

Original research article

Hekzagonal bor nitrür (hbn) ilavesinin geleneksel cam iyonomer simanın florür salımı üzerine etkisi

Rümeysa Eser ¹, Mert Karakaş ²Sena Balaban ², Şükrü Kalaycı ³Hacer Deniz Arısu ²

¹Sincan Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Ankara, Türkiye, ²Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Ankara, Türkiye, ³Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşletme Teknolojileri Bölümü, Ankara, Türkiye

ÖZET

AMAÇ: Restoratif materyallerin çürük önleyici özellikleri ve remineralizasyon yeteneği materyallerin florür salımı ile ilişkilidir. Bu çalışmanın amacı geleneksel cam iyonomer simana eklenen farklı hekzagonal bor nitrür (hBN) konsantrasyonlarının simanın florür salımı ve yeniden şarj olabilme kapasitesi üzerindeki etkisini değerlendirmektir..

GEREÇ VE YÖNTEM: Geleneksel cam iyonomer simanın (Fuji IX GP) tozuna ağırlıkça %0.5, %1 ve %1.5 oranında hBN nanopartikülü ilave edildi. Florür salımını değerlendirmek için kontrol grubu olarak geleneksel cam iyonomer siman kullanıldı. Örnekler silindirik teflon kalıplar kullanılarak hazırlandı (n=10). Karıştırma üretici firma talimatlarına uygun toz/likit oranında, oda sıcaklığında (22 °C) spatula ile elle yapıldı. Örnekler 37±1°C etüvde distile su içerisinde 1, 3, 7, 14 ve 30 gün süreyle saklandı. Ölçüm aralıklarında iyon selektif elektrot (Dionex™ IonPac™ AS9-HC, Thermo Fisher Scientific Inc, ABD) kullanılarak florür salımı ölçümleri yapıldı. Otuz günün sonunda örnekler %1.23 asidüle fosfat florür jel içerisinde bekletildi ve 1., 3. ve 7. günlerde ölçümler tekrarlandı. Her ölçüm aralığında gruplar arasındaki farklar tek yönlü varyans analizi(ANOVA) ile, grupların farklı ölçüm aralıklarındaki değişimleri ise Tekrarlı Ölçümler ANOVA kullanılarak %95 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak değerlendirildi.

BULGULAR: Tüm gruplarda en yüksek florür salımının 1. günde meydana geldiği ve bu salımın zaman içerisinde önemli ölçüde azaldığı gözlemlendi (p<0.05). Kontrol ve deney

grupları arasında 1. günde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenirken (p<0.05) diğer ölçüm aralıklarında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi (p>0.05). Yükleme sonrasındaki florür salım değerlerinin başlangıç salım değerlerinin altında olduğu gözlemlendi. Kümülatif florür salımı miktarı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi (p>0.05).

SONUÇ: hBN ilavesi geleneksel cam iyonomer simanın florür salım değerleri üzerinde olumsuz etki göstermemiştir. İleriki çalışmalarda biyoyumluluğu ve antibakteriyel etkinliği kanıtlanmış hBN nanopartikülü ile modifiye edilmiş bu simanın mekanik ve biyolojik özellikleri değerlendirilmelidir.

ANAHTAR KELİMELEER: Bor; cam iyonomer sement; florürler

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN: Eser R, Karakaş M, Balaban S, Kalaycı Ş, Deniz Arısu H. Hekzagonal Bor Nitrür (hBN) İlavesinin Geleneksel Cam İyonomer Sımının Florür Salımı Üzerine Etkisi. Acta Odontol Turc 2025;42(3):141-47

EDİTÖR: Bağdagül Helvacıoğlu Kıvanç, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

YAYIN HAKKI: © 2025 Eser ve ark. Bu eserin yayın hakkı [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) ile ruhsatlandırılmıştır. Sınırsız kullanım, dağıtım ve her türlü ortamda çoğaltım, yazarlar ve kaynağın belirtilmesi kaydıyla serbesttir.

FINANSAL DESTEK: Bulunmamaktadır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI: Bulunmamaktadır.

[Abstract in English is at the end of the manuscript]

GİRİŞ

Son yıllarda restoratif diş hekimliğindeki çalışmalarda minimal invaziv prensip doğrultusunda enfekte dentinin temizlenmesi ve demineralize dentin üzerinde terapötik etkiler sağlama potansiyeline sahip adeziv restoratif materyallerin kullanımına odaklanılmıştır. 1970'lerde geliştirilen cam iyonomer materyaller, biyoyumlulukları, antikaryojenik özellikleri, uzun süreli florür salımı, bağlayıcı ajana gerek duymadan mine ve dentine adezyon yetenekleri ve "bulk" olarak kullanılabilmeleri nedeniyle restoratif diş hekimliğinde özel bir materyal grubu olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak kırılmaya karşı düşük direnç, düşük sertlik, düşük aşınma direnci gibi

zayıf mekanik özellikleri ve ilk sertleşme reaksiyonunda su alımına ve su kaybına karşı hassasiyetleri, yoğun strese maruz kalan posterior bölgelerde cam iyonomer simanların daimi restoratif materyal olarak kullanımını sınırlandırmaktadır¹.

Sekonder çürükler adeziv restorasyonların sık görülen başarısızlık nedenlerinden biridir. Bu nedenle restoratif materyallerin antibakteriyel ve antikaryojenik etkileri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Florürün dişler üzerindeki etkileri koruyucu diş hekimliğinde sıklıkla araştırılmaktadır. Florür su, toprak, vücut dokuları, içecekler, gıda maddeleri ve bazı dental materyallerde değişen miktarlarda bulunmaktadır. Florürün kalsiyuma yüksek affinitesi nedeniyle, vücuttaki en yüksek florür konsantrasyonları dişlerde ve iskelettedir. Dişlerin erüpsiyonundan önce sistemik yolla alınan florür dişte depolanmaktadır. Erüpsiyon sonrası florür difüzyonu ise topikal yolla tükürük, gıdalar, dental plak ve restoratif materyallerden olmaktadır². Florür iyonu hidroksiapatite göre daha az çözünürlüğe sahip flor apatit oluşumuna neden olarak demineralizasyonu azaltır, pelikül/plağın yapısında bulunan mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyerek antikaryojenik özellik gösterir. Florür salımı yapan materyallerin antikaryojenik ve bakteriyostatik etkinlikleri materyalin saldıgı florür miktarı ile ilişkilidir³.

Cam iyonomerlerin antikaryojenik aktivitesini ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için cam iyonomerlere titanyum dioksit, kitosan, selüloz, klorheksidin, epigallokateşin, nano-bioseramikler gibi materyaller eklenmiştir. Restoratif materyallere dahil edilen antibakteriyel ajanların bakteriyel büyümeyi baskılayarak tekrarlayan çürük riskini azalttığı çalışmalarda rapor edilmiştir⁴⁻⁸.

Bor, bitki ve insanlar için esansiyel bir mikro elementtir. Doğada serbest halde bulunmaz, diğer elementlerin oksitleriyle birlikte bulunur. Vücuda solunum ve sindirim yolları, mukoz membranlar aracılığıyla girer. Alınan borun %90-95'i vücutta birikmeden üre ile dışarı atılmaktadır. Küçük bir kısmı ise kemik, tırnak, karaciğer ve dalakta birikmektedir⁹.

Bor nitrür doğada bulunmayan yapay bir

malzemedir. Bor ve azotun bir araya getirilmesiyle hekzagonal, kübik, eşkenar dörtgen gibi farklı şekillerde üretilmektedir. Hekzagonal bor nitrür (hBN) grafit benzer kristalize yapıya sahip olduğundan "beyaz grafit" olarak adlandırılır¹⁰.

Literatürde bor nitrürün hücre canlılığı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların sonuçları bor nitrür partiküllerinin farklı insan hücreleri üzerinde sitotoksik etkiye neden olmadığını belirtmiştir¹¹⁻¹⁴. Kıvanç ve arkadaşları¹⁵ hBN partiküllerinin antimikrobiyal ve anti biyofilm aktivitesini inceledikleri çalışmalarında uygun konsantrasyonda kullanıldığında hBN partiküllerinin bakterilerin çoğalmasını engellediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte antibakteriyel özelliği ve biyoyumluluğu ispat edilmiş hBN partiküllerinin geleneksel cam iyonomer simana ilavesinin, geleneksel cam iyonomer simanın florür salımını üzerindeki etkisi bilinmemektedir.

Bu *in vitro* çalışmanın amacı geleneksel cam iyonomer simana eklenen farklı hBN konsantrasyonlarının geleneksel cam iyonomer simanların florür salımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Çalışmanın sıfır hipotezi hBN ilavesinin geleneksel cam iyonomer simanın florür salımını etkilemediği yönündedir.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal içerikleri, üretici firmaları tabloda gösterilmiştir (Tablo 1).

Çalışmada kontrol grubu (Grup 1) olarak hBN ilave edilmemiş geleneksel cam iyonomer siman (Fuji IX GP, GC International Tokyo, Japonya) kullanıldı. Diğer gruplardaki (Grup 2, Grup3 ve Grup 4) numunelerin hazırlanmasında geleneksel cam iyonomer simanın tozuna ağırlıkça sırasıyla %0.5, %1, %1.5 oranında olacak şekilde hBN nanopartikül hassas terazi (Precisa XB 220A, Precisa Instruments Ltd., Dietikon, İsviçre, 0.0001 g hassasiyetinde) ile tartılarak ilave edildi. Her grup için 10 numune olacak şekilde toplamda 40 numune 4 mm çapında, 6 mm yüksekliğinde teflon silindirik kalıplar kullanılarak elde edildi. Gruplardaki numunelerin hazırlanmasında

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyallerin üretici firmaları, kimyasal içerikleri

Materyal	Materyal Tipi	Üretici Fi	İçeri
Fuji IX GP	Geleneksel cam iyonomer siman	GC International, Tokyo, Japonya	Toz: Alümina-silikat cam Likit: Poliakrilik asit, polibazik karboksilik asit, su
Hekzagonal Bor Nitrür (hBN)	Bor nitrür	BORTEK Bor Teknolojileri ve Mekatronik San. Tic. A.Ş	120 nanometre partikül boyutunda hekzagonal bor nitrür
%1.23 APF jel	Asidüle Fosfat Florür jel	Avant Dental, Miami, ABD	Sodyum florid, sitrik asit, hidroflorik asit, magnezyum alümina silikat, fosforik asit, su, sodyum benzoat, sodyum sakkarin, titanyum dioksit, ksilitol

Tablo 2. Çalışma gruplarının CİS tozu ve hBN içerikleri (gr)

Gruplar	CİS (Fuji IX GP) tozu	hBN
Grup 1 (Kontrol grubu)	6 gr	-
Grup 2 (%0.5'lik hBN ilaveli CİS)	5.7 gr	0.03 gr
Grup 3 (%1'lik hBN ilaveli CİS)	5.94 gr	0.06 gr
Grup 4 (%1.5'lik hBN ilaveli CİS)	5.91 gr	0.09 gr

**Resim 1.** Numune kabına yerleştirilmiş örnek

kullanılan cam iyonomer siman tozu ve ilave edilen hBN nanopartikül ağırlıkları tabloda görülmektedir (Tablo 2). Cam iyonomer siman tozu ve ilave edilen hBN nanopartikül simanın manipülasyonundan önce bir gode içerisinde 10 dakika boyunca elle karıştırıldı. Numunelerin tamamı üretici talimatlarına uygun toz/ likit (3.6 g/1 g) oranında, 22°C oda sıcaklığında bir spatula yardımıyla aynı klinisyen tarafından elle karıştırılarak hazırlandı. Karıştırılan siman örnekleri, örneklerin ortasından bir ip geçecek şekilde teflon kalıp içerisine yerleştirildi. Örnek hazırlama aşamasında hava kabarcığı kalmaması için örnek yüzeylerine şeffaf selüloid bant ve siman camı altında sabit basınç uygulandı. Kalıptan taşan fazlalıklar bir spatula ile uzaklaştırıldıktan sonra örnekler sertleşmeye bırakıldı ve 10 dakika sonra kalıptan çıkarıldı. Kalıptan çıkarılan örnekler, içerisinde 20 ml distile su bulunan numune kaplarına yerleştirildi. Örneklerin içine yerleştiren ip yardımıyla örnek yüzeyinin numune kabına teması engellendi (Resim 1). Örnekler 37°C etüvde 1., 3., 7., 14. ve 30. günlerdeki florür ölçümleri yapılmak üzere 30 gün bekletildi. Her bir ölçüm aralığında örneklerin bekletildiği distile su ölçüm için ayrıldı ve örnekler yeni numune kaplarına alındı. 30. Günde florür yüklemesi için örnekler %1.23'lük asidüle fosfat florid (APF) jel (12.300 ppm, pH<4) (Avant Dental, Miami,

ABD) içerisinde 4 dakika bekletildi. Florür yükleme işleminin ardından örnekler distile suda, üzerlerinde jel kalmayacak şekilde yıkandı ve yeni numune kaplarına yerleştirildi. Florür salımı ölçümleri yüklemeyi takiben 1., 3. ve 7. günlerde tekrarlandı. Her bir ölçüm için numune kaplarından belirli ölçüde sıvı alındı ve TISAB ilave edildi. Florür salımı ölçümleri T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Laboratuvarı'nda iyon selektif elektrot (Dionex™ IonPac™ AS9-HC, Thermo Fisher Scientific Inc, USA) kullanılarak gerçekleştirildi. Her ölçümden önce elektrot kalibre edildi.

Shapiro Wilk testi sonucuna göre verilerin normal dağılım göstermesi ($p>0.05$) ve Levene testi sonucuna göre varyansların homojen olması nedeniyle ($p>0.05$), her bir ölçüm aralığında gruplar arasındaki florür salım değerleri farkları tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve ardından çoklu karşılaştırmalar Tukey testi ile %95 güven aralığında değerlendirildi. Her bir grup için ölçüm aralıkları arasındaki florür salım değerleri Tekrarlı Ölçümler ANOVA ile değerlendirildi ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak ölçüm aralıkları ikili olarak %95 güven aralığında karşılaştırıldı.

BULGULAR

Çalışmada incelenen materyal gruplarının tümünün 1. günden 30. güne kadar florür salımı yaptığı gözlemlendi. Ölçüm aralıkları dikkate alındığında en yüksek florür salımı tüm materyaller için çalışmanın birinci gününde meydana geldi ve bu salım zaman içerisinde önemli ölçüde azaldı ($p<0.05$). Birinci günde en yüksek florür salımı %1.5 oranında hBN ilave edilen grupta (Grup 4) gözlemlendi ($p<0.05$). Bunu sırasıyla %1 hBN ilave edilen (Grup 2), %0.5 hBN ilave edilen (Grup 3) ve hBN ilavesi olmayan kontrol grubu izledi. Diğer ölçüm günlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$). Materyallere APF jel ile florür yüklemesi yapıldıktan sonraki florür salım değerleri yükleme öncesindeki salım değerlerine ulaşmadı. Ancak yüklemeden sonra en yüksek florür salımı 1. günde gözlemlendi. APF jel ile yüklemeden sonraki florür salımı açısından gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı fark gözlenmedi ($p>0.05$). Çalışmada incelenen materyallerin florür salımı sonuçlarının ortalamaları ve standart sapma değerleri tabloda verilmiştir (Tablo 3).

Grupların kümülatif florür salımı sonuçlarının ortalama ve standart sapma değerleri tabloda görülmektedir (Tablo 4). Gruplar arasında kümülatif florür salımı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p>0.05$).

Tablo 3. Çalışma gruplarının florür salım miktarları(ppm)(ortalama ±standart sapma).

	Grup 1 (Kontrol)	Grup 2 (%0.5)	Grup 3 (%1)	Grup 4 (%1.5)	Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) (p)
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	
1. GÜN	18.7385±0.00 ^{aA}	18.7396±0.00 ^{bA}	18.7406±0.00 ^{cA}	18.7416±0.00 ^{dA}	0.000
3. GÜN	3.9221±1.50 ^{aB}	4.3695±2.05 ^{aBC}	3.7004±1.34 ^{aBC}	4.0812±1.44 ^{aB}	0.727
7. GÜN	3.3563±1.07 ^{aB}	3.4067±1.72 ^{aBC}	3.3138±0.99 ^{aBC}	3.5536±0.98 ^{aB}	0.573
14. GÜN	3.1244±1.02 ^{aB}	3.5782±1.32 ^{aB}	3.1864±0.79 ^{aB}	3.1020±1.30 ^{aB}	0.649
30. GÜN	3.4798±0.94 ^{aB}	4.0205±1.20 ^{aC}	3.6512±0.62 ^{aC}	4.6135±1.21 ^{aB}	0.260
R1. GÜN	1.3641±0.55 ^{aC}	1.2132±0.61 ^{aD}	0.9090±0.45 ^{aD}	2.5745±3.50 ^{aBC}	0.191
R3. GÜN	0.6490±0.28 ^{aD}	0.6878±0.46 ^{aE}	0.5439±0.26 ^{aE}	0.8626±0.54 ^{aC}	0.323
R7. GÜN	0.7626±0.30 ^{aE}	0.8321±0.44 ^{aF}	0.7367±0.25 ^{aDE}	0.9779±0.45 ^{aC}	0.447
Tekrarlayan Ölçümler ANOVA (p)	0.000	0.000	0.000	0.000	

SS:Standart sapma

Sağdan sola farklı küçük harfler aynı ölçüm aralığında gruplar arasındaki istatistiksel farklılığı ($p<0.05$), yukarıdan aşağıya farklı büyük harfler ölçüm aralıkları arasındaki Bonferroni düzeltmesi yapılmış ikili karşılaştırmalardaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

Tablo 4. Çalışma gruplarının kümülatif florür salım miktarları (ppm)(ortalama ±standart sapma).

	Grup 1 (Kontrol)	Grup 2 (%0.5)	Grup 3 (%1)	Grup 4 (%1.5)	Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) (p)
	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	Ortalama ± SS	
7 Günlük Kümülatif	27.0074±3.81 ^{aA}	26.5158±3.51 ^{aA}	25.4845±2.35 ^{aA}	26.3764±2.42 ^{aA}	0.745
30 Günlük Kümülatif	34.8859±7.95 ^{aB}	34.1144±6 ^{aB}	32.5923±3.71 ^{aB}	34.0918±4.01 ^{aB}	0.853
Florür yüklemesinden sonra	2.8839±1.1 ^{aC}	2.7332±1.47 ^{aC}	2.1045±0.90 ^{aC}	4.4150±4.42 ^{aC}	0.210
Tekrarlayan Ölçümler ANOVA (p)	0.000	0.000	0.000	0.000	

SS:Standart sapma

Sağdan sola farklı küçük harfler aynı ölçüm aralığında gruplar arasındaki istatistiksel farklılığı ($p<0.05$), yukarıdan aşağıya farklı büyük harfler ölçüm aralıkları arasındaki Bonferroni düzeltmesi yapılmış ikili karşılaştırmalardaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

TARTIŞMA

Bu *in vitro* çalışmanın amacı geleneksel cam iyonomer simana eklenen farklı hBN konsantrasyonlarının geleneksel cam iyonomer simanların florür salımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Oral sıvılarda bulunan florür, mine yüzeyindeki apatit yapısına dahil olarak mineyi asit ataklarına karşı dirençli hale getirmektedir. Restoratif materyal olarak uzun süreli florür salımı yapan materyallerin kullanılması sekonder çürüklerin oluşumunu azaltmak açısından önemlidir¹⁶. Restoratif tedavide kullanılan materyaller arasında en fazla florür salımı değerleri geleneksel cam iyonomer simanlara aittir¹⁷⁻²¹. Bu nedenle çalışmada geleneksel cam iyonomer siman kullanılmıştır.

Günümüze kadar cam iyonomerlerin antikaryojenik aktivitesi ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için cam iyonomer simanlara deneysel olarak pek çok farklı materyal eklenmiştir. Geleneksel cam iyonomer simanlara titanyum dioksit ilavesi mekanik ve antibakteriyel özellikleri geliştirmiş²², magnezyum oksit ilavesi antibakteriyel ve antibiyofilik etkisini

arttırmıştır²³. Nanogümüş ilavesi ile antibakteriyel etkileri²⁴; hidroksiapatit, fluoroapatit ve biyoseramik ilavesi ile simanın mekanik özellikleri ve dentine bağlanma dayanımı geliştirilmiştir²⁵.

Kumar ve arkadaşlarının²⁶ yaptığı çalışmada nanokitosan ilavesinin geleneksel cam iyonomerin florür salımı ve mekanik özelliklerini arttırdığı rapor edilmiştir. Mazzaoui ve arkadaşları²⁷ kazein fosfopeptit amorf kalsiyum fosfatı cam iyonomer simana eklemiş ve florür salımını arttırdığını rapor etmiştir.

Mevcut bilgilerimiz dahilinde literatürde geleneksel cam iyonomer simana hBN ilavesinin geleneksel cam iyonomer simanın florür salımı üzerindeki etkisini değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bir tez çalışmasında geleneksel cam iyonomer simana ağırlıkça %0.5, %1 ve %1.5 oranında hBN ilavesinin geleneksel cam iyonomerin basma dayanımı değerleri üzerinde etkisinin olmadığı belirtilmiştir²⁸. Bu çalışmada da bahsi geçen tez çalışmasına benzer şekilde cam iyonomer simana ağırlıkça %0.5, %1 ve %1.5 oranında hBN ilave edilmiştir.

Bor nitrür partiküllerinin ortopedik implant uygulamalarında ve kemik grefti olarak kullanımlarında kemik rejenerasyonunu arttırdığı bildirilmiştir. Kılıç²⁹ yaptığı çalışmada hBN greft materyali olarak kullanıldığında doğal kemiğe yakın bir iyileşme sağlandığını belirtmiştir. hBN içerikli dental kompozitlerin mekanik özellikleri ve sitotoksitesinin değerlendirildiği bir tez çalışmasında, hBN içerikli dental kompozitlerin sitotoksitesite değerlerinin kontrol grubuna yakın olduğu gözlenmiştir³⁰.

Bu çalışmada hBN ilavesinin geleneksel cam iyonomerlerin florür salımı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Geleneksel cam iyonomer simanın tozuna ilave edilen nanopartiküllerin tozun içerisinde homojen dağılması örnek standardizasyonu açısından önemlidir. Garoushi ve arkadaşları³¹ geleneksel cam iyonomer simanın tozuna cam fiber tozu eklemişler ve homojen karıştırma için karıştırma makinesi kullanmışlardır. Elsaka ve arkadaşları²² titanyumdioksit nanopartikülleri ile cam iyonomer simanın tozlarının karışımını karıştırma kağıdı üzerinde plastik spatula kullanarak, Ivanisevic ve arkadaşları³² ise havan ve havan tokmağı kullanarak hazırlamışlardır. Bu çalışmada daha önce yapılan tez çalışmasında belirtildiği gibi homojen karıştırma için hBN nanopartikülleri ile cam iyonomer simanın tozu bir cam gode içerisinde plastik spatula yardımıyla 10 dakika boyunca elle karıştırılarak hazırlanmıştır²⁸.

Cam iyonomer simanlardan florür salımı materyalin içeriği, toz/likit oranı, karıştırma zamanı ve saklama ortamı gibi faktörlerden etkilenmektedir³³. Çalışmamızda numune boyutu, analiz yöntemi ve saklama ortamı standardize edilmiştir. Florür salımı, cam iyonomer materyalden saklama ortamına doğru gerçekleşmektedir. Bu çalışmada saklama ortamı olarak distile su kullanılmıştır^{34,35}. Ancak distile sudaki florür salım miktarı, ağız boşluğunun tükürük, sıcaklık, pH, protein içeriği ve diğer birçok faktöre göre sürekli değişen dinamik bir ortam olması nedeniyle farklı olabilir³⁶. Literatürde saklama ortamı olarak ağız içi koşulları daha iyi taklit edebilmek için yapay tükürük kullanan çalışmalar mevcuttur¹⁷. Yapılacak ileri çalışmalarda hBN ilave edilmiş cam iyonomer simanların florür salımları, saklama ortamı olarak yapay tükürük kullanılarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızda florür salım değerlerini inceleyen diğer çalışmalardan farklı olarak, Nishanthine ve arkadaşlarının³⁷ çalışmasına benzer şekilde numunelerin ortasından geçirilen bir ip sayesinde tüm yüzeylerin saklama ortamı ile teması sağlanmıştır. Cam iyonomer simanlardan iyon salımı difüzyon yoluyla olmaktadır. Bu nedenle hazırlanan numunenin tamamının saklama ortamı ile temas etmesi ölçüm standardizasyonu açısından önemlidir.

Geleneksel cam iyonomer simana hBN ilavesi materyallerin ilk günkü florür salım miktarını etkilemiştir. Birinci günde en yüksek florür salımı %1.5 hBN ilave edilen grupta (Grup 4) gözlenirken en düşük florür

salımı kontrol grubunda (Grup1) gözlenmiştir. Ancak kümülatif florür salım değerleri dikkate alındığında gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Tüm gruplarda en yüksek florür salım değerleri birinci günde gözlenmiştir ve bu miktar zaman içerisinde büyük ölçüde azalmıştır. Bu bulgu literatürde mevcut florür salım çalışmalarının bulgularıyla uyumludur^{3,38-40}. Cam iyonomer simanlardan florür salımının ilk gün en yüksek olması "patlama etkisi" olarak adlandırılmaktadır. Patlama etkisi, sertleşme reaksiyonu sırasında polialkenoik asidin florür içeren cam parçacıklarıyla reaksiyonuna ve ayrıca florürün siman yüzeyinden hızlı çözünmesine bağlanmaktadır³⁶. Hiçbir grupta APF jel ile yükleme sonrası florür salım değerleri birinci gün değerlerine ulaşamamıştır.

Daha önce yapılmış tez çalışmasında²⁸ hBN ilavesinin cam iyonomer simanın mekanik özelliklerini etkilemediği, bizim çalışmamızda da hBN ilavesinin materyalden florür salımını negatif etkilemediği bulunmuştur. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda hBN ilave edilmiş geleneksel cam iyonomerden salınan bor miktarının ve bunun simanın antikaryojenik, remineralize edici özellikleri üzerine etkisi araştırılmalıdır.

SONUÇ

Çalışmadan elde edilen verilerin sonucuna göre; hBN ilavesi geleneksel cam iyonomer simandan florür salım değerlerini birinci gün haricinde etkilememiş ve çalışmanın sıfır hipotezi kısmen kabul edilmiştir. Biyouyumluluğu ve antibakteriyel etkinliği kanıtlanmış olan hBN nanopartikülü cam iyonomer simanın florür salım değerleri üzerinde olumsuz etki göstermemiştir. Bu sebeple, modifiye edilmiş bu simanın diğer mekanik ve biyolojik özellikleri de değerlendirilerek, çürük riski yüksek bireylerde kullanılabilecek potansiyel bir materyal olabileceği söylenebilir.

KAYNAKÇA

1. Francois P, Fouquet V, Attal JP, Dursun E. Commercially Available Fluoride-Releasing Restorative Materials: A Review and a Proposal for Classification. *Materials (Basel)* 2020;2313.
2. Elbek Ç, Sabah E. İnsanda Flor Metabolizması. *Ankara Univ Hekim Fak Derg* 2000;27:445-52.
3. 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;23:343-62.
4. Araújo IJS, Ricardo MG, Gomes OP, Giovani PA, Puppin-Rontani J, Pecorari VA, *et al.* Titanium dioxide nanotubes added to glass ionomer cements affect S. mutans viability and mechanisms of virulence. *Braz Oral Res* 2021;35:e062.
5. Sun J, Xu Y, Zhu B, Gao G, Ren J, Wang H, *et al.* Synergistic effects of titanium dioxide and cellulose on the properties of glassionomer cement. *Dent Mater J* 2019;38:41-51.
6. Ibrahim MA, Meera Priyadarshini B, Neo J, Fawzy AS. Characterization of Chitosan/TiO(2) Nano-Powder Modified Glass-Ionomer Cement for Restorative Dental Applications. *J Esthet Restor Dent* 2017;29:146-56.

7. Barandehfard F, Kianpour Rad M, Hosseinnia A, Khoshroo K, Tahiri M, Jazayeri HE, *et al.* The addition of synthesized hydroxyapatite and fluorapatite nanoparticles to a glass-ionomer cement for dental restoration and its effects on mechanical properties. *Ceram Int* 2016;42:17866-75.

8. Hu J, Du X, Huang C, Fu D, Ouyang X, Wang Y. Antibacterial and physical properties of EGCG-containing glass ionomer cements. *J Dent* 2013;41:927-34.

9. Yakıncı ZD, Kök M. Borun sağlık alanında kullanımı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi 2016;4:36-44.

10. Shi X, Wang S, Yang H, Duan X, Dong X. Fabrication and characterization of hexagonal boron nitride powder by spray drying and calcining-nitriding technology. *J Solid State Chem* 2008;181:2274-8.

11. Ciofani G, Raffa V, Menciasci A, Cuschieri A. Cytocompatibility, interactions, and uptake of polyethyleneimine-coated boron nitride nanotubes by living cells: confirmation of their potential for biomedical applications. *Biotechnol Bioeng* 2008;101:850-8.

12. Ciofani G, Raffa V, Menciasci A, Dario P. Preparation of boron nitride nanotubes aqueous dispersions for biological applications. *J Nanosci Nanotechnol* 2008;8:6223-31.

13. Rocca A, Marino A, Del Turco S, Cappello V, Parlanti P, Pellegrino M, *et al.* Pectin-coated boron nitride nanotubes: *In vitro* cyto-immune-compatibility on RAW 264.7 macrophages. *Biochim Biophys Acta* 2016;1860:775-84.

14. Li X, Wang X, Zhang J, Hanagata N, Wang X, Weng Q, *et al.* Hollow boron nitride nanospheres as boron reservoir for prostate cancer treatment. *Nat Commun* 2017;8:13936.

15. Kıvanç M, Barutca B, Koparal AT, Göncü Y, Bostancı SH, Ay N. Effects of hexagonal boron nitride nanoparticles on antimicrobial and antibiofilm activities, cell viability. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl* 2018;91:115-24.

16. Rošin-Grget K, Peroš K, Sutej I, Bašić K. The cariostatic mechanisms of fluoride. *Acta Med Acad* 2013;42:179-88.

17. Arısu HD, Bala O, Üçtaşlı MB, Kalaycı Ş. Cam iyonomer siman ve poliasit modifiye kompozit rezinlerin florid salma özellikleri. *GÜ Diş Hek Fak Derg* 2007;24:157-61.

18. Bansal R, Bansal T. A Comparative Evaluation of the Amount of Fluoride Release and Re-Release after Recharging from Aesthetic Restorative Materials: An *in vitro* Study. *J Clin Diagn Res* 2015;9:Zc11-4.

19. Neelakantan P, John S, Anand S, Sureshbabu N, Subbarao C. Fluoride release from a new glass-ionomer cement. *Oper Dent* 2011;36:80-5.

20. Vermeersch G, Leloup G, Vreven J. Fluoride release from glass-ionomer cements, compomers and resin composites. *J Oral Rehabil* 2001;28:26-32.

21. Gui Y, Zhao X, Li S, Tang L, Gong X. Fluoride release and recharge properties of six restorative materials. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi* 2015;50:28-32.

22. Elsaka SE, Hamouda IM, Swain MV. Titanium dioxide nanoparticles addition to a conventional glass-ionomer restorative: influence on physical and antibacterial properties. *J Dent* 2011;39:589-98.

23. Noori AJ, Kareem FA. The effect of magnesium oxide nanoparticles on the antibacterial and antibiofilm properties of glass-ionomer cement. *Heliyon* 2019;5:e02568.

24. Paiva L, Fidalgo TKS, da Costa LP, Maia LC, Balan L, Anselme K, *et al.* Antibacterial properties and compressive strength of new one-step preparation silver nanoparticles in glass ionomer cements (NanoAg-GIC). *J Dent* 2018;69:102-9.

25. Moshaverinia A, Ansari S, Moshaverinia M, Roohpour N, Darr JA, Rehman I. Effects of incorporation of hydroxyapatite and fluoroapatite nanobioceramics into conventional glass ionomer cements (GIC). *Acta Biomater* 2008;4:432-40.

26. Kumar RS, Ravikumar N, Kavitha S, Mahalaxmi S, Jayasree R, Sampath Kumar TS, *et al.* modified glass ionomer cement with enhanced mechanical properties and fluoride release. *Int J Biol Macromol* 2017;104:1860-5.

27. Mazzaoui SA, Burrow MF, Tyas MJ, Dashper SG, Eakins D, Reynolds EC. Incorporation of Casein Phosphopeptide-Amorphous

Calcium Phosphate into a Glass-ionomer Cement. *J Dent Res* 2003;82:914-8.

28. Eser R, Arısu HD. Evaluation of the effect of hexagonal boron nitride additional on the compressive strength of conventional glass ionomer cement [tez]. Ankara: Gazi Üniversitesi; 2021.

29. Kılıç OA. Deneysel periodontal kemik içi defektlerin rejenerasyonunda nano yaklaşımlar: X-ray mikro tomografik, histolojik ve histomorfometrik inceleme [tez]. Bolu: Bolu İzzet Baysal Üniversitesi; 2016.

30. Abdussalam HSA. Preparation and Characterization of Novel Dental Composites Containing of Boron Nitride [tez]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 2018.

31. Garoushi SK, He J, Vallittu PK, Lassila LV. Effect of discontinuous glass fibers on mechanical properties of glass ionomer cement. *Acta Biomater Odontol Scand* 2018;4:72-80.

32. Ivanišević A, Rajić VB, Pilipović A, Par M, Ivanković H, Baraba A. Compressive Strength of Conventional Glass Ionomer Cement Modified with TiO₂ Nano-Powder and Marine-Derived HAP Micro-Powder. *Materials (Basel)* 2021;14:4964.

33. Bölükbaşı B, Savaş S, Kavruk F, Küçükylmaz E. Farklı İçeriklerdeki Cam İyonomer Materyallerin Flor Salım ve Tekrar Yüklenebilirlik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2018;39:175-83.

34. Bahsi E, Sagmak S, Dayi B, Cellik O, Akkus Z. The evaluation of microleakage and fluoride release of different types of glass ionomer cements. *Niger J Clin Pract* 2019;22:961-70.

35. Poggio C, Andenna G, Ceci M, Beltrami R, Colombo M, Cucca L. Fluoride release and uptake abilities of different fissure sealants. *J Clin Exp Dent* 2016;8:284-9.

36. Kucukylmaz E, Savas S, Kavruk F, Yasa B, Botsali M. Fluoride release/recharging ability and bond strength of glass ionomer cements to sound and caries-affected dentin. *Niger J Clin Pract* 2017;20:226-34.

37. Nishanthine C, Miglani R, R I, Poomi S, Srinivasan MR, Robaian A, *et al.* Evaluation of Fluoride Release in Chitosan-Modified Glass Ionomer Cements. *Int Dent J* 2022;72:785-91.

38. May E, Donly KJ. Fluoride release and re-release from a bioactive restorative material. *Am J Dent* 2017;30:305-8.

39. Dionysopoulos P, Kotsanos N, Pataridou A. Fluoride release and uptake by four new fluoride releasing restorative materials. *J Oral Rehabil* 2003;30:866-72.

40. Porenczuk A, Jankiewicz B, Naurecka M, Bartosewicz B, Sierakowski B, Gozdowski D, *et al.* A comparison of the remineralizing potential of dental restorative materials by analyzing their fluoride release profiles. *Adv Clin Exp Med* 2019;28:815-23.

Effect of hexagonal boron nitride (hBN) addition on fluoride release of conventional glass ionomer cements

ABSTRACT

OBJECTIVE: The fluoride releasing ability of a restorative material can reduce cariogenic potential and produce remineralizing effect. The aim of this study is to evaluate the effect of hBN addition to a conventional glass ionomer cement at different weight ratios on its fluoride release and recharge ability.

MATERIALS AND METHODS: To modify conventional glass ionomer cement (Fuji IX GP), 0.5%, 1%, and 1.5% wt hBN nanoparticles were added to its powder. Glass ionomer cement was used as the control group for the fluoride release. Ten specimens were prepared using cylindrical teflon moulds for each experimental group (n=10). Specimens were prepared by hand mixing with a spatula at room temperature (22 °C) at a powder/liquid ratio in accordance with Fuji IX GP's manufacturer's

instructions and subsequent aging (1, 7, 14 and 30 days) were simulated by the storage at $37\pm1^{\circ}\text{C}$ in deionized water in an incubator. Quantitative fluoride ions release were measured at 1, 7, 14 and 30 days using a standard ion-selective electrode (Dionex™ IonPac™ AS9-HC, Thermo Fisher Scientific Inc, USA). After 30 days, the specimens immersed in 1.23% acidulated phosphate fluoride-gel, and fluoride release were measured at 1, 3 and 7 days. Differences between groups at each measurement interval were statistically evaluated by one-way analysis of variance (ANOVA), and differences between measurement intervals were statistically evaluated using Repeated Measures ANOVA at %95 significance level.

RESULTS: All specimens showed a high release of fluoride on day 1. The amount of fluoride released decreased significantly after day 1. After the recharge procedure, specimens didn't release fluoride as much as at the beginning of the study. Analysis of variance (ANOVA) test showed statistically significant differences between the control and experimental groups on day 1 ($p<0.05$), no statistically significant difference on the other days ($p>0.05$). There was no statistically significant difference between the groups in the amount of cumulative fluoride release ($p>0.05$).

CONCLUSION: The addition of hBN did not affect the fluoride release capacity of the conventional glass ionomer cement. In future studies, the mechanical and biological properties of this cement,