

Yeni Bir Kalsiyum Silikat Esaslı Kök Kanal Patının pH Değerlerinin Farklı Sürelerde Değerlendirilmesi: *In Vitro* Çalışma

Evaluation of the pH Values of a New Calcium Silicate Based Root Canal Sealer at Different Time Periods: *In Vitro* Study

¹Alev ERCAN^a, ²Birgül ÖZAŞIR^a, ³Tufan ÖZAŞIR^a, ⁴Berna ULUTEKİN^a, ⁵Elif COŞKUN ŞAHİN^a,
⁶Kamran GÜLŞAHI^a

^aBaşkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti ABD, Ankara, Türkiye

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, kalsiyum silikat içerikli yeni bir kök kanal patı olan NeoSealer Flo'nun farklı zamanlardaki pH değerlerini 2 farklı kök kanal patıyla *in vitro* şartlarda karşılaştırarak değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntemler:** Karıştırılan kanal patları (AH Plus, Sure-Seal Root ve NeoSealer Flo), her grupta 10 adet olacak şekilde, cam kapiller tüplere doldurulup, içinde 10 mL serum fizyolojik solüsyonu (pH=7) bulunan kapaklı şişelere yerleştirildi. Ölçüm dışındaki dönemlerde 37°C'de inkübatörde bırakıldı. Kontrol grubundaki 10 kapiller tüpün doldurulmadan boş bırakılması dışında, deney gruplarıyla benzer işlemler uygulandı. Kanal patlarının karıştırılmasından sonra 1, 2, 3, 24, 48, 72. saatlerde ve 1. haftadaki pH değerleri pH-metre ile ölçüldü ve kaydedildi. **Bulgular:** Sure-Seal Root'un en yüksek pH değerlerine sahip olduğu belirlenirken, AH Plus en düşük pH değerlerini gösterdi (p<0,05). Sure-Seal Root'un pH değeri tüm zaman dilimlerinde NeoSealer Flo'dan daha yüksekti fakat istatistiksel olarak anlamlı değildi (p>0,05). Sure-Seal Root'un pH değeri tüm zaman dilimlerinde AH Plus'tan önemli derecede yüksekti (p<0,05). NeoSealer Flo'nun zaman dilimlerine göre pH değerleri sırasıyla, 11,95; 11,80; 11,76; 12,03; 12,23; 11,78; 11,22 olarak saptandı. **Sonuç:** Bu çalışmada değerlendirilen 3 kanal patında sudaki sızdırmazlığın alkali nitelikte olduğu bulundu. Yeni kök kanal patı NeoSealer Flo'nun değerlendirilen tüm zaman dilimlerinde alkali pH'ye sahip olması nedeniyle endodontik tedavide kullanılması tavsiye edilmektedir.

ABSTRACT Objective: The aim of this study was to evaluate the pH values of NeoSealer Flo, a new root canal sealer containing calcium silicate, at different times by comparing it with two different root canal sealers under *in vitro* conditions. **Material and Methods:** The mixed canal sealers (AH Plus, Sure-Seal Root and NeoSealer Flo), 10 in each group, were filled into glass capillary tubules and placed in capped bottles containing 10 mL physiological saline solution (pH=7). After mixing the sealer, pH values at the 1, 2, 3, 24, 48, 72nd hours and 1st week were measured and recorded with a pH-meter. **Results:** Sure-Seal Root was determined to have the highest pH values, while AH Plus exhibited the lowest pH values (p<0.05). The pH value of Sure-Seal Root was found to be higher than NeoSealer Flo at all time periods, but the difference not significant (p>0.05). The pH value of Sure-Seal Root was significantly higher than AH Plus at all time periods (p<0.05). The pH values of NeoSealer Flo according to time periods were determined as 11.95, 11.80, 11.76, 12.03, 12.23, 11.78, 11.22, respectively. **Conclusion:** It was found that there lease into water of all three canal sealers evaluated in this study was alkaline. The new root canal sealer NeoSealer Flo is recommended for use in endodontic treatment due to its alkaline pH at all time periods evaluated.

Anahtar Kelimeler: Kök kanalı dolgu materyalleri;
kalsiyum silikat; endodonti; kök kanal tedavisi

Keywords: Root canal filling materials;
calcium silicate; endodontics; root canal therapy

Kök kanal tedavisinin temel amacı; kök kanal sistemindeki mikroorganizmaları elimine etmek ve tekrar kontaminasyonu engellemek için sızdırmaz bir

kök kanal dolgusu yapmaktır.¹ Bu amaçla genellikle gütaperka ve kök kanal patları birlikte kullanılır. Kök kanal patları, kök kanal duvarı ve gütaperka arasın-

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Ercan A, Özaşır B, Özaşır T, Ulutekin B, Coşkun Şahin E, Gülşahi K. Yeni bir kalsiyum silikat esaslı kök kanal patının pH değerlerinin farklı sürelerde değerlendirilmesi: *In vitro* çalışma. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2024;30(1):99-106.

Correspondence: Alev ERCAN

Başkent Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti ABD, Ankara, Türkiye

E-mail: a.ercan8@hotmail.com

Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 13 Nov 2023

Received in revised form: 19 Dec 2023

Accepted: 20 Dec 2023

Available online: 10 Jan 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



daki ve aynı zamanda yardımcı gütaperka konlar arasındaki boşlukları doldurmak amacıyla kullanılır.²

Kök kanal patlarının asidik veya alkali pH'ye sahip olması, bu materyallerin bazı klinik koşullar altında periapikal dokularla temas hâlinde olduğu göz önüne alındığında kök kanal tedavisinin sonuçları üzerinde önemli bir faktördür.^{3,4} Bu sebeple kullanılacak kök kanal patının seçiminde, kök kanal patının kimyasal doku üzerindeki irritasyon etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.⁵ Kök kanal patlarının, pH düzeylerinin fibroblastları etkileyerek yara iyileşmesinde etkili olduğu ve yüksek pH'nin alkalen fosfataz enzimini aktive ederek sert doku oluşumunda rol aldığı bildirilmiştir. Ayrıca yüksek pH'nin osteoklastlardan gelen laktik asidi nötralize edebildiği ve dişlerin mineralize bileşenlerinin çözünmesinin önlenildiği bildirilmiştir.⁶⁻⁸

Günümüzde farklı tipte birçok endodontik pat mevcuttur. Endodontik patlar, sertleşme reaksiyonlarına ve bileşimlerine göre kategorize edilir.⁹ Ekleme-polimerizasyon (addition-polimerization) reaksiyonuyla sabitlenen epoksirezin esaslı patlar ve AH Plus (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya) genellikle bu pat kategorisinde altın standart olarak kullanılır.^{10,11} Trikalsiyum silikat ve dikalsiyum silikat esaslı kök kanal patları piyasaya sürülen son biyoaktif kök kanal patı grubudur.¹² Tri/dikalsiyum silikat simanlar/patlar su ile reaksiyona girerek sertleşir ve sert bir kalsiyum silikat hidrat ve kalsiyum hidroksit matrisinden oluşan oldukça alkali bir karışım oluşturur.^{13,14}

Sure-Seal Root patı (Sure Dent Corporation, Gyeonggi-do, Güney Kore), kök kanal dolgusu için önceden karıştırılmış, enjekte edilebilir, biyoaktif, biyouyumlu, osteojenik, antibakteriyel, radyopak, hidrofilik ve hidroksiapatit formasyonuna sahip yeni bir kanal patıdır. Üstelik uygun raf ömrü ve ideal sertleşme süresine sahiptir. Sertleşme sırasında sıkışmaz ve kullanışlı fiziksel özelliklere sahiptir.¹⁵

NeoSealer Flo (Avalon Biomed, Houston, TX, ABD) yeni bir trikalsiyum silikat esaslı kök kanal patıdır.¹⁰ Yaptığımız kapsamlı literatür incelemesinde, NeoSealer Flo kök kanal patının pH değerlerini inceleyen yalnızca bir çalışmaya rastlanılmıştır.¹⁶

Bu çalışmanın amacı, kök kanal patlarından NeoSealer Flo'nun farklı zaman dilimlerindeki pH değerlerini 2 farklı kök kanal patıyla karşılaştırarak incelemektir. Çalışmamızın sıfır hipotezi, kullanılan 3 kök kanal patının farklı zaman dilimlerindeki pH değerleri arasında fark olmadığı yönündedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerinin son yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: D-KA22/31) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir. Bu çalışmada, pH ölçümü için AH Plus, Sure-Seal Root ve NeoSealer Flo kanal patları kullanılmıştır. Patların içerikleri ve üretici isimleri **Tablo 1**'de belirtilmiştir.

Karıştırılan kanal patları her grupta 10 adet olacak şekilde, 10 mm uzunlukx1,6 mm çapa sahip cam kapiller tüplere doldurulduktan sonra, içinde 10 mL serum fizyolojik (SF) solüsyonu (pH=7) bulunan ayrı ayrı kapaklı şişelere yerleştirilmiştir. Örnekler ölçüm dışındaki dönemlerde 37°C'de inkübatörde bırakılmıştır. Kontrol grubundaki 10 kapiller tüpün doldurulmadan boş bırakılması dışında, deney gruplarıyla benzer işlemler uygulanmıştır. Kanal patlarının karıştırılmasından sonra 1, 2, 3, 24, 48, 72. saatlerde ve 1. haftada oluşan pH değerleri, üretici firmanın talimatlarına göre kullanılan pH-metre (Hanna pH 211, Woonsocket, Rhode Island, ABD) ile üçer kez tekrarlanarak ölçülmüş ve değerlerin ortalaması kaydedilmiştir (**Resim 1**).

Ölçüm sırasında, indikatör prob solüsyon içine daldırılıp, elektrot ucuna dokunmadan solüsyon 30

TABLO 1: Kullanılan kök kanal patları, firma isimleri ve içerikleri.

Preparat ismi	Üretici firma	İçeriği
AH Plus	Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Almanya	Epoksirezin, zirkonyum oksit, demir oksit, kalsiyum tungstat, silikon yağı
Sure-Seal Root	Sure Dent Corp., Gyeonggi-do, Güney Kore	Kalsiyum alüminosilikat, kalsiyum sodyum fosfosilikat, zirkonyum oksit, kıvam artırıcı madde
NeoSealer Flo	Avalon Biomed, Houston, TX, ABD	Kalsiyum silikat & kalsiyum alüminat siman, tantal oksit, organik sıvı



RESİM 1: Çalışmada kullanılan pH-metre
(Hanna pH 211, Woonsocket, Rhode Island, ABD).

sn süresince çalkalanarak, ölçümü sabitlenen pH değeri kaydedilmiştir. Ölçümler arasında ise, probun ucu saf su ile yıkanıp, kâğıt peçeteye kurulanmıştır.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Bu çalışmada farklı kanal patlarındaki pH değerleri referans olarak alındığında $f=0,81$ etki büyüklüğü (effect size), %95 güç ve 0,05 yanılma düzeyinde gruplara en az 8 tüp olmak üzere toplam 32 tüpün çalışmaya alınması hesaplanmıştır. Hesaplama “GPower 3.1.9.2” (Heinrich Heine Üniversitesi, Almanya) paket programı kullanılarak yapıldı.

Verilere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerde ortalama±standart sapma, ortalanca, minimum, maksimum değerleri verildi. pH değerlerinin gruplar arasında karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis varyans analizi kullanıldı. Farklılığın hangi grup ya da gruplardan kaynaklandığı Kruskal-Wallis çoklu karşılaştırma testi ile incelendi. pH değerlerinin grup içi zamanlar arasındaki karşılaştırmalarında Friedman test kullanıldı. Farklılığın hangi bölgelerden kaynaklandığı Friedman çoklu karşılaştırma testi ile incelendi. Değerlendirmelerde IBM SPSS version 20 (Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı ve istatistiksel anlamlılık sınırı olarak $p<0,05$ kabul edildi.

BULGULAR

Tablo 2’de kullanılan kök kanal patlarının tüm ölçüm periyotlarına ait pH değerlerinin ortalama±standart

TABLO 2: Farklı zaman dilimlerinde ölçülen pH değerleri.

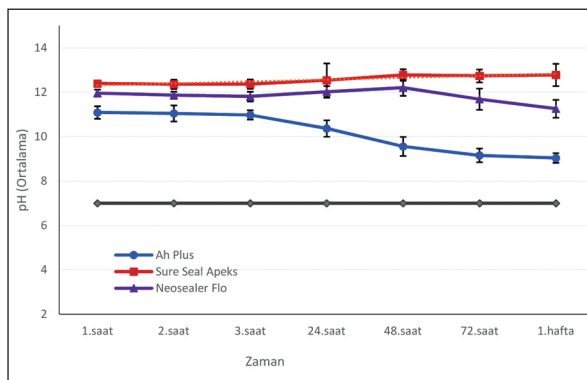
	1. saat		2. saat		3. saat		24. saat		48. saat		72. saat		1. hafta		p ^a	
	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)	X±SS	Ortanca (Minimum-Maksimum)		
AH Plus	11,09±0,28 11,15	11,05±0,36 11,12	10,98±0,21 11,09	10,37±0,37 10,34	10,98±0,21 11,09	10,62±11,26 10,62-11,26	9,90-10,83 9,90-10,83	9,56±0,43 9,47	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	9,16±0,31 9,14	<0,001
Sure-Seal Root	12,39±0,14 12,44	12,36±0,21 12,32	12,37±0,21 12,33	12,54±0,76 12,77	12,37±0,21 12,33	12,37±0,21 12,33	12,54±0,76 12,77	12,78±0,26 12,83	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	12,74±0,29 12,75	<0,001
NeoSealerFlo	11,96±0,16 11,95	11,87±0,16 11,80	11,81±0,22 11,76	12,02±0,26 12,03	11,81±0,22 11,76	11,81±0,22 11,76	12,02±0,26 12,03	12,21±0,37 12,23	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	11,69±0,48 11,78	<0,001
Kontrol	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	7 (7-7)	-
p ^b	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

^aFriedman test; ^bKruskal-Wallis varyans analizi; SS: Standart sapma.

sapma ve ortanca (minimum-maksimum) değerleri gösterilmiştir. Kök kanal patlarının farklı zaman dilimlerinde ölçülen pH seviyeleri Şekil 1’de gösterilmiştir.

AH Plus patının belirtilen zaman dilimindeki pH değerleri sırasıyla; 11,15; 11,12; 11,09; 10,34; 9,47; 9,14; 9 olarak saptandı. AH Plus patının ilk ve son pH değerleri sırasıyla 11,15-9’dur. Grup içi maksimum pH değeri 1. saatte, minimum pH değeri 1. haftada ölçüldü. Tüm zaman dilimlerinde grup içi pH değerinin giderek azaldığı tespit edildi. AH Plus patında 1. saate göre 48. saatte ($p=0,002$ $p<0,01$), 72. saatte ($p=0,000$ $p<0,001$) ve 1. haftada ($p=0,000$ $p<0,001$) pH değerlerinde düşüş olduğu; 2. saate göre 48. saatte ($p=0,011$ $p<0,05$), 72. saatte ($p=0,000$ $p<0,001$) ve 1. haftada ($p=0,000$ $p<0,001$) pH değerlerinde düşüş olduğu; 3. saate göre 72. saatte ($p=0,016$ $p<0,05$) ve 1. haftada ($p=0,001$ $p<0,01$) pH değerlerinde düşüş olduğu saptandı. Diğer zamanlarda ölçülen pH değerlerinde fark bulunmadı ($p>0,05$).

Sure-Seal Root patının belirtilen zaman dilimindeki pH değerleri sırasıyla; 12,44; 12,32; 12,33; 12,77; 12,83; 12,75; 12,9 olarak saptandı. Sure-Seal Root patının ilk ve son pH değerleri sırasıyla 12,44-12,9’dur. Grup içi maksimum pH değeri 1. haftada, minimum pH değeri 2. saatte ölçüldü. Tüm zaman dilimlerinde grup içi pH değerinin 1. saate göre 2. saatte azaldığı, 3. saatten itibaren değer giderek arttığı, 72. saatte azaldığı ve 1. haftada tekrar arttığı tespit edildi. Sure-Seal Root patında 1. saate göre 1. hafta ($p=0,047$ $p<0,05$) pH değerlerinde artış olduğu, 2. saate göre 48. saat ($p=0,016$ $p<0,05$) ve 1. hafta



ŞEKİL 1: Kök kanal patlarının farklı zaman dilimlerinde ölçülen pH seviyeleri.

($p=0,004$ $p<0,01$) pH değerlerinde artış olduğu, 3. saate göre 48. saat ($p=0,040$ $p<0,05$) ve 1. hafta ($p=0,011$ $p<0,05$) pH değerlerinde artış olduğu saptandı. Diğer zamanlarda ölçülen pH değerlerinde fark bulunmadı ($p>0,05$).

NeoSealer Flo patının belirtilen zaman dilimindeki pH değerleri sırasıyla 11,95; 11,80; 11,76; 12,03; 12,23; 11,78; 11,22 olarak saptandı. NeoSealer Flo patının ilk ve son pH değerleri sırasıyla 11,95-11,22’dir. Grup içi maksimum pH değeri 48. saatte, minimum pH değeri 1. haftada ölçüldü. Tüm zaman dilimlerinde grup içi pH değerinin 1. saate göre 2 ve 3. saatte azaldığı, 24. saatten itibaren giderek arttığı, 72. saatten itibaren giderek azaldığı tespit edildi. NeoSealer Flo kanal patında 1. saate göre 1. hafta ($p=0,056$ $p<0,05$) pH değerlerinde düşüş olduğu, 3. saate göre 48. saat ($p=0,040$ $p<0,05$) pH değerlerinde düşüş olduğu ve 48. saate göre 1. hafta ($p=0,000$ $p<0,001$) pH değerlerinde düşüş olduğu saptandı. Diğer zamanlarda ölçülen pH değerlerinde fark bulunmadı ($p>0,05$).

Gruplar arası karşılaştırmada tüm zaman dilimlerinde Sure-Seal Root grubunda pH değerleri hem kontrol ($p=0,000$ $p<0,001$), hem de AH Plus ($p=0,001$ $p<0,01$) grubuna göre daha yüksek bulundu. Sure-Seal Root grubunun pH değerleri tüm zaman dilimlerinde NeoSealer grubundan daha yüksekti fakat istatistiksel olarak bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

NeoSealer Flo grubunda pH değerleri tüm zaman dilimlerinde kontrol grubuna ($p=0,001$ $p<0,01$) göre daha yüksek bulundu. NeoSealer Flo grubunun pH değerleri tüm zaman dilimlerinde AH Plus grubundan daha yüksekti fakat istatistiksel olarak bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

AH Plus grubunda pH değerleri tüm zaman dilimlerinde kontrol grubuna göre daha yüksekti fakat istatistiksel olarak bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

Çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

TARTIŞMA

Kök kanal patları, dentin duvarı ile kök kanal dolgu materyali arasında kalan boşlukları doldurmak ve sızdırmaz bir kapatma sağlamak için gereklidir. Kök kanal patları aynı zamanda kök kanal sistemindeki

düzensizlikleri, lateral ve aksesuar kanalları ve lateral kondenzasyon tekniğinde gütaperkalar arasında kalan boşlukları doldururken, dolun işlemi esnasında kayganlaştırıcı görevi de görürler. Periapikal alanda dokular ve doku sıvılarıyla temas ettiklerinde rezorbe olabilirler ancak kanaldan taşan pat tamamen uzaklaşmaz. Bu nedenle kök kanal patları biyoyumlu olmalıdır.²

Periapikal dokularda doku iyileşmesi ve onarımı, ortamın pH düzeyinden etkilenmektedir. Bazik pH değerleri fibroblastları ve alkalen fosfataz enzimini aktive ederek, yara iyileşmesini ve sert doku oluşumunu uyandır.¹⁷ Kök kanal patlarının alkali pH'yi, laktik asidi nötralize ederek osteoklast aktivitesini azaltıp mineralize dokunun daha fazla tahribatını önlemeye yardımcı olabilir.⁶ Kemomekanik preparasyondan sonra hayatta kalabilen dirençli bakterilerin eliminasyonunda patların yüksek pH değerine sahip olması oldukça önemlidir.¹⁸ Bu nedenle kullanılan kök kanal patları, bazik değerlerini koruyabilmelidir.

pH değeri; elektrokimyasal ölçüm sistemleri, turnusol kâğıdı, göstergeler ve kolorimetreler kullanılarak ölçülebilir. Bu tip pH ölçümleri kolay uygulanabilme avantajı sunsa da birçok durumda turnusol kâğıdı ve kolorimetreler ile yapılan ölçümler yüksek hassasiyetli pH ölçümlerini doğru şekilde yansıtmazlar.¹⁹

Günümüzde pH değeri ölçümü için kullanılan en yaygın yöntem pH ölçüm elektrotlarıdır. pH ölçüm elektrotları, ölçüm elektrotu ve referans elektrottan oluşan elektrokimyasal sensörden oluşmaktadır. pH elektrodu herhangi bir pH ölçümünde, alternatif ölçüm yöntemlerine göre açık ara en yüksek hassasiyeti ve ölçüm aralığını sunar. Bu nedenle çalışmamızda pH ölçümleri, pH elektrodu kullanılarak yapılmıştır. Cam elektrotların dikkatli ve hassas bir kullanım gerektirmesi bu yöntemin dezavantajı olarak sayılabilir.¹⁹

Literatürde kök kanal patlarının pH değeri ölçümlerinin çekilmiş dişler üzerinde yapıldığı çalışmalar mevcuttur. Ancak çekilmiş dişlerde kökün farklı bölgelerinde farklı pH değerleri ölçülebileceği için, çalışmamızda standardizasyonu sağlamak amacıyla Bodrumlu ve ark.nın çalışmasına benzer şekilde cam kapiller tüpler kullanılmıştır.⁵

AH Plus, yüksek doku uyumluluğuna, düşük çözünürlüğe ve nispeten kısa sertleşme süresine sahip epoksi rezin bazlı bir materyaldir ve bu özellikleri ile şu anda klinikte en yaygın kullanılan kök kanal patı olarak kabul edilmektedir.^{20,21} Günümüzde kalsiyum silikat esaslı yeni nesil biyoseramik esaslı endodontik patlar geliştirilmiştir. Biyoseramik esaslı patların biyoyumlu olmaları, biyolojik ortamlarda kimyasal olarak stabil olmaları ve toksik olmamaları gibi avantajları vardır.¹⁸ Bunun yanı sıra kalsiyum silikat esaslı patların hidrasyonundan sonra salınan kalsiyum ve hidroksil iyonları sonucunda gözlenen alkali pH, endodontik tedavilerden sonra periapikal dokulardaki onarımı başlatmak için istenen bir özelliktir.²²

Kalsiyum silikat esaslı biyoaktif patlar, geliştirilmiş mekanik, kimyasal ve sito-uyumlu özellikleri nedeniyle popüler hâle gelmektedir.²³

Kalsiyum silikat esaslı patların sertleşme mekanizması, dentin tübüllerinden su absorpsiyonu ve dentin kanallarının yüzeyinde hidroksiapatit oluşumudur. Hidrofilik yapı ve düşük yüzey gerilimine sahip oldukları için, kök kanal sisteminde ulaşılması zor alanlara kolayca yayılır ve yüksek örtücülük ve iyi bir tıkama sağlarlar.²⁴

Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda 3 farklı kök kanal patının pH değerleri farklı zaman dilimlerinde karşılaştırılarak incelenmiştir.

Yapılan kapsamlı literatür incelemesinde Sure-Seal Root'un pH değerini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Üretici firmaya göre Sure-Seal Root'un 1. günde pH değerinin 12,35 olduğu bildirilmiştir.²⁵ Bu değer bizim değerlerimizle benzerlik göstermektedir. Test edilen materyaller arasında Sure-Seal Root (12,36-12,78) tüm zaman dilimlerinde en yüksek pH'ye sahipken, NeoSealer Flo (11,26-12,21) ve AH Plus (9,04-11,09) daha düşük ancak alkali pH değerleri gösterdi. Çalışmamıza benzer olarak farklı kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının değerlendirildiği çalışmalarda, kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının distile suda pH değerlerinin, tüm zamanlarda AH Plus kanal patından daha yüksek olduğu bildirilmiştir.¹⁶⁻¹⁸

Zampanini ve ark., değerlendirilen tüm zaman dilimlerinde NeoSealer Flo kanal patının pH değeri-

nin AH Plus'tan yüksek olduğunu bildirmiştir.¹⁶ AH Plus'ın pH değerlerinin ölçüldüğü çalışmalarda genellikle nötre yakın pH değerleri elde edilmiştir.^{16,18,26,27} Çalışmamızda AH Plus'ın pH değeri daha bazik bulunmuştur, buna benzer sonuçlar içeren çalışmalar da mevcuttur.^{11,28-31}

Çalışmalar arasındaki bu farklılıklar; hazırlanan numune kütlesi, her ölçüm sonrası ortam koşullarının değişmesi ve materyal sertleştikten sonra hidroksil iyonlarının salınımı gibi çeşitli faktörlerle açıklanabilir.³² Yapılan çalışmalarda kalsiyum salınımı ve alkali düzey değerlerindeki farklılıklar, analiz edilen materyallerdeki kalsiyum silikatların ve kalsiyum alüminatların farklı yüzdelere bağlı olabilir. NeoSealer Flo kanal patı, Sure-Seal Root'taki trikalsiyum ve dikalsiyum silikatlara ek olarak kalsiyum alüminatlar içerir.¹⁶

Alkali bir pH, kemomekanik preparasyondan sonra hayatta kalabilen ve periapikal inflamasyonu indükleyebilen veya sürdürülebilen, ancak 11'e yakın pH'de hayatta kalamayan *Enterococcus faecalis* gibi bakterilerin ortadan kaldırılmasını destekler.⁷ Çalışmamızda değerlendirdiğimiz kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının pH değerleri tüm zaman dilimlerinde 11'in üzerindedir. Bu değerler, değerlendirdiğimiz kalsiyum silikat esaslı kanal patlarının *E. faecalis*'in kök kanallarından elimine edilmesinde etkili olabileceğini göstermektedir.

Uzun süre alkali pH değerlerinin korunması periapikal doku onarımı için gerekli olsa da alkali pH tek başına yeterli bir özellik değildir. Aynı zamanda kullanılan materyallerin sızdırmazlık özelliklerini koruyabilmeleri için %3'ten daha az çözünür olmaları gerekmektedir.³³ Daha önce AH Plus ve kalsiyum silikat esaslı patlar kullanılarak yapılan bir çalışmada, yalnızca AH Plus'ın ADA ve ISO standartlarına uygun çözünürlük özelliğine sahip olduğu gösterilmiştir.³⁴ AH Plus'ın düşük çözünürlüğü, epoksi rezin bazlı materyallerdeki güçlü çapraz bağlara ve hidrofobik bir materyal olmasına bağlanabilir.²⁷ Yüksek çözünürlük sonucu dokulara daha fazla kalsiyum iyonu salınımı ve yüksek pH oluşumu ile kanal patının daha güçlü antibakteriyel etki göstermesi fizikokimyasal ve biyolojik açılarından avantajlı bir durumdur.³⁵ Düşük çözünürlükte,

kalsiyum ve hidroksil iyonlarının ayrılamadığı durumlarda çevre dokular üzerinde beklenen terapötik etkiler gözlenmeyebilir.²⁸ Kalsiyum silikat esaslı patların biyoaktif potansiyelleri bu materyallerin sertleştikten sonra da yüksek çözünürlüğünün bir sonucudur.³³ Ayrıca, kalsiyum silikat esaslı patların çözünürlüğü, OH⁻ ve Ca⁺² iyonlarının salınımıyla açıklanabilir, bu da NeoSealer Flo ve Sure-Seal Root için yüksek alkali pH ve AH Plus için daha düşük pH değerleri ile ilgili sonuçlarımızı desteklemektedir.²⁸

Urban ve ark. 3 farklı kanal patının pH'yi değerlendirdikleri çalışmalarında, materyallerin pH değerlerini hem distile su hem de patların vücut sıvısıyla teması hâlinde ne olacağını daha iyi anlaşılmasını sağlamak için fosfat tamponlu salinde [phosphate-buffered saline (PBS)] incelemiştirler.¹⁷ Distile suda test edildiğinde tüm patların pH değerlerinin PBS'ye göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda kanal patları SF'de değerlendirilmiştir. PBS'de yapılan çalışmalarda daha gerçekçi sonuçlar elde edilebilir. Kalsiyum silikat esaslı patların SF'deki çözünürlüğü, bu patların *in vivo* gerçek stabilitesini ve bütünlüğünü tahmin edemez.

SONUÇ

Endodontik tedavide kullanılan kanal patlarının pH değerleri periapikal dokulardaki hücre yanıtını etkileyerek, periapikal dokuların iyileşmesini etkileyebilmektedir. NeoSealer Flo ve Sure-Seal Root kök kanal patlarının alkali pH'leri nedeniyle, periapikal dokularda iyileşmenin aktive edilmesi istenen durumlarda kullanımı önerilmektedir.

Finansal Kaynak

Bu çalışma Başkent Üniversitesi Tıp ve Sağlık Bilimleri Araştırma Kurulu tarafından onaylanmış (Proje no: D-KA22/31) ve Başkent Üniversitesi Araştırma Fonunca desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Kamran Gülşah, Alev Ercan, Birgül Özaşır, Tufan Özaşır; **Tasarım:** Alev Ercan, Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin; **Denetleme/Danışmanlık:** Kamran Gülşah, Alev Ercan, Birgül Özaşır, Tufan Özaşır, Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin; **Analiz ve/veya Yorum:** Kamran Gülşah, Alev Ercan, Birgül Özaşır, Tufan

Özaşır; **Kaynak Taraması:** Alev Ercan, Birgül Özaşır, Tufan Özaşır; **Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin;** **Makalenin Yazımı:** Alev Ercan, Birgül Özaşır; **Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin;** **Eleştirel İnceleme:** Kamran Gülşah; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Kamran Gülşah, Alev Ercan, Birgül Özaşır; **Tufan Özaşır, Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin;** **Malzemeler:** Kamran Gülşah, Alev Ercan, Birgül Özaşır, Tufan Özaşır; **Elif Coşkun Şahin, Berna Ulutekin.**

KAYNAKLAR

- Vertucci FJ. Root canal anatomy of the human permanent teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1984;58(5):589-99. [Crossref] [PubMed]
- Johnson WT, Gutmann JL. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. In: Cohen S, Hargreaves KM, eds. *Pathways of the Pulp.* 9th ed. Mosby; 2006. p.358-99.
- Silva EJNL, Ferreira CM, Pinto KP, Barbosa AFA, Colaço MV, Sassone LM. Influence of variations in the environmental pH on the solubility and water sorption of a calcium silicate-based root canal sealer. *Int Endod J.* 2021;54(8):1394-402. [Crossref] [PubMed]
- Kebudi Benezra M, Schembri Wismayer P, Camilleri J. Influence of environment on testing of hydraulic sealers. *Sci Rep.* 2017;7(1):17927. Erratum in: *Sci Rep.* 2018;8(1):7209. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Bodrumlu E, Avcı A, Tüloğlu N, Eğilmez T. Yeni bir kök kanal patinin farklı süreçlerde pH değerlerinin karşılaştırılarak incelenmesi [An assessment of a new root canal sealer: a comparison of pH values]. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2008;25(1):23-6. [Link]
- Poggio C, Dagna A, Ceci M, Meravini MV, Colombo M, Pietrocchia G. Solubility and pH of bioceramic root canal sealers: a comparative study. *J Clin Exp Dent.* 2017;9(10):e1189-e1194. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Stuart CH, Schwartz SA, Beeson TJ, Owatz CB. *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure and current concepts in retreatment. *J Endod.* 2006;32(2):93-8. [Crossref] [PubMed]
- Lengheden A, Jansson L. pH effects on experimental wound healing of human fibroblasts in vitro. *Eur J Oral Sci.* 1995;103(3):148-55. [Crossref] [PubMed]
- Komabayashi T, Colmenar D, Cvach N, Bhat A, Primus C, Imai Y. Comprehensive review of current endodontic sealers. *Dent Mater J.* 2020;39(5):703-20. [Crossref] [PubMed]
- Vo K, Daniel J, Ahn C, Primus C, Komabayashi T. Coronal and apical leakage among five endodontic sealers. *J Oral Sci.* 2022;64(1):95-8. [Crossref] [PubMed]
- Lee JK, Kwak SW, Ha JH, Lee W, Kim HC. Physicochemical properties of epoxy resin-based and bioceramic-based root canal sealers. *Bioinorg Chem Appl.* 2017;2017:2582849. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Jafari F, Jafari S, Etesamnia P. Genotoxicity, bioactivity and clinical properties of calcium silicate based sealers: a literature review. *Iran Endod J.* 2017;12(4):407-13. [PubMed] [PMC]
- Darvell BW, Wu RC. "MTA"-an Hydraulic Silicate Cement: review update and setting reaction. *Dent Mater.* 2011;27(5):407-22. [Crossref] [PubMed]
- Cuesta A, Zea-Garcia JD, Londono-Zuluaga D, De la Torre AG, Santacruz I, Vallcorba O, et al. Multiscale understanding of tricalcium silicate hydration reactions. *Sci Rep.* 2018;8(1):8544. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Kohsar AH, Hasani M, Karami M, Moosazadeh M, Dashti A, Shiva A. Subcutaneous tissue response to adseal and sure-seal root sealers in rats: a histopathological study. *Maedica (Bucur).* 2022;17(3):654-61. [PubMed] [PMC]
- Zamparini F, Prati C, Taddei P, Spinelli A, Di Foggia M, Gandolfi MG. Chemical-physical properties and bioactivity of new premixed calcium silicate-bioceramic root canal sealers. *Int J Mol Sci.* 2022;23(22):13914. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Urban K, Neuhaus J, Donnermeyer D, Schäfer E, Dammaschke T. Solubility and pH value of 3 different root canal sealers: a long-term investigation. *J Endod.* 2018;44(11):1736-40. [Crossref] [PubMed]
- Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *J Endod.* 2012;38(6):842-5. [Crossref] [PubMed]
- Gregory K. McMillan RAC. *Advanced pH Measurement and Control.* 3rd ed. ISA, Research Triangle Park, NC.; 2004. p.130-1.
- Guinesi AS, Faria G, Tanomaru-Filho M, Bonetti-Filho I. Influence of sealer placement technique on the quality of root canal filling by lateral compaction or single cone. *Braz Dent J.* 2014;25(2):117-22. [Crossref] [PubMed]
- Keles A, Ahmetoglu F, Ocak MS, Dayi B, Bozkurt A, Orucoglu H. Comparative analysis of three different filling techniques and the effects of experimental internal resorptive cavities on apical microleakage. *Eur J Dent.* 2014;8(1):32-7. [PubMed] [PMC]
- Koutroulis A, Kuehne SA, Cooper PR, Camilleri J. The role of calcium ion release on biocompatibility and antimicrobial properties of hydraulic cements. *Sci Rep.* 2019;9(1):19019. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Huang Y, Celikten B, de Faria Vasconcelos K, Ferreira Pinheiro Nicolielo L, Lippiatt N, Buyuksungur A, et al. Micro-CT and nano-CT analysis of filling quality of three different endodontic sealers. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(8):20170223. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Koch KA, Brave GD, Nasseh AA. Bioceramic technology : closing the endo-restorative circle, part 2. *Dent Today.* 2010;29(3):98, 100, 102-5. [PubMed]
- Sure Endo [Internet]. SURE-SEAL ROOT™ [Cited: November 4, 2023]. Sure-Seal Root. Available from: [Link]
- Antunes TBM, Janini ACP, Pelepenko LE, Abuna GF, Paiva EM, Sinhoreti MAC, et al. Heating stability, physical and chemical analysis of calcium silicate-based endodontic sealers. *Int Endod J.* 2021;54(7):1175-88. [Crossref] [PubMed]
- Siboni F, Taddei P, Zamparini F, Prati C, Gandolfi MG. Properties of Bio-Root RCS, a tricalcium silicate endodontic sealer modified with povidone and polycarboxylate. *Int Endod J.* 2017;50 Suppl 2:e120-e136. [Crossref] [PubMed]
- Borges AH, Orçati Dorileo MC, Dalla Villa R, Borba AM, Semenoff TA, Guedes OA, et al. Physicochemical properties and surfaces morphologies evaluation of MTA FillApex and AH plus. *ScientificWorldJournal.* 2014;2014:589732. [Crossref] [PubMed] [PMC]

29. Cañadas PS, Berástegui E, Gatón-Hernández P, Silva LA, Leite GA, Silva RS. Physicochemical properties and interfacial adaptation of root canal sealers. *Braz Dent J*. 2014;25(5):435-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Ashraf H, Mortezaipoor N, Jabari S, Zadsirjan S, Tabatabai FS. Evaluation of chemical and physical properties of an experimental endodontic sealer in comparison with AH-26 and AH-plus. *Iran Endod J*. 2020;15(3):183-7. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
31. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2009;35(7):1051-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Pawińska M, Szczurko G, Kierklo A, Sidun J. A laboratory study evaluating the pH of various modern root canal filling materials. *Adv Clin Exp Med*. 2017;26(3):387-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Donnermeyer D, Bürklein S, Dammaschke T, Schäfer E. Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*. 2019;107(4):421-36. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Zordan-Bronzel CL, Esteves Torres FF, Tanomaru-Filho M, Chávez-Andrade GM, Bosso-Martelo R, Guerreiro-Tanomaru JM. Evaluation of physicochemical properties of a new calcium silicate-based sealer, bio-C sealer. *J Endod*. 2019;45(10):1248-52. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Donadio M, Jiang J, He J, Wang YH, Safavi KE, Zhu Q. Cytotoxicity evaluation of Activ GP and Resilon sealers in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009;107(6):e74-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]