

Yapıştırma Simanlarında Polimerizasyon Sonrası Oluşan Hava Kabarcığının Mikro-Bilgisayarlı Tomografi ile Değerlendirilmesi

Evaluation of Air Bubbles on Luting Cements After Polymerization Using Micro-Computed Tomography

Meral ARSLAN MALKOÇ,^a
Necla DEMİR,^b
Hayriye Esra ÜLKER,^c
Ayşe Tuba ÖĞRETEN,^a
İsmail Hakkı UZUN^a

^aProtetik Diş Tedavisi AD,
İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Malatya

^bProtetik Diş Tedavisi AD,
^cRestoratif Diş Tedavisi AD,
Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Konya

Geliş Tarihi/Received: 04.02.2014
Kabul Tarihi/Accepted: 10.04.2014

Yazışma Adresi/Correspondence:
Meral ARSLAN MALKOÇ
İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,
Protetik Diş Tedavisi AD, Malatya,
TÜRKİYE/TURKEY
mrlmalkoc@hotmail.com

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı; beş farklı polimerize edilmiş yapıştırıcı simanın yapısında oluşan hava kabarcığının hacmi, yüzey alanı, sayısı ve tüm yüzey alanına oranının mikro-bilgisayarlı tomografi (Mikro BT) ile değerlendirilmesidir. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada üç adet rezin esash (Clearfil Esthetics, Multilink Automix, Choose 2), bir adet cam iyonomer (Ketac Cem) ve bir adet polikarboksilat siman (Adhesor Carbofine) olmak üzere toplam üç farklı dental siman materyali kullanıldı. Bu malzemeler iç çapı ve yüksekliği 3 mm olan teflon kalıplar kullanılarak üretici firmanın talimatlarına göre her grup için yedi adet örnek hazırlandı. Her bir örnek SkyScan (Kontich, Belçika) mikro BT cihazı ile tarandı. İstatistiksel analiz Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi ve Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney-U testi kullanılarak yapıldı. **Bulgular:** Adhesor Carbofine (p<0,001) ve Choice II (p<0,05) hava kabarcığı hacmi ve örneğin toplam hacmine oranı açısından test edilen gruplar arasında en fazla değere sahipti. Yüzey alanı değerlendirildiğinde, Adhesor Carbofine (p<0,01) grubunda hava kabarcıkları en fazla yüzeyi kaplamaktaydı. Ayrıca, test edilen gruplar arasında en fazla hava kabarcığı sayısı sırasıyla Adhesor Carbofine (p<0,01) and Clearfil Esthetic (p<0,05) gruplarında bulundu. **Sonuç:** Pat şeklinde olan rezin esash yapıştırma simanları polimerizasyon sonrasında daha az hava kabarcığı barındırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Diş simanları; X-ışınli mikrotomografi; gözeneklilik

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to evaluate air bubble volume, surface area, object number, and proportion to total volume in polymerized five different luting cements using micro-computed tomography (Micro CT). **Material and Methods:** Three different resin-based (Clearfil Esthetics, Multilink Automix, Choose 2), one glass ionomer (Ketac Cem), and one polycarbocylate (Adhesor Carbofine, totally five different dental luting cements were used in this study. Materials were prepared according to manufacturer instructions by using 3 mm diameter and depth Teflon molds, each group consist of seven samples. Each sample was scanned with a SkyScan (Kontich, Belgium) micro CT scanner. Statistical analyses were performed using the Kruskal-Wallis ANOVA and Bonferroni's adjusted Mann-Whitney U-tests. **Results:** Adhesor Carbofine (p<0.001) and Choice II (p<0.05) demonstrated the highest air bubble volume and proportion of air bubble to total sample volume among the tested cements. When the air bubble surface area evaluated, Adhesor Carbofine (p<0.01) were contained the most occupied air bubble surface area. In addition, the number of air bubbles were found greater the Adhesor Carbofine (p<0.01) and Clearfil Esthetic (p<0.05) respectively, than among the tested groups. **Conclusion:** The paste form of resin-based luting agents has the potential to decrease the formation of air bubbles.

Key Words: Dental cements; X-ray microtomography; porosity

Türkiye Klinikleri J Dental Sci 2015;21(1):10-7

doi: 10.5336/dentalsci.2014-39230

Copyright © 2015 by Türkiye Klinikleri

Son yıllarda restoratif diş hekimliği alanında yapılan çalışmaların çoğu, çeşitli sebeplerle diş sert dokularında meydana gelen madde kayıplarının tedavisinde daha güvenle kullanılabilen estetik restoratif

materyallerin ve yöntemlerin bulunması üzerinedir. Sabit protetik restorasyonların kullanımının artışına bağlı olarak dental yapıştırma materyalleri üzerine ilgi de her geçen gün artmaktadır.¹

Yirminci yüzyılın başlarında çinko oksit-fosforik asit, çinko oksit-öjenol (%85 karanfil yağı) ve silikat cam-fosforik asit simanlar bulunmuştur. Çinko fosfat, çinko oksit öjenol ve silikat simanlar, yeni simanların geliştirildiği 1970'li yıllara kadar oldukça fazla kullanılmıştır.² Bu simanların neden olduğu histopatolojiler, dentin-restorasyon ara yüzeyine bakterilerin tutunmasına yol açan marjinal sızıntı ve bağlanmadaki zayıflıklar yeni klinik teknikler ve materyallerin bulunmasına neden olmuştur. Pulpa histopatolojisi ile ilgili yeni bilgilerle beraber dentin ara yüzeyine bakteri penetrasyonunu içeren marjinal sızıntılar ve restorasyonların tutuculuğu incelenmiştir.³ Yeni materyallerin mine ve dentini ıslatabilme özelliği ve düşük toksisiteye sahip olması gerektiği vurgulanmıştır.²

İlk olarak polikarboksilat siman daha sonra da cam iyonomer simanlar geliştirilmiştir. 1950'li yılların başında metil metakrilatların piyasaya sürülmesine rağmen yüksek toksisite, sızıntı, adezyon gibi sınırlamalar nedeniyle rutin kullanıma girememiştir. Son 15 yılda farklı tekniklerle polimerize olabilen Bis-GMA ve diğer dimetakrilat monomer içeren simanlar kullanıma sunulmuştur. Bu yeni simanlar benzer dayanım ve çözünme özellikleri, pulpa üzerine minimal etkileri ve adeziv karakterleri açısından çinko fosfat simana alternatif olarak kabul edilmiştir.²

Sabit protetik restorasyonların başarısını etkileyen esas faktörlerden biri de restorasyonun diş tutunmasını sağlayan yapıştırma işlemidir.⁴ Bir kron restorasyonunda retansiyon kaybı sabit parsiyel protezlerin ve geleneksel kronların başarısızlığında ikincil olarak rol oynamaktadır.⁵ Restorasyon ve diş dokuları arasında kalan siman materyalinin homojen bir yapıda olması istenir. Arada kalan hava kabarcıkları simanın homojen yapısını bozar ve bazı fiziksel özelliklerinin azalmasına yol açabilir. Ayrıca özellikle rezin içerikli simanlarda aradaki hava boşlukları çeşitli oksijen inhibisyon bölgeleri oluşturarak yetersiz polimerizasyona neden olabi-

li.⁶ Yetersiz polimerizasyon simanı daha dayanıksız hale getirir ve simanın çözünmesini artırarak mikro sızıntılara yol açar.

Literatür genel olarak incelendiğinde simanlarla ilgili ayrıntılı laboratuvar çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, klinikte uygulanan simantasyon işlemi sonrasında restorasyon ve diş dokusu arasında kalan simanın son durumu hakkında bilgi oldukça kısıtlıdır. Bunlardan en önemlisi simantasyon sırasında oluşacak hava kabarcıklarıdır. Klinik uygulamada simantasyon için kabul edilen metot; siman karışımının restorasyonun iç yüzeyine dikkatlice ve homojen bir yapıda sürülmesi ve restorasyonun dişe uygulanarak ısırma basıncı altında taşmasını sağlamaktır.⁷ Bu yöntemle simanın iç yapısında hava kabarcıklarının oluşması sürpriz değildir. Diş hekimliğinde kullanılan restoratif materyallerdeki hava kabarcıklarının hacmi ve dağılımı ile ilgili çok kısıtlı sayıda çalışma mevcuttur. Taylor amalgam için hava kabarcıklarının tüm restorasyona oranla %3-5 hacim kapladığını öne sürerken, Jorgensen bu oranı %0,3 olarak bildirmiştir.⁸ Opdam ve ark., sınıf I rezin kompozit restorasyonların hava kabarcıklarını 0,15-4,08 mm³ olarak rapor etmiştir.⁹

Son yıllarda teknolojik gelişmelerle beraber üç boyutlu görüntülemeler diş hekimliği alanında da kullanılmaya başlamıştır. Feldkamp ve ark., 50 mm'lik boşluklara sahip trabeküler yapıdaki örnekleri incelemek için X ışını temel alan mikrotomografi sistemini geliştirmişlerdir.¹⁰ Sistemin önemli avantajı incelenen yapının üç boyutlu yapısı üzerinde nitelik ve nicelik bakımından kesin bilgiler sağlamasıdır. Örneklerin iç yapısı herhangi bir fiziksel işlem yapılmadan (kesit alma) ya da toksik kimyasal ajanlar kullanmadan çok detaylı bir şekilde incelenebilir.

Bu çalışmanın amacı; beş farklı tipteki yapıştırıcı simanın polimerizasyonu sonrasında iç yapısında oluşan hava kabarcığının hacmi, yüzey alanı, miktarı ve tüm yüzey alanına oranının Mikro bilgisayarlı tomografi (Mikro BT) ile belirlenmesidir. Başlangıç hipotezi olarak farklı yapıştırma simanları arasında hava kabarcığı oluşum miktarı açısından bir farklılık olmayacağı şeklindedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, dental restorasyonların yapıştırılmasında kullanılan simanlardan, bir adet polikarboksilat siman (Adhesor Carbofine, Spofa Dental, Markova, Çek Cumhuriyeti), bir adet cam iyonomer siman (Ketac Cem, 3M ESPE, Minnesota, ABD) ve üç adet rezin siman olmak üzere [(Clearfill Esthetic, Kuraray, Okayama, Japonya), (Choice 2, Bisco, Schaumburg, ABD), (Multilink Automix, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn)] toplam 5 farklı siman materyali kullanıldı (Tablo 1).

Bu çalışmada kullanılan siman örnekleri 23 ± 1 °C oda sıcaklığında hazırlanmıştır. Testlerde kullanılan aletler deney koşullarında siman örneklerinin standart sıcaklık değerlerine gelmesi için en az bir saat bekletilmiştir. Oluşabilecek hatayı en aza indirmek için siman örnekleri aynı kişi tarafından hazırlanmıştır (ATÖ). CNC tezgahında özel olarak üretilen 3 mm çap ve yükseklikte olan teflon kalıplara (Resim 1), çalışmada kullanılacak olan siman materyalleri üretici firmanın talimatlarına göre hazırlanarak 'bulk' tekniği ile tek seferde dikkatlice yerleştirilmiştir. İki adet ince siman camı üzerine şeffaf bant konulup, kalıpla temasa gelene kadar sıkıştırılarak artan simanın taşması sağlanmıştır. Taşan siman artıkları temiz bir sond yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Işık kaynağı gereken simanlarda polimerizasyon sırasında ışık kaynağının (Elipar Freelight 2, 3M Espe, St. Paul, Minnesota, ABD) ucu cam lamel üzerine direkt temas ettirilerek ışınlama mesafesi minimum olacak şekilde standardize

edilmiştir. Işınlama işlemi örneğin önce üst kısımdan 20 sn, sonra alt kısımdan 20 sn ve kalıptan çıkarıldıktan sonra sağ ve sol yüzeyden 20 sn yapılmıştır.

Nomato ve ark., tarafından yapılan çalışmada, kapsül cam iyonomer simanların içindeki hava kabarcığı hacmini kullanılan örneğin hacminin %6-7 civarında olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada, $\alpha=0,05$ anlamlılık seviyesinde her bir grup için yedi toplam 35 örnekten oluşan örneklem sayısının %80'den daha fazla güç oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu sonuca dayanarak, her bir siman grubu için yedişer adet örnek hazırlanmıştır.

MİKRO BT TARAMASI

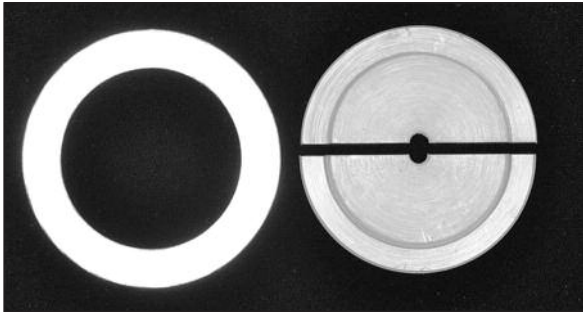
Örnekler tarama için masa üstü SkyScan1172 compact Mikro BT (Kontich, Belçika) cihazına yerleştirilerek 95 kV güç, 100 mA akımda, 0,5 mm alüminyum filtre kullanılarak, 11 Mega Piksel kamera yardımıyla, her bir örnekten 13,68 mikron boyutunda kesitler alınarak tarandı. Örnekler 360 derece rotasyon ile taranırken, rotasyon adımı 0,5 derece olarak belirlendi. Kesitlerden alınan DICOM (Digital Imaging and Commutation in Medicine) uyumlu görüntüler BMP (Bit Map Picture) formatına dönüştürüldü ve NRCon (SkyScan, Kontich, Belçika) programı kullanılarak analiz için hazır hale getirildi.

Elde edilen veri serisi CTAn 13.3.1. (SkyScan, Kontich, Belçika) yazılımında aktarıldı ve çalışılacak aralık tespit edildi (Resim 2a). İkinci aşamada CTAn temel modülde bulunan bölgesel seçim (re-

TABLO 1: Çalışmada kullanılan simanlar, polimerizasyon tipleri ve içerikleri.

Simanlar	Polimerizasyon Tipi	İçeriği	Üretici Firma
Clearfill Esthetic	Hem ışık hem de kimyasal olarak sertleşen rezin siman	BisGMA (%<10), TEDGMA (%<8), İn.dol. (%<85)	Kuraray Medical Inc. Okayama, Japonya
Choice 2	Işıklı sertleşen rezin siman	Stronsiyum cam, amorf silika , Bis-GMA	Bisco, Inc, Schaumburg, ABD
Ketac Cem	Cam iyonomer siman	Likit: Su (%80-90), Tartarik asit (%10-20) Toz: Cam tozu (%80-85), Polikarboksilik asit (%10-20)	3M ESPE, St. Paul, Minnesota, ABD
Multilink Automix	Kimyasal sertleşen rezin siman	DMA (%22-26), HEMA (%6-7), Benzolperoksit (%1), İn.dol. (%65-70)	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn
Adhesor Carbofine	Polikarboksilat siman	Toz: %60-95 çinko oksit Likit: %30-50 poliakrilik asit	SpofaDental a.s. Markova, Çek Cumhuriyeti

HEMA: Hidrosimetilmetakrilat; TEDGMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat; PMMA: Polimetilmetakrilat; Bis GMA: Bisfenol A Diglisileter Metakrilat; UDMA: Üretandimetilmetakrilat; DMA: Dimetilakrilat; İn.dol: İnorganik doldurucu.



RESİM 1: Çalışmada kullanılan teflon kalıp.

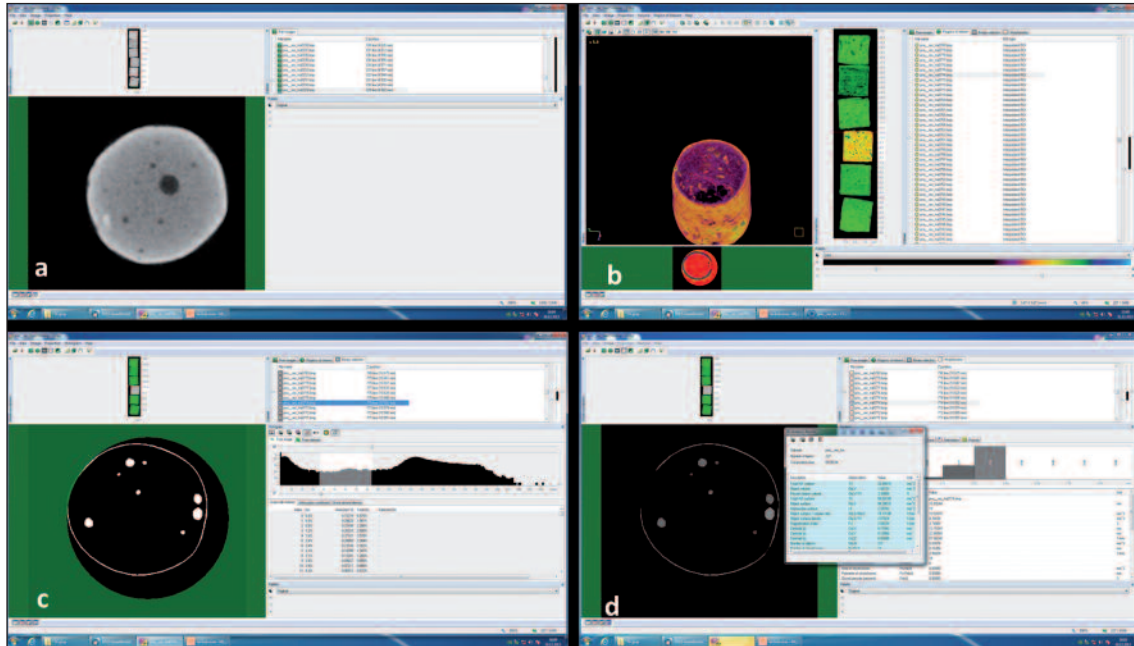
gion of interest) yapılarak çalışma alanı daraltıldı (Resim 2b). Üçüncü aşamada ikili görüntü seçimi (bianery image selection) yapıldı ve çalışma aralığının tespiti (thresholding) yapılarak değerlendirilmeye alınacak maksimum ve minimum yoğunluk değerleri belirlenerek, üç boyutlu analiz için istenen değerlerin bu değerler kapsamında olmasına dikkat edildi. Görüntü kirlilikleri ve üç boyutlu analize dâhil olması düşünülmeyen yapılar değerlendirme alanından çıkarıldı (Resim 2c). Son aşamada ise hesaplama (Calculation) modülü kullanılarak örneğin iç yapısında oluşan hava ka-

barcığının hacmi, yüzey alanı, sayısı ve tüm yüzey alanına oranı üç boyutlu olarak analiz edildi (Resim 2d).

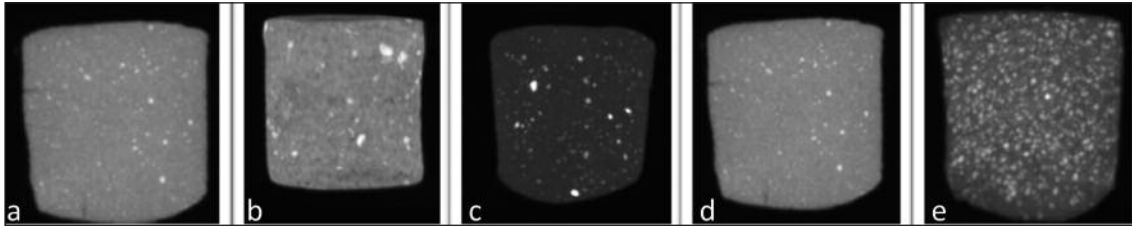
Elde edilen üç boyutlu veriler yardımıyla örneğin üç boyutlu hacimsel ve alansal ölçümlerle tanısal değerlendirilmesi yapıldıktan sonra CTVox 5.1.1. (SkyScan, Contich, Belçika) modülünden yararlanılarak her bir gruptan birer örneğin verileri kullanılarak üç boyutlu modelleri hazırlandı (Resim 3).

İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Test edilen gruplardaki örnek sayısı dikkate alındığında elde edilen hacim ve alan verilerini değerlendirmek için non parametrik istatistiksel testler seçildi. Öncelikle test edilen gruplar arasında fark olup olmadığını araştırmak için $\alpha=0,05$ güven aralığında Kruskal Wallis tek yönlü varyans analizi kullanıldı. Gruplar arasındaki farkın kaynağını araştırmak için Bonferroni düzeltmeli Mann-Whitney U testi uygulandı. İstatistiksel analizler Microsoft Excel 2003 (Microsoft, Seattle, Washington, ABD) ve SPSS 15 (Chiaogo, IL, ABD) programları kullanılarak yapıldı.



RESİM 2: a) Veri serisinde çalışılacak aralık tespit edilmesi, b) Bölgesel seçim (region of interest) yapılarak çalışma alanı daraltılması, c) İkili görüntü seçimi (bianery image selection) ve çalışma aralığının tespiti (thresholding), d) Örneğin iç yapısında oluşan hava kabarcığının üç boyutlu olarak analiz edilmesi.



RESİM 3: Her gruptan bir örneğe ait üç boyutlu model görüntüleri. a) Clearfill Esthetic, b) Choice 2, c) Ketac Cem, d) Multilink Automix, e) Adhesor Carbofine.

BULGULAR

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, test edilen beş farklı yapıştırma simanı arasında içerdikleri hava kabarcığının hacmi, yüzey alanı, sayısı ve oranı arasında anlamlı farklılıklar saptanmıştır ($p < 0,001$). Her bir yapıştırma simanı için yapılan ölçüm değerleri ve gruplar arasındaki istatistiksel farklılıklar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Hazırlanan siman örnekleri içindeki toplam hava kabarcığı incelendiğinde; Adhesor Carbofine ($238,750 \pm 1,472 \text{ mm}^3$) en fazla hava kabarcığı hacmine sahip iken ($p < 0,001$), Choice 2 ($0,083 \pm 0,035 \text{ mm}^3$) ikinci en fazla hava kabarcığı hacmine sahip siman olmuştur ($p = 0,032 < 0,05$). Her ne kadar Ketac Cem ($0,027 \pm 0,023 \text{ mm}^3$) en az hava kabarcığına sahip siman olsa da, Clearfil Esthetic ($0,036 \pm 0,01 \text{ mm}^3$) ve Multilink Automix ($0,049 \pm 0,020 \text{ mm}^3$) ile kıyaslandığında aralarında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p = 0,695 > 0,05$) (Tablo 2).

Bu bulguyla paralel olarak hava kabarcıklarının toplam örnek hacmine oranı en fazla Adhesor Carbofine ($0,707 \pm 0,381$) ($p = 0,08 < 0,01$), ikinci olarak Choice 2’de ($0,312 \pm 0,152$) görülürken ($p = 0,041 < 0,05$); bu oran Ketac Cem ($0,120 \pm 0,089$), Cle-

arfil Esthetic ($0,147 \pm 0,061$) Multilink Automix ($0,125 \pm 0,026$) de daha düşük miktardadır ($p = 0,713 > 0,05$) (Tablo 2).

Hava kabarcıklarının yüzey alanı kıyaslandığında; en büyük değer Adhesor Carbofine ($6,698 \pm 3,464 \text{ mm}^2$) simana ait iken ($p = 0,06 < 0,01$), bu değer diğer gruplarda $1,10 - 1,88 \text{ mm}^2$ arasındadır ve gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p = 0,974 > 0,05$) (Tablo 2).

Çalışmamızın son parametresi olan örnek içindeki hava kabarcığı sayısı değerlendirildiğinde ise; yine en büyük değeri Adhesor Carbofine ($138,750 \pm 19,470$) alırken ($p = 0,07 < 0,01$), Clearfil Esthetic ($80,40 \pm 29,48$) bu değeri takip etmektedir ($p = 0,046 < 0,05$). Hava kabarcığı sayısı test edilen simanlar içinde en az Multilink Automix’te ($23,800 \pm 9,313$) görülürken, Choice 2 ($28,400 \pm 10,180$) ve Ketac Cem ($34,800 \pm 14,359$) bu değeri takip etmektedir. Ancak Multilink Automix, Choice 2 ve Ketac Cem arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p = 0,649 > 0,05$) (Tablo 2).

TARTIŞMA

Diş hekimliğinde sabit parsiyel restorasyon uygulamalarının artışına paralel olarak yapıştırıcı simanlar için çok farklı sistemler ortaya konulmaktadır.

TABLE 2: Grupların ortalama, standart sapma ve istatistiksel olarak önemlilik durumları.

Simanlar	HKTH (mm^3) Ort \pm SS*	HKTHO (mm^3) Ort \pm SS*	HKYA (mm^2) Ort \pm SS*	HKS Ort \pm SS*
Clearfill Esthetic	0,036 \pm 0,01 ^a	0,147 \pm 0,061 ^a	1,844 \pm 0,739 ^a	80,40 \pm 29,48 ^a
Choice 2	0,083 \pm 0,035 ^{a,b}	0,312 \pm 0,152 ^{a,b}	1,884 \pm 0,461 ^a	28,400 \pm 10 \pm 180 ^b
Ketac Cem	0,027 \pm 0,023 ^a	0,120 \pm 0,089 ^a	1,100 \pm 0,727 ^a	34,800 \pm 14,359 ^b
Multilink Automix	0,049 \pm 0,020 ^a	0,125 \pm 0,026 ^a	1,410 \pm 0,196 ^a	23,800 \pm 9,313 ^b
Adhesor Carbofine	0,202 \pm 0,096 ^{***,c}	0,707 \pm 0,381 ^{***,c}	6,698 \pm 3,464 ^{**b}	138,750 \pm 19,47 ^{***c}

HKTH: Hava kabarcıklarının toplam hacmi; HKTHO: Hava kabarcıklarının oranı; HKYA: Hava kabarcıklarının yüzey alanı; HKS: Hava kabarcıklarının sayısı; Ort: Ortalama; SS: Standart sapma; *, Mann Whitney-U testine göre farklı harfi (a, b, c) alan gruplar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($\alpha = 0,05$), *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$, ***: $p < 0,001$.

Her geçen gün bu tür materyallerin sayısı, içeriği ve çeşitliliğinde artış görülmektedir. Bu in vitro çalışmada beş farklı yapıştırma simanının polimerizasyonu sonrasında iç yapısında oluşan hava kabarcığının hacmi, yüzey alanı, sayısı ve örneğin tüm hacmine toplam hava kabarcık hacminin oranı değerlendirilmiş ve bünyesinde en fazla hava kabarcığı hacmi, sayısı, yüzey alanı, toplam hacme oranı polikarboksilat siman olan Adhesor Carbofine bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, çalışmamızın başlangıç hipotezi reddedilmiştir.

Literatür genel olarak incelendiğinde simanlarla ilgili ayrıntılı laboratuvar çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, klinikte uygulanan simantasyon işlemi sonrasında restorasyon ve diş dokusu arasında kalan simanın son durumu hakkında bilgi oldukça kısıtlıdır. Hava kabarcıkları yapıştırma amacıyla kullanılan siman materyalinin mekanik özellikleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir ve korunmasız dentine istenmeyen ağız sıvıları, bakteri ve bakteri toksinlerinin muhtemel geçişi için doğrudan etkilidir. Bu konu daha önce de farklı araştırma metodlarıyla incelenmiştir.^{1,2,5-7}

Siman içindeki pörözite miktarı ya da hava kabarcığının değerlendirilmesinde en eski ve yaygın olarak kullanılan metotlar; ışık mikroskobu, taramalı elektron mikroskobu (SEM), geçirgen elektron mikroskobu (TEM) ve civalı pörözitemetredir. SEM ve TEM son derece ayrıntılı ve kesin ölçümlerle doğru bilgiler verebilir. Işık mikroskobu fazla hassas olmamasına rağmen geniş bir alanda inceleme imkânı vermesi dolayısıyla önemli bilgiler verebilir.¹¹ Ancak tüm mikroskoplar iki boyutlu görüntüler ve sadece alan bilgisi verebilir, üç boyutlu hacim ve lokalizasyon bilgisi vermeleri mümkün değildir. Ayrıca görüntü alınacak örneklerin hazırlanması için materyal örneklerinden kesitler alınması gerekmektedir. Örneğin bütünü hakkında bilgi edinilmesi için bir örnekten çok sayıda kesit alınıp değerlendirilmelidir, bu da çok zahmetli, pahalı ve zaman alan uzun bir işlemdir. Ayrıca örnek başka bir test için kullanılamaz hale gelmektedir.¹²

Hava kabarcıkları ve pörözite değerlendirilmesi için en yaygın ikinci metot civalı pörözitemetredir. Civa pörözitemetresi kullanımında

prensip, çeşitli sıcaklıklarda uygulanan basınç değişimleri ile katılar içine nüfuz eden civa hacminin belirlenmesidir.¹³ Civa pörözitemetresi kullanımında prensip, çeşitli sıcaklıklarda uygulanan basınç değişimleri ile katılar içine nüfuz eden civa hacminin belirlenmesidir. Bu yüksek basınç, materyalin taneciklerinin kırılmasına ve bazı kapalı gözenek hacimlerinin açılmasına neden olabilmektedir. Ayrıca civa, materyalin ancak makro gözeneklerine tesir edebilmekte ve iç yapıdaki hava kabarcıkları analiz edilememektedir. Bu yöntemin avantajı testten sonra örneğe zarar verilmemesidir.¹³

Milutinovic-Nikolic ve ark. yaptıkları çalışmada çinko fosfat, polikarboksilat, geleneksel cam iyonomer ve resin esaslı dört farklı yapıştırma simanını civa pörözitemetresi yöntemi ile incelemişlerdir.¹³ Simanlar üreticilerin tavsiyeleri doğrultusunda hazırlanmış ve 6 mm çap ve 8 mm uzunluktaki standart kalıplara yerleştirilmiştir. Açık pörözitemetre yöntemi ile simanları değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre en az pöröz yapı gösteren simanları sırasıyla rezin siman, cam iyonomer, çinko fosfat ve polikarboksilat siman olarak belirlemişlerdir. Bu sonuç bizim çalışmamızla kısmen uyumaktadır. Sunulan çalışmada, en fazla pöröz yapıyı polikarboksilat siman gösterirken, resin esaslı simanlar daha homojen bir yapı sergilemektedir. Bu durum kullanılan araştırma tasarımı, hava kabarcıklarının değerlendirme yönteminin farkı ve materyal sayısındaki fazlalıktan kaynaklanabilir. Ayrıca civa pörözitemetresi yöntemi sadece yüzeyel hava kabarcıklarını tespit ederken Mikro BT yöntemi simanın tüm hacmi içindeki hava kabarcıklarını tespit etmektedir. Sunulan çalışmada, en fazla pöröz yapıyı polikarboksilat siman gösterirken, resin esaslı simanlar daha homojen bir yapı sergilemektedir.

Nomoto ve ark., yapıştırma amacıyla hazırlanan cam iyonomer simanlar için karıştırma yöntemlerini inceledikleri çalışmada, elle ve otomatik karıştırma yönteminin oluşturduğu hava kabarcıklarını Mikro BT yöntemi ile araştırmışlardır.¹² Her bir örnekten Mikro BT yöntemi ile 26 mikron kalınlığında yaklaşık 200 kesit alınıp üç boyutlu modeller oluşturularak hava kabarcıklarının

sadece sayıları belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da Mikro BT yöntemi kullanılmış ancak kesit aralığı 13 mikron ayarlanarak daha fazla sayıda yaklaşık olarak 450 kesitte çalışılmıştır. Nomoto ve ark.nın sonuçlarına göre %6-9 arasında değişken hacimde hava kabarcığı tespit etmişlerdir, bizim sonuçlarımıza göre bu oran %0,1-0,7 arasında değişmektedir.¹² Bu durum kullanılan simanlar, hazırlanma tekniklerinin ve yöntem hassasiyetinin farklı olması ile açıklanabilir. Nomoto ve ark. karıştırma yönteminin hava kabarcıkları üzerinde anlamlı bir etki oluşturduğunu ve elle hazırlama yönteminin daha fazla hava kabarcığına yol açtığını öne sürmüşlerdir.¹² Bizim çalışmamızın sonuçları da bu yargıyı desteklemektedir, elle karıştırılan polikarboksilat siman daha fazla hava kabarcığı içerirken, pat seklinde olan resin esaslı simanlarda hava kabarcığı genel olarak daha az gözlenmiştir.

Toz ve likit formunda bulunan simanlar, toz ve likit bileşenlerinin en uygun oran, süre, ısı ve dikkatli bir karıştırma tekniği ile ideal bir biçimde hazırlanabilir. Bu faktörlerin tümü simanın homojenitesini ve dolayısıyla iç yapısını etkiler. Hava kabarcıkları ile ilgili hacim, alan sayı ve oran verileri değerlendirildiğinde, toz ve likit halinde bulunan siman materyallerinde göreceli olarak yüksek değerler görülmektedir. Bu durumu simanların hazırlama işlemlerinin aşamalı olmasına bağlayabiliriz. Mitchell ve Douglas, elle karıştırılan ve kapsül şeklindeki hazırlanan cam iyonomer simanların polimerizasyondan sonra yapısında gözlenen hava kabarcıklarını incelemişler ve bizim sonuçlarınıza benzer bir şekilde elle karıştırılanlarda daha fazla hava kabarcığı rapor etmişlerdir.¹⁴ Bu bulgu Nomoto ve ark.nın yaptığı çalışmada doğrulanmıştır. Bu çalışmalara ek olarak Behr ve ark. çinko fosfat, polikarboksilat, cam iyonomer siman, resin esaslı cam iyonomer simanlar ile kompozit ve self adeziv kompozitlerin karıştırma metotlarının malzemelerin fiziksel özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir.^{12,15} Elle karıştırılanlarda genel olarak fiziksel özelliklerin düşük performans gösterdiklerini bildirmişler, bu durumu da hazırlama sırasında materyalde oluşan hava kabarcıklarına bağlamışlardır. Ayrıca toz ve likit şeklindeki

materyallerin partikülleri mikrometrik boyutlarda üretilirken, pat şeklinde üretilen rezin simanlar nanometrik boyutlar gösterir.^{1,2} Bu durumun da hava kabarcığı oluşumuna katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızın sonuçlarına göre pat şeklindeki rezin simanlar ile toz-likit şeklindeki geleneksel cam iyonomer simanlar arasında hava kabarcığı hacmi ve alanı arasında anlamlı bir farklılık bulunmamasına rağmen polikarboksilat simanda bu miktar en fazladır. Bu durum toz likit formunda olan simanların hazırlanması sırasında manipülasyon işleminin ne denli önemli olduğu ve çalışmada kullanılan örneklerin azlığı ile açıklanabilir.

Hava kabarcıklarına ait hacim ve alan verileri arasında tam bir uyum söz konusu değildir. Bir başka deyişle hava kabarcıkları genel olarak hacimleri oranında yer işgal etmemektedirler. Bu materyaller içinde Ketac Cem, Clearfil Esthetic, Multilink Automix'teki hava kabarcıklarının hem hacimleri küçüktür hem de kapladıkları alan azdır, bunun anlamı hava kabarcıklarının bir bölgede toplanmasıdır. Ancak, sadece hava kabarcıklarına ait sayısal veriler yardımıyla karar vermenin doğru olmayacağı kanısındayız. Hava kabarcığının hacmi ve alanı kadar simanın bütününde üç boyutlu olarak işgal ettiği yerin bilinmesi de klinik başarı için anahtar faktördür. Kullandığımız Mikro BT yöntemi ve buradan elde edilen verilerin bilgisayar yardımı ile üç boyutlu analizi sonucu çok ayrıntılı veriler elde edilmiştir.

Çalışmamızın limitasyonları göz önünde alındığında; karıştırılmış simanın bir kavite içine yerleştirilmesi sırasında siman kitlesine gelen basınç ile klinikte bir kuronun prepare edilmiş dişe simantasyonu sırasında siman tabakasına gelen basınç ve elde edilen siman kalınlığı arasında önemli farklar olması kaçınılmazdır. Ayrıca klinik uygulamalarda prepare edilen dişe restorasyon arasındaki siman aralığı yaklaşık 25-100 mikron kadardır.¹¹ Bir kuronun iç yüzeyinde 25-100 mikron aralığında siman tabakası boşluğu düşünülürse, bu aralıkta meydana gelebilecek hava kabarcığı miktarı ve hacmi bu çalışmada sunulan değerlerden büyük ihtimalle farklılık gösterecektir.¹¹ Bu durumda klinik koşulları daha iyi temsil eden çalışma

tasarımları ile sunulan çalışma tekrarlanabilir. Schliburg tarafından tanımlanan ve simantasyon sonrasında kron içinde varlığından söz edilen hava boşluklarının miktarı ve lokalizasyonları mikrosızıntı, çürük, restorasyon kaybı gibi nedenlerden dolayı dikkatle değerlendirilmesi gereken bir durumdur.⁷

Çalışmamızda kullanılan Mikro BT taraması ve analizi maliyeti açısından önemli bir dezavantaj göstermektedir. Bu nedenle örnek sayısının belirlenmesinde güç analizi kullanılmış ve en az sayıdaki örneklerle çalışma gerçekleştirilmiştir. Örnek sayısının azlığı bu çalışmanın önemli kısıtlamaları arasında sayılabilir. Çalışma daha fazla örnek sayısı ve kliniği daha iyi taklit eden çalışma modelleriyle tekrarlanabilir.

SONUÇ

1. Çalışmamızda hava kabarcığı hacim, alan, sayı ve oran bakımından en fazla miktarda polikarboksilat simanda (Adhesor Carbofine), en az miktarda ise rezin esaslı simanlarda tespit edilmiştir.

2. Klinik olarak otomatik karıştırma aygıtları ile hazırlanan ya da pat şeklinde olan simanların hazırlanması ve uygulaması toz ve likit biçiminde olanlara göre daha kolaydır. Bizim çalışmamızın sonuçlarına göre otomatik karıştırma aygıtları ile hazırlanan ya da pat şeklinde olan simanların kullanımını tavsiye edebiliriz.

3. Sunulan çalışma klinik şartları daha iyi taklit eden farklı çalışma tasarımları ile yeniden değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

1. Ewoldsen N, Demke RS. A review of orthodontic cements and adhesives. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120(1):45-8.
2. O'Brien WJ. Dental cements. *Dental Materials and Their Selection*. 3rd ed. Michigan: Quintessence Publishing Co; 2002. p.132-56.
3. Tuncer S, Demirci M. [The cytotoxic effects of dentin bonding agents: Review]. *Türkiye Klinikleri J Dental Science* 2012;18(1):87-96.
4. Seçilmiş A, Öztürk N, Eraslan O, Sevük Ç, Es-kişçiöğlü G. Effect of luting cement on tensile bond strength of implant-supported crowns. *Türkiye Klinikleri J Dental Science* 2010;16(2):149-54.
5. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1999;81(2):135-41.
6. Oysaed H, Ruyter IE. Water sorption and filler characteristics of composites for use in posterior teeth. *J Dent Res* 1986;65(11):1315-8.
7. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett SE. *Finishing and cementation. Fundamentals of Fixed Prosthodontics*. 4th ed. Chicago, Illinois: Quintessence Publishing Co; 1997. p.405.
8. Geirsson J, Thompson JY, Bayne SC. Porosity evaluation and pore size distribution of a novel directly placed ceramic restorative material. *Dent Mater* 2004;20(10):987-95.
9. Opdam NJ, Roeters JJ, Peters TC, Burgersdijk RC, Teunis M. Cavity wall adaptation and voids in adhesive Class I resin composite restorations. *Dent Mater* 1996;12(4):230-5.
10. Feldkamp LA, Goldstein SA, Parfitt AM, Jenson G, Kleerekoper M. The direct examination of three-dimensional bone architecture in vitro by computed tomography. *J Bone Miner Res* 1989;4(1):3-11.
11. De Santis R, Mollica F, Prisco D, Rengo S, Ambrosio L, Nicolais L. A 3D analysis of mechanically stressed dentin-adhesive-composite interfaces using X-ray micro-CT. *Biomaterials* 2005;26(3):257-70.
12. Nomoto R, Komoriyama M, McCabe JF, Hirano S. Effect of mixing method on the porosity of encapsulated glass ionomer cement. *Dent Mater* 2004;20(10):972-8.
13. Milutinović-Nikolić AD, Medić VB, Vuković ZM. Porosity of different dental luting cements. *Dent Mater* 2007;23(6):674-8.
14. Mitchell CA, Douglas WH. Comparison of the porosity of hand-mixed and capsulated glass-ionomer luting cements. *Biomaterials* 1997;18(16):1127-31.
15. Behr M, Rosentritt M, Loher H, Kolbeck C, Trempler C, Stemplinger B, et al. Changes of cement properties caused by mixing errors: the therapeutic range of different cement types. *Dent Mater* 2008;24(9):1187-93.