

ANTİBAKTERİYEL ETKİNLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİYLE MODİFİYE EDİLMİŞ FARKLI TİPTEKİ CAM İYONOMER SİMANLARIN ANTİBAKTERİYEL, SİTOTOKSİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF ANTIBACTERIAL, CYTOTOXICITY AND PHYSICAL CHARACTERISATION OF MODIFIED DIFFERENT GLASS IONOMER CEMENTS WITH DEVELOPMENT OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY

¹*Muhammet YALÇIN, ²Abdulkadir ŞENGÜN, ³Uğur ARSLAN, ⁴İsmail AYDIN

¹Yrd. Doç. Dr. İnönü Üniversitesi Dış hekimliği Fakültesi Dış Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı, MALATYA.

²Prof. Dr. Kırıkkale Üniversitesi, Dış Hekimliği Fakültesi Restoratif Dış Tedavisi Anabilim Dalı, KIRIKKALE.

³Doç. Dr. Selçuk Üniversitesi, Selçuklu Tıp Fakültesi, Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı, KONYA.

⁴Prof. Dr. İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İSTANBUL.

Özet

Bu çalışmada cam iyonomer simanlar(CİS)'in antibakteriyel etkinliğin geliştirilmeye çalışılması, modifikasyonlar sırasında kullanılan bileşenlerin biyouyumluluğa ve fiziksel özellikler üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada bir resin modifiye (Fuji II LC improved) ve iki geleneksel CİS (Ketac-Molar Easymix, Fuji IX GP) olmak üzere toplam üç farklı CİS modifiye edildi. CİS'leri modifiye etmek amacıyla beş farklı kimyasal (Alüminyum Fosfat, Klorheksidin, Lityum klorid, Glutaraldehid, Kalay florid) üç farklı konsantrasyonda (% 1; % 0,5; % 0,1) ilave edildi. Toplam 45 modifiye materyalle birlikte kontrol materyali olarak modifiye edilmeyen simanlar kullanıldı. Modifiye edilen CİS'lerin antibakteriyel özelliğini değerlendirmek amacıyla çürük oluşumunda önemli rolü olan S.mutans (RSHM, 676) ve L.casei (RSHM, 900) olmak üzere iki farklı bakteri üzerinde direkt kontak testi yöntemiyle antibakteriyel etki değerlendirildi ve 12 materyalin antibakteriyel etkinliğinin artmış olduğu tespit edildi. Bu modifiye materyallerin toksisitesini (değişim olup olmadığını) tespit etmek için L 929 fare fibroblast hücrelerinin monolayer kültürlerinde MTT testi uygulandı. Antibakteriyel etkisi artan ve toksik etki göstermeyen materyaller bazı fiziksel testlere tabi tutuldu. Elde edilen veri istatistiksel olarak Mann-Whitney U-testi ($\alpha=0,05$) ile değerlendirildi.

Antibakteriyel etki gösteren modifiye materyallerden % 0,5 klorheksidin içerikli Ketac Molar, % 1 klorheksidin içerikli Ketac Molar ve % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji IX GP, L929 fare fibroblast hücrelerinde sitotoksik etkiye yol açmamıştır. Biyouyumlu olan modifiye materyallerden % 0,5 klorheksidin içerikli ketac molar en fazla mikrosertlik ve en az su emilimi değerini, % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji IX GP ise en az çözünürlük ve en az yüzey pürüzlülüğü değerini göstermiştir.

Bu çalışmada antibakteriyel etkinliği daha iyi ve aynı zamanda biyouyumluluğu ve mekanik özellikleri değişmeyen bir cam iyonomer dolgu materyali geliştirilmeye çalışıldı.

Anahtar Kelimeler: Cam iyonomer siman, antibakteriyel, sitotoksik.

Abstract

The aim of this study was to examine to try to develop the antibacterial effects of cements and the components used during modifications on biocompatibility and physical properties.

In this study; three different glass ionomer cements, a resin modified (Fuji II LC improved) and two conventional (Ketac-Molar Easymix, Fuji IX GP), have been modified. To modify glass ionomer cements, five different chemicals (Aluminium Phosphate, Chlorhexidine, Lithium Chloride, Glutaraldehyde, Stannous Fluoride) were used in three different concentrations (% 1; % 0,5; % 0,1). As a control material, the unmodified cements were used with totally 45 modified materials. To evaluate the antibacterial effect of modified glass ionomer cements, two different bacteria [S.mutans (RSHM 676) and L.casei (RSHM 9000)] that affect the formation of caries were used on these microorganisms, the antibacterial effect has been evaluated with the method of direct contact test and in conclusion of performed microbial tests, the increasings in antibacterial effects have been determined in 12 materials. Whether to find a change in toxicities of these modified materials, MTT has been performed in monolayer cultures of L929 cells. From the materials that had increased activity in microbiologic tests, ones do not show toxic effect biologically on L929 cells have been taken into the tests. The data obtained were evaluated with Mann Whitney U-test statistically.

From these modified materials that showed antibacterial effect, Ketac Molar which includes % 0,5 chlorhexidine, Ketac Molar which includes % 1 chlorhexidine and Fuji IX GP which includes % 0,5 chlorhexidine did not cause cytotoxic effect on mouse fibroblast cells. From biocompatible modified materials Ketac Molar which included % 0,5 chlorhexidine had the highest micro stiffness and the lowest water absorption value. Fuji IX GP which included % 0,5 chlorhexidine had the lowest dissolution and the lowest surface roughness values.

It has been studied to develop a glass ionomer filling material that has better antibacterial effect stable biocompatibility and mechanical properties.

Key words: Glass ionomer cement, antibacterial, cytotoxicity.

Giriş

Pulpal enflamasyonun başlıca etkenin mikroorganizmalar ve ürünleri olduğu bilinen gerçektir.¹ Dişlerdeki madde kayıpları iyi bir şekilde restore edilse dahi smear tabakası, dentin kanalı veya mine-dentin sınırındaki

residuel mikroorganizmaların proliferere olabilecekleri ve toksinlerinin pulpaya difuze olarak enfeksiyona neden olabilecekleri gösterilmiştir (Polydorou ve ark. 2006). Bu nedenle mikroorganizmaların sebep olduğu, postoperatif duyarlılık, çürük residivini ve pulpal enflamasyonu önlemek için antibakteriyel etkiye sahip restoratif materyallerin kullanımı önerilmektedir.²⁻⁴

Diş ve restorasyon ara yüzeyindeki bakteri miktarının azaltılmasının sekonder çürük ihtimalini düşürmesi beklenir. Bu durum antibakteriyel etkinliği yüksek ve remineralizyon potansiyeli olan materyaller ile mümkündür.⁵⁻⁷

Çürük riski yüksek hastalarda çürük önleyici restoratif materyallerin kullanılmaları

*İletişim Adresi

Dr. Muhammet YALÇIN
İnönü Üniversitesi
Dış hekimliği Fakültesi
Dış Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı
kampüs/Malatya

Tel: 0422 341 01 06-64 02
e-mail: dt.muhammet@hotmail.com

gerekmektedir. Şu an mevcut olan çürük önleyici materyaller florid veya faydalı iyon salınımı yapabilen smart materyallerden hibrit ionomerler, kompomerler, Cam iyonomer simanlar(CİS) dir.⁸

CİS'lerin potansiyel karyostatik etkileri, florid salınımı ve antibakteriyel aktiviteleri gibi özelliklere sahip olmaları bu materyalleri avantajlı hale getirmiştir.⁹

CİS'ler diğer restoratif materyallere alternatif olarak süt dişlerinde en sık kullanılan materyallerdir. Cam iyonomer restoratif materyali mine ve dentine kimyasal adezyon, dentin dokusundan minimal miktarda kaldırma, potansiyel çürüğe karşı florid salınımı, iyi biouyumluluğu ve diş rengine benzerliği gibi önemli özelliklere sahiptir.⁹⁻¹¹ Fakat bunların yanında sertleşmenin erken döneminde neme karşı hassasiyet ve erken dönemlerde dehidratasyon, düşük kırılma dayanımı ve aşınmaya karşı düşük direnç gibi dezavantajları vardır. Ayrıca rezin kompozitlerle ve amalgamla karşılaştırıldığında okluzal kuvvetlere karşı daha düşük kırılma dayanımı gösterirler.¹⁰⁻¹² CİS'ler dezavantajlarından dolayı dişhekimliğinde hala ideal bir restoratif materyal olarak kullanılamamaktadır. Bu amaçla CİS'lerin hem fiziksel hem de antibakteriyel özelliklerini iyileştirmek amacıyla değişik formülasyonlar geliştirilmektedir.

Son zamanlarda kompozit rezinler, akrilik rezinler, klorheksidin eklenmiş CİS'ler ve dörtlü amonyum bileşikler gibi modifiye dolgu materyalleri incelenmiştir.¹³⁻¹⁵ Ayrıca antiseptik ajanlar, antibakteriyel bir restoratif materyal elde etmek için CİS'la kombinasyon içinde kullanılma potansiyeline sahiptirler.¹⁶ Yine de restoratif maddelere antibakteriyel ajanların eklenmesi sıklıkla ya toksisiteye ya da fiziksel özelliklerin değişimi ile sonuçlanır. Türkün ve ark (2008) tarafından klorheksidin dihidrokloride ve klorheksidin diasetat içeren CİS'lerin, materyallerin fiziksel özelliklerinden önemli ölçüde taviz vermeksizin antibakteriyel etkiyi arttırabildikleri iddia edilmiştir.

Restoratif materyalin antibakteriyel etkisi önemli bir özelliktir. Sadece sekonder çürük oluşumunu engellemekle kalmaz mikroorganizmaların metabolizmalarını da etkiler. Ayrıca bakteri büyümesini azaltır hatta durdurur. Bu yüzden CİS'lerin yapısında yer alabilecek antibakteriyel etkili maddeler incelenmekte ve bazı iyonların kimyasal etkisi hakkında daha detaylı incelemeler

yapılmaktadır.¹⁷ Çalışmamızda da kalay florid, klorheksidin, gluteraldehid, lityum klorid ve alüminyum fosfat ile modifiye edilmiş CİS'lerin antibakteriyel etkinliklerinin değişip değişmediği incelenmiştir.

Bu çalışmada konservatif tedavide kullanılan geleneksel ve rezin modifiye CİS'lerin içerisine değişik oranlarda antibakteriyel ajanlar eklenerek CİS'lerin antibakteriyel etkinliğin geliştirilmeye çalışılması, modifikasyonlar sırasında kullanılan bileşenlerin biouyumluluğu değiştirip değiştirmediğinin belirlenmesi ve ilave edilen bu antibakteriyel ajanların CİS'lerin mekanik özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma dört aşamada gerçekleştirildi:

- CİS'lerin modifiye edilmesi
- Modifiye edilen CİS'lerin antibakteriyel etkilerinin değerlendirilmesi
- Antibakteriyel etki gösteren CİS'lerin sitotoksitelerinin değerlendirilmesi
- Sitotoksik etki göstermeyen CİS'lerin mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi

Cam İyonomer Simanların Modifiye Edilmesi

Bu aşamada bir resin modifiye ve iki geleneksel CİS olmak üzere toplam üç farklı CİS modifiye edildi (Tablo 1).

CİS	Tipi	İçerik	Üretici Firma	Lot no
Ketac-Molar Easymix	Geleneksel	Poly(co-acrylic acid, maleic acid), tartaric acid, H ₂ O, Ca-Al-F-silicate glass	3M/ESPE GmbH, Seefeld, Almanya	343723
Fuji IX GP	Geleneksel	Fluoroaluminium silicate, glass, polyacrylic acid, polybasic carboxylic acid	GC International, Tokyo, Japonya	0701191
Fuji II LC improved	Resin modifiye	Polyacrylic acid, HEMA, H ₂ O, triethylene glycol dimethacrylate, Ca-Al-F-silicate glass	GC International, Tokyo, Japonya	0605161

Tablo 1: Bu Çalışmada Kullanılan CİS'ler

CİS'lerin modifiye edilmesi işlemi
İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,

Kimya Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirildi. CİS'leri modifiye etmek amacıyla beş farklı kimyasal üç farklı konsantrasyonda (% 1; % 0,5; % 0,1) kullanıldı (Tablo 2).

MATERYAL	KATALOG NO	ÜRETİCİ FIRMA
Alüminyum Fosfat	34,145-2	Aldrich, Sigma –Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya
Klorheksidin	C9394	Sigma –Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya
Lityum klorid	73036	Fluka analytical, Sigma –Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya
Glutaraldehid	34,085-5	Sigma –Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya
Kalay florid	334626	Aldrich, Sigma –Aldrich Chemie GmbH, Steinheim, Almanya

Tablo 2: CİS'lerin modifikasyonunda kullanılan materyaller

Çalışmada kullanılan kimyasallar ağırlıkça yüzde olarak hesaplanarak CİS'lerin içerisine katıldı (Tablo 3).

İçerik	Fuji IX GP			Ketac-Molar Easy mix			Fuji III LC Improved		
	Toz:15gr	Likit:8gr	Toz:15gr	Likit:8gr	Toz:12,5g	Likit: 8.5ml			
Kalay florid (toz)	0.19gr	0.075gr	0.019gr	0.16gr	0.077gr	0.016gr	0.2gr	0.1gr	0.02gr
Alüminyum Fosfat(toz)	0.19gr	0.075gr	0.019gr	0.16gr	0.077gr	0.016gr	0.2gr	0.1gr	0.02gr
Klorheksidin (sıvı)	2.39gr 2.254ml	1gr 0.943ml	0.19gr 0.179ml	3.8gr 3.585ml	1.6gr 1.509ml	0.28gr 0.264ml	2gr 1.886ml	0.9gr 0.849ml	0.17gr 0.160ml
Lityum klorür(toz)	0.19gr	0.075gr	0.019gr	0.16gr	0.077gr	0.016gr	0.2gr	0.1gr	0.02gr
Glutaraldehid (sıvı)	0.8gr 0.723ml	0.4gr 0.362ml	0.08gr 0.072ml	1gr 0.904ml	0.5gr 0.452ml	0.1gr 0.090ml	0.7gr 0.652ml	0.4gr 0.361ml	0.07gr 0.063ml

Tablo 3: Kullanılan Kimyasalların Ağırlıkça Yüzde ve Miktarları

Ağırlıkça yüzde olarak hesaplanan toz kimyasallar hassas terazide (Precisa XB 220A, Precisa Instruments Ltd.,Dietikon, İsviçre) tartılarak CİS'lerin toz kısmına, sıvı kimyasallar ise mikropipetler vasıtasıyla CİS'lerin likid kısmına ilave edildi .

Modifiye Edilen Cam İyonomer Simanların Antibakteriyel Etkilerinin Değerlendirilmesi (Direkt Kontakt Testi)

Bu test Selçuk Üniversitesi Selçuklu Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji laboratuvarında gerçekleştirildi.

Modifiye edilen CİS'lerin antibakteriyel özelliğini değerlendirmek amacıyla çürük oluşumunda önemli rolü olan;

a) *S.mutans* (Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi, 676)

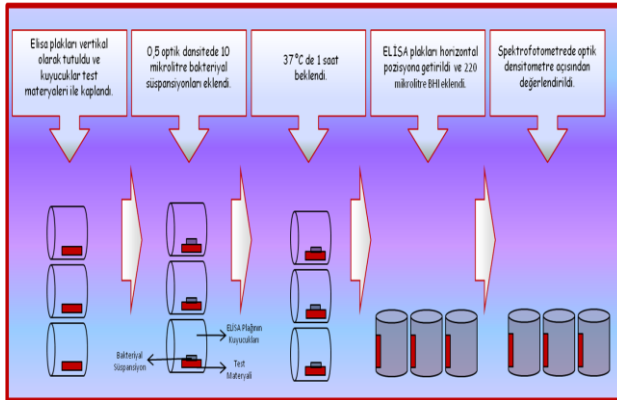
b) *L.casei* (Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi, 900)

olmak üzere iki farklı bakteri kullanıldı. Bu bakteriler üzerinde DKT yöntemiyle antibakteriyel etki değerlendirildi. Bu test metodunda modifiye edilmiş farklı tipteki CİS'lerin, bakteriler ile direkt teması sağlandı. Daha sonra spektrofotometre cihazında ölçümler yapılarak bu materyallerin bakteriyel büyüme üzerine etkisi araştırıldı.

Direkt Kontakt Testi (DKT)

ELİSA plakları vertikal olarak tutuldu ve kuyucukların yan yüzeyleri üretici firma tavsiyelerine göre karıştırılan test materyalleri ile kaplandı. Her örnek 8' er kuyucuğa uygulandı. Rezin modifiye CİS'in LED ışık kaynağı (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ile polimerizasyonu sağlandı. Aynı işlemler gerçekleştirilerek yaşlandırılacak örnekler için de ayrı bir ELİSA plağı hazırlandı. Bu çalışmada kullanılan test mikroorganizmaları olan *S.mutans* % 5' lik koyun kanlı agarı (Oxoid, New Jersey, ABD), *L.casei* ise MRS Agar (Merck, Darmstadt, Almanya) besi yerine ekilerek 18 saatlik inkübasyon sonucu elde edilen taze kültürleri kullanıldı. Bu kültürler, Triptik Soy Broth (TSB, Oxoid, New Jersey, ABD) içeren tüplere alınarak, yoğunluk 650 nm dalga boyunda 0,5 optik dansitede olacak şekilde ayarlandı ve DKT için bu yoğunlukta hazırlanan bakteri süspansiyonu kullanıldı. DKT Weiss ve ark (1996) göre yapıldı. 96 kuyucuklu steril ELİSA plakları kullanılarak bakteriyel büyüme tespit edildi. ELİSA plaklarına uygulanan test materyalleri üzerine mikropipet yardımı ile 0,5 optik dansitede 10 mikrolitre bakteriyel süspansiyonları eklendi. Bakteriyel süspansiyon likitinin buharlaşması için 37 °C de 1 saat beklendi. ELİSA plakları horizontal

pozisyona getirildi. Bakteri ile direkt teması sağlanan test materyallerinin bulunduğu kuyucuklara mikropipet kullanımı ile 220 mikrolitre Brain Heart infuzyon broth (BHI) (Oxoid, New Jersey, ABD) eklendi. Toplam 16 saat olmak üzere her yarım saatte bir olmak üzere spektrofotometrede 650 nm dalga boyu kullanılarak ölçüm yapıldı. Bakteri gelişim kinetigi spektrofotometrede (μ quant, Bio-Tek Instruments Inc., Winooski VT, ABD) 650 nm dalga boyunda optik densitometre açısından değerlendirildi (Şekil 1).



Şekil 1: Direkt Kontakt Test Yönteminin Uygulanması

Yaşlandırma işlemi için hazırlanan 96 kuyucuklu steril ELISA plaklarına yerleştirilen materyallerin üzerine 220 μ l Dulbecco's Phosphate Buffer Saline (PBS) (Sigma, Steinhelm, Almanya) koyulup iki günde bir PBS değiştirilerek materyaller 1 hafta boyunca yaşlandırıldı ve direkt kontakt testi tekrar uygulandı. Materyallerin arasındaki farklılıkları değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi yapıldı. Yapılan homojenite testinde varyanslar homojen olmadığı için tek yönlü varyans analizinde, Post Hoc test olarak, Tamhane's T2 testi uygulandı.

Antibakteriyel Etki Gösteren Cam İyonomer Simanların Sitotoksitesilerinin Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen mikrobiyal testler sonucunda 12 materyalin antibakteriyel etkinliğinin artmış olduğu tespit edildi (Tablo 4). Bu modifiye materyallerin toksitesinde bir değişim olup olmadığını tespit etmek için L929 hücrelerinin monolayer kültürlerinde çalışıldı.

Antibakteriyel test örneklerin sitotoksitesilerinin değerlendirilmesi işlemi

Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi bünyesinde yapılandırılan hücre kültürü laboratuvarında gerçekleştirildi. Antibakteriyel etki gösteren CİS'lerin sitotoksitesilerinin değerlendirilmesi için MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide) testi uygulandı. Sitotoksitesite testinde kullanılacak olan L 929 fare fibroblast hücreleri (L929 / An1Mouse C3 / An connective tissue (Fare), 92123004, Ankara, Türkiye) Şap Enstitüsünden elde edildi. Hücreler deneylerde kullanılmak üzere Pasaj 14' e kadar % 10'luk hazırlanan medium ile (500 ml Bazal Medium Eagle (Biolog. Inds., Haemek, İsrail), 50 ml fetal bovine serum (FBS) (Biochrom AG, Berlin, Almanya) 5ml Penisilin-Streptomisin (Gibco, Carlsbad, ABD) idame edildi.

ANTİMİKROBİYAL ETKİ GÖSTEREN TEST MATERYALLERİ

- 1) Ketac Molar% 0,5 klorheksidin
- 2) Ketac Molar% 1 klorheksidin
- 3) Ketac Molar% 1 gluteraldehid
- 4) Ketac Molar% 1 kalay florid
- 5) Fuji IX GP % 0,5 klorheksidin
- 6) Fuji IX GP % 1 klorheksidin
- 7) Fuji IX GP % 1 gluteraldehid
- 8) Fuji IX % 1 kalay florid
- 9) Fuji II LC % 0,5 klorheksidin
- 10) Fuji II LC % 1 klorheksidin
- 11) Fuji II LC % 1 gluteraldehid
- 12) Fuji II LC % 1 kalay florid

Tablo 4: Antibakteriyel etkinliğinin artmış olduğu tespit edilen modifiye test materyalleri

Hücre kültürlerinin devamlılığını sağlamak amacıyla besi ortamları haftada üç kez değiştirildi. Modifiye materyaller mikrobiyolojik testlerde kullanıldığı şekilde aynı antibakteriyel kimyasallar kullanılarak taze olarak hazırlandı. Araştırmada materyaller üretici firmanın talimatları doğrultusunda steril ortamda 5mm çapında, 2,5 mm kalınlığında standart teflon halkalar içine yerleştirildi. Işıkla sertleşen örneklerin polimerizasyonu için LED polimerizasyon cihazı (Bluephase, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) kullanıldı. MTT testinde her materyalden L 929 fare fibroblast hücreleri için ayrı ayrı olmak üzere her bir test için 4'er adet örnek hazırlandı. Örnekler 24 saat % 10' luk hazırlanan medium (500 ml Bazal Medium Eagle (Biolog. Inds.,

Haemek, İsrail), 50 ml fetal bovine serum (FBS) (Biochrom AG, Berlin, Almanya) 5ml Penisilin-Streptomisin (Gibco, Carlsbad, ABD) içeren 7 ml kültür ortamında steril tüpler içinde saklandı. Hücreler kültür kabında yoğunluğu % 80'e ulaştığında deney için kullanıldı. Hücre kültür kabının yüzeyine tutunmuş olan hücrelerin üzerindeki kültür ortamı aspire edildi. Ardından 2 ml tripsin/EDTA (Biolog. Inds., Haemek, İsrail) ile yıkandı ve aspire edildi. Daha sonra hücreler üzerine 2 ml tripsin/EDTA ilave edilerek 5 dk inkübatörde bekletildi. Tripsin/EDTA'nın etkisi ile hücreler yüzeyden kalktıktan sonra tripsin'in etkisini durdurmak amacıyla, ortama 50 ml serum içeren medium ilave edildi. Hücreler steril bir tüp içerisine toplandı ve santrifüj cihazıyla (Hettlich Zentrifüger, Tutlingen, Almanya) santrifüj edilerek enzimler uzaklaştırıldı. Ardından hücreler üzerine tekrar 10 ml medium ilave edilerek pipetaj yapıldı. Daha sonra ml'deki hücre sayısı hesaplandı. L 929 fare fibroblast hücrelerinden her yuvacıkta 200 µl kültür ortamı içinde 5×10^3 hücre süspansiyonu hazırlanarak 96 kuyucuklu hücre kültürü kabına aktarıldı, üzerine hücre ve materyal adı yazılarak ve 24 saat boyunca 37°C 'de % 5 CO_2 'li ortamda inkübe edildi. Her bir örnek için 12 kuyucuk kullanıldı. Hücrelerin kültür ortamı 24 saat sonra uzaklaştırılarak her konsantrasyondan 200 µl materyal ekstraktı içeren kültür ortamı ilave edildi. Negatif kontrol grubu olarak hücrelere sadece serum içeren kültür ortamı ilave edildi. MTT testi için 24 saat inkubasyon sonunda hücreler üzerinden materyal ekstraktı içeren besi ortamları uzaklaştırıldı. Artık partikülleri uzaklaştırmak amacıyla 200 µl PBS (Sigma, Steinheim, Almanya) ile hücreler yıkandı. Daha sonra her well'e karanlık ortamda 0,5 mg/ml lik hazırlanan MTT (Sigma Aldrich, Taufkirchen, Almanya) solüsyonundan 200 µl eklenerek inkübatörde (37°C de, % 5 CO_2) 2 saat inkübe edildi. İki saat sonra metil tetrazolyum solüsyonu uzaklaştırılarak 200 µl dimetil sulfoksit eklenerek karanlık ortamda 30 dk. çalkalandı. Daha sonra 96 kuyucuklu hücre kültür kabı ELİSA reader (µquant, Bio-Tek Instruments, Inc., Winooski, VT, ABD) ile 540 nm dalga boyunda okutuldu. Test iki kez tekrarlandı. Deney grupları ile kontrol grubu canlılık yüzdeleri arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi ($\alpha=0,05$) yapılarak, istatistiksel olarak değerlendirildi. Canlılık yüzdeleri üzerinde yapılan homojenite testinde varyansları

homojen olmadığı için tek yönlü varyans analizinde Post Hoc test olarak Tamhane's T2 testi uygulandı.

Sitotoksik Etki Göstermeyen Cam İyonomer Simanların Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Mikrobiyolojik testlerde antibakteriyel etkisi artan materyallerden, biyolojik olarak L929 hücreleri üzerinde toksik etki göstermeyenleri bazı fiziksel testlere tabi tutuldu (Tablo 5).

TOKSİK ETKİ GÖSTERMEYEN TEST MATERYALLERİ

- 1) Ketac Molar% 0,5 klorhekzidin
- 2) Ketac Molar% 1 klorhekzidin
- 3) Fuji IX GP % 0,5 Klorhekzidin

Tablo 5: Toksik etki göstermeyen test materyalleri

Basma Dayanımı (Compressive Strength) Testi

Basma dayanımı için ölçülecek test materyallerinden standart boyutlarda siman örnekleri elde edebilmek amacıyla torna atölyesinde 4 mm çapında 8 mm uzunluğunda paslanmaz çelik silindirik kalıplar hazırlandı. Tüm gruplardan 10'ar adet siman örneği hazırlandı ve toplam 50 adet siman örneği elde edildi. Basma dayanımı testi, Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi Laboratuvarında bulunan Instron cihazı (Elista 2500, İstanbul, Türkiye) kullanılarak, siman örneklerinin uzun eksenini boyunca (1.00 ± 0.05) mm/dak hızla yapıldı. Materyalin kesitlere ayrıldığı andaki kuvveti materyalin Compressive Strength değeri olarak belirlendi ve şu formülle hesaplandı;

$$CS = P / \pi r^2$$

P= uygulanan kuvvet r = silindir örneğin yarıçapı

Materyallerin kontrol grubuyla ve birbirleriyle arasındaki farklar Mann-Whitney U-testi ($\alpha=0,05$) ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Su Emilimi ve Çözünürlük Testi

Su emilimi ve çözünürlük testi için ölçülecek test materyallerinden standart

boyutlarda siman örnekleri elde edebilmek amacıyla 15 mm çapında 1 mm kalınlığında teflon halka kalıplar hazırlandı. Materyaller, oda sıcaklığında karıştırılarak kalıbın içine yerleştirildi, kalıbın üst yüzeyine siman camı yerleştirilerek fazlalıkların taşması sağlandı. Her bir test materyali için 10 örnek olacak şekilde toplam 50 örnek hazırlandı. Ardından içeriklerindeki suyun tamamen buharlaştırılması için tüm örnekler 37°C'de 24 saat boyunca desikatörde kurutuldu. Örnekler desikatörde kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide (Precisa XB 220A, Precisa Instruments Ltd., Dietikon, İsviçre) ölçülerek, sabit kütle ağırlıkları mikrogram (μg) cinsinden ve "M1" olarak belirlendi. Ardından her bir örnek, içerisinde distile su bulunan ve örneğin bütün yüzeylerine suyun temas etmesi için ortodontik tellerle desteklenmiş olan 12 kuyucuklu kaba yerleştirildi. Distile su içerisine konan siman örnekleri, (37±1) °C inkübatörde 24 saat süre ile bekletildi. 24 saat sonra inkübatörden çıkarılan siman örnekleri peçete yardımıyla hafif bir şekilde kurulandı. 24 saat sonra sudan çıkarılan örnekler tekrar ölçüldü ve ağırlıkları mikrogram (μg) cinsinden ve "M2" olarak belirlendi. Sabit kütle ağırlıklarını tekrar kazanmaları için desikatörde 24 saat boyunca yeniden bekletilen örnekler, bir kez daha ölçüldü ve ağırlıkları "M3" olarak kaydedildi. Örneklerin hacimleri; merkez çaplarına ve kalınlıklarına göre milimetreküp (mm^3) cinsinden hesaplandıktan sonra, örneklerin su emilimi (Se) ve suda çözünürlük (Sç) değerleri, aşağıda gösterilen denklem yardımıyla $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ olacak şekilde hesaplandı.

$$\text{Se}(\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{\text{M2}(\mu\text{g}) - \text{M3}(\mu\text{g})}{\text{V}(\text{mm}^3)}$$

$$\text{Sç}(\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{\text{M1}(\mu\text{g}) - \text{M3}(\mu\text{g})}{\text{V}(\text{mm}^3)}$$

M1= Desikatörde kurutulan örneklerin suda bekletilmeden önceki ağırlıkları, (μg).

M2= 24 saat suda bekletilmeyi takiben örneklerin ağırlıkları, (μg).

M3= Örneklerin ikinci kez kurutulduktan sonraki ağırlıkları, (μg).

Örnek hacmi= Merkez çaplarına ve kalınlıklarına göre hesaplanan hacimleri (mm^3).

Materyallerin kontrol grubuyla ve birbirleriyle arasındaki farklar Mann-Whitney U-testi ($\alpha=0,05$) ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Yüzey Pürüzlülüğü Testi

Yüzey Pürüzlülüğü Testi için her bir materyalden üretici firma talimatlarına göre 2 mm yüksekliğinde ve 8 mm çapında yuvarlak kalıplar içerisinde 10 adet örnek hazırlandı. Örneklerin yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülük cihazı (Computerize Roughness Tester, Mitutoyo, Japonya) ile ölçüldü. Her örneğin ölçümü yapılarak, ortalama ve standart sapma Ra cinsinden tespit edildi. Ra parametresi bir yüzeyin baştan başa pürüzlülüğünü niteler ve belirli bir ölçüm aralığında çizilen bir hattın pürüzlülük profilinin, bütün mutlak uzaklığının aritmetik ortalama değeri olarak tarif edilebilir. Materyallerin kontrol grubuyla ve birbirleriyle arasındaki farklar Mann-Whitney U-testi ($\alpha=0,05$) ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Yüzey Mikro Sertliği Testi (VHN)

Yüzey Mikro Sertliği Testi için her bir materyalden üretici firma talimatlarına göre 2 mm yüksekliğinde ve 8 mm çapında yuvarlak kalıplar içerisinde 10 adet örnek hazırlandı. Materyaller sertleştikten sonra kalıptan çıkarılarak distile su içerisine yerleştirildi. Distile su içerisine konan siman örnekleri (37±1) °C'lik inkübatörde (EN 120, Konya, Türkiye) 24 saat süre ile bekletildi. Örneklerin yüzey mikro sertliği, oda sıcaklığında (23°C) 15 saniye 100 gr yük uygulanarak Vicker's sertlik ölçüm cihazında (Matsuzawa Seiki Co. Ltd. MHTZ, Tokyo, Japonya) ölçüldü. Her örnekten elde edilen ölçümlere karşılık gelen sertlik değerleri Vicker's sertlik ölçüm cetvelinden belirlendi. Elde edilen veriler Microsoft Office Excel 2003 programında kaydedildi.

BULGULAR

Modifikasyon materyallerinin CİS'lerin üzerine antibakteriyel etkisi açısından CİS'ler arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. Modifiye materyallerden sadece 12 tanesi CİS'lerin antibakteriyel etkisini arttırmıştır (Tablo 4). Antibakteriyel etkinliği arttıran modifiye materyallerden de sadece 3 tanesinin

biyouyumlu olduğu sonucuna varılmıştır (Tablo 5,6). Rezin modifiye CİS olan Fuji II LC tüm konsantrasyonlarda antibakteriyel etki göstermiştir.

Test Materyalleri	Ort. (%)	± S.S	Kontrol Grubuyla İstatistiksel Fark
Kontrol	100,01	± 9,36	
Ketac Molar% 0,5 klorheksidin	95,25	± 9,13	FY
Ketac Molar% 1 klorheksidin	94,14	± 6,69	FY
Ketac Molar% 1 gluteraldehid	81,91	± 7,65	*
Ketac Molar% 1 kalay florid	75,27	± 13,38	*
Fuji IX GP % 0,5 klorheksidin	94,31	± 7,44	FY
Fuji IX GP % 1 klorheksidin	81,74	± 9,67	*
Fuji IX GP % 1 gluteraldehid	59,82	± 10,03	*
Fuji IX % 1 kalay florid	41,11	± 13,79	*
Fuji II LC % 0,5 klorheksidin	61,94	± 12,59	*
Fuji II LC % 1 klorheksidin	57,92	± 10,24	*
Fuji II LC % 1 gluteraldehid	32,78	± 18,31	*
Fuji II LC % 1 kalay florid	53,35	± 6,33	*

FY: İstatistiksel olarak fark yok (p>0,05)

*İstatistiksel olarak fark var (p<0,05)

Tablo 6: Test materyallerine maruz bırakılan L929 fare fibroblast hücrelerinin canlılık yüzdelerinin ortalama ve standart sapmaları (Ort. ± S.S)

CİS'leri modifiye etmek için kullanılan materyallerin % 0,1' lik konsantrasyonunda CİS'lerin antibakteriyel etkisinde herhangi bir değişim olmamıştır. Optimal düzeyde antibakteriyel etkiye ilave olarak biyolojik olarak uyumlu ve mekanik olarak güçlü materyaller elde etmek için modifikasyon materyallerinden klorheksidin % 0,5' lik konsantrasyonu yeterli bulunmuştur. Gluteraldehid için bu noktada antibakteriyel etkinliğe katkısı saptanırken toksik özellikleri arttırmıştır. Kalay florid de aynı şekilde antibakteriyel etkinliği güçlendirirken biyolojik olarak sitotoksik etki göstermiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada diş hekimliği marketlerinde bulunan ve diğer materyaller içerisinde nispeten daha iyi fiziksel özelliklere sahip CİS'lerin antibakteriyel özelliklerini arttırmak için çeşitli modifikasyonlar yapılarak materyallerin antibakteriyel, sitotoksikite ve mekanik özelliklerinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Son yıllarda yüksek dayanımlı geleneksel CİS'ler geliştirilmiştir. Bu CİS'ler özellikle çocuklarda ve yaşlılarda kullanımı kolay olduğu için popülerite kazanmıştır. Fuji IX

ve Ketac-Molar bu CİS'lerin en önemli örneklerindedir. Bu materyallerin dayanımı ve uzun ömürlülük potansiyelinin hibrit iyonomerlere ve kompomerlere eşit olması beklenmemelidir. Fakat bu materyaller hastaların restoratif ihtiyaçlarını tatmin etmektedir.⁸

Bu çalışmada da diğer CİS'lere kıyasla daha iyi mekanik ve fiziksel özelliklerine sahip materyaller olan Fuji II LC, Fuji IX ve Ketac-Molar kullanılmıştır.

Bu çalışmada CİS'lere antibakteriyel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla % 0,1;0,5 ve 1 oranında gluteraldehid, klorheksidin, lityum klorid, kalay florid ve alüminyum fosfat ilave edilerek modifikasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uzun dönem antibakteriyel aktivite bakteri ve siman arasındaki DKT ile ölçülebilir. Oysa Agar Difüzyon Testi'nde simandan antibakteriyel komponentin difüzyonunun olamayacağı düşünülmektedir.¹⁸

Nisbeten yeni bir metot olan DKT, bakterilerin yaşabilme ve büyüme oranı hakkında bilgi sağlamaktadır. DKT antimikrobiyal komponentlerin difüzyon olabilmeye ve çözünebilmelerine göre, test materyali ve monolayer mikroorganizma arasındaki direkt kontak etkisini ölçmek için dizayn edilmiştir.¹⁹

Bu amaçla bu çalışmada modifiye materyallerin antibakteriyel özelliklerinin test edilmesi amacıyla bakterilerle direkt temasın sağlandığı DKT yöntemi uygulanmıştır.

Davidovich ve arkadaşları (2007)³ yaptıkları çalışmada 3 farklı CİS (Fuji Plus, Fuji IX GP, Ketac Molar) ve ZOE nin antibakteriyel özelliklerini DKT yöntemiyle karşılaştırmıştır. Bu çalışmada test materyallerinin hem taze hem de bir hafta yaşlandırılmış örnekleri kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre taze örnekler yaşlandırılmış örneklerle kıyasla daha fazla antibakteriyel etki göstermiştir. Bu durumu 48 saat sonunda PBS içerisinde çözünen florid iyonlarının salınması ile açıklamışlardır.

Çalışmamızda modifiye edilmiş CİS'lerden % 0,5 klorheksidin içerikli Ketac Molar' ın, % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji IX GP' nin ve % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji II LC'nin taze örneklerinde antibakteriyel etki görülürken PBS içerisinde bir hafta yaşlandırılmış örneklerinde antibakteriyel etkiye rastlanmamıştır. Bu durum modifiye edilmiş materyallerin PBS içerisinde çözünmesine bağlı oluşmuş olabilir. Klorheksidin etkisinin uzun süreli olabilmesi için daha yüksek

konsantrasyonlarda ilave etmek gerekebilir. Ancak % 0,5' ten daha yüksek konsantrasyonların da toksisiteye yol açabileceği göz ardı edilmemelidir.

Kompozit rezin restorasyonların etrafında geniş çürük lezyonların gelişmesinin nedeni olarak florid salınım yetersizliği ve antibakteriyel özelliklerinin düşük olmasına bağlanmıştır.²⁰ Materyallere ilave edilen florid miktarı artırılarak antibakteriyel özellik geliştirilebilir. Fakat ilave edilen bu miktarın materyalin biyoyumluluğunu ve/veya mekanik özelliklerini değiştirmemesi gerekir.

Çalışmamızda daha önceki yapılan çalışmalara paralel olarak CİS'ler % 0,1, % 0,5 ve % 1 oranında klorheksidin diglukanat solüsyon ile modifiye edilmiş ve bu modifiye materyallerin antibakteriyel, sitotoksik, fiziksel ve mekanik özellikleri test edilmiştir. Takahashi ve ark (2006) % 1' lik klorheksidin diasetatı önermelerine karşın mevcut çalışmada bu konsantrasyonun toksik etkiler oluşturabileceği saptanmıştır.

Geleneksel CİS'lere klorheksidin ilave edilerek antibakteriyel etkisinin artırılabilirliği düşünülmektedir. Antimikrobiyal aktivite CİS'lere eklenen antiseptik maddenin konsantrasyonuna bağlı olduğu önceki çalışmalarda gösterilmiştir.¹⁶ Bu çalışmada modifikasyon için kullanılan materyallerden glüteraldehid ve klorheksidin % 0,1'lik konsantrasyonlarında antibakteriyel etki görülmezken, % 0,5 ve % 1 lik konsantrasyonlarında antibakteriyel etki görülmüştür. Kalay florid ise sadece % 1 lik konsantrasyonlarda antibakteriyel etki göstermiştir. % 0,1 ve % 0,5' lik konsantrasyonlarda hiçbir antibakteriyel etki görülmemiştir. Dolayısı ile ileride yapılacak çalışmalarda farklı materyallerin farklı konsantrasyonlarının da test edilmesi göz önünde bulundurulmalıdır.

Çalışmamızda da % 0,5 klorheksidin içerikli Ketac Molar' ın ve % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji IX GP' nin antibakteriyel etki gösterirken fiziksel özellikleri çok fazla değiştirmedeği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple daha önceki çalışmalarda kullanılan % 1' lik konsantrasyonunun yüksek olduğunu ileri sürebiliriz. Çünkü önceki çalışmalarda sadece antibakteriyel etki ve fiziksel özellikler değerlendirilirken toksisite göz ardı edilmiştir.

Nakajo ve arkadaşlarının (2009)²¹ yaptıkları çalışmaya göre floridin oral Cilt / Volume 14 · Sayı / Number 1 · 2013

streptokoklara bakterisid ve bakterisidal etkisi olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada şeker fermantasyonundan elde edilen bakteri asidin, düşük florid konsantrasyonu ile inhibe edildiği görülmüştür. Bu sonuç düşük konsantrasyonda floridin antibakteriyel etkisinin olduğunu desteklemektedir. Bununla birlikte CİS'ler üzerindeki plak örneklerinde yaşayabilen *S.mutans* oranının düşük ve florid içeriğinin yüksek olduğunu görülmüştür. Çalışmamızda CİS'ler % 1; 0,5 ve 0,1 kalay florid ile modifiye edildiğinde sadece % 1' lik konsantrasyonlarda antibakteriyel etki göstermiştir. % 0,1 ve % 0,5' lik konsantrasyonlarda antibakteriyel etki görülmemiştir.

Bir dental materyal geliştirilirken, fiziksel ve estetik özellikleri yanı sıra klinik uygulamalar öncesinde biyoyumluluğu da dikkate alınmalıdır. Her geçen gün yeni materyaller piyasaya sürüldüğünden, materyal klinik olarak kullanılmadan önce potansiyel zararlı etkilerinin anlaşılması amacıyla kısa sürede sonuç veren *in vitro* testlerle değerlendirilmelidir. Bu testler daha kompleks hayvan veya insan deneylerinden önce materyallerin toksik etkileri ile ilgili bilgi verebilir.

Bu çalışmada modifiye edilen materyallerden 5 farklı kimyasalın 3 farklı konsantrasyonu ile sadece 12 tanesi antibakteriyel etki göstermiştir. Antibakteriyel etki gösteren bu modifiye materyallerden % 0,5 klorheksidin içerikli Ketac Molar, % 1 klorheksidin içerikli Ketac Molar ile % 0,5 klorheksidin içerikli Fuji IX GP, L929 fare fibroblast hücrelerinde sitotoksik etkiye yol açmamıştır. Bu sonuçtan da anlaşıldığı üzere materyallerin sadece bir özelliklerinin iyileştirilmesi o materyali geliştirmiş olmamaktadır.

Nicholson ve arkadaşlarına (2008)²² e göre rezin modifiye CİS'lerden salınan HEMA monomerinin dentinden pulpaya doğru kolayca diffüze olabileceği ve hastada kalıcı enflamasyondan hassasiyete ve potansiyel alerjik reaksiyonlara kadar bir çok biyolojik yan etkiye neden olabileceği öne sürülmüştür. Çok düşük konsantrasyonlarda bile tek bir bireyde bir kez temasta hassasiyet oluşturabilme kapasitesine sahip bir materyal olduğu iddia edilen HEMA' ya uzun süre maruz kalmanın potansiyel problemleri olacağı bildirilmektedir vardır. HEMA' nın klinik diş hekimliğinde kullanılan lateks eldivenlerden penetre olabileceği ve çeşitli derecelerde kontak

dermatite neden olabileceği ve hatta uçucu olduğu için buharının kolayca inhale edilebilerek, solunum sisteminde olumsuz etkilere neden olabileceği de iddia edilmiştir. Çalışmamızda antibakteriyel etki gösteren rezin içerikli CİS olan Fuji II LC' nin tüm konsantrasyonlarda sitotoksik etki göstermesi içeriğindeki HEMA monomeri nedeniyle olabilir. Çalışmamız bu konuda daha önce yapılan çalışmaları destekler niteliktedir.

Koulaouzidou ve arkadaşlarının (2009)²³ dentin bonding ajanlarının sitotoksitesini monolayer hücre kültürleri kullanarak karşılaştırdıkları bir çalışmaya göre hücre kültürleri üzerinde en fazla sitotoksik etkiyi glutraldehid içerikli Gluma Comfort Bond göstermiştir. Araştırmacılara göre monolayer hücre kültürlerinde Glutraldehid HEMA' dan daha sitotoksiktir ve bu sonuç Gluma Comfort Bond' un içeriğindeki HEMA ve glutraldehide bağlı oluşmuş olabilir. Çalışmamızda modifikasyon materyali olarak kullandığımız glutraldehidin toksik etki göstermesi bu çalışmanın sonuçlarını destekler niteliktedir.

Restoratif materyalin fonksiyonel kuvvetlere karşı dayanabilme kabiliyeti materyalin uzun dönem performansı için çok önemlidir. Klinik olarak kabul edilen kriter modifiye edilen dental materyallerin yüksek antimikrobiyal aktivite sağlaması ve bu antimikrobiyal etkinin yanında fiziksel özelliklerinin geleneksel materyallerle karşılaştırılabilir olmasıdır.¹⁶ Bu nedenle çalışmamızda antibakteriyel etkisi artan ve yapılan testler sonucunda biyouyumlu olduğu tespit edilen materyallerin fiziksel özelliklerinin değişip değişmediğini kontrol etmek amacıyla mekanik testler uygulanmıştır.

Basma dayanımı testi materyalin çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıklılığını ölçmek için sıklıkla kullanılmaktadır.¹¹ Atravmatik restoratif tedavide kullanılan CİS'lerin mekanik özelliklerini değerlendirdikleri çalışmada Ketac Molar Easymix ve Fuji IX' un en yüksek basma dayanımı değeri ve mekanik özellikler gösterdiğini bulmuşlardır. Ayrıca aynı çalışmada Ketac molar Easymix ve Fuji IX bütün mekanik testlerde en iyi performansı göstermiştir.

Çalışmamızda da mekanik özellikleri diğer CİS'lere oranla daha iyi olan Ketac Molar Easymix ve Fuji IX GP kullanılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen basma dayanımı testinde antibakteriyel etki gösteren ve Cilt / Volume 14 · Sayı / Number 1 · 2013

biyouyumlu olan modifiye materyallerden en fazla basma dayanımını % 0,5 klorhekzidin içerikli Fuji IX GP materyali göstermiştir. % 1 ve % 0,5 klorhekzidin içerikli Ketac Molar kontrol grubuna ve % 0,5 klorhekzidin içerikli Fuji IX GP kıyasla daha az basma dayanımı göstermiştir. % 1 klorhekzidin içerikli Ketac Molar, % 0,5 klorhekzidin içerikli Ketac Molar'a göre daha az basma dayanımı göstermiştir. Bu durum Klorhekzidin konsantrasyonunun artmasıyla fiziksel özelliklerinin azalacağı şeklinde yorumlanabilir.

Su emilimi ve suda çözünürlük tüm restoratif materyallerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini etkileyebilir. Özellikle cam iyonomer esaslı restoratif materyallerde su emilimi ve suda çözünürlük önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle geleneksel CİS'lerin neme olan aşırı hassasiyetleri, benzer şekilde rezin modifiye CİS'lerde ve kısmen poliasit modifiye kompozit rezinlerde de kendini göstermektedir.²⁴

Bu çalışmada modifikasyon materyallerinin CİS'lerin mevcut fiziksel özelliklerinin değişimini kontrol etmek için su emilimi ve çözünürlük testi de yapılmıştır. Çalışmamızda % 1 klorhekzidin içerikli Ketac Molar en fazla çözünürlük değeri göstermiştir. Bunun nedeni olarak yüksek konsantrasyonda klorhekzidin kullanılması gösterilebilir. Bundan dolayı CİS'lere yüksek konsantrasyonlarda antibakteriyel materyal ilave etmenin materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirebileceği hesaba katılmalıdır.

Bir materyalin penetrasyonlara ve girintilere direnci olarak tanımlanabilen yüzey sertliği dental materyallerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde oldukça önemli bir faktördür. Yüzey sertliği yumuşaklık ve esneklik gibi birkaç özellik ile etkileşim içerisinde. Vicker's yüzey sertliği ölçümlerinde sertlik değeri arttıkça yüzey sertliği de artar. Yüzey sertliği materyallerin özelliklerine göre değişiklik gösterebilir.²⁵ Çalışmamızda modifiye materyallerin fiziksel özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla yüzey mikrosertliği testi de uygulanmıştır.

Restoratif tedavilerde yapılan restorasyonlarının yüzeyinin düzgün olması çok önemlidir. Düzgün yüzeyli restorasyonlar renklenme ve ikincil çürük oluşmasına neden olabilecek bakteri plağının tutunmasını engelleyebilirler.²⁶ Bu yüzden bizim çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü testi de uygulanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışmada antibakteriyel etkinliği daha iyi olan bir cam iyonomer dolgu materyali geliştirilmeye çalışıldı. Antimikrobiyal olarak geliştirilmiş olan restoratif materyaller ile gerçekleştirilecek restorasyonların kavitede bozulmadan kalan veya kavitede kalan mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasına katkı sağlayarak restorasyonların ömürlerinin uzayacağı tahmin edilebilir. Ayrıca restoratif materyallere katılabilecek antibakteriyel ajanları ve oranlarını tespit ederek, ileride geliştirilecek olan materyallere ışık tutulabilir. Diş hekimliğinde oldukça geniş bir endikasyon sahası olan CİS'lerin antibakteriyel açıdan güçlendirilmesi daha başarılı restorasyonların gerçekleştirilmesine hizmet edecektir.

Kaynaklar

1. Siqueira JF, Jr., Rocas IN. Clinical implications and microbiology of bacterial persistence after treatment procedures. *J Endod* 2008;34:1291-1301 e1293.
2. Polydorou O, Pelz K, Hahn P. Antibacterial effect of an ozone device and its comparison with two dentin-bonding systems. *Eur J Oral Sci* 2006;114:349-353.
3. Davidovich E, Weiss E, Fuks AB, Beyth N. Surface antibacterial properties of glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Am Dent Assoc* 2007;138:1347-1352.
4. de Carvalho FG P-RR, Soares LE, Santo AM, Martin AA, Nociti-Junior FH. Mineral distribution and CLSM analysis of secondary caries inhibition by fluoride/MDPB-containing adhesive system after cariogenic challenges. *J Dent* 2009;37:307-314.
5. Okida RC, Mandarino F, Sundfeld RH, de Alexandre RS, Sundfeld ML. In vitro-evaluation of secondary caries formation around restoration. *Bull Tokyo Dent Coll* 2008;49:121-128.
6. Wiegand A, Buchalla W, Attin T. Review on fluoride-releasing restorative materials--fluoride release and uptake characteristics, antibacterial activity and influence on caries formation. *Dent Mater* 2007;23:343-362.
7. Hicks MJ, Flaitz CM, Silverstone LM. Secondary caries formation in vitro around glass ionomer restorations. *Quintessence Int* 1986;17:527-532.
8. Christensen GJ. The need for caries-preventive restorative materials. *J Am Dent Assoc* 2000;131:1347-1349.
9. Markovic DL, Petrovic BB, Peric TO. Fluoride content and recharge ability of five glass-ionomer dental materials. *BMC Oral Health* 2008;8:21.
10. Cho SY, Cheng AC. A review of glass ionomer restorations in the primary dentition. *J Can Dent Assoc* 1999;65:491-495.
11. Bonifacio CC, Kleverlaan CJ, Raggio DP, Werner A, de Carvalho RC, van Amerongen WE. Physical-mechanical properties of glass ionomer cements indicated for atraumatic restorative treatment. *Aust Dent J* 2009;54:233-237.
12. Qvist V, Manscher E, Teglers PT. Resin-modified and conventional glass ionomer restorations in primary teeth: 8-year results. *J Dent* 2004;32:285-294.
13. Jedrychowski JR, Caputo AA, Kerper S. Antibacterial and mechanical properties of restorative materials combined with chlorhexidines. *J Oral Rehabil* 1983;10:373-381.
14. Imazato S. Antibacterial properties of resin composites and dentin bonding systems. *Dent Mater* 2003;19:449-457.
15. Ribeiro J, Ericson D. In vitro antibacterial effect of chlorhexidine added to glass-ionomer cements. *Scand J Dent Res* 1991;99:533-540.
16. Turkun LS, Turkun M, Ertugrul F, Ates M, Brugger S. Long-term antibacterial effects and physical properties of a chlorhexidine-containing glass ionomer cement. *J Esthet Restor Dent* 2008;20:29-44; discussion 45.
17. da Silva RC, Zuanon AC, Spolidorio DM, Campos JA. Antibacterial activity of four glass ionomer cements used in atraumatic restorative treatment. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:1859-1862.
18. Lewinstein I, Matalon S, Slutzky S, Weiss EI. Antibacterial properties of aged dental cements evaluated by direct-contact and agar diffusion tests. *J Prosthet Dent* 2005;93:364-371.
19. Matalon S, Slutzky H, Weiss EI. Antibacterial properties of 4 orthodontic cements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:56-63.
20. Gama-Teixeira A, Simionato MR, Elian SN, Sobral MA, de Cerqueira Luz MA. Streptococcus mutans-induced secondary caries adjacent to glass ionomer cement, composite resin and amalgam restorations in vitro. *Braz Oral Res* 2007;21:368-374.
21. Nakajo K, Imazato S, Takahashi Y, Kiba W, Ebisu S, Takahashi N. Fluoride released from glass-ionomer cement is responsible to inhibit the acid production of caries-related oral streptococci. *Dent Mater* 2009;25:703-708.
22. Nicholson JW, Czarnecka B. The biocompatibility of resin-modified glass-ionomer cements for dentistry. *Dent Mater* 2008.
23. Koulaouzidou EA, Helvatjoglou-Antoniades M, Palaghias G, Karanika-Kouma A, Antoniades D. Cytotoxicity of dental adhesives in vitro. *Eur J Dent* 2009;3:3-9.
24. Nicholson JW, Czarnecka B. Kinetic studies of water uptake and loss in glass-ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2008;19:1723-1727.
25. Silva RC, Zuanon AC, Esberard RR, Candido MS, Machado JS. In vitro microhardness of glass ionomer cements. *J Mater Sci Mater Med* 2007;18:139-142.
26. Marigo L, Rizzi M, La Torre G, Rumi G. 3-D surface profile analysis: different finishing methods for resin composites. *Oper Dent* 2001;26:562-568.