

Kalsiyum Silikat Simanların Cam İyonomer Esaslı Materyallerle Makaslama Bağlanma Dayanımının Karşılaştırılmalı Değerlendirilmesi

Hilal Kargalı¹, Beyza Güney², Selvinaz Göksu Apaydın³, Levent Özer⁴

¹ Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ORCID: 0009-0004-5065-4130

² Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ORCID: 0009-0002-9657-5097

³ Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı & Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye

0009-0008-2563-7004

⁴ Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ORCID: 0000-0001-6820-9052

Yazarların, çalışmada ele alınan konu, kullanılan yöntemler veya materyallerle ilgili herhangi bir çıkar çatışması, finansal beklenti ya da bağlantısı bulunmamaktadır. Bu çalışma 4-7 Ekim tarihleri arasında Antalya’da yapılan 31. TPD kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuştur.

Özet

Amaç: Bu çalışmada kalsiyum silikat esaslı Mineral Trioksit Agregat (MTA) ve Biodentin materyallerinin üzerine uygulanan rezin modifiye cam iyonomer siman (RMCİS) ve geleneksel cam iyonomer siman materyalin (GCİS) makaslama bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırmalı olarak araştırılması amaçlandı. **Gereç ve Yöntemler:** MTA (n=24) ve Biodentin (n=24) materyal örnekleri, 5 mm çapındaki ve 2 mm derinliğindeki metal kalıplar kullanılarak hazırlandı ve akrilik bloklara gömüldü. Her iki materyal için hazırlanan örnekler RMCİS (Fuji II) ve GCİS (Voco Inonofil) alt gruplarına eşit (n=12) ve randomize olacak şekilde ayrıldı. Restoratif materyaller iç çapı 2 mm ve yüksekliği 2 mm olan silindir şekilli plastik tüpler aracılığıyla MTA ve Biodentin örneklerinin merkezine yerleştirildi. Makaslama bağlanma dayanım değerleri universal test cihazı ile ölçüldü ve veriler MPa cinsinden kaydedildi. Veriler Mann-Whitney U testi ile analiz edildi. İstatistiksel anlamlılık

değeri 0,05 olarak alındı. **Bulgular:** MTA üzerine uygulanan RMCİS’in makaslama bağlanma dayanım değerleri GCİS’e göre istatistiksel anlamlı farklılıkla daha yüksekti (p<0,003). Biodentin üzerine uygulanan RMCİS’in ortalama bağlanma dayanım değerleri ise, GCİS’e göre daha yüksek olmakla birlikte, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi (p=0,057). Hem RMCİS hem de GCİS kullanımında, MTA ve Biodentin arasında makaslama bağlanma dayanım değerleri bakımından anlamlı bir farklılık tespit edilmedi (sırasıyla p=0,133 ve p=0,273). **Sonuç:** Çalışmaya dahil edilen tüm bağlanma kombinasyonları özelinde, MTA üzerine uygulanan RMCİS örnekleri en yüksek makaslama bağlanma dayanımını sergiledi. Biodentin üzerine uygulanan GCİS ise en zayıf kombinasyon olarak tespit edildi. Elde edilen sonuçlar bazında, MTA ve Biodentin üzerine RMCİS uygulanmasının daha güçlü mekanik bağlanmayı sağlamış olup, klinik öneriler sunulabilmesi ve bu sonuçların doğrulanması için ileri çalışmaların uygulanması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: MTA; Biodentin; Cam iyonomer, Makaslama bağlanma dayanımı

Abstract

Objective: This study aimed to compare shear bond strength (SBS) values of resin-modified glass ionomer cement (RMGIC) and conventional glass ionomer restorative material (CGIR) applied on calcium silicate-based MTA and Biodentin materials. **Material and Methods:** MTA (n=24) and Biodentin (n=24) material samples were prepared using metal moulds with a diameter of 5 mm and a depth of 2 mm and embedded in acrylic blocks. The samples of MTA and Biodentin were randomly assigned to RMGIC (Fuji II) and CGIR (Voco Inonofil) subgroups in equal (n=12). Restorative materials were placed at the centre of MTA and Biodentin using cylindrical plastic tubes (2 mm × 2 mm). SBS values were measured using a universal testing machine and recorded in MPa. The data were analysed using the Mann-Whitney U test. Statistical significance level was set at 0.05. **Results:** SBS values of RMGIC applied to MTA were significantly higher than CGIR (p<0.003). Mean SBS values of RMGIC applied to Biodentin were higher than those of CGIR; however, this difference was not statistically significant (p=0.057). Also, no significant difference was detected in SBS values between MTA and Biodentin when using both RMGIC and CGIR (p=0.133 and p=0.273, respectively). **Conclusion:** For all combinations in the current study, RMGIC samples applied to MTA showed the highest SBS. CGIR applied to Biodentin was found as the weakest combination. Based on the results obtained, the application of RMGIC on MTA and Biodentin has provided more acceptable mechanical bonding. Further studies are recommended to confirm these results and to provide clinical recommendations.

Keywords: Biodentin, GIS, MTA, Shear Bond Strength

GİRİŞ

Kalsiyum silikat esaslı biyomateryaller, son yıllarda pulpa tedavileri ve kök ucu dolgu

işlemlerinde yaygın olarak kullanılan, biyouyumlu ve doku dostu materyaller olarak öne çıkmaktadır (1). Yüksek pH düzeylerine bağlı antibakteriyel etkileri, pulpa ve periapikal dokularda irritasyon oluşturmaksızın doku iyileşmesini desteklemeleri ve kalsiyum iyonu salınımları aracılığıyla dentin ve çevre sert dokularda mineralize doku oluşumunu artırmaları, bu materyallerin güncel endodontik klinik uygulamalarda tercih edilen biyomateryaller arasında yer almasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır (2). Bu materyaller son dönemlerde direkt ve indirekt pulpa kuafajı, pulpotomi, apeksifikasyon ve rejeneratif endodontik tedaviler gibi çok sayıda endikasyonda kullanılmaktadır (3).

Mineral trioksit agregat (MTA), kalsiyum silikat esaslı materyallerin en iyi bilinen örneklerinden biridir (4). Radyopak olması, nem varlığında sertleşebilmesi, sızdırmazlık sağlaması ve biyouyumluluğu, perforasyon tamiri, kök ucu dolgu ve pulpa kaplama işlemlerinde MTA'yı tercih edilen bir materyal haline getirmektedir. Bununla birlikte, uzun sertleşme süresi, zor manipülasyon, işlem süresini uzatması ve renklenmeye yol açabilmesi gibi dezavantajlar da klinik karar sürecinde dikkate alınması gereken faktörlerdir (5). Biodentin ise, kalsiyum silikat esaslı bir diğer biyomateryal olup, dentine benzer elastisite modülü, yüksek mekanik dayanım, daha kısa sertleşme süresi ve daha düşük renklenme potansiyeli ile MTA'ya alternatif olarak geliştirilmiştir (6).

Pulpayı da içeren restoratif tedavilerin uygulandığı dişlerde, yapılan restorasyon uzun dönem klinik başarının belirleyici bileşenlerinden biridir (7). Bu aşamada kullanılan kaide materyali; pulpa örtü materyali ile nihai restorasyon arasında bir ara tabaka oluşturarak, hem fonksiyonel yüklerin taşınmasına yardımcı olmakta hem de marjinal sızdırmazlık ve materyaller arası uyum açısından kritik rol oynamaktadır (8). Geleneksel cam iyonomer simanlar (GCİS), kimyasal bağlanma, flor salınımı ve dentinle iyi uyum gibi avantajları nedeniyle kaide materyali olarak uzun süredir kullanılmaktadır (9). Rezin modifiye cam iyonomer simanlar (RMCİS) ise, cam

iyonomer simanların kimyasal özelliklerini, rezin fazının sağladığı erken mekanik dayanım ve ışıqla polimerizasyon avantajları ile birleştirerek klinik kullanım alanını genişletmiştir (10).

Kalsiyum silikat esaslı pulpa örtü materyalleri üzerine uygulanan cam iyonomer esaslı kaide materyallerinin bağlanma özellikleri; restorasyonun marjinal sızdırmazlığı, sekonder çürük gelişimi ve restorasyonun sürekliliği üzerinde doğrudan etkili olabilir (11). Bu nedenle, MTA ve Biodentin üzerine uygulanan GCİS ve RMCİS makaslama bağlanma dayanımının değerlendirilmesi hem materyal seçimi hem de tedavi protokolünün planlanması açısından klinik önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, kalsiyum silikat esaslı iki farklı pulpa materyali olan MTA ve Biodentin üzerine uygulanan GCİS ile RMCİS makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, pulpa kapaklama materyali olarak kullanılan kalsiyum silikat esaslı MTA (Angelus, Londrina, Parana, Brazil) ve Biodentin (Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France) üzerine, kaide materyali olarak uygulanan GCİS (Ionofil®Molar/CO, Voco) ile RMCİS'in (Fuji II LC, GC, Tokyo, Japan) makaslama bağlanma dayanımını değerlendiren, laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiş deneysel bir *in vitro* araştırmadır.

Bu çalışma yalnızca ticari dental materyaller üzerinde gerçekleştirilen *in vitro* bir deneysel çalışma olduğundan, insan veya hayvan deneği içermemekte ve etik kurul onayı gerektirmemektedir.

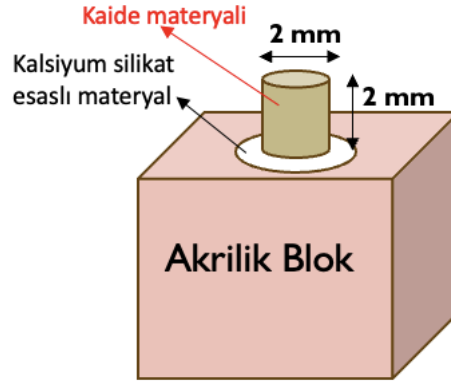
Araştırmamızda, MTA ve Biodentin yüzeylerine GCİS ve RMCİS uygulanarak dört farklı kombinasyon oluşturulmuş ve bu kombinasyonların makaslama bağlanma dayanım değerleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi amacıyla örneklem

büyükklüğü analizi yapılmıştır. Tip I hata payı (α) = 0.05, etki büyüklüğü (effect size f) = 0.4 ve test gücü ($1-\beta$) = 0,85 olarak kabul edilmiştir. Bu parametreler doğrultusunda G*Power 3.1 istatistiksel analiz programı kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda, her bir grup için 24 örnek olacak şekilde toplamda 48 adet örneğin araştırma protokolüne dahil edilmesine karar verilmiştir.

Örneklerin yarısı MTA, diğer yarısı Biodentin kullanılarak hazırlanmıştır. Her iki materyal için de 5 mm çapında ve 2 mm yüksekliğinde kalıplar kullanılmıştır. Toz ve likit oranları ile karıştırma süreleri, her bir materyal için üretici firmaların talimatlarına göre uygulanmıştır.

Hazırlanan kalsiyum silikat esaslı karışımlar, metal kalıplar içerisine yerleştirilmiş ve üretici tarafından bildirilen sertleşme süreleri tamamlanıncaya kadar uygun nem ve sıcaklık koşullarında bekletilmiştir. Sertleşme tamamlandıktan sonra, her bir silindirik blok, akrilik rezin bloklar içerisine merkezlenerek sabitlendi ve test için standart bir alt yapı oluşturuldu.

MTA ve Biodentin örneklerinin her biri iki alt gruba ayrılarak, 12 örnekten oluşan dört çalışma grubu elde edilmiştir. Bu gruplar; MTA üzerine GCİS uygulanan grup (grup 1), MTA üzerine RMCİS uygulanan grup (grup 2), biodentin üzerine GCİS uygulanan grup (grup 3) ve biodentin üzerine RMCİS uygulanan grup (grup 4) olarak belirlenmiştir. Akrilik bloklara sabitlenmiş MTA ve Biodentin yüzeylerine, iç çapı 2 mm ve yüksekliği 2 mm olan silindirik plastik tüpler yerleştirilip, bu tüpler, ilgili gruba göre ya GCİS ya da RMCİS ile doldurulmuştur. GCİS, üretici önerilerine uygun şekilde karıştırıldı ve plastik tüpler içine yerleştirildi. RMCİS ise yine üretici talimatları doğrultusunda hazırlanarak tüplere uygulandı ve yerleştirildikten sonra yirmi saniye süreyle ışıqla polimerize edildi. Böylece, her bir kalsiyum silikat esaslı yüzey üzerinde standartlaşmış bir kaide materyali silindiri elde edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Akriliğe gömülmüş örneklerin şematik gösterimi

Kaide materyallerinin yerleştirilmesini takiben tüm numuneler, makaslama bağlanma dayanım testine alınmadan önce 24 saat boyunca 37°C ve yüzde yüz nemli ortamda etüvde bekletildi.

Makaslama bağlanma dayanım ölçümleri, universal test cihazı (Instron Lloyd LRX, Lloyd Instruments, Batı Sussex, UK) kullanılarak Ankara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirildi. Her numune, cihazın örnek tutucu sistemine yerleştirildi ve yük uygulayıcı başlık, kaide materyali ile kalsiyum silikat esaslı materyalin birleşim hattına gelecek şekilde hizalandı.

Test sırasında cihazın başlığı, bağlantı yüzeyine dik olacak biçimde, dakikada 1 mm hızla hareket ettirildi. Numune üzerinde bağlanmanın kırıldığı anda kaydedilen maksimum kuvvet değeri yük olarak kaydedildi. Bu kuvvet, bağlanma yüzey alanına bölünerek her örnek için makaslama bağlanma dayanım değeri megapaskal (MPa) cinsinden hesaplandı. Elde edilen değerler, istatistiksel analiz için kaydedildi.

İstatistiksel Analiz

Çalışmada her bir alt grup 12 örnekten oluşacak şekilde toplam 48 numune değerlendirilmiştir. Elde edilen makaslama bağlanma dayanım değerlerinin dağılım özelliklerini incelemek amacıyla öncelikle

Shapiro-Wilk normallik testi uygulanmıştır. Örneklem büyüklüğünün görece küçük olması ve verilerin normal dağılım varsayımını karşılamaması nedeniyle parametrik testler yerine non-parametrik istatistiksel yöntemler tercih edilmiştir.

Kalsiyum silikat esaslı her bir materyal için (MTA ve Biodentin), kaide materyali türüne göre (GCİS ve RMCİS) makaslama bağlanma dayanım değerlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Tüm analizler IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm gruplar için ortalama, medyan, minimum ve maksimum değerler ile standart sapma tanımlayıcı istatistikler olarak raporlanmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Kalsiyum silikat esaslı materyaller üzerine uygulanan kaide materyallerinin makaslama bağlanma dayanım değerleri incelendiğinde, MTA gruplarında (grup 1, grup 2), GCİS ile RMCİS kombinasyonları karşılaştırıldığında, RMCİS siman grubunda daha yüksek makaslama bağlanma dayanım değerleri elde edilmiştir. MTA üzerine uygulanan GCİS grubunda ortalama makaslama bağlanma dayanımı 2,24 MPa olup değerler 0,75 ile 3,66 MPa arasında değişirken, RMCİS grubunda ortalama değer 4,29 MPa ve aralık 1,28 ile

8,39 MPa olarak saptanmıştır. Bu değerlere göre MTA üzerine uygulanan RMCİS grubunun bağlanma kuvveti, GCİS grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksektir ($p = 0,003$) (Tablo 1). Biodentin gruplarında (grup 3, grup 4) da benzer şekilde, RMCİS, GCİS göre daha yüksek makaslama bağlanma dayanım değerleri elde edilmiştir. Biodentin üzerine uygulanan GCİS grubunda ortalama değer 1,91 MPa (0,87–4,65 MPa), RMCİS grubunda ise 3,56 MPa (1,47–9,50 MPa) olarak hesaplanmıştır. Biodentin üzerine uygulanan RMCİS grubunun bağlanma kuvveti, GCİS grubuna göre daha yüksek olmakla birlikte, bu fark

istatistiksel olarak anlamlı sınırdadır (p = 0,057). Her iki kalsiyum silikat grubunda da RMCİS alt gruplarının daha yüksek standart sapma değerleri göstermesi, bu kombinasyonlarda bağlanma dayanımının daha geniş bir dağılım sergilediğini ortaya koymuştur (Tablo 1).

Genel olarak değerlendirildiğinde, dört kombinasyon arasında en yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı MTA + RMCİS siman grubunda, en düşük ortalama değer ise Biodentin + GCİS grubunda gözlenmiştir (Tablo 1).

		Megapascal (Mpa)					Mann-Whitney u testi			
		n	Ortalama	Medyan	Min.	Max.	SS	Sıra Ort.	U	p
MTA	GCİS	12	2,24	2,45	0,75	3,66	0,90	99,00	21	0,003
	RMCİS	12	4,29	3,83	1,28	8,39	2,07	201,00		
	Toplam	24	3,27	2,79	0,75	8,39	1,88			
BİODENTİN	GCİS	12	1,91	1,66	0,87	4,65	1,12	117,00	39	0,057
	RMCİS	12	3,56	2,61	1,47	9,50	2,83	183,00		
	Toplam	24	2,74	1,77	0,87	9,50	2,27			

Tablo 1: Kalsiyum silikat esaslı materyaller üzerine uygulanan kaide materyallerinin makaslama bağlanma dayanım değerlerinin istatistiksel analizi

Kaide materyali olarak GCİS ve RMCİS kullanıldığında MTA ve Biodentin arasındaki makaslama bağlanma dayanım değerlerinin istatistik analizine baktığımızda, MTA grubunda ortalama değer 2,24 MPa, Biodentin grubunda ise 1,91 MPa olarak bulunmuştur. RMCİS kullanıldığında ise MTA grubunda ortalama makaslama bağlanma dayanımı 4,29 MPa, Biodentin grubunda 3,56 MPa olarak belirlenmiştir. Her iki kaide materyali için de MTA ve Biodentin grupları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlılık düzeyine ulaşmamıştır ($p > 0,05$). Bu bulgular doğrultusunda gerek GCİS kullanıldığında gerek RMCİS kullanıldığında MTA ve Biodentin'e ait makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasındaki farklılıklar

istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. (Tablo 2).

TARTIŞMA

Bu in vitro çalışmada, kalsiyum silikat esaslı iki pulpa örtü materyali (MTA ve Biodentin) üzerinde iki farklı cam iyonomer esaslı kaide materyalinin makaslama bağlanma dayanımı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, her iki pulpa materyali üzerinde de rezin modifiye cam iyonomer kaidenin (RMCİS) geleneksel cam iyonomer kaideye (GCİS) göre daha yüksek bağlanma eğilimi gösterdiğini ve bu farkın özellikle MTA üzerinde belirginleştiğini ortaya koymuştur.

		Megapascal (MPa)				Mann-Whitney u testi				
		N	Ortalama	Medyan	Min.	Max.	SS	Sıra Ort.	U	p
GCİS	MTA	12	2,24	2,45	0,75	3,66	0,90	14,08	53	0,273
	BIODENTIN	12	1,91	1,66	0,87	4,65	1,12	10,92		
	Toplam	24	2,08	1,85	0,75	4,65	1,01			
RMCİS	MTA	12	4,29	3,83	1,28	8,39	2,07	14,67	46	0,133
	BIODENTIN	12	3,56	2,61	1,47	9,50	2,83	10,33		
	Toplam	24	3,93	3,35	1,28	9,50	2,45			

Tablo 2: Kaide materyali olarak GCİS ve RMCİS kullanıldığında MTA ve Biodentin arasındaki makaslama bağlanma dayanım değerlerinin istatistik analizi

Bununla birlikte, aynı kaide materyali kullanıldığında MTA ve Biodentin arasında bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark izlenmemiştir. Bu bulgular, kalsiyum silikat yüzeyine uygulanan kaide materyalinin kimyasal yapısı ve bağlanma mekanizmasının klinik restoratif protokol seçiminde belirleyici olabileceğini düşündürmektedir; aşağıda sonuçlarımız, cam iyonomerlerin kalsiyum silikat materyallerle etkileşimi, yüzey özellikleri ve olası bağlanma mekanizmaları çerçevesinde mevcut literatürle karşılaştırılarak tartışılmıştır.

MTA üzerine uygulanan kaide materyalleri açısından bakıldığında, bu çalışmada MTA, RMCİS kombinasyonu; MTA, GCİS kombinasyonuna kıyasla istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek makaslama bağlanma dayanımı sergilemiştir. Bu bulgu, MTA ile farklı cam iyonomer siman tiplerinin bağlanma etkileşimini inceleyen önceki çalışmalarla uyumludur. Yesilyurt ve ark., konvansiyonel cam iyonomer simanların MTA'ya bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, MTA üzerine uygulanan yüksek viskoziteli cam iyonomerlerin klinik olarak kabul edilebilir bağlanma değerleri sağladığını bildirmişlerdir (12). Gulati ve ark. ise, RMCİS'in MTA'ya bağlanma dayanımını incelemiş ve MTA ile RMCİS arasında 6–8 MPa düzeyinde makaslama bağlanma dayanımı değerleri rapor etmiş, kondüsyonlu ve kondüsyonsuz yüzeyler arasında anlamlı fark bulmamışlardır (13). Mevcut çalışmada ise MTA üzerine uygulanan RMCİS grubunda ortalama bağlanma dayanımı 4,29 MPa olmakla birlikte değerler 1,28–8,39 MPa

aralığında dağılım göstermiş; dolayısıyla ortalama değer Gulati ve ark.'nın bildirdiği aralığın altında kalırken, üst sınır literatürle örtüşmüştür. Bu farklılığın örneklerin olgunlaşma süresi; yüzey hazırlığı ve nem koşulları; kullanılan RMCİS'in marka, içerik farklılıkları; bağlanma alanı ve test parametreleri (başlık çapı, yükleme hızı gibi) gibi metodolojik değişkenlerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Daha yakın tarihli bir çalışmada Ergül ve ark., farklı formülasyonlardaki MTA ile hem konvansiyonel hem de RMCİS arasındaki bağlantı dayanımını karşılaştırmış ve her iki MTA formunda da RMCİS kombinasyonlarının konvansiyonel cam iyonomerlere kıyasla anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımı sağladığını bildirmişlerdir (14). Bu veriler, mevcut çalışmada MTA ile birlikte kullanıldığında RMCİS'in GCİS'e kıyasla daha güçlü bir mekanik bağlanma sağlayarak pulpa kaplama sonrası kaide seçimi açısından avantaj sunduğu yönündeki bulgularımızı destekler niteliktedir. Ayrıca, bu çalışmada elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerleri, MTA ve cam iyonomer esaslı materyaller arasındaki bağlanma etkileşimini inceleyen bahsettiğimiz *in vitro* çalışmaların bildirdiği sonuçlarla paralel nitelikte olup, farklı test protokolleri ve materyal markalarına bağlı değişkenlik nedeniyle mutlak değerler yerine genel eğilimlerin karşılaştırılması daha uygun görünmektedir.

Biodentin içeren gruplarda, RMCİS ile birlikte kullanılan örneklerin ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri CİS ile kombine edilenlere kıyasla daha yüksek bulunmuş;

ancak bu fark istatistiksel anlamlılık göstermemiştir ($p = 0,057$). Kalsiyum silikat esaslı materyaller ile cam iyonomer esaslı kaide materyaller arasındaki bağlanma etkileşimini inceleyen güncel *in vitro* çalışmalar, Biodentin ile kullanılan cam iyonomer materyalin türü, adeziv protokolü ve bekleme süresine bağlı olarak oldukça geniş bir bağlanma dayanımı aralığı bildirildiğini göstermektedir. Tulumbacı ve ark., MTA ve Biodentin üzerine kompozit, kompomer ve RMCİS uyguladıkları çalışmalarında, RMCİS kullanılan gruplarda bağlanma dayanımının her iki pulpa örtü materyalinde de diğer restoratiflere kıyasla daha düşük olduğunu, ayrıca MTA + RMCİS ile Biodentine + RMCİS kombinasyonları arasında anlamlı fark saptanmadığını bildirmiştir (15). Cantekin ve Avcı, rezin kompozit ve GCİS Biodentin üzerindeki makaslama bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, cam iyonomer simanın hem MTA hem de Biodentine üzerinde kompozitlere kıyasla belirgin şekilde daha düşük bağlanma değerleri sağladığını ve kırıkların çoğunun materyallerin birleşim yüzeyinden, yani arayüzden ayrılma şeklinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir. (16). Meharwade ve ark. ise Biodentine'i kaide materyali olarak kullandıkları *in vitro* çalışmada, rezin kompozit-Biodentin kombinasyonlarının en yüksek, RMCİS-Biodentine kombinasyonlarının orta düzeyde, GCİS-Biodentin kombinasyonlarının ise en düşük bağlanma dayanımını gösterdiğini bildirmiştir (17). Meraji ve Camilleri, dentin replasman materyali olarak kullanılan Biodentin, TheraCal LC ve Fuji IX ile kompozit rezin ve cam iyonomer siman arasındaki bağlantıyı inceledikleri çalışmalarında, özellikle Biodentin-cam iyonomer siman arayüzünde mikroskobik boşluklar oluştuğunu ve dinamik yaşlandırma sonrasında bağlanma dayanımının belirgin şekilde azaldığını göstermiştir. Bu bulgular, Biodentin ve benzer dentin replasman materyallerinin cam iyonomer simanlarla uzun dönem boyunca dayanıklı ve stabil bir bağlantı oluşturmasının güç olabileceğine işaret etmektedir. (18). Bu verilerle birlikte değerlendirildiğinde, mevcut çalışmamızda Biodentin + RMCİS kombinasyonunda gözlenen, ancak istatistiksel anlamlılık

düzeyine ulaşmayan bağlanma artışının, Biodentine ile cam iyonomer esaslı materyaller arasındaki bağlanma davranışının değişkenliği ve sınırlı örneklem büyüklüğü nedeniyle, istatistiksel gücü düşük, sınırda bir eğilim olarak düşünülebilir.

Aynı kaide materyali kullanıldığında MTA ve Biodentin gruplarının karşılaştırılması, her iki cam iyonomer tipi için de makaslama bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur. Bu bulgu, MTA ve Biodentin'in benzer kimyasal kompozisyona sahip kalsiyum silikat esaslı biyomateriyaller olarak, sertleşme sonrası yüzey özellikleri ve kalsiyum iyonu salınımı açısından yakın davranış göstermesi ile uyumludur. Kaur ve ark., MTA ve Biodentin'in fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerini karşılaştırdıkları derleme çalışmalarında, her iki materyalin de benzer şekilde yüksek pH, kalsiyum iyonu salınımı ve hidroksiapatit oluşumuna aracılık eden yüzey reaktivitesi sergilediğini bildirmişlerdir (19). Kim ve ark. ise MTA ve Biodentin'in dentinle olan arayüz özelliklerini inceledikleri mikroskobik çalışmalarında, her iki materyalin de dentin yüzeyinde mineralize bir ara tabaka ve tag benzeri yapılar oluşturduğunu göstermişlerdir (20). Bu benzer yüzey ve ara yüz özellikleri, aynı kaide materyali kullanıldığında MTA ve Biodentin arasında belirgin bir bağlanma dayanımı farkı saptanmamasını açıklayabilecek biyomateriyal temelli bir mekanizma sunmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçları, vital pulpa tedavilerinin uzun dönem başarısında koronal restorasyon kalitesi ve marjinal sızdırmazlığın kritik rol oynadığı yönündeki klinik kanıtlarla da uyumludur. Demarco ve ark., primer dişlerde pulpotomi tedavilerinin prognozunu inceledikleri çalışmalarında, başarılı olguların büyük çoğunluğunda restorasyonların klinik olarak "tatmin edici" bulunduğunu, başarısız olgularda ise anlamlı oranda restorasyon kusuru ve marjinal sızıntı varlığı tespit edildiğini bildirmişlerdir (21). Sadaf ve ark.'nın ve Cushley ve ark.'nın sistematik derlemeleri de, MTA ve Biodentin gibi biyoseramik materyallerle yapılan vital pulpa tedavilerinde yüksek klinik başarı oranlarına karşın, başarısızlıkların en sık nedenleri arasında koronal sızıntı ve

restorasyon kaynaklı problemleri vurgulamaktadır (22, 23). Bu bağlamda, pulpa örtü materyali ile kaide/restoratif materyal arasındaki bağlanmanın güçlendirilmesi, klinik uygulamada yalnızca mekanik bir parametre değil, aynı zamanda biyolojik başarının sürdürülmesi açısından da önemlidir.

Çalışmanın kısıtlılıkları göz önünde bulundurulduğunda; öncelikle, bu çalışma laboratuvar koşullarında yürütülmüş olup, oral ortamın kompleks termal, mekanik ve kimyasal streslerini yansıtan termomekanik yaşlandırma protokolleri uygulanmamıştır. Örnek sayısı her alt grup için 12 ile sınırlı olup, özellikle sınırda p değeri gösteren gruplarda (örneğin Biodentin + RMCİS) istatistiksel gücün artırılması amacıyla daha geniş örneklemli çalışmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca yalnızca belirli marka ve formülasyonda MTA, Biodentin, CİS ve RMCİS kullanılmış; farklı üreticilere ait materyaller veya yüzey hazırlama protokolleri değerlendirilmemiştir. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar kullanılan materyal kombinasyonları ve test koşulları ile sınırlı olarak yorumlanmalıdır.

Sonuç

Bu *in vitro* çalışmada, MTA ve Biodentin üzerine uygulanan GCİS ve RMCİS kaide materyallerinin makaslama bağlanma dayanımları karşılaştırılmıştır. RMCİS, her iki pulpa kapaklama materyali üzerinde GCİS'e göre daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiş; bu fark MTA grubunda istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek bağlanma dayanımı MTA + RMCİS grubunda, en düşük değer Biodentin + GCİS grubunda saptanmıştır. Aynı kaide materyali kullanıldığında MTA ve Biodentin grupları arasında anlamlı fark belirlenmemiştir. Klinik açıdan bakıldığında, özellikle vital pulpa tedavilerinde MTA kullanılan olgularda, pulpa kapaklama materyali üzerine kaide tabakası olarak RMCİS tercih edilmesi, GCİS kıyasla daha güçlü bir mekanik bağlanma sağlayabilir ve bu durum koronal sızdırmazlık ile restorasyonun sürekliliği açısından potansiyel bir avantaj oluşturabilir. Farklı marka ve formülasyonları, yaşlandırma işlemlerini ve uzun dönem klinik sonuçları

içeren daha geniş örneklemli klinik çalışmalarla bu bulguların doğrulanmasına ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Sorumlu Yazar: Selvinaz Göksu Apaydın, E-Posta: gooksuapaydin@gmail.com, Ankara Üniversitesi, Çocuk Diş Hekimliği Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

KAYNAKÇA

1. Dong X, Xu X. Bioceramics in Endodontics: Updates and Future Perspectives. *Bioengineering*. 2023; 10(3): 354.
2. Niu LN, Jiao K, Wang TD, Zhang W, Camilleri J, Bergeron BE, et al. A review of the bioactivity of hydraulic calcium silicate cements. *J Dent*. 2014; 42(5): 517-533.
3. Eskandari F, Razavian A, Hamidi R, Yousefi K, Borzou S. An Updated Review on Properties and Indications of Calcium Silicate-Based Cements in Endodontic Therapy. *Int J Dent*. 2022; 2022: 6858088.
4. Ha WN, Nicholson T, Kahler B, Walsh LJ. Mineral Trioxide Aggregate—A Review of Properties and Testing Methodologies. *Materials*. 2017; 10(11): 1261.
5. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action. *J Endod*. 2010; 36(3): 400-413.
6. Ravi H, Mahendran K, Velusamy V, Babu S. Biodentine-a review on its properties and clinical applications. *JBPR*. 2021;10.
7. Tziafas D, Smith A, Lesot H. Designing new treatment strategies in vital pulp therapy. *J Dent*. 2000; 28(2): 77-92.
8. Arandi NZ, Rabi T. Cavity bases revisited. *Clin Cosmet Investig Dent*. 2020: 305-312.
9. Sidhu SK, Nicholson JW. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. *J Funct Biomater*. 2016; 7(3): 16.
10. Croll TP, Nicholson JW. Glass ionomer cements in pediatric dentistry: review of the literature. *Pediatr Dent*. 2002; 24(5): 423-429.
11. Cushley S, Duncan H, Lappin M, Chua P, Elamin A, Clarke M, et al. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J*. 2021; 54(4): 556-571.

12. Yesilyurt C, Yildirim T, Taşdemir T, Kusgoz A. Shear bond strength of conventional glass ionomer cements bound to mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2009; 35(10): 1381-1383.
13. Gulati S, Shenoy VU, Margasahayam SV. Comparison of shear bond strength of resin-modified glass ionomer to conditioned and unconditioned mineral trioxide aggregate surface: An: in vitro: study. *Conserv Dent Endod.* 2014; 17(5): 440-443.
14. Ergül R, Aksu S, Çalışkan S, Tüloğlu N. Shear bond strength of calcium silicate-based cements to glass ionomers. *BMC Oral Health.* 2024; 24(1): 140.
15. Tulumbaci F, Almaz ME, Arikan V, Mutluay MS. Shear bond strength of different restorative materials to mineral trioxide aggregate and Biodentine. *Conserv Dent Endod.* 2017; 20(5): 292-296.
16. Cantekin K, Avci S. Evaluation of shear bond strength of two resin-based composites and glass ionomer cement to pure tricalcium silicate-based cement (Biodentine®). *J Appl Oral Sci.* 2014; 22(4): 302-306.
17. Kenchappa M, Nagaveni N, Kashetty B. Evaluation of the shear bond strength of methacrylate-based composite, resin-modified glass ionomer cement, and Fuji IX glass ionomer cement with Biodentine as a base. *CODS-J Dent.* 2021; 11(2): 40-43.
18. Meraji N, Camilleri J. Bonding over dentin replacement materials. *J Endod.* 2017; 43(8): 1343-1349.
19. Kaur M, Singh H, Dhillon JS, Batra M, Saini M. MTA versus Biodentine: review of literature with a comparative analysis. *JCDR.* 2017; 11(8): ZG01.
20. Kim JR, Nosrat A, Fouad AF. Interfacial characteristics of Biodentine and MTA with dentine in simulated body fluid. *J Dent.* 2015; 43(2): 241-247.
21. Demarco FF, Rosa MS, Tarquínio SB, Piva E. Influence of the restoration quality on the success of pulpotomy treatment: a preliminary retrospective study. *J Appl Oral Sci.* 2005; 13(1): 72-77.
22. Sadaf D. Success of Coronal Pulpotomy in Permanent Teeth with Irreversible Pulpitis: An Evidence-based Review. *Cureus.* 2020; 12(1): e6747.
23. Cushley S, Duncan HF, Lappin MJ, Chua P, Elamin AD, Clarke M, et al. Efficacy of direct pulp capping for management of cariously exposed pulps in permanent teeth: a systematic review and meta-analysis. *Int Endod J.* 2021; 54(4): 556-571.