompozit Reziner (Kompomerler)

Cam iyonomer simanların florür salma özelliği ile geleneksel kompozit rezinlerin estetiğini birleştiren bu dental materyal kompomer olarak da adlandırılır. Yapısını %30 CİS, %70 kompozit rezinler oluşturur (Nicholson, 2007).

Anhidroz formda hazırlandıkları için kaviteye yerleştirilene kadar asit-baz reaksiyonu başlamamaktadır. Kaviteye yerleştikten sonra ışık uygulaması sonucu sertleşirler. Daha sonra ağız sıvıları ve tükürük ile temas ettiği zaman CİS'lerde olduğu gibi asit baz reaksiyonu başlar ve materyalin sertleşmesi devam eder (Kakaboura ve ark., 1996; Gladys ve ark., 1997; Demirci, 2001; Wakefield ve Kofford, 2001).

Polimerizasyon büzülmesi, mine ve dentine bağlanma, ısısız genişleme katsayısı gibi özellikleri ile cam iyonomerlerden daha fazla kompozitlere benzerler ve geleneksel cam iyonomer simanlardan önemli ölçüde daha az florür salarlar. Kompomerlerin dayanıklılığı ve kırılma direnci ise, rezin ilavesi sayesinde geleneksel cam iyonomer simanlara oranla artmıştır (Mathis ve Ferracane, 1989; Bhattacharya ve ark., 2017). Kompomerler, servikal erozyon ve abrazyon lezyonlarında, kök çürüklerinde, açık sandviç yöntemi ile sınıf II. ve sınıf V. kavitelere, kırık dişlerin geçici onarımında ve süt dişlerinin restorasyonlarında kullanılabilirler (Dayangaç, 2000).

2.1.4. Yüksek Viskoziteli Cam İyonomer Simanlar (YVCİS)

YVCİS'lar GCİS'lerin okluzal kuvvetler karşısında aşınma direncini ve zayıf mekanik özelliklerini artırmak için geliştirilmiştir, GCİS'lerin sınırlı endikasyon alanlarını genişletmek amacıyla; CİS'lerin toz/likit oranı, parçacık boyutları ve dağılımları değiştirilerek yüksek viskoziteli CİS'ler geliştirilmiştir (Scholtanus ve Huysmans, 2007; an ve ark., 2015). Böylelikle, materyallerin daha viskoz olmaları sağlanmıştır. GCİS'lerdeki toz likit oranı 3:1 veya 4:1 iken; YVCİS'de bu oran 6:1 veya 7:1'dir (Ferrari, 1999; Crowley ve ark., 2006).

Sertleşme mekanizmaları GCİS ile aynıdır, flor salınım oranları ve biyoyumlulukları da büyük oranda birbirlerine benzemektedir ancak, GCİS'lere göre; aşınma direnci, yüzey sertliği, eğme ve basma dayanıklılıkları arttırılmıştır. Sertleşmesi hızlıdır, nem hassasiyeti önemli ölçüde azaltılmış ve ağız sıvılarındaki çözünürlüğü de

oldukça düşüktür (Molina ve ark., 2013). Materyalin içeriğindeki partikül büyüklüğü ve porözite miktarı simanın dayanım özelliklerini önemli oranda etkilemektedir. Yani simnaların likit içeriğinin değişimi, toz/likit oranı ve karıştırma yöntemi önemlidir. Klinik rutin kullanımında, doğru toz/likit oranının belirlenmesinin ve el ile karıştırmanın zorluğundan dolayı, cam iyonomer simanların kapsül formları geliştirilmiştir. Çeşitli üretici firmalar yüksek viskoziteli kapsül cam iyonomer simanları klinik kullanıma sunmuştur (Ferrari, 1999; Xie ve ark., 2000; Nomoto ve ark., 2004; Fleming ve ark., 2006).

2.1.5. Giomerler

Giomer, aktif cam iyonomer partikülleri (pre-reacted glass-ionomer PRG) içeren ve ışıkla polimerize olabilen materyal olarak üretilmiştir. PRG partikülleri, sulu ortamda florealüminosilikat cam partikülleri ile polialkenoik asit arasında meydana gelen asit-baz reaksiyonu sonucunda meydana gelirler ve Giomer ismi Glass iyonomer + polimer kelimelerinin harflerinden türetilmiştir (Ikemura ve ark., 2008). Giomerlerde GCİS'lerde görülen hidrojel fazı görülmemektedir. PRG partikülleri giomerlerde flor salınımından sorumlu kısımdır. Giomerler diğer rezin içerikli materyaller gibi ışıkla polimerize olması nedeniyle dişe adezyon için gerekli bir sisteme ihtiyaç duymaktadır. Flor salınımı konusunda yetersiz olduğu düşünülmeyle beraber demineralizasyonu inhibe ettiği yönünde çalışmalar mevcuttur (Gonzalez ve ark., 2004; Deliperi ve ark., 2006; Gordan ve ark., 2007).

2.1.6. Nano-İyonomerler

Rezin modifiye cam iyonomer simanlara nano doldurucular eklenerek elde edilmişlerdir. Nano-iyonomerlerde mekanik dayanıklılık artarken polimerizasyon büzülmesi azaltılmıştır (Shafiei ve Abouheydari, 2015). Nano-iyonomer yapısı, akrilik ve itakonik asit kopolimerlerinin florealüminosilikat cam partikülleri ve su ile gerçekleştirdiği cam iyonomer reaksiyonu esasına dayanır. Ayrıca nano-iyonomer yapısında, Bis-GMA, TEGDMA, ve HEMA gibi farklı monomerler bulunmaktadır. Bunları diğer cam iyonomerlerden ayıran en tipik özelliği, doldurucu partikül içeriklerinin ağırlıkça %69'unu nano dolduruculardan meydana gelmesidir (Kantik ve Türkün, 2016). Nano-iyonomerlerin sertleşme reaksiyonları RMCİS ile aynı şekilde gerçekleşir, yani ilk sertleşme ışık polimerizasyonu ile gerçekleşir. Fakat bağlanmaları

cam iyonomer simanlar ile aynıdır. Uzun dönem başarılı olmalarında kilit faktör kalsiyum-polikarboksilat formasyonudur (Falsafi ve ark., 2014).

2.1.7. Cam Karbomerler

Cam karbomerler karbomize nano partikül içeren cam iyonomer yapıda simanlardır. İçerdiği nano boyutlu toz partikülleri ve floroapatit ile cam iyonomer simanlardan ayrılır. Materyalin çözünürlüğünü düşürüp, fiziksel özelliklerini artıran bu nanopartikül teknolojisi ile mine benzeri yapı oluşturulmak istenmiştir (Zainuddin ve ark., 2012).

Cam karbomer simanların sertleşme reaksiyonları kimyasal olarak gerçekleşmektedir ve ısıyla optimize olmaktadır (Menne-Happ ve Ilie, 2013). Cam karbomerdeki cam partikülleri cam iyonomer simanlara oranla oldukça ince partikül boyutuna sahiptir. Nano boyutlu partiküller temas yüzeyinin artmasını sağlayarak, cam karbomerin likiti (poliakrilik asit) ile temasa geçtiklerinde materyalin daha kolay sertleşmesine ve daha hızlı remineralizasyon etkisi göstermesine yardımcı olur (Koenraads ve ark., 2009; Rao ve Rao, 2011).

Cam karbomerler, GCİS ve RMCİS ile karşılaştırıldığında daha uzun çalışma zamanına sahiptir, estetik başarısı ve translusentliği daha iyidir, aşınma direnci ve kırılma kuvvet dayanımı daha fazladır. Florür salım ve yeniden yüklenme özellikleri olan cam karbomerler; rezin, monomer, metal ve Bisfenol-A içermez. Sertleşme reaksiyonu başlangıcında, nem ve tükürük kontaminasyonundan cam karbomeri korumak için silikon bazlı bir yüzey örtücü uygulanmaktadır (Menne-Happ ve Ilie, 2013). Yüzey örtücü uygulandıktan sonra ısı açığa çıkaran yüksek enerjili LED ışık kaynağının kullanımı, materyalin mekanik özelliklerini arttırmaktadır. Isı uygulamasının matriks formasyon reaksiyonunu hızlandırdığı düşünülmektedir (Woolford, 1994).

Üretici firma, cam karbomer simanlar için cam iyonomerlerle karşılaştırıldığında daha iyi performans gösterdiği, büzülme ve genişlemenin olmadığı, mükemmel flor salınımı gösterdiği, abrazyona karşı daha az hassasiyetin olduğu, daha az çözündüğü, daha az suya hassasiyetin olduğu, daha iyi bağlanma gösterdiği, yüzey özelliklerinin daha iyi olduğu ve sertliğinin daha iyi olduğunu bildirmektedir. Fissür örtücü olarak kullanılabilmesi, sertleşme süresinin kısa olması, geliştirilmiş fiziksel özelliklerinden dolayı yüksek stres taşıyan bölgelerde kullanılabilmesi, kaide ve kor

yapımında kullanılabilmesi diğer avantajları olarak belirtilmiştir (Bosch ve ark., 2006; Koenraads ve ark., 2009; Chen ve ark., 2010).

Yeni geliştirilen cam karbomerlerin klinik başarıları ve fiziksel özellikleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için in vivo ve in vitro çalışmalara ihtiyaç vardır.

2.2. Kompozitler

Kompozit dolgu maddesi ilk kez 1962 yılında diş hekimliğine tanıtılmış ve günümüze kadar önemli gelişmeler göstermiştir (Asmussen, 1984; Belvedere, 2001; Wakefield ve Kofford, 2001). Dental kompozitler polimerize olan akrilik monomer içerisinde silikat cam partiküllerinin karışımıdır (T Roberson ve ark., 2006).

Kompozit rezinler azalmış termal ekspansiyon katsayısı, yüksek aşınma direnci daha geniş uygulama alanı ve uygulamasının kolay olması gibi olumlu özellikleri nedeniyle kısa zamanda akrilik rezin ve silikat simanların yerini almıştır. Ancak kompozitlerin polimerizasyon büzülmesi ve bunun sonucunda da sekonder çürük oluşumu gibi dezavantajları bulunmaktadır (Leinfelder, 1985; Jandt ve Sigusch, 2009). Kompozitler üç ana fazdan oluşmaktadır;

2.2.1. Organik Polimer Matriks Faz

Kompozitlerde matriks olarak en yaygın kullanılan polimer bis-glisidil metakrilattır (Bis-GMA). Son yıllarda iyi adezyon sağlayan ve renk değişimine daha dirençli olan üretan dimetakrilat (UDMA), polimer matriks olarak kullanıma sunulmuştur. Bis-GMA ve UDMA oldukça viskozdur. Viskoziteyi azaltmak için trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) matrikse ilave edilmiştir (Lutz ve Phillips, 1983; Belvedere, 2001; Roberson ve ark., 2006).

2.2.2. İnorganik Faz

Polimer matriksin mekanik ve fiziksel özellikleri çiğneme fonksiyonu sırasında meydana gelen kuvvetlere karşı koyabilecek özellikte olmadığından, rezine yeterli direnci sağlamak için farklı büyüklük ve şekilde doldurucu partiküller ilave edilmiştir. Bu inorganik partiküller, kuartz (kristalin silika), borosilikat cam, baryum alüminyum silikat, stronsiyum, zirkonyum, baryum, çinko ve yitriyum cam, baryum alüminyum silikat gibi dolduruculardır (Lutz ve Phillips, 1983; K. Leinfelder, 1985; Dayangaç, 2000; Koray ve Yücel, 2002).

Partikül miktarı arttıkça, organik matriks oranı düşer, kompozitin ısısız genişleme katsayısı, polimerizasyon büzülmesi ve su absorpsiyonu azalır, kompozitin dayanıklılığı artar (Dayangaç, 2000).

2.2.3. Ara Faz

Organik polimer matriks faz ile inorganik faz arasındaki sıkı bağlanmayı ara faz sağlamaktadır. Kompozit rezinin özelliklerinin iyileştirilmesi ve kimyasal yapının devamlılığının sağlanması açısından önemlidir. Ara faz organik silisyum bileşiği olan silanlardan oluşur. Modern kompozit rezinlerde silika partiküllerinin yüzeyi silika bağlanma ajanları ile önceden kaplanmıştır. Bu katmanda bir ucu silika partiküllerinin yüzeyindeki hidroksil grupları ile diğer ucu organik matriksteki primer ile bağlanan çift fonksiyonlu moleküller vardır (Dayangaç, 2000; T Roberson ve ark., 2006).

Silan bağlama ajanları, rezinin fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirdiği gibi rezin partikül ara yüzü boyunca suyun geçişini önleyerek hidrolitik dengeyi sağlar, rezinin çözünürlüğünü ve su emilimini azaltır. Doldurucu partiküllerin restorasyon yüzeyinden koparak uzaklaşmasına engel olur. Silan bağlama ajanları inorganik fazın özellikle silika partiküllerinde olumlu sonuçlar vermiş, bu nedenle kompozit rezinlerin büyük bir çoğunluğunda silika içerikli inorganik doldurucular kullanılmıştır (Parameswaran, 2013).

Kompozit rezin restorasyonların başlıca başarısızlık nedenleri; polimerizasyon büzülmesi, kenar sızıntısı, post operatif duyarlılık ve renklenmedir. Kullanılan ışık kaynağının gücü ve uzaklığı, kompozitin rengi, kompozitin kalınlığı, ışık kaynağından yayılan ısı, kompozit rezinin yapısı, kavitenin şekli polimerizasyon büzülmesini etkileyen faktörlerdendir (Dayangaç, 2000).

Güncel estetik materyallerin inorganik yapısını oluşturan doldurucu partiküllerin boyutları, toplam ağırlıktaki oranları, yüzey şekilleri ve içerikleri ilk üretilen kompozitlerden oldukça farklıdır. Kompozit rezinlerin doldurucu içeriği arttıkça organik matriks oranı düşer, polimerizasyon büzülmesi, ısısız genişleme katsayısı ve su absorpsiyonu azalır. Ayrıca elastisite modülü (sertlik), aşınma direnci ve dayanıklılık artarak rezinin mekanik özellikleri olumlu yönde etkilenir. Doldurucu partiküllerin büyüklüğü; materyalin estetik özelliklerini, polimerizasyon derinliğini, polimerizasyon büzülmesini ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir (Burgess ve ark., 2002).

2.3 Adezyon ve Adeziv Sistemler

Adezyon, bir substratın diğereine bağlanması ya da molekül ve atomların birbirine yapışma eğilimi olarak tanımlanır. Adezyon, temas halindeki materyallerin ayırıcı kuvvetlere karşı direnen bağlanma dayanımı olarak da ifade edilmiştir. Adezyon benzer olmayan materyallerin yapışması, kohezyon ise benzer materyallerin yapışması anlamında kullanılır ve her iki tanımda dental materyallerle direkt ilişkilidir (Marshall ve ark., 2010).

Adezyon fiziksel, kimyasal ve mekanik adezyon olarak sınıflandırılabilir. Diş hekimliğinde adezyon kavramı genellikle ara yüzdeki bağlanma ile ilgilidir. Fiziksel bağlanma kuvvetleri genellikle çok zayıf, kimyasal bağlanma ise daha kuvvetlidir ancak oluşturması zordur. Mekanik bağlanma güçlü bir birleştirme oluşturmada en etkili olan bağlanma tipidir. Diş hekimliğinde adherentler, mine, dentin, amalgam, kompozit, seramik, cam iyonomer ya da metal yüzeyler olabilir (Marshall ve ark., 2010).

2.3.1. Adezyona Etki Eden Temel Faktörler

İyi bir adezyon sağlamak için oluşturulması gereken koşullar vardır. Adeziv materyallerin uygulanacağı yüzeyin temiz ve kuru olması gerekmektedir. Tükürük, biyofilm tabakası ya da organik artıklar klinik durumda her zaman mevcuttur ki bunlar sadece diş fırçası kullanımı ile uzaklaştırılmaz. Bunu sağlamak için asit ve çözücüler kullanılabilir. Adezyon sağlanabilmesi için diğer faktör; adezivin yüzeyi ıslatmasıdır. Adezivin kontak açısı ne kadar küçükse yüzeye o kadar yayılır ve adeziv ile yüzey arasında güçlü çekim sağlanarak bağlanma ve penetrasyon artmış olur (Duke, 1993).

Bir adezivin etkili olabilmesi için yüzeyle tam kontak sağlaması yeterli değildir. Aynı zamanda yüzeye kolayca yayılabilmesi gerekir. Adezivin akışkanlığı onun viskozitesi ile ilgilidir. Adezivin yeterince yayılabilmesi ve adherent yüzeyin tamamına adapte olabilmesi için akışkanlığı yeterli olmalıdır (Marshall ve ark., 2010).

2.3.2. Adeziv Sistemlerin Yapısı

Adeziv ve kompozit arasında iyi bir kovalent bağlanma sağlamak için adezivler rezin monomerler içerir. Resin kısımları matriks olarak adlandırılır ve adeziv materyale yapısal bütünlük, dayanıklılık gibi fiziko-mekanik özellikler sağlarlar. Yaygın olarak kullanılan monomerlerden olan HEMA'nın (2-hydroxyethyl methacrylate) biyoyumluluğu nispeten daha iyidir ancak polimerize edilmemiş formu, su, etanol ve

asetonda kolaylıkla çözünür. Bu monomer demineralize bir ajan olarak kullanılmaz. Ancak hidrofilik özelliği nedeniyle dentin ıslaklığını artıran ve adezyonu güçlendiren önemli bir monomerdir. Polimerizasyondan sonra da su alımı devam eder ve beraberinde şişme, renklenme gözlenir. Bütün metakrilatlar gibi HEMA da asidik pH'da hidrolize yatkın bir monomerdir (Pashley ve ark., 1998).

10-MDP (10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate) monomeri kalsiyuma güçlü iyonik bağlarla bağlanmaktadır. Bu özelliği; kimyasal bağlanmanın diğerlerine kıyasla daha yüksek oranda olacağını gösterir (Yoshida ve ark., 2004).

Di-metakrilatlar; Bis-GMA (bisphenol diglycidyl methacrylate), UDMA (urethane dimethacrylate) ve TEGDMA (triethylene glycol dimethacrylate) adeziv sistemlerde sıkça kullanılan çapraz bağlayıcılardır. Yoğun çapraz bağ oluşturularak adeziv sistemlere mekanik dayanıklılık sağlarlar. Ayrıca mono-metakrilatlara göre hidrofobiktirler ve sudaki çözünürlükleri sınırlıdır. Bu da polimerizasyondan sonra su alımı ve adezivin renklenmesi önlenmiş olur ama yapılarındaki hidroksil grupları nedeniyle bir miktar su alımı yine gerçekleşir. Su emilimi miktarı en fazladan en aza doğru sırasıyla TEGDMA>Bis-GMA>UDMA'dır (Sideridou ve ark., 2002, 2003).

2.3.3. Adeziv Sistemlerin Sınıflandırılması

Adezyon mekanizması ve smear tabakasına yapılan işleme göre yapılan bu sınıflandırma diş hekimleri ve araştırmacılara adeziv sistemlerin özellikleri hakkında da temel bilgiler verir (Meerbeek ve ark., 2005).

- 1) Etch&rinse (Total etch) sistemler
- 2) Self-etch sistemler
- 3) Cam iyonomer adezivler

Etch&Rinse Adezivler

Mine ve dentine %30-40'luk fosforik asit uygulanarak smear tabakasının ve yüzeysel hidroksiapatitin kaldırılması esasına dayanır. Bu sistemler klinik olarak; üç aşamalı etch&rinse sistemler; (asit-primer-bonding) ve iki aşamalı etch&rinse sistemler; (asit-primer/bonding) olarak iki uygulama türüne ayrılırlar (Perdigão, 2010).

Etch&rinse adezivler ayrı bir asitleme ve yıkama safhasını içerirler. Genelde

%30-40'lık fosforik asit mine ve dentine uygulanır ve daha sonra yıkanır. Bu asitleme aşamasını primer uygulaması ve adeziv rezin uygulaması takip eder. Basitleştirilmiş şekli olan iki aşamalı etch&rinse sistemlerde primer ve adeziv rezin tek şişe içinde birleştirilmiştir (De Munck ve ark., 2005). Asit uygulaması sonrası dentine tek şişe içindeki primer ve adeziv uygulanır.

Etch&rinse adeziv sistemlerinde uygulanan asit, smear tabakasını kaldırarak kollejen fibrillerini açığa çıkarır. Bu fibriller, rezin monomerin mikromekanik tutuculuğunda fonksiyon görür. Dolayısı ile etch&rinse adezivlerin dentine bağlanmasındaki temel mekanizma difüzyon bazlıdır ve açığa çıkmış kollajen fibril ağına rezinin infiltrasyonu ile hibrit tabakası oluşur. Bu infiltrasyonun olabildiğince tam olması gerekir (Meerbeek ve ark., 2005). Asit/bond/primerin ayrı ayrı uygulanması, nem kontrolünün zorluğu ve teknik hassasiyeti yüksek bir işlemdir, hata olasılığını artırır. Polimerizasyon büzülmesinin fazla olduğu durumlarda post-operatif hassasiyet riski olduğu bildirilmiştir (Swift, 2002).

Self-Etch Adezivler

Etch&rinse sistemlerdeki özellikle asit uygulama basamağına bağlı teknik hassasiyetin yüksek olmasının problem yaratmasından dolayı self-etch adezivler geliştirilmiştir (Swift, 2002).

Self-etch sistemler, HEMA-su bazlı adezivlerde asidik monomer miktarının artırılması ile üretilmiştir. Su, foksiyonel monomerlere iyonizasyon ortamı sağlaması nedeni ile günümüz self-etch adezivlerinin içeriği için zorunludur (Meerbeek ve ark., 2005). Bu sistemler ayrı bir basamakta asitleme ve yıkama fazı gerektirmezler. Self-etch adeziv sistemler mine ve dentini demineralize eden ve primerin infiltrasyonunu sağlayan asidik monomerler içerirler. Böylece; klinik uygulama zamanını azaltmakla birlikte uygulama kolaylığı ve hata yapma olasılığını da düşürür. (Dunn, 2003; Meerbeek ve ark., 2003)

Asitleme sonrası yıkama işlemi yapılmadığından smear tabakası ve demineralizasyon ürünleri ortamdaki uzaklaşmaz, adeziv rezin içerisine dahil olur. Yıkama sonrası yüzeyin fazla kurutularak açığa çıkmış kollajen yapının çökmesi veya bağlanmayı engelleyecek ölçüde ıslak kalma riski de azalmaktadır. Asitleme ve rezin infiltrasyonu eş zamanlı olduğundan eksik infiltrasyon olasılığı düşüktür ya da yoktur.

Bu sebeple post operatif duyarlılığın oluşmaması beklenirken self-etch adezivlerin en önemli dezavantajı mineye bağlantısı etch&rinse sistemler kadar güçlü olmamasıdır. Oluşan hibrit tabakası etch&rinse sisteme göre daha incedir (Meerbeek ve ark., 2001; Unemori ve ark., 2001; Leinfelder ve Kurdziolek, 2003).

Self-etch adeziv sistemlerinin asiditeleri dentin tamponlama kapasitesini aşmalı ve smear tabakasına diffüze olduklarında su ile yer değiştirebilmesi için yeterli miktarda monomer içermelidir. Self-etch monomerlerinin iyonizasyonu için su gereklidir ve aseton ile beraber kullanılır. Aseton ve etanol suya göre hızlı buharlaşıp adezivdeki monomer yoğunluğunu artırır. Monomerlerin yoğunluğunun artışı suyun buharlaşmasını önler. Hava spreyi uygulanarak bu suyun uzaklaştırılması hedeflenir. Fazla hava sıkıldığında adeziv tabaka fazla incelir ve polimerizasyonu engeller (Hosaka ve ark., 2010).

Self-etch adeziv sistemler uygulama prosedürüne göre tek (all in one) veya iki aşamalı olabilir. İki aşamalı self-etch adezivlerde birinci aşama asidik monomer ilave edilmiş primer uygulanması, ikinci aşama ise adeziv rezin uygulamasıdır. Tek aşamalı self-etch adeziv sistemlerinde monomer içeren primer ve adeziv rezin birlikte bulunur. Asitleme ve yıkama aşamaları olmadığı için etch&rinse ile kıyaslandığında teknik hassasiyeti oldukça düşük ve basitleştirilmiş sistemlerdir (Meerbeek ve ark., 2003; Breschi ve ark., 2008; Carneiro ve ark., 2010).

Self-etch adezivler asiditelerine göre hafif kuvvetli ($pH \geq 2$), orta kuvvetli ($pH \approx 1.5$) ve kuvvetli self-etch adezivler ($pH \leq 1$) olmak üzere üçe ayrılırlar (Carneiro ve ark., 2010).

Kuvvetli self-etch adezivler yüksek asiditeleri ($pH \leq 1$) nedeniyle daha derin demineralizasyona neden olurlar. Mine ve dentindeki bu etkileri, etch&rinse sistemlerle benzerlik gösterir. Kuvvetli self-etch adezivlerin dentine infiltrasyonları hafif self-etch adezivlere göre daha iyidir. Bu nedenle hibrit tabakası kalındır. Yüksek asiditeleri bağlanma performanslarını düşürmüştür ve adeziv ara yüzeyindeki çözücünün (su) uzaklaştırılmaması da etkenlerden biridir (D. H. Pashley ve Tay, 2001; Meerbeek ve ark., 2005).

Orta kuvvetli self-etch adezivlerin pH'sı yaklaşık 1.5'tir. Hafif ve kuvvetli self-etch adezivler arasında kalan özellikler gösterirler. Mikromekanik bağlanma için yeterli yüzey pürüzlülüğü sağlarlar. Hibrit tabakasının kalınlığı kuvvetli self-etch adezivlere

göre daha az olup, mine ve dentine mikromekanik bağlanma dayanımı hafif self-etch adezivlere göre daha yüksektir (Meerbeek ve ark., 2003).

Hafif kuvvetli self-etch adezivlerin pH'sı 2 ya da 2 den büyüktür. Dentinde sığ demineralizasyon oluşturarak kimyasal etkileşim için kollajen fibrillerin etrafında hidroksi apatitin kalmasını sağlarlar. Genellikle smear tabakasını kaldıramazlar ve yüzeyel bir hibrit tabakası oluştururlar (Yoshida ve ark., 2004; De Munck ve ark., 2005).

Cam İyonomer Esaslı Adezivler

Cam iyonomerlerin kimyasal bağlanma etkisinden faydalanmak amacıyla cam iyonomer esaslı adeziv sistemler geliştirilmiştir. Polialkenoik asit smear tabakasını kaldırarak kollejen fibriller açığa çıkar. Rezin bileşenler difüze olarak mikromekanik bağlantı sağlanır (Inoue ve ark., 2001). Diş yüzeyine herhangi bir yüzey hazırlığı yapılmaksızın diş sert dokularıyla kimyasal bağlantı sağlayabilir (Yoshida ve ark., 2000).

2.4. Adezyon Testleri

Adeziv sistemlerin niteliklerini değerlendirmek için çeşitli klinik ve laboratuvar çalışmaları vardır. Adeziv sistemlerin klinik performanslarını değerlendirecek çalışmalar uzun zaman aldığından ve yeni sunulmuş bir ürünün deneme aşaması bitmeden bir başka ürün üretildiğinden zordur. Bu sebeple adeziv sistemlerin özelliklerinin değerlendirilmesi için sıklıkla laboratuvar çalışmaları olan adezyon testleri yapılmaktadır (Phrukkanon ve ark., 1998).

Bağlantı dayanım kuvveti; bağlantı yüzeyinin kesit alanına bölünmüş, bağlanmayı koparmak için gereken kuvvet miktarı olarak tanımlanmıştır (O'Brien, 2008). Adezivleri değerlendirmede en sık kullanılan testlerden biri; bağlanma dayanım testleridir (Armstrong ve ark., 2010). Ancak bağlanma dayanım değerleri materyallerin özelliklerini tam olarak yansıtmadığı bilinmelidir (Van Noort ve ark., 1989). Elde edilen veriler, kompozitin tipi, örnek büyüklüğü, uygulanan kuvvet oranı gibi birçok deneysel etkene bağlıdır ve sonuçların bu faktörlerden etkilenebileceği unutulmamalıdır (Phrukkanon ve ark., 1998). Bağlanma dayanımı testleri ile çalışmada yaşlandırma faktörü ile adezyonun kalıcılığının değerlendirilmesi gibi önemli klinik verilerin elde edilebileceği belirtilmiştir (De Munck ve ark., 2005; Yazici ve ark., 2007).

2.4.1. Kullanılan Restoratif Materyallerin Makaslama Bağlanma Dayanımı Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi

Restoratif materyalin bağlantı arayüzeyine paralel yönde ve sabit artışla kuvvet uygulanması esasına dayalı bir testtir. Hızlı ve kolay uygulanabilir bir metod olmasından dolayı en yaygın kullanılan bağlanma dayanım tekniği; makro makaslama bağlanma dayanım testidir (Meerbeek ve ark., 2010).

Makaslama bağlanma dayanımı testinde kuvvetin örneğe ilk iletiminden kopma anına kadar bağlantı alanında ciddi gerilim ve tork kuvvetleri oluşur. Test örneklerinin bağlantı ara yüzeylerinde homojen olmayan stres dağılımı oluşması ve bu sebeple makaslama dayanımı testinde yüksek standart hata oranı bu testin en önemli dezavantajı olarak belirtilmiştir (Özyeşil ve ark., 2009). Makaslama bağlanma dayanım testlerinde standart hata yüzdesinin yüksek olmasının bir diğer nedeni de uygulanan kuvvetin yüksek hızda uygulanmasıdır (Hara ve ark., 2001). ISO standartlarına göre bağlanma dayanımı testlerinde uygulanan kuvvet 0.45– 1.05 mm/dk hızında olmalıdır (T. ISO, 1994; Salz ve Bock, 2010).

Adezyon ara yüzeyinin dayanıklılığı değerlendirilirken ağız boşluğunu taklit eden nemli bir ortamda örneklerin saklanması gereklidir. Adeziv ara yüzeyinin mekanik davranışlarını etkileyen en önemli faktör su ve nem olduğu için örneklerin suda bekletilmesinin gerekli olduğu bildirilmiştir (OHNO ve ark., 1996). Ancak bazı araştırmacılar ise rezinlerin artmış hidrofil yapısı nedeniyle kısa dönem suda bekletmenin bile adezivlerin mekanik direncini azalmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir (Reis ve ark., 2010).

2.4.2. Makaslama Bağlanma Dayanımı Testleri Sırasında Oluşan Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi

Makaslama bağlanma dayanımlarının test edildiği örneklerde, adeziv bir bağlanma gösteren materyallerin kütleli dirençleri meydana gelen kırıkların tiplerini etkiler. MBD testi sonrası kopma yüzeyleri, görsel olarak veya ışık mikroskobu ile incelenerek kırık tipleri belirlenmektedir. Buna göre, kırık tipleri oluşma şekillerine bağlı olarak; adeziv, koheziv veya karışık (mixed) kırık olarak isimlendirilir. Adeziv kırıklar, farklı materyaller arasında oluşan kırılmalardır. Koheziv kırıklar, aynı materyalin kendi içinde gösterdiği kırılmalardır. Karışık kırıklar, hem koheziv hem de adeziv kırık tiplerinin aynı anda gözlenebildiği kırıklardır (Price ve Hall, 1999).

Adeziv kırık tipinin zayıf bağlantı sistemlerinde izlendiği belirtilmiştir. Farklı materyaller biribinden ayrılır. Daha çok güçlü sistemlerde görülen koheziv tipi kırığı, bağlayıcı sistemle materyaller arasındaki bağın, materyallerin koheziv kuvvetinden yüksek olduğunu gösterir (Triolo ve Swift, 1992). Yüksek bağlanma dayanımları değerlerinde daha fazla koheziv tip ve karışık tip kırıklarının gözlediklerini ve kırık tipi ile bağlanma kuvveti arasında bir ilişki olduğunu bildirilmiştir (Al-Salehi ve Burke, 1997). Günümüz bağlayıcı sistemleriyle yapılan makaslama bağlanma kuvveti testlerinde, koheziv kırıklara daha sık rastlanmakta ve bu koheziv kırıklar bağlayıcı sistemin başarısını göstermektedir (Mason ve ark., 1996).

2.4.3 Termal Siklus

İn vitro ve in vivo çalışmalarının verileri göstermiştir ki; adezyonun stabilitesini değerlendiren en geçerli yöntem bağlanan materyallerin yaşlandırılmasıdır. Ortalama 3 ay sonra bütün adeziv gruplar in vivo yaşlanma etkisine benzeyen mekanik ve morfolojik yıkım göstermeye başlarlar (De Munck ve ark., 2005). Suda bekletme ve termal siklus en sık kullanılan yaşlandırma metodlarıdır (Meerbeek ve ark., 2010).

İstirahat halinde ağız içi sıcaklık 36,4°C olarak belirtilmiştir (Sund-Levander ve ark., 2002). Ancak gündelik hayatta tüketilen yiyeceklerin veya içeceklerin ısısı -10°C ile 60°C arasında değişmektedir (Green, 1986). Ağız içi ısı değişimlerini taklit eden termal siklus bağlantı yapan materyaller arasında termal genişleme katsayılarındaki farklılığı adezyonda yıkımlara neden olabileceği bildirilmiştir (Mitsui ve ark., 2006). Termal siklus testindeki sıcak su, interfaz bileşenleri üzerindeki hidrolize edici etkisi ile test edilen malzemelerdeki yeterli polimerize olamamış rezinlerin ara bağlarının kopmasını hızlandırabileceği bildirilmiştir (De Munck ve ark., 2005; Tezvergil ve ark., 2005).

Uluslararası Standart Organizasyonu dental adezivlerin bağlanma dayanımının ölçülmesini amaçlayan bir standartta alt-üst sıcaklık sınır değeri olarak 5–55°C kullanılmasını önermektedir (I. ISO, 2003).

Gale ve Darvell 5 ile 55°C arasındaki sıcaklıklarda suda 5000 termal sıklusa tabi tutulmasının yaklaşık 6 aylık in vivo işleyişe denk geldiğini bildirmişlerdir (Gale ve Darvell, 1999).

2.5. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı farklı self-etch adezivler kullanılarak bir kompozit rezinin kaide materyali olarak kullanılan farklı cam iyonomer simanlara bağlantısını ölçmek ve yaşlandırma işleminin bağlantı sonuçlarına etkisini değerlendirmektir.



3. MATERYAL VE METOT

Cam iyonomer siman/adeziv materyal/kompozit makaslama bağlanma dayanımlarının araştırıldığı bu çalışma, OMÜ Diş Hekimliği Fakültesi ve Ziraat Fakültesi Araştırma Laboratuvar imkanlarından faydalanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.1. Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu çalışmada 3 farklı cam iyonomer esaslı materyal, 3 farklı self-etch adeziv ve 1 adet kompozit rezin kullanılmıştır (Şekil1-3). Kullanılan materyaller, içerikleri ve kullanma talimatları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller, üretim numaraları, içerikleri ve uygulama aşamaları

Materyaller (Üretici firma)	Üretim numaraları	İçerikleri	Uygulama aşamaları
Fuji IX GP (GC Corporation Tokyo, Japonya)	160816A	Poliakrilik asit, Aluminosilikat cam, su,	1. 10 sn karıştırılır, 2. 10 sn içinde kaviteye yerleştirilir, 3. Sertleşme süresi 6 dk beklenir.
GC EQUIA Forte (GC Corporation Tokyo, Japonya)	1608271	Stronsiyum, fluoroaluminosilikat cam, poliakrilik asit, tartarik asit, su	1. 10 sn karıştırılır, 2. 10 sn içinde kaviteye yerleştirilir, 3. 75 sn içinde şekillendirme yapılır, 4. Sertleşme süresi 120 sn beklenir.
GCP Karbomer (GCP Dental Elmshorn, Almanya)	7605679	Fluoro-aluminosilikat cam, apatit, poliakrilik asit	1. 15 sn karıştırılır, 2. 15 sn içinde kaviteye yerleştirilir, 3. Gloss ile 75 sn içinde şekillendirme yapılır, 4. 60-90 sn kadar 60 C° thermo led (>1200mw/cm ²) ile sertleşmesi sağlanır.

Tablo 1 Devam. Çalışmada kullanılan materyaller, üretim numaraları, içerikleri ve uygulama aşamaları

Materyaller (Üretici Firma)	Üretim numaraları	İçerikleri	Uygulama aşamaları
Clearfil Universal Bond (Kuraray Medical Inc, Tokyo, Japonya)	7E0018	10-MDP, Bis-GMA, diglisidmetakrilat, HEMA, etanol, hidrofilik alifatik metakrilat, koloidal silika, kamforokinon, silan, akselatör, iniatör, su, pH:2,3	1. CİS yüzeyine bonding rezin 10 sn uygulanır, 2. 5 sn hava ile kurutulur, 3. 10 sn ışıkla polimerize edilir.
3M ESPE Single Bond Universal (41453 Neuss, Germany)	71009A	10-MDP, dimetakrilat rezinler HEMA, su, kamforokinon, silan, akselatör, iniatör, etanol pH:2,7	1. CİS yüzeyine 20 sn boyunca uygulanır, 2. 5 sn hava ile kurutulur, 3. 10 sn ışıkla polimerize edilir.
G-Premio Bond (GC Corporation Tokyo, Japonya)	1701271	10-MDP, 4-MET, MEPS, BHT, aseton, dimetakrilat rezinler, başlatıcılar, su pH:1,5	1. CİS yüzeyine 20 sn boyunca uygulanır, 2. 5 sn hava ile kurutulur, 3. 10 sn ışıkla polimerize edilir.
3M Z550 Filtek Kompozit (3M ESPE, St Paul MN, ABD)	N848907	Matriks: Bis-GMA, UDMA, Bis-EMA, TEGMA ve PEGDMA Doldurucular: modifiye zirkon/silika doldurucular	1. 2 mm kalınlıkta tabakalar halinde yerleştirilir, 2. Minimum ışık yoğunlu 400 mw/cm2 ışık kaynağı ile 20 sn sertleşmesi sağlanır.

MDP: 10-methacryloyloxydecyl-dihydrogen-phosphate; Bis-GMA: Bisfenol A Glisidil Metakrilat; HEMA: Hidroksietil Metakrilat; 4-MET: 4-[2-(Metakriloksi) Etoksikarbonil] Talik Asit; MEPS: Methacryloyloxyalkyl Thiofosfat derivate; BHT: Butil Hidroksi Toluen; UDMA: üretan dimetakrilat; Bis-EMA: Bis-Etilen Glikol Dimetakrilat; TEGDMA: Trietilen Glikol Dimetakril; PEGDMA: Poli (Etilen Glikol) Dimetakrilat.



Şekil 1: Çalışmada kullanılan cam iyonomer simanlar



Şekil 2: Çalışmada kullanılan self-etch adezivler

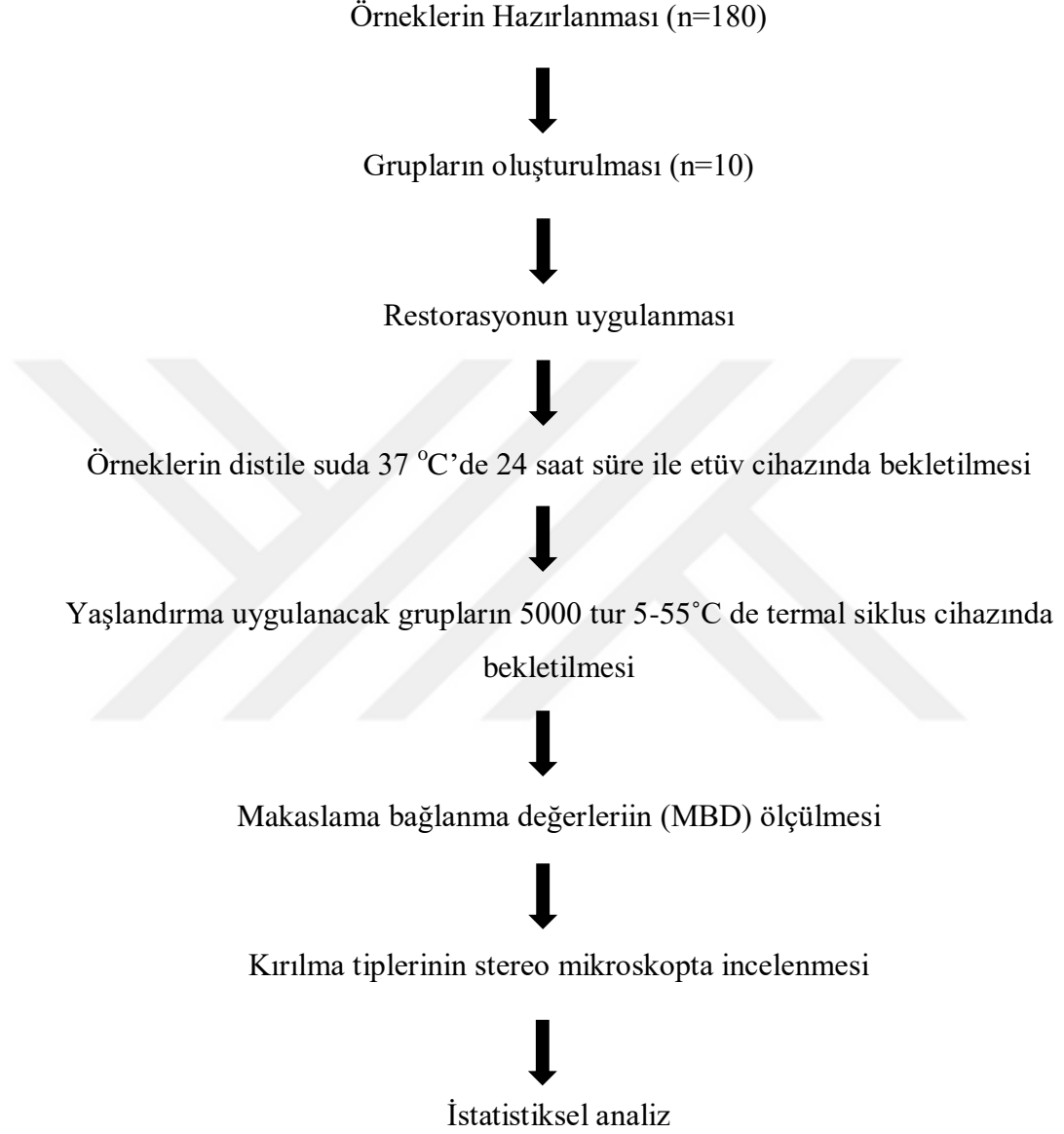


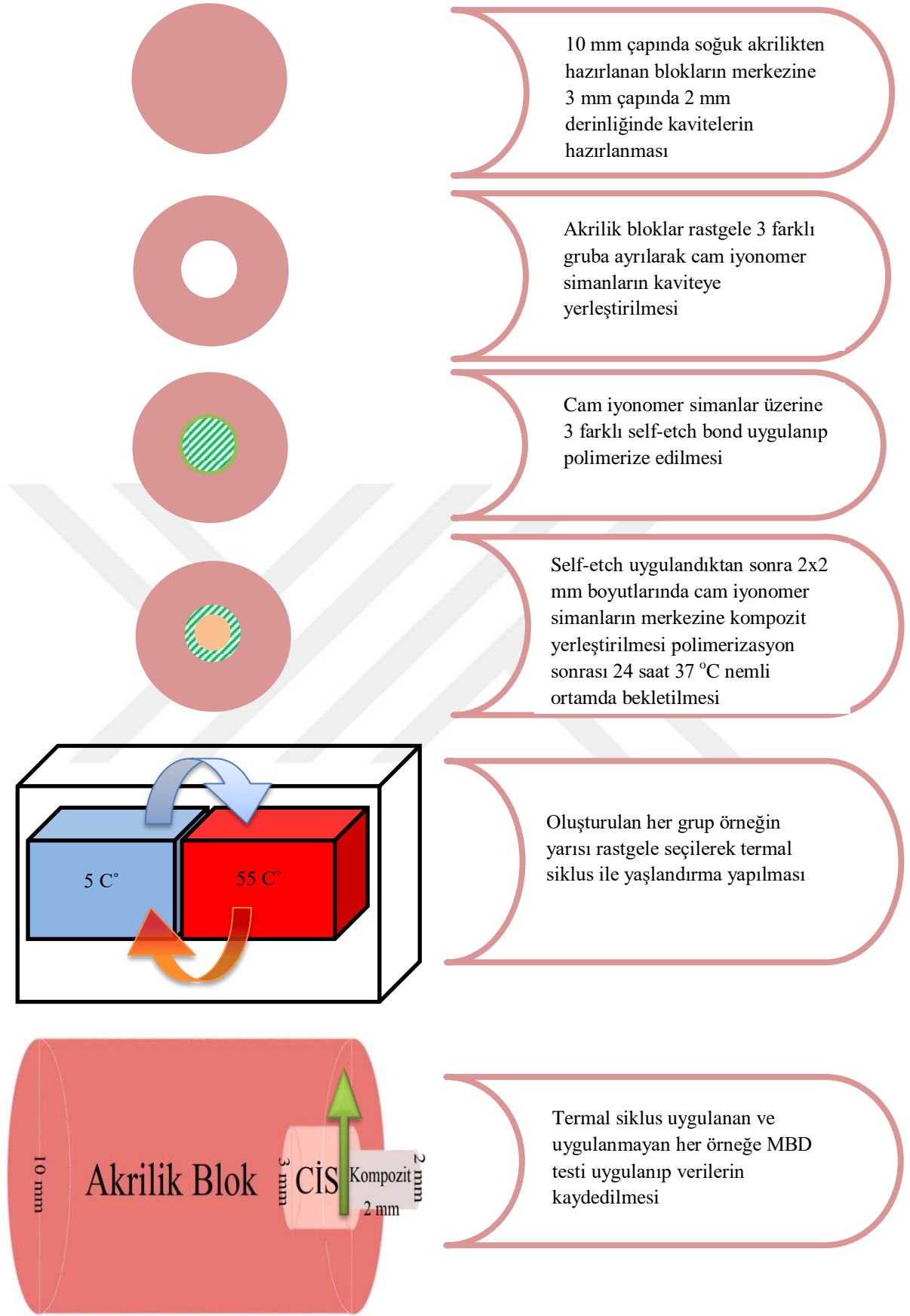
Şekil 3: Çalışmada kullanılan kompozit rezin

3.2. Çalışma Planı

Çalışmamızın planı ve uygulama basamakları Tablo 2 ve Şekil 4'teki gibi belirtilmiştir

Tablo 2. Çalışma Planı





Şekil 4. Çalışmada uygulanan basamaklar

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Bu çalışmada örnek sayısı Armstong ve ark. (2016)'nın "Academy of Dental Materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin/enamel using micro-tensile bond strength (μ TBS) approach" istinaden Power ans Sample Size testine göre örnek büyüklüğü $\alpha=0,05$ ve testin gücü %95, hata 0,05 olarak dikkate alındığından çalışmada her grup için $n=10$ olarak belirlendi.

Toplam 180 adet silindirik akrilik blok hazırlandı. Bu blokların tam ortasında çapı 3 mm, derinliği 2 mm olan silindirik boşluk oluşturuldu (Şekil 5).



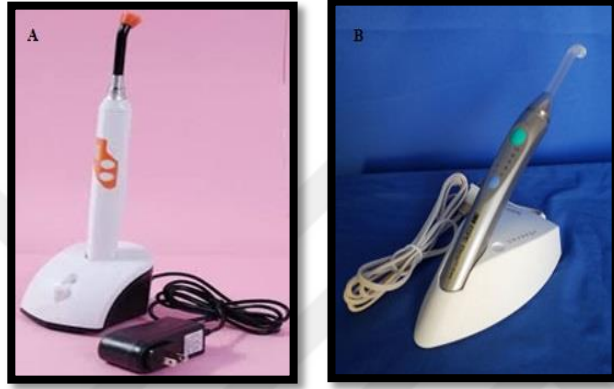
Şekil 5: Akrilik blokların hazırlanması

3.4. Grupların Oluşturulması

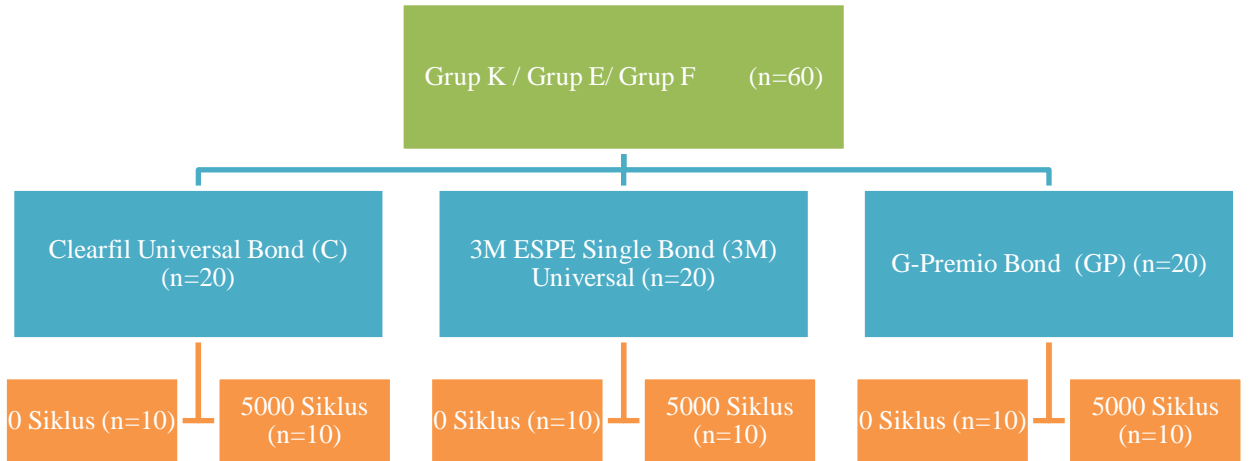
Örnekler rastgele üç gruba ayrılmıştır. Cam iyonomer simanlar üretici firmaların talimatlarına göre; GC Fuji IX GP 10 sn, GC Equia Forte 10 sn ve GCP Karbomer 15 sn amalgamatörde (Amalgamator SYG-200) karıştırılmıştır. Bu işlemi takiben akrilik bloklarda oluşturulan boşluklar gruplara göre CİS ile doldurularak akrilik blok seviyesi ile aynı seviyede olacak şekilde CİS'in fazlası yüzeyden şeffaf bant ile uzaklaştırılmıştır. Üretici talimatlarına göre; GC Fuji IX GP 6 dk ve GC Equia Forte 2 dk sertleşmesi için beklenmiştir, GCP Karbomer ise CarboLED (Şekil 6A) ışık cihazı ile 60 sn ışınlanmıştır. Her grup kendi içerisinde 3 farklı self-etch adeziv sistem kullanılmak üzere rastgele 3 gruba ayrılmıştır ($n=20$). Clearfil Universal Bond, 3M ESPE Single Bond Universal ve G-Premio Bond üretici firmanın önerileri doğrultusunda uygulanmıştır. Self-etch adezivler uygulandıktan sonra kompozit rezin yerleştirilip 3M Elipar LED ile (Şekil 6B) polimerize edilmiştir.

Tablo 3. Kullanılan ışık kaynakları ve özellikleri

	Işık gücü (mW/cm ²)	Dalga boyu (nm)
GCP CarboLED	≥ 1500	420-490
3M Elipar	1200	430-480



Şekil 6 A: GCP CarboLED ışık cihazı; B: 3M Elipar Işık cihazı



Şekil 7: Grupların sınıflandırılması

Grup K/C (n=20) : GCP Karbomer + Clearfil Universal Bond
Grup K/3M (n=20) : GCP Karbomer +3M ESPE Single Universal Bond
Grup K/GP (n=20) : GCP Karbomer + G-Premio Bond
Grup E/C (n=20) : GC Equia Forte + Clearfil Universal Bond
Grup E/3M (n=20) : GC Equia Forte + 3M ESPE Single Universal Bond
Grup E/GP (n=20) : GC Equia Forte + G-Premio Bond
Grup F/C (n=20) : GC Fuji IX GP + Clearfil Universal Bond
Grup F/3M (n=20) : GC Fuji IX GP + 3M ESPE Single Universal Bond
Grup F/GP (n=20) : GC Fuji IX GP + G-Premio Bond

Her gruptaki örnekler kompozit rezinin polimerize edilmesi sonrasında 37 °C'de %100 nemli ortamda 24 saat etüvde bekletildi. Daha sonra her gruptaki örnekler rastgele olarak ikiye ayrılmıştır (n=10). Birinci kısımdaki örnekler herhangi bir işleme tabi tutulmaksızın, ikinci kısımdaki örnekler ise 5000 termal siklus ile yaşlandırma sonrası makaslama bağlanma dayanım değerleri ölçülmüştür.

3.5. Termal Siklus Uygulamasıyla Yaşlandırma

Daha önce belirlenen çalışma gruplarındaki örnekler (n=20) 24 saat 37 °C suda bekletildikten sonra, gruplarda kendi içerisinden rastgele seçilen 10 ar örnek termal siklus işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 8). 5 °C ile 55°C arasında 5000 siklus işlemi yapılmıştır. Daldırma süresi her su banyosunda 28 sn ve transfer süresi 2 sn olarak ayarlanmıştır. Termal siklus ile yaşlandırma işlemi tamamlandıktan sonra örneklerin makaslama dayanım kuvvetleri değerlendirilmiştir.



Şekil 8: Termal siklus cihazı

3.6. Makaslama Bağlanma Dayanımı Değerlerinin Ölçülmesi

Restorasyonu tamamlanan tüm örnekler 24 saat 37 °C nemli ortamda bekletildikten hemen sonra ve örneklerin yarısı ise 5000 termal siklus sonrası makaslama bağlanma dayanımı için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'ndaki universal test cihazına (LRX, Lloyd Instruments, Farnham, England) (Şekil 19) yerleştirilmiştir. Örnekler test cihazına bir aparat yardım ile sabitlenmiştir. 1 mm/dak hızla akrilik yüzeye paralel olacak şekilde yük uygulanmıştır. Newton olarak belirlenen CİS/Adeziv MBD değerleri aşağıdaki hesaplama yöntemi ile MPa'a çevrilmiştir.

$$\text{Makaslama dayanım kuvveti (MPa)} = N (\text{yük}) / A (\text{bağlantı yüzey alanı mm}^2)$$

$$A = \pi r^2, r = \text{kompozit yarı çapı}$$

3.7. Kırılma Analizi

İnstron cihazında kopan örnekler test aparatından alınarak kopma yüzeyleri stereomikroskop (Olympus SZ61, Munster, Germany) altında X30 büyütmede incelenmiştir (Şekil 10-11). Kopma yüzeyleri;

C: CİS içinde koheziv kopma

A: CİS-kompozit ara yüzeyinde adeziv kopma

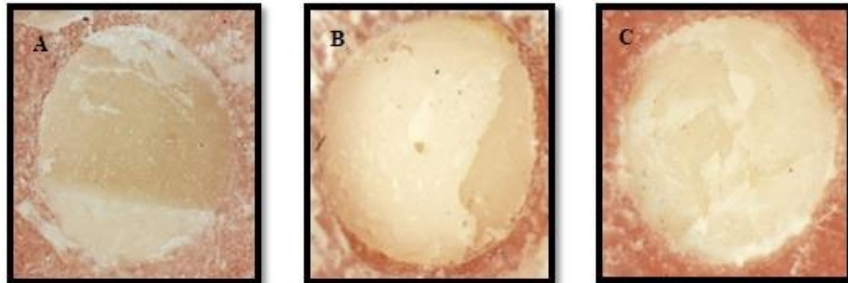
M: Kompozit ve CİS ara yüzeyinde karışık kopma olmak üzere ayrı ayrı kaydedilmiştir.



Şekil 9: Makaslama dayanım kuvvetini ölçen test cihazı



Şekil 10: Steromikroskop cihazı



Şekil 11 A,B,C: Kırılma tipleri. A) Adeziv kırılma tipi; B) Koheziv kırılma tipi; C) Karışık kırılma tipi.

3.8. İstatistiksel Değerlendirmeler

Araştırmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS 21.0 yazılımı (SPSS Inc., Chicago IL, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

CİS/Adeziv makaslama bağlanma dayanımı verileri ortalama \pm standart sapma, ortanca (min-max) ve frekans (%) ile gösterilmiştir. Verilerin normal dağılımını göstermek için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip u gruba ait verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA), sonrasında varyans homojenitesi değerlendirilerek varyans homojenitesi sağlayan iki grubun karşılaştırılması için Tukey testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan u grubun karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. İstatistiksel önemlilik için $p < 0,05$ kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Verilerin Değerlendirilmesi

Adeziv ajanlar/cam iyonomer simanlar/ kompozit rezin arasındaki 0 ve 5000 termal siklus ile yaşlandırma sonrası makaslama bağlanma dayanımı bulguları, minimum-maksimum değerleri, ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 5 ve Şekil 12-13’de gösterilmiştir.

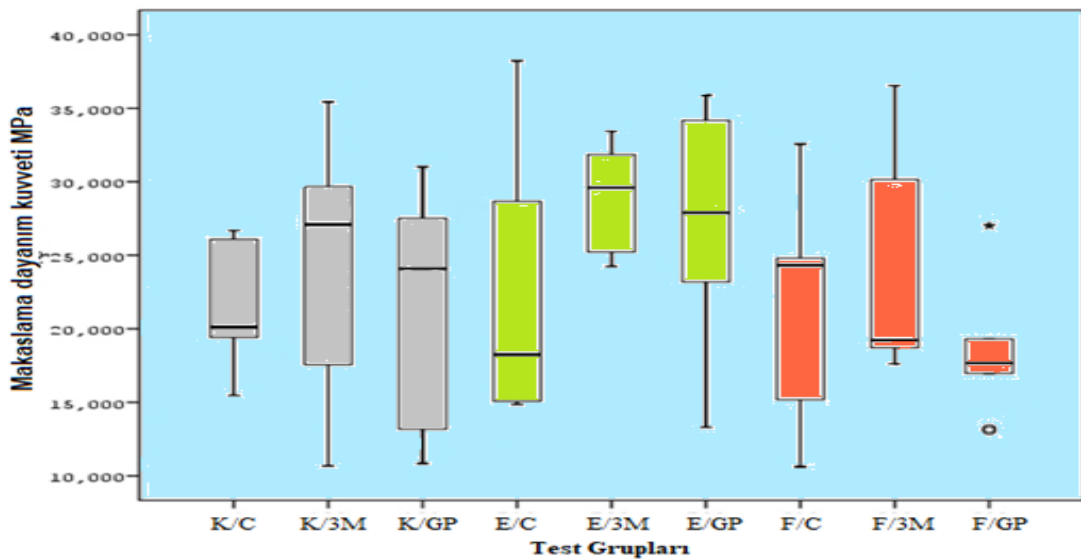
Tablo 5. Makaslama bağlanma dayanım değerleri (MPa)

Simanlar	Adeziv Ajanlar	0 Termal Siklus		5000 Termal Siklus		p Değeri
		Ortalama ± Ss	Ortanca (Min-Max)	Ortalama ± Ss	Ortanca (Min-Max)	
GCP Cam Karbomer	Clearfil Universal Bond	21,45±4,14	20,11 (15,47-26,69)	18,63±7,10	17,95 (8,95-32,01)	0,218
	3M ESPE Universal Bond	23,85±8,87	27,09 (10,67-35,44)	18,67±5,87	18,58 (7,64-26,95)	0,199
	G-Premio Bond	22,17±7,65	24,08 (10,84-31,02)	17,77±6,62	15,43 (11,66-28,89)	0,327
p Değeri		0,746		0,86		
GC Equia Forte	Clearfil Universal Bond	22,81±9,21	18,24 (14,86-38,23)	19,57±10,12	21,97 (6,77-35,18)	0,45
	3M ESPE Universal Bond	28,86±3,78	29,60 (24,24-33,44)	18,25±7,32	16,59 (7,81-29,45)	0,004*
	G-Premio Bond	27,21±7,93	27,90 (13,30-35,89)	18,51±7,36	18,92 (8,52-29,32)	0,041*
p Değeri		0,354		0,34		
Fuji IX GP	Clearfil Universal Bond	21,49±8,13	24,32 (10,62-32,57)	19,07±7,30	19,33 (11,57-33,98)	0,545
	3M ESPE Universal Bond	24,12±7,44	19,23 (17,62-36,54)	16,89±6,85	17,05 (7,33-26,54)	0,041*
	G-Premio Bond	18,85±4,79	17,67 (13,07-27,04)	14,73±5,46	15,59 (5,73-21,90)	0,199
p Değeri		0,222		0,351		

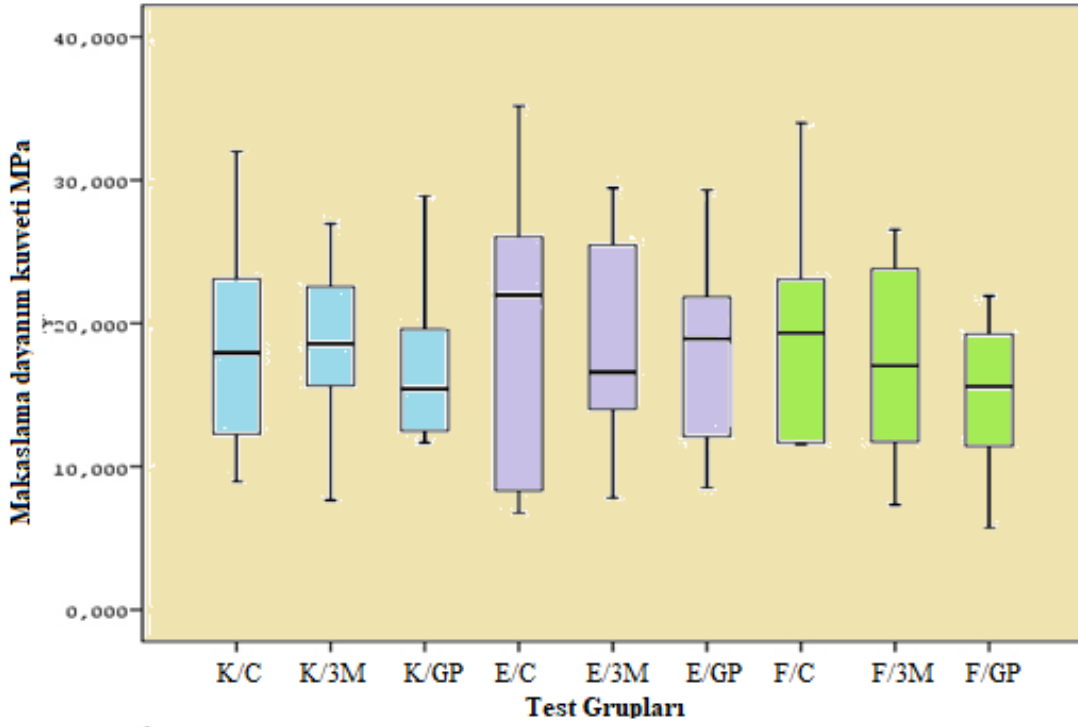
Yapılan bağlanma dayanım ölçümlerine göre, tüm gruplar içerisinde en yüksek ortalama makaslama dayanım değerleri yaşlandırma yapılmayan Grup E/3M'de ($28,86 \pm 3,78$ MPa) ve en düşük ortalama makaslama dayanım değerleri yaşlandırma işlemi uygulanan Grup F/GP'de ($14,73 \pm 5,46$ MPa) bulunmuştur.

Bonding ajanların etkinliğinin değerlendirilmesinde CİS grupları kendi içerisinde karşılaştırıldığında, termal siklus yapılmayan gruplarda bonding ajanlar arasında istatistiksel fark bulunmadığı ($p > 0,05$), ancak en yüksek MBD değerlerinin 3M-ESPE Single Universal Bond kullanılan gruplarda (Grup K/3M, Grup E/3M ve Grup F/3M) gözlemlendiği tespit edilmiştir. Termal siklus yapılan örneklerde de bonding ajanlar arasında istatistiksel fark bulunmadığı ($p > 0,05$), ancak termal siklus yapılmayan örneklerden farklı olarak iki cam iyonomer siman grubunda (Grup E/C ve Grup F/C) Clearfil Universal Bond'un daha yüksek bağlantı değerleri verdiği gözlemlenmiştir.

Makaslama bağlanma dayanımında cam iyonomer siman faktörünün etkisi değerlendirildiğinde; termal siklus uygulanmayan gruplarda her üç bonding için en yüksek ortalama MBD değerlerinin Equia Forte kullanılan gruplarda gözlemlendiği belirlenmiştir. Yalnızca G-Premio Bond uygulanan CİS'lar arasında istatistiksel fark bulunduğu ($p < 0,05$) tespit edilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, E/GP ve F/GP gruplarının MBD değerlerinin arasındaki farkın anlamlı olduğu ($p < 0,05$), ancak K/GP grubunun diğer iki gruptan istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Termal siklus yapılan gruplarda ise her üç bonding ajanı için CİS'lar arasında istatistiksel fark bulunmadığı gözlemlenmiştir ($p > 0,05$).



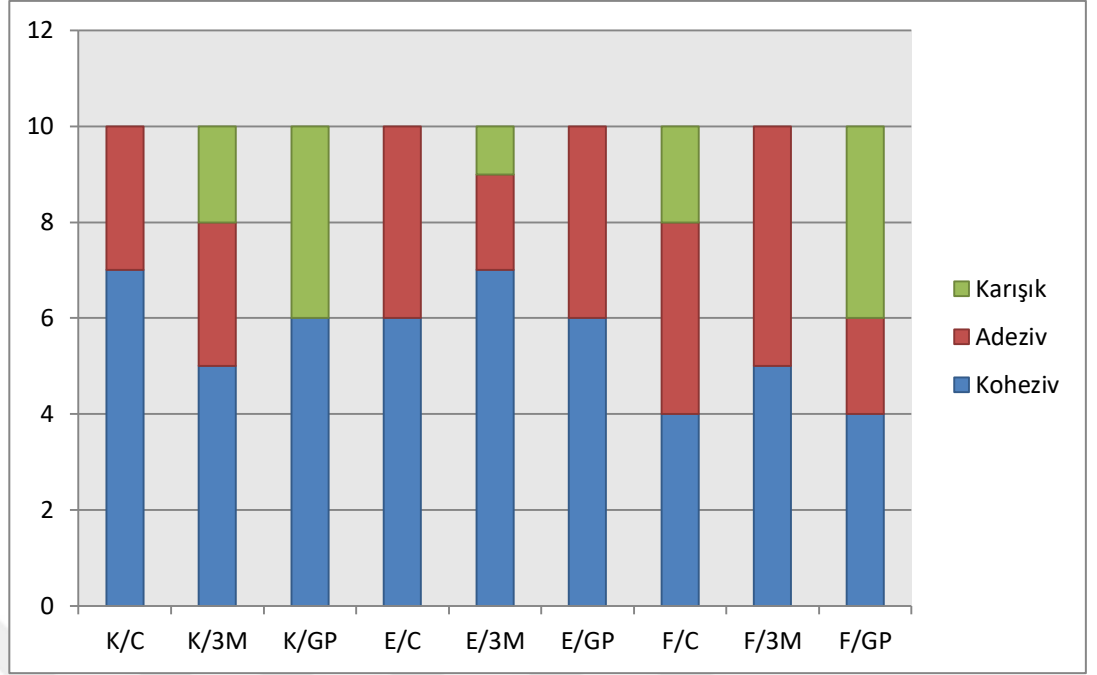
Şekil 12: Termal siklus uygulanmadan yapılan makaslama dayanım değerleri



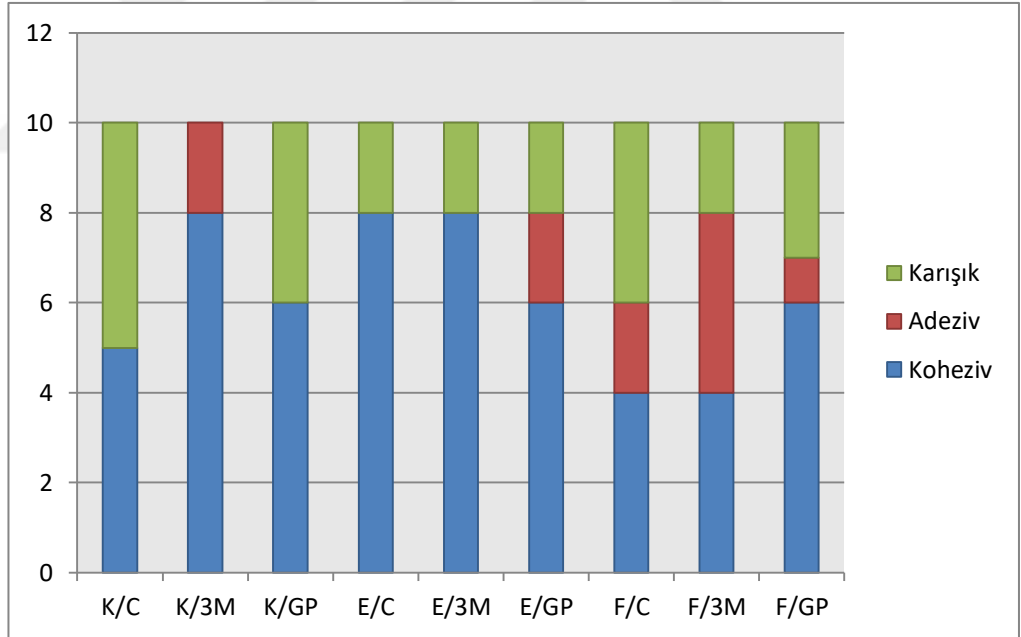
Şekil 13: Termal siklus ile yaşlandırma sonrası makaslama dayanım değerleri

Termal siklus ile yaşlandırmanın MBD üzerine etkisi değerlendirildiğinde, her üç CİS ve her üç bonding ajan için yaşlandırmanın MBD değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir. 3M ESPE Single Universal Bond ve G-Premio Bond kullanılan gruplarda (Grup E/3M, Grup E/GP, Grup F/GP) yaşlandırma sonrası istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ancak Clearfil Universal Bond kullanılan gruplarda yaşlandırma sonrası bağlantı değerleri düşmesine rağmen istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Kırık tipleri incelendiğinde; her iki yaşlandırma uygulamasında da tüm gruplarda en yaygın koheziv kırılma tipi kırıkların gözlendiği tespit edildi (Şekil 14-15). Termal siklus uygulanmayan örneklerde kırık tipleri sırasıyla koheziv>adeziv>karışık şeklinde gözlenirken, 5000 termal siklus uygulanan gruplarda sırasıyla koheziv>karışık>adeziv şeklinde gözlendi (Şekil 14-15).



Şekil 14: Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı (0 Termal Siklus)



Şekil 15: Kırılma tiplerinin gruplara göre dağılımı (5000 Termal Siklus)

5.TARTIŞMA

Restorasyon uygulanacak vakalarda diş dokusunun yerini alabilecek bir materyalin geliştirilebilmesi, araştırmacıların çalışma konusu olmuştur. Bu sebeple diş hekimliğinde içerik, özellik ve klinik uygulama yöntemi açısından farklı birçok materyal üretilmiştir. Bu materyallerin çoğunun ağız ortamında çevre doku ve sıvılarla temasta olması nedeniyle fiziksel ve mekanik özellikleri kadar biyolojik açıdan da uyumlu olmaları istenir. Bu sınırlar dâhilinde mevcut olan cam iyonomerler, adeziv sistemler ve kompozit rezinler sıklıkla kullanılan materyallerdendir. Preparasyon sonrasında sağlam dentin dokusunun bulunduğu durumda pulpanın iyileşmesini sağlamak ve pulpayı asidin olumsuz etkilerinden korumak amacıyla cam iyonomerlerin astar ya da kaide maddesi olarak kullanılması önerilmektedir (de Souza Costa ve ark., 2003).

Çocuk diş hekimliğinde, özellikle engelli veya kooperasyonu zayıf çocuklarda hızlı hazırlanabilen ve kullanımı kolay materyallere ihtiyaç duyulur (Ilie ve ark., 2014; Gaintantzopoulou ve ark., 2017). Özellikle derin kavitelelerin restorasyonlarında tedavi basamaklarının basitleştirilmesi amaçlı YVCİS ve cam karbomer gibi bulk-fill materyaller tanıtılmıştır (Czasch ve Ilie, 2013; Botsali ve ark., 2016). Geleneksel CİS matriksindeki cam partikül büyüklüğünün azaltılması ve toz oranının artırılması, cam iyonomerlerin kondanse edilebilir ve bulk-fill formunu almasını sağlar (Horváth ve ark., 2014). Restorasyonlarda kullanılan kompozit rezinler yüksek dayanıklılık, sertlik, düşük ısı iletkenliği ve üstün estetik özelliği gibi avantajları olan, anterior ve posterior dişlerde kullanılabilen materyallerdir. Ancak derin kavitelelerde polimerizasyon için ışığın yetersiz penetrasyonu ve polimerizasyon büzülmesi gibi dezavantajları da mevcuttur (Fronza ve ark., 2015).

Kaide materyallerinin düşük elastiklik modüllerinin, kompozit rezinin polimerizasyon büzülmesini kompanse etmenin yanı sıra, sandviç tekniği ile kavitede kullanılan rezin miktarını azaltıp, kavitenin C faktörü değerini düşürerek kompozit rezinin sızdırmazlığı üzerine katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Celik ve ark., 2015). Bu şekilde polimerizasyon büzülmesinin engellenmiş olacağı ve dolayısıyla diş-dolgu arayüzündeki mikrosızıntı ve mikroaralığın azalacağı düşünülmektedir (Goldman, 1983). Yıkılğan ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada; kaide materyali kullanımının

mikrosızıntılı oluşumunu önleyemediği, ancak kaide materyali kullanılmayan kontrol grubu ile kıyaslandığında mikrosızıntının daha az oranda olduğunu bildirmişlerdir. Kaide materyali kullanımının bir diğer avantajı ise fonksiyon esnasında okluzal kuvvetlere bağlı oluşan gerilme ve makaslama kuvvetlerini tolere etmeleridir (Sampaio ve ark., 2011). Ayrıca sandviç tekniği ile cam iyonomer simanların flor salınımı, nem toleransı ve diş dokularına adezyonu özelliklerinden faydalanılmış olmaktadır. Bu karakteristik özellikler ile kompozit rezinin estetik ve mekanik özellikleri kombine edilmiş olur (Andersson-Wenckert ve Kieri, 2004; Fragkou ve ark., 2013). Çalışmamızda, kompozit rezin ile kaide materyali olarak kullanılan çeşitli cam iyonomer simanların ve farklı self-etch adeziv sistemlerin uygulanmasının makaslama dayanım değerlerine etkisi değerlendirilmiştir. Materyal olarak üç farklı cam iyonomer siman ve üç farklı firmanın self-etch adeziv sistemi ile tek bir çeşit kompozit rezin seçilmiştir.

Posterior kompozit rezinlerin kaidesiz veya cam iyonomer simanla kaide ile birlikte kullanıldığı 18 yıllık retrospektif çalışmaya göre; her iki durumda da restorasyonların başarısı açısından fark bulunmadığı belirtilmiştir. Ancak aynı çalışmada kaide olarak CİS'nin sekonder çürüğü azaltmada istatistiksel olarak anlamlı farklı olduğu bildirilmiştir ($p < 0,05$). Bu çalışmada CİS kullanılan restorasyonlarda sekonder çürük oranı %22.4 iken, CİS kullanılmadan yapılan restorasyonlarda ise sekonder çürük oranı %41.5 olarak belirtilmiştir (Sande ve ark., 2015).

Rezin materyaller ile birlikte kullanılan cam iyonomer simanın diş dokularına olan bağlantısının önemi kadar kompozit rezine olan bağlantısı da kabul edilebilir sınırlarda olmalıdır (Hinoura ve ark., 1991). Bu yüzden restorasyonun başarısının artması için sandviç tekniğine en uygun materyal CİS olduğu belirtilmiştir (Altunsoy ve ark., 2015).

Cam iyonomer siman ve kompozitin bağlantı dayanımı; CİS toz/likit oranına bağlı gerilme dayanımından, bonding ajanının viskozitesi ve CİS yüzeyini ıslatma yeteneğinden, polimerizasyon sırasında kompozitin büzülmesinden ve kompozitin CİS üzerine boşluksuz adaptasyonundan etkilenir (Mount, 1989).

Temel olarak CİS, cam ve poliasit bileşenlerini içeren toz ve likit ile oluşan

ikili sistemlerdir. Poliasit bileşimi ve konsantrasyonu simanın son mekanik özelliklerini etkilemektedir. Yüksek konsantrasyonda poliasit, sertleşmiş simanda daha yüksek bir dayanıklılık kazandırır. Ayrıca, poliasitin molekül ağırlığının artırılması, sertleşmiş CİS'nin mekanik özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir. Ancak poliasit konsantrasyonunun fazla artması simanı jel kıvamına getirir. Bu nedenle optimum konsantrasyon ve molekül ağırlığı seçilmelidir (Moshaverinia ve ark., 2011). Kapsül CİS, el ile hazırlanan materyallere göre daha yüksek baskı dayanımı ve elastiklik modülü sağlar (Mulder, 2018). Çalışmamızda tüm cam iyonomer simanların kapsül olarak kullanılmış olması toz/likit oranının her örnekte aynı olmasını sağlamıştır.

Restoratif materyallerin sertleşmesi için farklı ışık güçleri kullanılmaktadır (Hannig ve Bott, 1999; Singh ve ark., 2005). Kullanılan ışık kaynaklarının oluşturduğu ısı ve etkisini maymunlar üzerinde araştıran bir çalışmada, pulpa odasının ısısında 10 sn boyunca 5,5 °C'lik sıcaklık artışının, %15 oranında ve 11,1 °C'lik sıcaklık artışının %70 oranında doku nekrozuna neden olabileceği bildirilmiştir (Zach ve Cohen, 1965). Süt dişi ve daimi dişte cam karbomer ve diğer materyallerin de kullanıldığı çalışmalarda en çok ısı artışı cam karbomer gruplarında olmasına rağmen oluşan ısı artışı pulpal sağlık için kritik ısının altında olduğu belirtilmiştir (Botsali ve ark., 2016; Kahvecioglu ve ark., 2016; Altan ve ark., 2018). Gorseta ve ark. (2017), farklı ışık güçlerinin etkilerini değerlendirdiği çalışmada, cam karbomerin istenilen mekanik özelliklere ulaşması için ısı polimerizasyonuna ihtiyaç olduğunu ve polimerizasyon için en az 1000 mW/cm² ışık gücünün olması gerektiğini belirtmişlerdir. Cam karbomer, bioaktif cam partikülleri eklenmiş bir cam iyonomer siman türüdür ve sertleşme mekanizması benzerdir. Yüksek enerjili CarboLED kullanımı ısı oluşturarak asit-baz reaksiyonunu hızlandırdığı için önerilmektedir (Gorseta ve ark., 2017). Ayrıca ısı uygulamasının fiziko-mekanik özellikleri, klinik performansı ve bağlanma gücünü geliştirdiği bildirilmiştir (Borzabadi-Farahani ve Lynch, 2016; Gorseta ve ark., 2017). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan karbomerin üretici talimatı ve çalışmalar doğrultusunda CarboLED ışık cihazı kullanılarak sertleşmesi sağlanmıştır.

Cam karbomer simanların üzerine ışınlama öncesi gloss adlı silikon içerikli materyal sürülmektedir. Gloss, monomer içermez ve modifiye polisiloksanlardan oluşur. Bu materyalin cam karbomerin mekanik dayanımını etkilemediği bildirilmiştir.

Simanların, ışınlama esnasında oluşan ısıdan su dengesini korumak için yardımcı olur. Dehidratasyonu önleyerek çatlakları önlemiş olur. (Menne-Happ ve Ilie, 2013; Julius Zoergiebel ve Nicoleta Ilie, 2013a; de Franca ve ark., 2018). Bu nedenle çalışmamızda kullanılan cam karbomerin ışınlanmasından önce gloss sürülmüştür.

Erken dönemde suya maruz kalmanın kimyasal olarak sertleşen cam iyonmer simanların fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği birçok çalışmada gösterilmiştir (Celik ve Ermis, 2008; Zoergiebel ve Ilie, 2013). Bu nedenle erken dönemde CİS'ların suya maruz kalmasını önlemek için coat gibi koruyucu rezinler üretilmiştir (Kovarik ve ark., 2005). Equia Forte Fil hem coat kullanılarak hem de kullanılmadan yapılan bağlantı testleri de bu çalışmada değerlendirilmiş ve Equia Forte; coat kullanılmayan örneklerin bağlantı dayanımı coat kullanılan örneklerden daha yüksek bulunmuş, ancak her iki grup arasında istatistiksel fark olmadığı belirtilmiştir (Francois ve ark., 2018). Çalışmamızda ağız gibi nem kontaminasyonu oluşturabilecek ortam olmadığından Equia Forte ve Fuji IX CİS'lerinde coat kullanılmamıştır.

Sandviç teknik ile restorasyonun başarısı için kompozit rezin ve CİS arasında uygun bir bağlantı kuvveti gereklidir. Self-etch adeziv sistemlerin etch&rinse sistemlere göre daha güçlü bir şekilde bağlanmayı sağladığı bildirilmiştir (Gopikrishna ve ark., 2009; Gupta ve Mahajan, 2015; Sharafeddin ve Choobineh, 2016). Asit uygulaması ve sonrasında yıkama ve kurulumu aşamaları yüksek teknik hassasiyete sahiptir (Sharafeddin ve ark., 2013). Ayrıca asit uygulamasının ve kurutma aşamasının siman yüzeyini zayıflattığından adezyonu olumsuz etkilediğini bildiren çalışmalar mevcuttur (Wexler ve Beech, 1988; Zhang ve ark., 2011; Kasraie ve ark., 2013). Self-etch sistemlerin, klinik olarak asit uygulama ve yıkama aşamaları yoktur. Böylece uygulama ve manüplasyon süresince hata yapma olasılığı azaltılmıştır. Klinik olarak uygulama süreleri geleneksel sistemlere göre daha azdır (Meerbeek ve ark., 2005; Peumans ve ark., 2005). Bu nedenlerle çalışmamızda self-etch sistemler kullanılmıştır.

Restorasyonların başarısının klinik olarak değerlendirilmesi uzun zaman almakta ve standardizasyonunun sağlanamaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle restorasyonda kullanılan cam iyonmer simanlar, adeziv sistemler ve kompozit rezin materyallerin değerlendirilmesinde, bağlanma dayanıklılığı ölçümü gibi laboratuvar testlerinin olduğu in vitro çalışmalar daha çok tercih edilmektedir. Bir restorasyonun

ömrünün, bağlanma yeteneği ile bir kuvvet derecesine kadar ilişkili olduğu düşünülmekte ve bu da, bağlantı dayanım testleriyle ölçülebilmektedir (Türkün ve Ergücü, 2004). Makaslama bağlanma dayanımı testi, materyallerin bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesinde geçerli olarak kullanılan güvenilir bir test metodudur (Castro ve ark., 2004). Restoratif materyallerin bağlanma dayanımlarını ölçmek için bir çok test yöntemi mevcuttur ancak cam iyonomer gibi düşük bağlanma dayanımına sahip materyaller için diğer test yöntemlerinin zor olabileceği bildirilmiştir (Korkmaz ve Attar, 2007). Bu nedenle çalışmamızda makaslama dayanım testi kullanılmıştır.

Çalışmalarda uygulanan makro testlerde dental restorasyon boyutlarına sahip örnekler kullanırken, mikro testlerde çok daha küçük test alanına sahip örnekler kullanılmaktadır (Roberson, 2002). Mikro testlerde, örneklerin hazırlanmasında maruz kalınan hatalı kuvvetlerin olması ve oluşan vibrasyon bağlantı değerlerinin bozulmasına sebep olduğu bildirilmiştir (Pashley ve ark., 1995; Ozturk ve Aykent, 2003). Çalışmamızda MBD değerlerini ölçmede makro test düzenekleri kullanılmıştır.

Ayırıcı yüzeyin, diş-adeziv bağlanma yüzeyine olabildiğince en yakın noktadan teması sağlanmalıdır, aksi takdirde dönme momenti oluşması yönünde güçlü bir eğilim oluşur (Braga ve ark., 2010). Çalışmamızda MBD testi, bu teknik hassasiyetler göz önüne alınarak, tek bir operatör tarafından gerçekleştirildi.

Örneklerin makaslama dayanım testi uygulama aşamasına kadar ağız ortamını taklit etmesi nedeniyle nemli ortamda bekletilmesi uygun olacağı düşünülmektedir. Nemini kaybeden örneklerde koheziv başarısızlık yüzdesi artacaktır (Hashimoto ve ark., 2000). Çalışmamızda adeziv materyal uygulandıktan sonra kuvvet uygulanmaya kadar geçen süre içerisinde örneklerin, distile suda 37 °C'de 24 saat süre ile bekletilerek nemlilikleri korunmuştur. Klinik uygulamalarda bağlanma bozuklukları, stres varlığında restorasyon yerleştirildikten hemen sonra oluşur. Bir restorasyonun klinik başarısı, diş dokusuna yeterli bağlandığında sağlanabilir. 24 saat sonra yapılan ölçümler, polimerizasyondan hemen sonra yapılan ölçümlere göre polimerizasyon tamamlandığı için kesme kuvvetine karşı daha yüksek bağlanma değerleri elde edildiği bildirilmiştir (Miyazaki ve ark., 1999; Reis ve ark., 2004).

Yapılan restorasyonların bağlantı dayanımı zamanla yeme, içme ve solunum ile indüklendiği düşünülen sıcaklık değişimlerinden etkilenir. Bu termal değişiklikler bağlanan arayüzeylerde oral sıvı ve patojenik mikroorganizmaların sızmasına neden olarak restorasyonun başarısını etkileyecek sonuçlar oluşturabilir (Palmer ve ark., 1992; Gale ve Darvell, 1999). Termal siklus testleri ile restorasyonların in vitro olarak standardizasyon sağlanarak yaşlandırılması simüle edilebilir ve makaslama dayanım testleri kullanılarak termal bozulmayı değerlendirme imkanı sunar (Munck ve ark., 2005; Amaral ve ark., 2007). Bu nedenle çalışmamızda, termal değişimlerin makaslama bağlanma dayanımına etkilerini değerlendirmek için termal siklus ile yaşlandırma testi uygulanmıştır.

Çalışmamızda en yüksek makaslama bağlanma dayanımı gösteren materyaller sırasıyla Equia Forte, GCP Karbomer ve Fuji IX olmuştur. Ancak her üç cam iyonomerin makaslama bağlanma dayanıklılıkları arasında istatistiksel açıdan belirgin bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Çalışmamızda kullanılan her üç CİS'in birlikte kullanıldığı başka bir çalışma bulunmamakla beraber bu simanlardan Fuji IX ve GCP karbomerin çürükten etkilenmiş dentin ve normal dentine bağlantı dayanımlarını incelendiği bir çalışmada, cam iyonomer simanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir (Olegário ve ark., 2015). Fuji IX ve GCP karbomerin süt dişine bağlanımını değerlendiren başka bir çalışmada ise, yine cam karbomerin daha düşük bağlantı dayanımı olduğu belirtilmiştir (Mohammed ve ark., 2018). Sonuçtaki bu farklılığın, Fuji IX uygulamasından önce %10 poliakrilik asit içeren dentin yüzey hazırlayıcı (dentin conditioner) uygulanmış olmasından kaynaklandığı düşünülebilir.

Aynı şekilde YVCİS ile karbomerin MBD'nı değerlendirildiği çalışmalarda yüksek viskoziteli cam iyonomer simanın dentine bağlantı dayanımı cam karbomere göre yüksek bulunmuştur (Olegário ve ark., 2015; França ve ark., 2018). Francois ve ark. (2018)'in çalışmasında; çeşitli CİS'lerin rezin kompozit ile olan bağlantı dayanımları karşılaştırılmış ve Equia Forte'un, Fuji IX'dan daha yüksek bağlantı dayanımına sahip olduğu bulunmuştur. Bunun nedeni olarak; makaslama bağlanma dayanımının CİS ile bonding arasındaki bağlantıdan etkilendiği belirtilmiştir (Yoshida

ve ark., 2012).

Equia Forte'un cam karbomere göre daha yüksek makaslama bağlanma dayanımına sahip olması aşağıdaki faktörlere bağlı olabileceği fikrini bize düşündürmektedir. Cam iyonomer simanların yüzeyinde yüksek miktarda Ca^{+2} açığa çıkarken düşük miktarda fosfat salınımı olur. Cam iyonomer simanların içeriğinde bulunan Ca^{+2} , çalışmadaki tüm self-etch bond içeriğinde bulunan 10-MDP ile kimyasal bir adezyon oluşturduğu düşünülmektedir (Kadoma, 2002; Yoshida ve ark., 2004; Yoshida ve ark., 2012). Cam karbomerde ise diğer simanlara göre daha düşük Ca^{+2} salınımı olduğu belirtilmiştir (Caluwe ve ark., 2017). Cam iyonomerlerden açığa çıkan Ca^{+2} ile self-etch adezivlerin içerdiği monomer ile kimyasal adezyon oluşturmaktadır (Yoshida ve ark., 2012). Ayrıca cam iyonomer siman ile universal bond arasındaki bağlantıyı akrilik asit ve itakonik asitin silan ile etkileşimi de etkileyebilir (Francois ve ark., 2018).

Yapılan bazı çalışmalarda CİS'ların kimyasal bileşimlerinin ve viskozitelerinin, bağlanma dayanımlarını ve mekanik özelliklerini etkilediği belirtilmiştir (Navimipour ve ark., 2012; Pamir ve ark., 2012; Menne-Happ ve Ilie, 2013; Schmidt ve ark., 2017; França ve ark., 2018). Çalışmamızda kullanılan her üç cam iyonomerin bileşimleri, viskoziteleri ve sertleşme şekilleri farklılık göstermektedir. Çalışmamızda sonuç olarak; termal siklus uygulaması yapılmayan her üç CİS' nın kompozitle olan MBD değerlerini incelediğimizde, tüm bonding ajanlarında Equia Forte kullanılan grupta en yüksek değere sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde termal siklus uyguladığımız durumda her üç CİS'nın kompozit ile olan MBD değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$) ancak en yüksek MBD değerleri Equia Forte ile Clearfil Universal Bond'un birlikte kullanıldığı grupta bulunmuştur.

Universal bondingler asit, primer ve bonding işlemlerini bir arada içeren kompleks bir bileşim oluşturmaktadır (Meerbeek ve ark., 2011). Universal bondinglerin içerikleri; farklı pH değerlerinde oluşu, HEMA ve inorganik nano doldurucuların eklenmesi, kullanılan çözücü ve monomer tiplerinin farklı olması ile çeşitlilik göstermektedir. Sonuç olarak, bu farklılıkların bonding ajanlarının özelliklerini ve

bağlantının etkilenebileceği bildirilmiştir (Suzuki ve ark., 2018). Bonding ajanlarının içeriğinde bulunan çözücü tipi adezyonun uzun ömürlülüğünü ve klinik başarısını etkileyen bir faktördür. Günümüz dişhekimliğinde aseton, etanol ve su en sık kullanılan çözücülerdir. Clearfil Universal Bond ve 3M ESPE Single Universal Bond çözücü olarak etanol içerir, ancak G-Premio Bond aseton içerir (Reis ve ark., 2004). Asetonun, su ve etanole göre yüksek hava buhar basıncında daha ince tabaka oluştuğu ve bozunmaya karşı daha hassas olduğu bildirilmiştir (Irmak ve ark., 2016). HEMA açısından zengin ve etanol içeren bondların (Clearfil Universal Bond ve 3M ESPE Single Universal Bond), hava üfleme sonucu fazla çözücünün buharlaşmasının daha yüksek bağlantı dayanımına sahip olduğu belirtilmiştir (Ikeda ve ark., 2005, 2008; Saikaew ve ark., 2018). Bizim çalışmamızda kullanılan self-etch adezivlerin makaslama dayanımı arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak daha önceki çalışmalarla uyumlu olarak; etanol içeren Clearfil Universal Bond ve 3M ESPE Single Bond, aseton içeren G-Premio Bond'a kıyasla daha yüksek makaslama bağlanma dayanımına sahip olduğu belirlenmiştir (Suzuki ve ark., 2018; Saikaew ve ark., 2018).

Kandaswami ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada CİS üzerine hafif self-etch adezivlerin bağlanma dayanım gücünün, kuvvetli ve orta kuvvetli self-etch bonding ajanlarının bağlanma gücünden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuç bizim çalışmamızla benzerdir. Çalışmamızda test edilen üç farklı self-etch sistem farklı pH değerlerine sahiptir. Clearfil Universal Bond pH:2.3, 3M ESPE Single Universal Bond pH:2.7 ile hafif kuvvetli olarak sınıflandırılırken, G-Premio Bond'un pH değeri 1.5'tir ve diğer bondlara göre daha asidiktir (Peumans ve ark., 2014; Lawson ve ark., 2015). Çalışmamızda her üç bonding ajanının istatistiksel olarak CİS'lere aynı derecede MBD gösterdiği ancak değerlere bakıldığında, 3M ESPE Single Universal Bond'un diğer bonding ajanlara göre daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği bulunmuştur. Bunun sebebinin ajanların içeriklerinin benzer olmasının yanısıra 3M ESPE Single Universal Bond'un pH:2.7 ile hafif kuvvetli self-etch olması ve içeriğinde bulunan karboksilik monomerlerin bulunmasıyla CİS ile güçlü kimyasal bağlanmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Çalışmamızda self-etch ajanların cam iyonomer ile kompozit arasındaki bağlantıya etkileri kıyaslandığında termal siklus yapılmayan gruplarda kullanılan her üç self-etch ajanının makaslama bağlanma değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak rakamsal olarak en yüksek değerler 3M ESPE Single Universal Bond kullanılan gruplarda gözlenmiştir. Aynı şekilde termal siklus uygulanan gruplarda kullanılan her üç self-etch ajanları arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. Termal siklus sonrası tüm örneklerde MBD değerleri düşmüştür. Ancak MBD değerlerine bakıldığında termal siklus ile yaşlandırmadan en az etkilenen self-etch ajanın Clearfil Universal Bond olduğu gözlenmiştir.

Termal siklusun MBD'na etkisini değerlendirildiğinde, çalışmamızdaki tüm gruplar için MBD değerleri düşmüştür. Bu sonucun esas sebebi, termal streştir. Bu adeziv tabakanın termal genleşme oranlarındaki farklılıklardan kaynaklanmakta olduğu belirtilmiştir (Miyazaki ve ark., 1998; Suzuki ve ark., 2018).

Termal siklusun MBD'na etkisini değerlendiren bir çalışmada 3000, 20.000 ve 30.000 termal siklus sonrası G-Premio Bond kullanılan örneklerde MBD değerleri arasında istatistiksel fark bulunmamıştır (Sai ve ark., 2016). Suzuki ve ark. (2018), 3M ESPE Single Universal Bond, G-Premio Bond ve All Bond Universal'in farklı termal sikluslarda (3000, 10.000, 20.000 ve 30.000) ve suda bekleterek (3 ay boyunca 37 °C suda) yapılan yaşlandırma sonrası MBD değerlerinde anlamlı bir farklılık göstermediğini bildirmişlerdir (Suzuki ve ark., 2018). Çalışmamızda kullanılan her üç bonding ajanının MBD değerleri, termal siklus ile yaşlandırma sonrası azalmasına rağmen istatistiksel olarak yaşlandırma yapılmayan örneklerden fark bulunmamıştır. Bunun nedeni olarak, adeziv materyallerin içeriğinde bulunan ve mekanik özelliklerini güçlendirmek için kullanılan nano boyutlu doldurucuların etkisi olduğu düşünülebilir (Condon ve Ferracane, 2002). Ayrıca oksijen inhibisyon tabakası nedeniyle eksik rezin polimerizasyonu olan bonding ajanların yüksek sıcaklıklara maruz kalmasıyla reaksiyona girmemiş monomerlerin ikincil polimerizasyonu olabileceği düşünülmektedir (Sai ve ark., 2016).

Clearfil Universal Bond, G-Premio Bond, 3M ESPE Single Universal Bondların bağlantı dayanımını karşılaştıran bir çalışmada 24 saat 37 °C de inkübasyon

cihazından sonra en yüksek bağlantı dayanımı 3M ESPE Single Universal Bond kullanılan örneklerden tespit edilmiştir. Ayrıca 1 yıllık yaşlandırma sonrası tüm bondların bağlantı dayanımının düştüğünü ve bu durumdan en az Clearfil Universal Bond grubunun etkilendiğini bildirmişlerdir. Polimerize edilmemiş HEMA'nın suyu zamanla emerek bağlantıyı düşürdüğü bildirilmiştir (Frassetto ve ark., 2016). Her üç bond arasında 1 yıllık yaşlandırma sonrası en yüksek bağlantı dayanımına Clearfil Universal Bondun sahip olduğu bildirilmiş, ancak zengin HEMA içeriğe sahip Clearfil Universal Bondun yaşlandırma sonrası önemli ölçüde bağlantı dayanımının düşmemesinin nedeni belirlenmemiştir (Saikaew ve ark., 2018). Bizim çalışmamızda benzer olarak; termal siklus ile yaşlandırmanın bağlanma dayanımı üzerine etkisi değerlendirildiğinde, her üç CİS ve her üç bonding ajan için yaşlandırma MBD değerlerini düşürmüştür. 3M ESPE Single Universal Bond ve G-Premio Bond kullanılan gruplarda yaşlandırma sonrası istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olarak belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ancak Clearfil Universal Bond kullanılan gruplarda yaşlandırma sonrası bağlantı değerleri düşmesine rağmen istatistiksel olarak fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Kırılma analizleri, dental materyallerin bağlantıları hakkında bilgi verebilir (Rinastiti ve ark., 2010). Koheziv tip kırılma; adeziv ya da substrat içerisinde oluşan kırılma, adeziv tip kırılma; adeziv materyal ile substrat ara yüzünde meydana gelen kırılma, karışık tip kırılma; hem ara yüzde hem de materyaller içerisinde görülen kırılma olarak tanımlanmıştır (Blatz ve ark., 2003). Koheziv kırılma, dental materyaller arasında yüksek bağlantı olduğunu ve bağlayıcı sistemin başarısını göstermektedir (Mason ve ark., 1996; Ozer ve ark., 2014). Çalışmamızda kullanılan materyallerde en çok koheziv kırılma tipi gözlenmiştir. Bu da kullanmış olduğumuz cam iyonomer simanların kompozite olan makaslama bağlanma dayanım kuvvetinin yeterli olduğunu göstermektedir. Koheziv kırılma, cam iyonomer simanların içerisinde meydana gelen kırılmadır. Çalışmamızda kullanılan her üç cam iyonomer simanın kompozit ile olan makaslama bağlanma dayanımı arasında istatistiksel olarak fark bulunmadığı gözlemlendi. Bu durum örneklerin büyük bir kısmında oluşan koheziv kırılma ile açıklanabilir. Çalışmamızda koheziv kırılma tipinin daha çok görülmüş olması, kompozit ve CİS'lar arasındaki bağlanma dayanım değerlerini tam olarak yansıtmayabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasının sınırlamaları dâhilinde elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1- Sandviç tekniği kullanılarak restorasyon planlandığında, çalışmamızda kullanılan her üç cam iyonomer siman da kaide materyali olarak kullanılabilir.

2- Cam iyonomer simanların üzerine self-etch adeziv sistemler uygulanabilir. Bu teknikte, asitlemeye ve yıkamaya gerek olmadığı için özellikle çocuk hastalarda zamandan kazanım sağlanabilir.

3- Materyallerin yaşlandırılarak değerlendirilmesi amaçlandığında termal siklus bu işlem için kullanılabilir. İleriki çalışmalarda daha daha farklı termal siklus sayılarının bağlantı dayanıma etkilerini inceleyen çalışmalar yapılabilir.

4- Bu çalışma farklı üç self-etch adeziv bond ile üç farklı cam iyonomerin bağlanma dayanımını karşılaştıran bir çalışmadır. Restoratif materyallerin klinik başarılarının değerlendirilmesine bu çalışma yol gösterici olabilir.

5- Bu çalışmada farklı self etch adezivler ve çeşitli tip cislerin bağlantıya etkisi değerlendirilmiş ve tek tip kompozit kullanılmıştır. İleriki çalışmalarda farklı kompozit tiplerinin de bağlantı dayanımına etkilerinin değerlendirilmesi mümkündür.

Çalışmamızda kullanılan Cam Karbomer materyalleri ile ilgili az sayıda çalışma vardır. Bununla birlikte, bu çalışma farklı üç self-etch adeziv bond ile üç farklı cam iyonomeri karşılaştıran ilk çalışmadır ve materyallerin başarılarının değerlendirilmesi açısından daha ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- AAPD. Guideline on pediatric restorative dentistry. 2012. Reference manual. 2014;34, 214-221.
- Al-Naimi, O. T., Itota, T., Hobson, R. S., & McCabe, J. F. Fluoride release for restorative materials&its effect on biofilm formation in natural saliva. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19(3), 1243-1248.
- Al-Salehi, S., & Burke, F. Methods used in dentin bonding tests: An analysis of 50 investigations on bond strength. *Quintessence Int* 1997; 28(11).
- Altan, H., Göztas, Z., & Arslanoglu, Z. Bulk-Fill restorative materials in primary tooth: An intrapulpal temperature changes study. *Contemp Clin Dent* 2018;9(5), 52.
- Altunsoy, M., Ok, E., Küçükyılmaz, E., Bölükbaşı, B., & Bilgin, M. S. Farklı cam iyonomer simanların kompozit ve kompomere olan makaslama bağlanma dayanım kuvvetlerinin karşılaştırılması. *Selcuk Dent J* 2015;2(2), 71-75.
- Amaral, F. L., Colucci, V., Palma-Dibb, R. G., & Corona, S. A. Assessment of in vitro methods used to promote adhesive interface degradation: a critical review. *J Esthet Restor Dent* 2007;19(6), 340-353.
- Andersson-Wenckert, I., & Kieri, C. Durability of extensive Class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass ionomer cement after 6 years. *Am J Dent* 2004;17(1), 43-50.
- Anusavice, K., & Cascone, P. Dental casting&soldering alloys. *Phillips' Science of Dental Materyel* 2003;11, 563-620.
- Anusavice, K. J. Dental ceramics. *Phillips' Science of Dental Materyel* 2003;655-719.
- Armstrong, S., Geraldeli, S., Maia, R., Raposo, L. H. A., Soares, C. J., & Yamagawa, J. Adhesion to tooth structure: a critical review of “micro” bond strength test methods. *Dent Mater* 2010;26(2), e50-e62.
- Asmussen, E. Softening of BISGMA-based polymers by ethanol&by organic acids of plaque. *Eur J Oral Sci* 1984;92(3), 257-261.
- Bedran-de-Castro, A., Cardoso, P., Ambrosano, G., & Pimenta, L. Thermal&mechanical load cycling on microleakage&shear bond strength to dentin. *Oper Dent* 2004;29(1), 42-48.
- Belvedere, C. Contemporary posterior direct composites using state-of-the-art techniques. *Dent Clin North Am* 2001;45(1), 49-70.

- Blatz, M. B., Sadan, A., & Kern, M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003;89(3), 268-274.
- Bona, Á. D., Pinzetta, C., & Rosa, V. Effect of acid etching of glass ionomer cement surface on the microleakage of sandwich restorations. *J Appl Oral Sci* 2007;15(3), 230-234.
- Borzabadi-Farahani, A., & Lynch, E. Influence of thermo-light curing with dental light-curing units on the microhardness of glass-ionomer cements. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2016;36, 425-430.
- Botsali, M. S., TOKAY, U., Ozmen, B., Cortcu, M., Koyuturk, A. E., & Kahvecioglu, F. Effect of new innovative restorative carbomised glass cement on intrapulpal temperature rise: an ex-vivo study. *Braz Oral Res* 2016;30(1).
- Braga, R. R., Meira, J. B., Boaro, L. C., & Xavier, T. A. Adhesion to tooth structure: a critical review of “macro” test methods. *Dent Mater* 2010;26(2), e38-e49.
- Breschi, L., Mazzoni, A., Ruggeri, A., Cadenaro, M., Di Lenarda, R., & Dorigo, E. D. S. Dental adhesion review: aging&stability of the bonded interface. *Dent Mater* 2008;24(1), 90-101.
- Burgess, J., Walker, R., & Davidson, J. Posterior resin-based composite: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24(5), 465-479.
- Calvo, A. F. B., Kicuti, A., Tedesco, T. K., Braga, M. M., & Raggio, D. P. Evaluation of the relationship between the cost&properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Braz Oral Res* 2016;30(1).
- Carneiro, K. G. K., Lobato, M. F., e Souza, S., de Almeida Rodrigues, P., & Góes, M. F. d. Adhesive systems: important aspects related to their composition&clinical use. *J Appl Oral Sci* 2010;18(3), 207-214.
- Cefaly, D. F. G., Valarelli, F. P., Seabra, B., Mondelli, R., & Navarro, M. Effect of time on the diametral tensile strength of resin-modified restorative glass ionomer cements&compomer. *Braz Dent J* 2001;12(3), 201-204.
- Celik, E., Kucukyilmaz, E., & Savas, S. Effect of different surface pre-treatment methods on the microleakage of two different self-adhesive composites in Class V cavities. *Eur J Paediatr Dent* 2015;16(1), 33-38.
- Celik, E. U., & Ermis, B. Koruyucu Rezin Uygulamasinin Yüksek Viskoziteli Geleneksel Cam İyonomer Simanın Mikrosertliği Üzerine Etkisinin In Vitro Olarak Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Dental Journal* 2008;11(2), 91-95.

- Chen, X., Cuijpers, V., Fan, M., & Frencken, J. Marginal leakage of two newer glass-ionomer-based sealant materials assessed using micro-CT. *J Dent* 2010;38(9), 731-735.
- Condon, J. R., & Ferracane, J. L. Reduced polymerization stress through non-bonded nanofiller particles. *Biomaterials* 2002;23(18), 3807-3815.
- Croll, T. P., & Nicholson, J. Glass ionomer cements in *Pediatr Dent*: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24(5), 423-429.
- Crowley, C., Doyle, J., Towler, M., Hill, R., & Hampshire, S. The influence of capsule geometry&cement formulation on the apparent viscosity of dental cements. *J Dent* 2006;34(8), 566-573.
- Czasch, P., & Ilie, N. In vitro comparison of mechanical properties°ree of cure of bulk fill composites. *Clin Oral Investig* 2013;17(1), 227-235.
- Dayangaç, B. *Kompozit rezin restorasyonlar: Güneş Kitabevi* 2000.
- De Caluwe, T., Vercruyse, C., & Martens, L. Mechanical&Bioactive Properties of a Commercial Glass Carbomer: GCP Glass Fill. *Avicenna J Phytomed* 2017.
- de França, L., Condeixa, C. M., Schubert, E. W., Martins, A. S., Loguercio, A. D., Reis, A., Wambier, D. S. Randomized Clinical Trial of ART Class II Restorations Using Two Glass Ionomer Cements: One-Year Follow-Up. *Pediatr Dent* 2018;40(2), 98-104.
- De Munck, J. d., Van Landuyt, K., Peumans, M., Poitevin, A., Lambrechts, P., Braem, M., & Van Meerbeek, B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods&results. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2005;84(2), 118-132.
- de Souza Costa, C. A., Giro, E. M. A., do Nascimento, A. B. L., Teixeira, H. M., & Hebling, J. Short-term evaluation of the pulpo-dentin complex response to a resin-modified glass-ionomer cement&a bonding agent applied in deep cavities. *Dent Mater* 2005;19(8), 739-746.
- Deliperi, S., Bardwell, D., Wegley, C., & Congiu, M. In vitro evaluation of giomers microleakage after exposure to 33% hydrogen peroxide: self-etch vs total-etch adhesives. *Oper Dent* 2006;31(2), 227-232.
- Demirci, M. Poliasit Modifiye Reçine Kompozitler (Kompomerler). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2001;2(6).
- Duke, E. Adhesion&its application with restorative materials. *Dent Clin North Am*1993;37(3), 329-340.

- Duncalf, W., & Wilson, N. Adaptation&condensation of amalgam restorations in Class II preparations of conventional&conservative design. *Quintessence Int* 1992;23(7).
- Dunn, J. R. iBond: the seventh-generation, one-bottle dental bonding agent. *Compend Contin Educ Dent Jamesburg, NJ*: 1995, 24(2Suppl), 14-18.
- Eakle, W. Fracture resistance of teeth restored with class II bonded composite resin. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 1986;65(2), 149-153.
- Eli, I., Cooper, Y., Ben-Amar, A., & Weiss, E. Antibacterial activity of three dental liners. *J Prosthodont* 1995;4(3), 178-182.
- Falsafi, A., Mitra, S. B., Oxman, J. D., Ton, T. T., & Bui, H. T. Mechanisms of setting reactions&interfacial behavior of a nano-filled resin-modified glass ionomer. *Dent Mater* 2014;30(6), 632-643.
- Ferrari, M. Use of glass ionomers as bondings, linings, or bases. *Advances in glass-ionomer cements*. Berlin: Quintessence Int 1999;137-148.
- Fleming, G. J., Kenny, S. M., & Barralet, J. E. The optimisation of the initial viscosity of an encapsulated glass-ionomer restorative following different mechanical mixing regimes. *J Dent* 2006;34(2), 155-163.
- Fragkou, S., Nikolaidis, A., Tsiantou, D., Achilias, D., & Kotsanos, N. Tensile bond characteristics between composite resin&resin-modified glass-ionomer restoratives used in the open-sandwich technique. *Eur Arch Paediatr Dent* 2013;14(4), 239-245.
- Francois, P., Vennat, E., Le Goff, S., Ruscassier, N., Attal, J.-P., & Dursun, E. Shear bond strength&interface analysis between a resin composite&a recent high-viscous glass ionomer cement bonded with various adhesive systems. *Clin Oral Investig* 2018;1-10.
- Frassetto, A., Breschi, L., Turco, G., Marchesi, G., Di Lenarda, R., Tay, F. R., Cadenaro, M. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry&therapeutic agents to improve bond durability a literature review. *Dent Mater* 2016; 32(2), e41-e53.
- Freedman, R., & Diefenderfer, K. Effects of daily fluoride exposures on fluoride release by glass ionomer-based restoratives. *Oper Dent* 2003;28(2), 178-185.
- Fronza, B. M., Rueggeberg, F. A., Braga, R. R., Mogilevych, B., Soares, L. E. S., Martin, A. A.Giannini, M. Monomer conversion, microhardness, internal marginal adaptation,&shrinkage stress of bulk-fill resin composites. *Dent Mater* 2015;31(12), 1542-1551.

- Gaintantzopoulou, M. D., Gopinath, V. K., & Zinelis, S. Evaluation of cavity wall adaptation of bulk esthetic materials to restore class II cavities in primary molars. *Clin Oral Investig* 2017;21(4), 1063-1070.
- Gale, M., & Darvell, B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent* 1999;27(2), 89-99.
- Garcia-Godoy, F., Draheim, R., & Titus, H. Shear bond strength of a posterior composite resin to glass ionomer bases. *Quintessence int* 1985;19(5), 357-359.
- Gladys, S., Van Meerbeek, B., Braem, M., Lambrechts, P., & Vanherle, G. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer&resin composite restorative materials. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 1997;76(4), 883-894.
- Goldman, M. Polymerization shrinkage of resin-based restorative materials. *Aust Dent J* 1983;28(3), 156-161.
- Gonzalez, E. H., Yap, A., & Hsu, S. Demineralization inhibition of direct tooth-colored restorative materials. *Oper Dent* 2004;29, 578-585.
- Gordan, V. V., Mondragon, E., Watson, R. E., Garvan, C., & Mjör, I. A. A clinical evaluation of a self-etching primer&a giomer restorative material: results at eight years. *J Am Dent Asso* 2007;138(5), 621-627.
- Gorseta, K., Borzabadi-Farahani, A., Moshaverinia, A., Glavina, D., & Lynch, E. Effect of different thermo–light polymerization on flexural strength of two glass ionomer cements&a glass carbomer cement. *J Prosthet Dent* 2017;118(1), 102-107.
- Green, B. G. Oral perception of the temperature of liquids. *Perception & psychophysics* 1986;39(1), 19-24.
- Gupta, R., & Mahajan, S. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to GIC using different adhesives. *Journal of clinical&diagnostic research: J Clin Diagn Res* 2015;9(1), ZC27.
- Gurgan, S., Kutuk, Z., Ergin, E., Oztas, S., & Cakir, F. Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent* 2015;40(2), 134-143.
- Hannig, M., & Bott, B. In-vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with various light-curing sources. *Dent Mater* 1999;15(4), 275-281.
- Hara, A., Pimenta, L., & Rodrigues Jr, A. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dent Mater* 2001;17(2), 165-169.

- Hashimoto, M., Ohno, H., Kaga, M., Endo, K., Sano, H., & Oguchi, H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2000;79(6), 1385-1391.
- Hewlett, & Mount. Glass Ionomers in Contemporary Restorative Dentistry- A Clinic Update. *J Calif Dent Assoc* 2003;31(6), 483-492.
- Hinoura, K., Suzuki, H., & Onose, H. Factors influencing bond strengths between unetched glass ionomers&resins. *Oper Dent* 1991;16(3), 90-95.
- Horváth, A., Papp, Z., Dobó-Nagy, C., & Gera, I. Clinical examination of the gingival effects of three glass ionomer restorative materials (GC Fuji IX GP, GC Fuji IX GP Extra és GC Equia). *Fogorv Sz* 2014; 107(4), 125-130.
- Hosaka, K., Nakajima, M., Takahashi, M., Itoh, S., Ikeda, M., Tagami, J., & Pashley, D. H. Relationship between mechanical properties of one-step self-etch adhesives&water sorption. *Dent Mater* 2010;26(4), 360-367.
- Hugar, S. M., Assudani, H. G., Patil, V., Kukreja, P., Uppin, C., & Thakkar, P. Comparative Evaluation of the Antibacterial Efficacy of Type II Glass Ionomer Cement, Type IX Glass Ionomer Cement,&Amalgomer™ Ceramic Reinforcement by Modified “Direct Contact Test”: An in vitro Study. *International journal of clinical Pediatr Dent* 2016;9(2), 114.
- Hübel, S., & Mejare, I. Conventional versus resin-modified glass-ionomer cement for Class II restorations in primary molars. A 3-year clinical study. *Int J Clin Pediatr Dent* 2003;13(1), 2-8.
- Ikeda, T., De Munck, J., Shirai, K., Hikita, K., Inoue, S., Sano, H., Van Meerbeek, B. (2005). Effect of evaporation of primer components on ultimate tensile strengths of primer–adhesive mixture. *Dent Mater* 2005;21(11), 1051-1058.
- Ikeda, T., De Munck, J., Shirai, K., Hikita, K., Inoue, S., Sano, H., . . . Van Meerbeek, B. Effect of air-drying&solvent evaporation on the strength of HEMA-rich versus HEMA-free one-step adhesives. *Dent Mater* 2008;24(10), 1316-1323.
- Ikemura, K., Tay, F. R., Endo, T., & Pashley, D. H. A review of chemical-approach&ultramorphological studies on the development of fluoride-releasing dental adhesives comprising new pre-reacted glass ionomer (PRG) fillers. *Dent Mater journal* 2008;27(3), 315-339.
- Ilie, N., Schöner, C., Bücher, K., & Hickel, R. An in-vitro assessment of the shear bond strength of bulk-fill resin composites to permanent&deciduous teeth. *J Dent* 2014;42(7), 850-855.
- Inoue, S., Van Meerbeek, B., Abe, Y., Yoshida, Y., Lambrechts, P., Vanherle, G., & Sano, H. Effect of remaining dentin thickness&the use of conditioner on micro-

- tensile bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Dent Mater* 2001;17(5), 445-455.
- Irmak, Ö., Baltacıoğlu, İ. H., Ulusoy, N., & Bağış, Y. H. Solvent type influences bond strength to air or blot-dried dentin. *BMC Oral Health* 2016;16(1), 77.
- ISO, I. TS 11405: Dent Mater—testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat 2003.
- ISO, T. 11405 Dent Mater—Guidance on testing of adhesion to tooth structure. International Organization for Standardization, Switzerland, Genf.
- Jandt, K. D., & Sigusch, B. W. (2009). Future perspectives of resin-based Dent Mater. *Dent Mater* 1994; 25(8), 1001-1006.
- Kadoma, Y. Surface treatment agent for dental metals using a thiirane monomer&a phosphoric acid monomer. *Dent Mater* 2002; 21(2), 156-169.
- Kahvecioglu, F., Tosun, G., & Ülker, H. E. Intrapulpal thermal changes during setting reaction of glass Carbomer® using thermocure lamp. *Biomed Res Int* 2016.
- Kakaboura, A., Eliades, G., & Palaghias, G. An FTIR study on the setting mechanism of resin-modified glass ionomer restoratives. *Dent Mater* 1996;12(3), 173-178.
- Kan, K., Messer, L., & Messer, H. Variability in cytotoxicity&fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 1997;76(8), 1502-1507.
- Kandaswamy, D., Rajan, K. J., Venkateshababu, N., & Porkodi, I. Shear bond strength evaluation of resin composite bonded to glass-ionomer cement using self-etching bonding agents with different pH: In vitro study. *J Conserv Dent* 2012;15(1), 27.
- Kanık, Ö., & Türkün, L. Ş. Restoratif Cam İyonomer Simanlarda Güncel Yaklaşımlar. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2016;37(2), 54-65.
- Kaup, M., Dammann, C. H., Schäfer, E., & Dammaschke, T. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement&composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med* 2015;11(1), 14.
- Khoroushi, M., & Keshani, F. A review of glass-ionomers: From conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J* 2013;10(4), 411.
- Koenraads, H., Van der Kroon, G., & Frencken, J. Compressive strength of two newly developed glass-ionomer materials for use with the Atraumatic Restorative Treatment (ART) approach in class II cavities. *Dent Mater* 2009;25(4), 551-556.

- Koray, F., & Yücel, T. Kompozitin ön dişlerde kullanımı. *TDBD*, 71, 16-23.
- Korkmaz, Y., & Attar, N. (2007). Dentin bond strength of composites with self-etching adhesives using LED curing lights. *J Contemp Dent Pract* 2002;8(5), 34-42.
- Koroğlu, A. G. D. A., Ekren, D. O., & Kurtoğlu, C. Geleneksel ve adeziv dental simanlar hakkında bir derleme çalışması. *J Dent Fac Atatürk Uni*, 2012(2).
- Kovarik, R. E., Haubenreich, J. E., & Gore, D. Glass ionomer cements: a review of composition, chemistry, & biocompatibility as a dental & medical implant material. *J Long Term Eff Med Implants* 2005;15(6).
- Lawson, N. C., Robles, A., Fu, C.-C., Lin, C. P., Sawlani, K., & Burgess, J. O. Two-year clinical trial of a universal adhesive in total-etch & self-etch mode in non-carious cervical lesions. *J Dent* 2015;43(10), 1229-1234.
- Leinfelder, K. Composite resins. *Dent Clin North Am* 1985;29(2), 359-371.
- Leinfelder, K. F., & Kurdziolek, S. M. Self-etching bonding agents. *Compend Contin Educ Dent* 2003;24(6), 447-454, 456; quiz 457.
- Lim, H.-N., Kim, S.-H., Yu, B., & Lee, Y.-K. Influence of HEMA content on the mechanical & bonding properties of experimental HEMA-added glass ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2009;17(4), 340-349.
- Lindberg, A., van Dijken, J. W., & Lindberg, M. Nine-year evaluation of a polyacid-modified resin composite/resin composite open sandwich technique in Class II cavities. *J Dent* 2007;35(2), 124-129.
- Lohbauer, U. Dental glass ionomer cements as permanent filling materials?—Properties, limitations & future trends. *Materials* 2009;3(1), 76-96.
- Lutz, F., & Phillips, R. W. A classification & evaluation of composite resin systems. *J Prosthet Dent* 1983;50(4), 480-488.
- Lührs, A., Guhr, S., Schilke, R., Borchers, L., Geurtsen, W., & Günay, H. Shear bond strength of self-etch adhesives to enamel with additional phosphoric acid etching. *Oper Dent* 2008;33(2), 155-162.
- Mandava, D., Ajitha, P., & Narayanan, L. L. Comparative evaluation of tensile bond strengths of total-etch adhesives & self-etch adhesives with single & multiple consecutive applications: An in vitro study. *J Conserv Dent* 2009;12(2), 55.
- Mangum, F. I., Berry, E. A., Parikh, U. K., & Ladd, D. Optimal etching time of glass ionomer cement for maximum bond of composite resin. *J Am Dent Asso* 1990;120(5), 535-538.

- Manuja, N., Pandit, I., Srivastava, N., Gugnani, N., & Nagpal, R. Comparative evaluation of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011;29(1), 7.
- Marshall, Bayne, S. C., Baier, R., Tomsia, A. P., & Marshall, G. W. A review of adhesion science. *Dent Mater* 2010;26(2), e11-e16.
- Mason, P., Ferrari, M., Cagidiaco, M., & Davidson, C. Shear bond strength of four dentinal adhesives applied in vivo & in vitro. *J Dent* 1996;24(3), 217-222.
- Mathis, R., & Ferracane, J. Properties of a glass-ionomer/resin-composite hybrid material. *Dent Mater* 1989;5(5), 355-358.
- Mazzaoui, S., Burrow, M., Tyas, M., Dashper, S., Eakins, D., & Reynolds, E. Incorporation of casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate into a glass-ionomer cement. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2003;82(11), 914-918.
- McLean, J., & Wilson, A. The clinical development of the glass-ionomer cements. I. Formulations & properties. *Aust Dent J* 1977;22(1), 31-36.
- McLean, J. W. Proposed nomenclature for glass-ionomer dental cements & related materials. *Quintessence Int* 1994;25, 587-589.
- Menne-Happ, U., & Ilie, N. Effect of gloss & heat on the mechanical behaviour of a glass carbomer cement. *J Dent* 2013;41(3), 223-230.
- Mitsui, F. H. O., Peris, A. R., Cavalcanti, A. N., Marchi, G. M., & Pimenta, L. A. F. Influence of thermal & mechanical load cycling on microtensile bond strengths of total & self-etching adhesive systems. *Oper Dent* 2006;31(2), 240-247.
- Miyazaki, M., Iwasaki, K., Onose, H., & Moore, B. K. Resin-modified glass ionomers, effect of dentin primer application on the development of bond strength. *Eur J Oral Sci* 1999;107(5), 393-399.
- Miyazaki, M., Sato, M., Onose, H., & Moore, B. K. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent* 1998; 11(3), 118-122.
- Mohammed, N. Y., Sharaf, A. A., Talaat, D. M., & Hanaf, S. A. Evaluation of shear bond strength of nanoparticles glass carbomer & high viscosity glass ionomer in primary teeth dentin (in vitro study). *Alex Dent J* 2018; 43(1), 17-21.
- Molina, G. F., Cabral, R. J., Mazzola, I., LASCANO, L. B., & Frencken, J. E. Mechanical performance of encapsulated restorative glass-ionomer cements for use with Atraumatic Restorative Treatment (ART). *J Appl Oral Sci* 2013; 21(3), 243-249.

- Moshaverinia, A., Roohpour, N., Chee, W. W., & Schricker, S. R. A review of powder modifications in conventional glass-ionomer dental cements. *J Mater Chem* 2011; 21(5), 1319-1328.
- Moshaverinia, A., Roohpour, N., Chee, W. W., & Schricker, S. R. A review of polyelectrolyte modifications in conventional glass-ionomer dental cements. *J Mater Chem* 2012; 22(7), 2824-2833.
- Mount, G. The tensile strength of the union between various glass ionomer cements&various composite resins. *Aust Dent J* 1989; 34(2), 136-146.
- Mount, G. Buonocore Memorial Lecture. Glass-ionomer cements: past, present&future. *Oper Dent* 1994; 19(3), 82-90.
- Mount, G. J. Minimal intervention dentistry: rationale of cavity design. *Oper Dent* 2003; 28(1), 92-99.
- Mulder, R. Variation in the dispersions of powder liquid ratios in hand-mix glass ionomers. *Open Dent J* 2018; 12, 647.
- Musa, A., Pearson, G., & Gelbier, M. In vitro investigation of fluoride ion release from four resin-modified glass polyalkenoate cements. *Biomaterials* 1996; 17(10), 1019-1023.
- Navimipour, E. J., Oskoe, S. S., Oskoe, P. A., Bahari, M., Rikhtegaran, S., & Ghojzadeh, M. Effect of acid&laser etching on shear bond strength of conventional&resin-modified glass-ionomer cements to composite resin. *Lasers Med Sci* 2012; 27(2), 305-311.
- Ngo, H., Mount, G., & Peters, M. A study of glass-ionomer cement&its interface with enamel&dentin using a low-temperature, high-resolution scanning electron microscopic technique. *Quintessence Int* 1997;28(1).
- Nicholson, J. W. Polyacid-modified composite resins (“compomers”)&their use in clinical dentistry. *Dent Mater* 2007;23(5), 615-622.
- Nomoto, R., Komoriyama, M., McCabe, J. F., & Hirano, S. Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater* 2004;20(10), 972-978.
- Nowak, A., & Crall, J. Prevention of dental disease In: Pinkham JR, Casamassimo PS, Fields HW, MC Tigue DJ, Nowak A. *Pediatr Dent: infancy through adolescent*. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Co 2005;511-519.
- O’Brien, W. Color&appearance. *Dent Mater&their selection* 2008;28-30.

- Ohno, H., Araki, Y., Endo, K., Yamane, Y., & Kawashima, I. Evaluation Of Water Durability At Adhesion Interfaces By Peeling Test Of Resin Film. *Dent Mater* 1996;15(2), 183-192,253.
- Olegário, I. C., Malagrana, A. P. V. F. P., Kim, S. S. H., Hesse, D., Tedesco, T. K., Calvo, A. F. B., Raggio, D. P. Mechanical properties of high-viscosity glass ionomer cement&nanoparticle glass carbomer. *J Nanomater* 2015;16(1), 37.
- Ozer, S., Sen Tunc, E., & Gonulol, N. Bond strengths of silorane-and methacrylate-based composites to various underlying materials. *Biomed Res Int* 2014.
- Ozturk, N., & Aykent, F. Dentin bond strengths of two ceramic inlay systems after cementation with three different techniques&one bonding system. *J Prosthet Dent* 2003;89(3), 275-281.
- Önen, A. Cam İyonomer S imanların Klinik Gelişimleri ve Özellikleri. *HÜ Dişhek. Fak. Der* 1984;8(2), 69-76.
- Özyeşil, A., Günal, Ş., Belli, S., & Eskitaşçıoğlu, G. İki farklı bağlanma dayanımı testinin karşılaştırılması (Mikroshear ve Mikrotensile). *SÜ Dişhek Fak Derg* 2009;18(2), 118-121.
- Palmer, D., Barco, M., & Billy, E. Temperature extremes produced orally by hot&cold liquids. *J Prosthet Dent* 1992;67(3), 325-327.
- Pamir, T., Şen, B. H., & Evcin, Ö. Effects of etching&adhesive applications on the bond strength between composite resin&glass-ionomer cements. *J Appl Oral Sci* 2012;20(6), 636-642.
- Parameswaran, A. Sturdevant's art&science of Oper Dent *J Conserv Dent* 2013;16(5), 480.
- Pashley, D. H., Sano, H., Ciucchi, B., Yoshiyama, M., & Carvalho, R. M. Adhesion testing of dentin bonding agents: a review. *Dent Mater* 1995;11(2), 117-125.
- Pashley, D. H., & Tay, F. R. Aggressiveness of contemporary self-etching adhesives: Part II: etching effects on unground enamel. *Dent Mater* 2001;17(5), 430-444.
- Pashley, E. L., Zhang, Y., Lockwood, P. E., Rueggeberg, F. A., & Pashley, D. H. Effects of HEMA on water evaporation from water-HEMA mixtures. *Dent Mater* 1998;14(1), 6-10.
- Perdigão, J. Dentin bonding -Variables related to the clinical situation&the substrate treatment. *Dent Mater* 2010; 26(2), e24-e37.
- Peumans, M., De Munck, J., Mine, A., & Van Meerbeek, B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives for the restoration of non-cariou cervical lesions. A systematic review. *Dent Mater* 2014;30(10), 1089-1103.

- Phrukkanon, S., Burrow, M. F., & Tyas, M. J. The influence of cross-sectional shape&surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater* 1998; 14(3), 212-221.
- Price, R. B., & Hall, G. C. In vitro comparison of 10-minute versus 24-hour shear bond strengths of six dentin bonding systems. *Quintessence Int* 1999;30(2).
- Rao, A., & Rao, A. Fluoride rechargability of a non-resin auto-cured glass ionomer cement from a fluoridated dentifrice: An in vitro study. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2011;29(3), 202-204.
- Reis, Loguercio, A. D., Carvalho, R. M., & Grande, R. H. M. Durability of resin dentin interfaces: effects of surface moisture&adhesive solvent component. *Dent Mater* 2004;20(7), 669-676.
- Reis, Oliveira, M. T., Giannini, M., De, M. G., & Rueggeberg, F. A. The effect of organic solvents on one-bottle adhesives' bond strength to enamel&dentin. *Oper Dent* 2003; 28(6), 700-706.
- Reis, A., Carrilho, M., Schroeder, M., Tancredo, L. L. F., & Loguercio, A. D. The influence of storage time&cutting speed on microtensile bond strength. *J Adhes Dent* 2004.
- Reis, A. F., Carrilho, M. R., Ghaname, E., Pereira, P. N., Giannini, M., Nikaido, T., & Tagami, J. Effects of water-storage on the physical&ultramorphological features of adhesives&primer/adhesive mixtures. *Dent Mater* 2010;29(6), 697-705.
- Ricketts, D. Restorative dentistry: Management of the deep carious lesion&the vital pulp dentine complex. *Br Dent J* 2001;191(11), 606.
- Rinastiti, M., Özcan, M., Siswomihardjo, W., & Busscher, H. J. Immediate repair bond strengths of microhybrid, nanohybrid&nanofilled composites after different surface treatments. *J Dent* 2010;38(1), 29-38.
- Roberson, T. Hey mann HO, Swift EJ. *Sturdvant's Art&Science of Oper Dent* 4thed. St louis Mosby 2002;237-258.
- Roberson, T., Heymann, H., & Swift, E. *Art&Science of Oper Dent*. Mosby, St: Louis 2006.
- Robinson, P., Moore, B., & Swartz, M. The effect on microleakage of interchanging dentine adhesives in two composite resin systems in vitro. *Br Dent J* 1998;164(3), 77-79.
- Rodríguez-Farre, E., Testai, E., Bruzell, E., De Jong, W., Schmalz, G., Thomsen, M., & Hensten, A. The safety of dental amalgam&alternative dental restoration materials for patients&users. *Regul Toxicol Pharmacol* 2016; 79: 108-9.

- Sai, K., Shimamura, Y., Takamizawa, T., Tsujimoto, A., Imai, A., Endo, H., Miyazaki, M. Influence of degradation conditions on dentin bonding durability of three universal adhesives. *J Dent* 2016;54, 56-61.
- Saikaew, P., Fu, J., Chowdhury, A. A., Carvalho, R. M., & Sano, H. Effect of air-blowing time&long-term storage on bond strength of universal adhesives to dentin. *Clin Oral Investig* 2018;1-7.
- Salz, U., & Bock, T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue-a review. *J Adhes Dent* 2010;12(5).
- Sampaio, P., de Almeida Júnior, A., Francisconi, L., Casas-Apayco, L., Pereira, J., Wang, L., & Atta, M. Effect of conventional&resin-modified glass-ionomer liner on dentin adhesive interface of Class I cavity walls after thermocycling. *Oper Dent* 2011;36(4), 403-413.
- Schmidt, A., Schäfer, E., & Dammaschke, T. Shear Bond Strength of Lining Materials to Calcium-silicate Cements at Different Time Intervals. *The J Adhes Dent* 2017;19(2), 129-135.
- Scholtanus, J. D., & Huysmans, M.-C. D. Clinical failure of class-II restorations of a highly viscous glass-ionomer material over a 6-year period: a retrospective study. *J Dent* 2007;35(2), 156-162.
- Sensi, L., Lopes, G., Monteiro Jr, S., Baratieri, L., & Vieira, L. Dentin bond strength of self-etching primers/adhesives. *Oper Dent* 2005;30(1), 63-68.
- Shafiei, F., & Abouheydari, M. Microleakage of class V methacrylate&silorane-based composites&nano-ionomer restorations in fluorosed teeth. *J Dent* 2015;16(2), 100.
- Shubhashini, N., Meena, N., Ashish Shetty, A. K., & Naveen, D. Finite element analysis of stress concentration in Class V restorations of four groups of restorative materials in mandibular premolar. *J Conserv Dent* 2008;11(3), 121.
- Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2002;23(8), 1819-1829.
- Sideridou, I., Tserki, V., & Papanastasiou, G. Study of water sorption, solubility&modulus of elasticity of light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials* 2003;24(4), 655-665.
- Sidhu, S. Glass-ionomer cement restorative materials: a sticky subject? *Aust Dent J* 2011;56, 23-30.

- Sidhu, S. K., & Watson, T. F. Resin-modified glass ionomer materials. A status report for the American J Dent. *Am J Dent* 1995;8(1), 59-67.
- Singh, A., Mohan, B., & Lakshminarayanan, L. In vitro pulp chamber temperature rise during composite resin polymerization with different curing lights. *Indian J Dent Res Dent Clin Dent* 2005;16(3), 92-98.
- Smith, & Martin. Acid etching of a glass ionomer cement base: SEM study. *Aust Dent J* 1990;35(3), 236-240.
- Smith, G. Surface deterioration of glass-ionomer cement during acid etching: an SEM evaluation. *Oper Dent* 1998;13(1), 3-7.
- Stangel, I., Ellis, T. H., & Sacher, E. Adhesion to tooth structure mediated by contemporary bonding systems. *Dent Clin North Am* 2005;51(3), 677-694.
- Subramaniam, P., Girish Babu, K., & Jayasurya, S. Evaluation of solubilityµleakage of glass carbomer sealant. *J Clin Pediatr Dent* 2015;39(5), 429-434.
- Sund-Levander, M., Forsberg, C., & Wahren, L. K. Normal oral, rectal, tympanic&axillary body temperature in adult men&women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sc* 2002;16(2), 122-128.
- Suzuki, S., Takamizawa, T., Imai, A., Tsujimoto, A., Sai, K., Takimoto, M., Miyazaki, M. Bond durability of universal adhesive to bovine enamel using self-etch mode. *Clin Oral Investig* 2018; 22(3), 1113-1122.
- Swift, E. J. Dentin/enamel adhesives: review of the literature. *Pediatr Dent* 2002;24(5), 456-461.
- Tezvergil, A., Lassila, L., & Vallittu, P. The shear bond strength of bidirectional&random-oriented fibre-reinforced composite to tooth structure. *J Dent* 2005;33(6), 509-516.
- Triolo Jr, P., & Swift Jr, E. Shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *Dent Mater* 1992;8(6), 370-374.
- Trushkowsky, R. The role of glass ionomers in minimally invasive restorative dentin. *Dent Today* 2005;24(4), 72-74, 76-77.
- Türkün, Ş., & Ergücü, Z. Estetik restoratif materyallerin mikrosızıntı çalışmalarında kullanılan gereç ve yöntemlerin karşılaştırılması. *Acta Odontol Turc; Cilt 21, Sayı 2 (2004);143.*
- Unemori, M., Matsuya, Y., Akashi, A., Goto, Y., & Akamine, A. Composite resin restoration&postoperative sensitivity: clinical follow-up in an undergraduate program. *J Dent* 2001;29(1), 7-13.

- Vaikuntam, J. Resin-modified glass ionomer cements (RMGICs) implications for use in Pediatr Dent. ASDC J Dent for children 1997;64(2), 131-134.
- van de Sande, F. H., Rodolpho, P. A. D. R., Basso, G. R., Patias, R., da Rosa, Q. F., Demarco, F. F., Cenci, M. S. 18-year survival of posterior composite resin restorations with&without glass ionomer cement as base. Dent Mater 2015;31(6), 669-675.
- Van Dijken, J., Kieri, C., & Carlen, M. Longevity of extensive class II open-sandwich restorations with a resin-modified glass-ionomer cement. J Dent Res Dent Clin Dent Prospects 1999;78(7), 1319-1325.
- Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., Vanherle, G. Adhesion to enamel&dentin: current status&future challenges. Oper Dent 2003;28(3), 215-235.
- Van Meerbeek, B., Inoue, S., Perdigao, J., Lambrechts, P., & Vanherle, G. Enamel&dentin adhesion 2001.
- Van Meerbeek, B., Peumans, M., Poitevin, A., Mine, A., Van Ende, A., Neves, A., & De Munck, J. Relationship between bond-strength tests&clinical outcomes. Dent Mater 2010;26(2), e100-e121.
- Van Meerbeek, B., Van Landuyt, K., De Munck, J., Hashimoto, M., Peumans, M., Lambrechts, P., Suzuki, K. Technique-sensitivity of contemporary adhesives. Dent Mater 2005;24(1), 1-13.
- Van Noort, R. Introduction to Dent Mater-E-Book: Elsevier Health Sciences 2014.
- Van Noort, R., Noroozi, S., Howard, I., & Cardew, G. A critique of bond strength measurements. J Dent 1989;17(2), 61-67.
- Wakefield, C. W., & Kofford, K. R. Advances in restorative materials. Dent Clin North Am 2001;45(1), 7-29.
- Wexler, G., & Beech, D. Bonding of a composite restorative material to etched glass ionomer cement. Aust Dent J 1988;33(4), 313-318.
- Wiegand, A., Buchalla, W., & Attin, T. Review on fluoride-releasing restorative materials fluoride release&uptake characteristics, antibacterial activity&influence on caries formation. Dent Mater 2007;23(3), 343-362.
- Wilson, A. D., & Kent, B. E. A new translucent cement for dentistry. The glass ionomer cement. Br Dent J 1972;132, 133. doi:10.1038/sj.bdj.4802810
- Woolford, M. Effect of radiant heat on the surface hardness of glass polyalkenoate (ionomer) cement. J Dent 1994;22(6), 360-363.

- Xie, D., Brantley, W., Culbertson, B., & Wang, G. Mechanical propertiesµstructures of glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2000;16(2), 129-138.
- Xu, X., & Burgess, J. O. Compressive strength, fluoride release&recharge of fluoride-releasing materials. *Biomaterials* 2003;24(14), 2451-2461.
- Yazici, A., Celik, C., Özgünaltay, G., & Dayangaç, B. Bond strength of different adhesive systems to dental hard tissues. *Oper Dent* 2007;32(2), 166-172.
- Yıkılğan, İ., Akgül, S., Kuşoğlu, A., Bala, O., Ömürlü, H., & Türköz, M. E. Farklı kaide materyali kullanımının sınıf V restorasyonların mikrosızıntısı üzerine etkisi. *Acta Odontol Turc* 2017;34(1), 31-37.
- Yoshida, Y., Nagakane, K., Fukuda, R., Nakayama, Y., Okazaki, M., Shintani, H., De Munck, J. Comparative study on adhesive performance of functional monomers. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2004;83(6), 454-458.
- Yoshida, Y., Van Meerbeek, B., Nakayama, Y., Snauwaert, J., Hellemans, L., Lambrechts, P., Wakasa, K. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2000;79(2), 709-714.
- Yoshida, Y., Yoshihara, K., Nagaoka, N., Hayakawa, S., Torii, Y., Ogawa, T.; Meerbeek, B. V. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 2012;91(4), 376-381.
- Zach, L., & Cohen, G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 1965;19(4), 515-530.
- Zainuddin, N., Karpukhina, N., Law, R. V., & Hill, R. G. Characterisation of a remineralising Glass Carbomer® ionomer cement by MAS-NMR spectroscopy. *Dent Mater* 2012;28(10), 1051-1058.
- Zhang, Y., Burrow, M., Palamara, J., & Thomas, C. Bonding to glass ionomer cements using resin-based adhesives. *Oper Dent* 2011;36(6), 618-625.
- Zoergiebel, J., & Ilie, N. Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging&storage agents. *Clin Oral Investig* 2013a;17(2), 619-626.
- Zoergiebel, J., & Ilie, N. Evaluation of a conventional glass ionomer cement with new zinc formulation: effect of coating, aging&storage agents. *Clin Oral Investig* 2013;17(2), 619-626. doi:10.1007/s00784-012-0733-1
- Zoergiebel, J., & Ilie, N. An in vitro study on the maturation of conventional glass ionomer cements&their interface to dentin. *Acta Biomater* 2013b;9(12), 9529-9537.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Şükrü Özçelik

Doğum Yeri: Yozgat

Doğum Tarihi: 29.10.1990

Medeni Hali: Bekar

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu: Atatürk İlköğretim Okulu 1997-2004 Divriği/Sivas
Kazım Ayan Anadolu Lisesi 2004-2008 Suşehri/Sivas
OMÜ Diş Hekimliği Fakültesi Lisans Eğitimi 2008-2014
OMÜ Diş Hekimliği Fakültesi Pedodonti A.D Doktora Eğitimi 2015-

E-posta: dtsukru@hotmail.com