

Rezidüel Çürük Tespitinde Lazer Floresans Cihazının Performansının *in vivo* Olarak Değerlendirilmesi

in vivo Evaluation of Clinical Performance of a Laser Fluorescence Device for Detection of Residual Caries

 Burcu GÖZETİCİ ÇİL^a

^aİstanbul Medipol Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Restoratif Dış Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

ÖZET Amaç: Primer derin çürüklü dişlerde çürüğün uzaklaştırılmasının ardından, lazer floresans (LF) yönteminin kalan sağlam etkilenmiş dentin dokusunu ayırt edebilme performansının araştırılmasıydı. **Gereç ve Yöntemler:** Dentin dokusunun en az yarısını kapsayan çürüklere sahip 42 gönüllü çalışmaya dâhil edildi. Çürüğün tungsten karbid frezler yardımıyla temizlenmesinden önce ve çürük sert dentine kadar temizlendikten sonra DIAGNOdent Pen ile ölçülen LF değerleri kaydedildi. Çürüklü dokudan alınan LF değerleri ile çürük temizlendikten sonra kalan sağlam dokudan alınan LF değerleri arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman sıralama korelasyonu kullanıldı. Radyografik derinlik ve çürük karakterine göre kategorize edilen LF ölçümlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U Kruskal-Wallis ve "post hoc" Dunn testleri kullanıldı. "Cut-off" değerinin belirlenmesinde ROC analizi uygulandı. **Bulgular:** Çürüklü ve çürüksüz dokudan ölçülen LF değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu görüldü. "Cut-off" değeri 26,5 olarak hesaplandı. Bu "cut-off" değerine göre DIAGNOdent Pen cihazının kalan sağlam dokuyu ayırt edebilme spesifitesi %85,7 olarak hesaplandı. Çürük karakterinin LF ölçümlerini etkilemediği ancak, radyografik derinliğinin LF değerlerine etkisinin olduğu bulundu. **Sonuç:** DIAGNOdent Pen cihazının radyografik derinliği 1/2 olan çürükler temizlendikten sonra klinik olarak sağlam dokunun doğru şekilde ayırt edilmesinde kullanılabileceği sonucuna varıldı. Radyografik derinliği 3/4 olan çürüklerde ise yanlış tespit olasılığının arttığı görüldü. Bu nedenle, DIAGNOdent Pen cihazının, bu derinlikteki çürüklerde dikkatli şekilde kullanılması tavsiye edilebilir.

ABSTRACT Objective: Investigation of the clinical performance of an laser fluorescence (LF) device to discriminate the remaining affected dentin after removal of primary deep caries. **Material and Methods:** A total of 42 participants with deep caries lesions involving at least half of dentin were included in the study. LF values measured by DIAGNOdent Pen were recorded, prior to caries removal with tungsten carbide burs and after removal of caries to firm dentin. Spearman rank correlation was used to evaluate the relationship between LF values obtained from carious tissue and intact dentin. Mann-Whitney U, Kruskal-Wallis and post-hoc Dunn tests were used for comparison of LF measurements categorized according to radiographic depth and carious tissue characteristics. **Results:** A positive correlation was found between LF values obtained from carious and non-carious dentin tissue. According to 26.5. cut-off value, the specificity of DIAGNOdent Pen to discriminate hard dentin was found to be 85.7%. No significant effect of characteristics of carious tissue on LF measurements was observed, whereas radiographic depth had an effect on LF values. **Conclusion:** DIAGNOdent Pen could be used for detection of remaining sound tissue of caries lesions radiographically involving 1/2 of the dentin. False positive readings were common among lesions with 3/4 radiographic depth.

Anahtar Kelimeler: Çürük bulucu; dış çürükleri; konservatif tedavi

Keywords: Caries detector; dental caries; conservative treatment

Operatif tedavide yaygın olarak tercih edilen geleneksel yöntem, döner aletler ve tungsten karbid frezler yardımıyla bakteri içeren enfekte dentin dokusunun kaldırılmasının ardından, kalan etkilenmiş

dentin dokusunun sondla ve gözle muayene edilmesi esasına dayanır.^{1,2} Sond ile sert olduğu tespit edilen dokuya ulaşıldığında çürük temizleme işlemi sonlandırılır. Bu yöntemin subjektif bir değerlendirme yön-

Correspondence: Burcu GÖZETİCİ ÇİL

İstanbul Medipol Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi, Restoratif Dış Tedavisi AD, İstanbul, Türkiye

E-mail: bgozeticil@gmail.com



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

Received: 18 Mar 2024

Received in revised form: 03 May 2024

Accepted: 10 Jun 2024

Available online: 24 Jun 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/>).

temi olduğu ve tecrübe gerektirdiği söylenebilir.³ Çürüğün tamamen temizlenmemesi ya da gereksiz doku kaybına neden olunması postoperatif hassasiyet ya da pulpanın inflamasyonu ile sonuçlanabilir. Son yıllarda, geleneksel yöntem alternatif olarak, etkilenmiş dentin dokusu ile sağlam dentinin ayırt edilmesinde kemomekanik ajan, air-abrazyon, lazer ve seramik ya da polimer esaslı frezlerin (CeraBurs, Komet-Brasseler, Lemgo, Almanya) kullanımı önerilmiştir.^{2,4} Bu güncel yöntemler, çürüğün selektif olarak uzaklaştırılması ve sağlam dentin dokusunun olabildiğince korunmasını hedefler. Ancak geleneksel yöntem ile karşılaştırıldığında, önerilen bu yöntemler, tungsten karbid frezlerin kullanımına göre daha uzun işlem süresi gerektirir.⁴ Tungsten karbid frezler yardımıyla çürüğün uzaklaştırılması esnasında, sağlam ve enfekte dentin dokusunu ayırt etmede çürük boyayıcı ajan kullanımı uzun yıllardır tercih edilen bir diğer yaklaşımdır.⁵ Çürük boyayıcı ajanlar ve lazer floresans (LF) yöntemlerinin kalan çürük dokusunu tespit etme performansları karşılaştırıldığında, çürük boyayıcıların fazla doku kaldırılmasına neden olabileceği, LF yönteminin ise klinik değerlendirme ile uyumlu sonuçlar verdiği gösterilmiştir.⁶

DIAGNOdent (2095, Kavo, Biberach, Almanya) 1999 yılında, çürük lezyonlarının tespitine yönelik olarak, diş hekimlerinin kullanımına sunulmuş, 655 nm dalga boyunda ışık yayan In:Ga:As:P diyot lazerin kullanıldığı ilk LF cihazıdır.⁷ DIAGNOdent Pen (2190, Kavo, Biberach, Almanya) ise 2005 yılında, klinik kullanımının pratik olması açısından kablosuz ve el aleti tasarımında üretilmiştir. DIAGNOdent'ten farklı olarak safir fiberlerden oluşan kama (Tip 1) ve silindir (Tip 2) şeklinde iki ucu vardır.⁸ Bu iki cihazın fonksiyon mekanizmaları ise benzerdir.⁹ Diyot lazerin uyarıcı fiber ile dişe iletilmesinin ardından oluşan floresans, algılayıcı fiberler tarafından toplanıp, 680 nm dalga boyundan büyük ışınların geçişine izin veren filtreyi geçerek fotodiyota ulaştırılır ve burada toplanan sinyaller 0-99 arasında bir değer olarak cihazın göstergesine yansır.¹⁰ Çürük dokudan yayılan floresansın sağlam dokuya göre daha fazla olması prensibine dayanarak çürük ve sağlam doku ayırt edilebilir.¹¹ Çürük dokudan kaynaklanan floresansın bakteriyel metabolitler olan porfirinler ile iliş-

kili olduğu görülmüştür.¹² Bu nedenle DIAGNOdent'in rezidüel çürüğün tespitinde kullanıma potansiyeli olabileceği ileri sürülmüştür.¹³

DIAGNOdent 2095 ile karşılaştırıldığında, DIAGNOdent Pen, kavite içerisinde konumlandırılabilir daha ince uçlara sahip olması sebebiyle, rezidüel çürük tespitinde daha avantajlı olabilir. Bir *in vitro* çalışmada DIAGNOdent ölçümlerinin enfekte dentin ve bakteri varlığı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir.¹⁴ Bir başka çalışmada ise kalan dentindeki mineral yoğunluğu ile DIAGNOdent ölçümleri arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür.² Bu çalışmaların sonuçları dikkate alındığında, DIAGNOdent cihazının çürük uzaklaştırılması esnasında kalan çürüğün kontrol edilmesinde faydalı bir cihaz olabileceği, ancak aydınlatılması gereken bazı noktalar olduğu sonucuna varılabilir. Literatürde, çürük dokunun rengi ve aktivite durumu ile ilgili karakteristik özelliklerinin ya da derinliğinin DIAGNOdent ölçümlerine etkisini araştıran bir klinik çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu bağlamda bu çalışmanın birincil amacı, primer derin dentin çürükleri olan dişlerde çürüğün uzaklaştırılmasının ardından DIAGNOdent Pen cihazının kalan sağlam dokuyu ayırt edebilme potansiyelinin araştırılmasıydı. Bu çalışmanın ikincil amacı ise çürük dokunun karakterinin ve radyografik derinliğinin DIAGNOdent Pen ölçümlerine etkisinin olup olmadığının araştırılmasıydı. Bu çalışmanın sıfır hipotezi, çürük dokunun, radyografik olarak dentin dokusunun 1/2 ya da 3/4 kapsamının, açık ya da koyu renk olmasının ve hızlı ya da yavaş ilerleme hızının DIAGNOdent Pen ölçümlerine etkisi yoktur olarak kuruldu.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun bir klinik çalışma olarak yürütüldü. Üniversite etik kurulundan (İstanbul Medipol Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu, tarih:14 Ekim 2022, no: E10840098-772.02-6180) onay alındıktan sonra İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Uygulama Araştırma Merkezi Esenler Hastanesine çürük nedeniyle restorasyon ihtiyacı olan ve çalışmaya alınma kriterlerine uyan bireyler davet edildi. Çalışmaya katılan gönüllere yapılacak olan iş-

lemler sözlü olarak anlatıldı ve çalışmanın yazılı şekilde açıklandığı “bilgilendirilmiş onam” formunu okuyarak imzalamaları istendi. 15.10.2022-29.02.2023 tarihleri arasında çalışmaya alınma kriterlerine uyan ve katılmayı kabul eden yaşları 18-54 arasında, kadın ya da erkek olan toplam 42 gönüllü çalışmaya dâhil edildi.

Çalışmaya alınma kriterleri:

1. Radyografik olarak dentin tabakasının en az 1/2 ve en fazla 2/3 ünü kapsayan derin primer çürüklü dişlerin bulunması,
2. Sınıf I ya da II restorasyon gereksinimi,
3. Elektrikli ve termal pulpa testleri ile dişin vital olduğunun tespit edilmesi,
4. Tedavi edilmeyen periodontal problemi olmaması,
5. Bireylerin genel sağlık durumlarının iyi olması.

Çalışmaya alınmama kriterleri:

1. Dişlerde irreversible pulpitis semptomları olması,
2. Hamilelik ya da emzirme,
3. Araştırmaya katılmaya istekli olmama,
4. 18 yaş altı.

PREOPERATİF KAYITLARIN ALINMASI

Bireylerin yaş, cinsiyet ve diş numaralarına ek olarak çürük lezyonların karakteri kayıt edildi. Çürük lezyonlar renk ve ilerleme hızlarına göre açık sarı aktif ilerleyen [light yellow actively progressing (LYAP)], açık kahverengi yavaş ilerleyen [light brown slowly progressing (LBSP)] ve koyu kahverengi yavaş ilerleyen [dark brown slowly progressing (DBSP)] olarak kategorize edildi.¹⁵ Ayrıca çürük lezyonlar Uluslararası Çürük Tespit ve Değerlendirme Sistemi çürük skorlama sistemine göre sınıflandırıldı ve kavite tipleri kaydedildi.

KLİNİK İŞLEM PROSEDÜRÜ

Anestezi uygulamasının ardından, elmas rond frezler yardımıyla mine dokusu kaldırılarak çürük dentinin uzaklaştırılmasına imkân sağlayacak şekilde giriş kavitesi hazırlandı. Diş yıkanıp kurutulduktan sonra

pamuk tamponlar yardımıyla izole edildi. Dişetinden gelen kanama varsa retraksiyon ipi yerleştirilerek kontrol altına alındı. Çürük dentin dokusunun tungsten karbid frezler yardımıyla temizlenmesine geçilmeden önce DIAGNOdent Pen cihazı kalibre edildi ve düz yüzeyler için tasarlanmış ucu (Tip 2) kavitenin içerisinde konumlandırılarak önce dik olarak kavite tabanında her yöne ve daha sonra rotasyonel hareketlerle kavite duvarlarına yönlendirilerek ölçüm yapıldı. Bu şekilde her diş için tüm kaviteyi tarayarak alınan en yüksek ölçüm değeri kaydedildi. Başlangıç DIAGNOdent Pen ölçümleri (B-LF) cihazın ölçümlerinin güvenilirliğini (reliability) değerlendirebilmek amacıyla üç kez (B-LF1, B-LF2 ve B-LF3) tekrar edildi. Analiz için bu üç değer ortalaması alındı. Daha sonra tüm enfekte çürük dentin dokusu tungsten karbid frezler yardımıyla temizlendi. Bu işlemin ardından çürük dokunun tamamen temizlenip temizlenmediği görsel muayene ve ucu künt sond kullanılarak incelendi. Çürüğün tamamen temizlenmesinin ardından kavite yıkanıp kurtularak izole edildi ve DIANOdent Pen ölçümleri (S-LF) çürüğün temizlenmesinden önce uygulandığı şekilde tekrarlandı. Her ölçümde en yüksek değer alınarak üç ölçüm sonucu elde edilen değerler (S-LF1, S-LF2 ve S-LF3) kaydedildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Sayısal türdeki özelliklerin normal dağılıma uyumu Shapiro-Wilks testi ile incelendi. Ölçümlerin tekrarlanabilirliği sınıf içi korelasyon katsayısı ile ve iç tutarlılığı Cronbach alfa katsayısı ile değerlendirildi. Çürüklü dokudan alınan LF değerleri ile çürük temizlendikten sonra alınan LF değerleri arasındaki ilişkinin incelenmesinde Spearman sıralama korelasyonu kullanıldı. Radyografik derinliğe göre kategorize edilen (1/2 ve 3/4) LF ölçümlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi, çürük karakterine göre kategorize edilen (LYAP, LBSP ve DBSP) LF ölçümlerinin karşılaştırılmasında ise Kruskal-Wallis testi ve “post hoc” Dunn testi kullanıldı. Kategorik özellikler arası ilişkiler Pearson ki-kare testi veya Fisher-Freeman-Halton kesin testi ile incelendi. “cut-off” değerinin belirlenmesinde ROC analizi uygulandı. “cut-off” değerlerine göre tanı başarısı validite ölçütlerine (sensitivite ve spesifite) göre

DIAGNOdent Pen cihazının rezidüel çürük tespit performansı değerlendirildi. İstatistik anlamlılık düzeyi $p \leq 0,05$ kabul edildi ve hesaplamalarda SPSS (ver. 23) programı kullanıldı.

BULGULAR

Çalışmaya, yaşları 18-54 arasında değişen (yaş ortalaması $30,3 \pm 9,9$) 24 kadın ve 18 erkek dâhil edildi. Dentinin en az yarısının çürükten etkilendiği toplam 42 dişe ait başlangıçta kaydedilen tanımlayıcı özellikler Tablo 1’de sunuldu.

Çürük dentin dokusundan alınan üç ölçüm (B-LF1, B-LF2, B-LF3) arasındaki tekrarlamaya derecesi 0,973 (%95 GA: 0,955-0,984, $p < 0,001$) ve bu üç ölçüm arasındaki iç tutarlılık 0,991 olarak hesaplandı. Çürüğün temizlenmesinin ardından sağlam dokudan elde edilen üç ölçüm (S-LF1, S-LF2, S-LF3) için ise tekrarlamaya derecesi 0,962 (%95 GA: 0,938-0,978, $p < 0,001$) ve iç tutarlılık 0,987 olarak hesaplandı. Bu sonuçlara göre hem çürük doku hem de sağlam doku için ölçüm güvenilirliğinin mükemmel düzeyde iyi olduğu görüldü. B-LF ve S-LF değerleri arasında pozitif korelasyon olduğu görüldü (Tablo 2).

DBSP çürüklerin LF değerleri ortalamasının (B-LF), LYAP ve LBSP çürüklerin LF değerleri ortalamasına (B-LF) göre istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu görüldü ($p = 0,024$; $p < 0,05$). Buna karşın, çürük doku temizlendikten sonra DBSP, LYAP ve LBSP olarak kategorize edi-

TABLO 1: Başlangıçta kaydedilen çürük lezyonu ile ilgili tanımlayıcı özellikler.

Tanımlayıcı özellik	n	%	
Kavite tipi	Sınıf I	2	4,8
	Sınıf II	40	95,2
Diş tipi	Büyük azı	10	23,8
	Küçük azı	32	76,2
ICDAS skoru	4	34	81,0
	5	8	19,0
Radyografik derinlik	1/2	17	40,5
	3/4	25	59,5
Çürük doku	DBSP	15	35,7
	LBSP	19	45,2
	LYAP	8	19,0

DBSP: Koyu kahverengi yavaş ilerleyen çürük; LBSP: Açık kahverengi yavaş ilerleyen çürük; LYAP: Açık sarı aktif şekilde ilerleyen çürük.

TABLO 2: Çürük dokudan ölçülen lazer floresans (B-LF) değerleri ile çürük temizlendikten sonra sağlam dokudan ölçülen lazer floresans (S-LF) değerleri arasındaki ilişkiler

Çürük temizlenmeden önce	Çürük temizlendikten sonra	r*	p değeri	N
B-LF1	S-LF1	0,437	0,004	42
B-LF2	S-LF2	0,559	0,000	42
B-LF3	S-LF3	0,460	0,002	42
Ortalama B-LF	Ortalama S-LF	0,517	0,000	42

*Spearman'ın sıralama korelasyon.

len gruplar arasında ölçülen ortalama LF ölçümleri (S-LF) arasında anlamlı fark bulunmadı ($p = 0,402$; $p > 0,05$) (Tablo 3). Ayrıca, hem B-LF hem de S-LF değerleri radyografik derinliğe göre kategorize edildiğinde, bu gruplar arasında da anlamlı fark olmadığı görüldü ($p < 0,05$) (Tablo 3).

ROC analizine göre ROC eğrisi altında kalan alan $AUC \pm SE = 0,959 \pm 0,019$ ($p < 0,001$) ve “cut-off” değeri 26,5 olarak hesaplandı (Şekil 1). Bu “cut-off” değerine göre DIAGNOdent Pen cihazı ile çürük dentin dokusundan yapılan ölçümlerin 3’ünün yanlış negatif yanıt; çürük temizlendikten sonra yapılan ölçümlerin ise 6’sının yanlış pozitif yanıt olduğu tespit edildi. Böylece, 26,5 “cut-off” değerine göre DIAGNOdent Pen cihazının rezidüel çürük için sensitivitesi %92,9, spesifitesi ise %85,7 olarak hesaplandı. Daha önce yapılmış bir çalışmada, DIAGNOdent Pen’in derin dentin çürüklerini tespiti için önerilmiş 37 “cut-off” değerine göre LF ölçümleri “çürük var” ve “çürük yok” olarak kategorize edildi.¹⁶ Bu “cut-off” değerine göre 4 yanlış pozitif yanıt tespit edildi ve cihazın spesifitesi %90,5 ve sensitivitesi %88,1 olarak hesaplandı. Her iki “cut-off” değeri için radyografik derinliği 3/4 olan dentin çürüklerinin temizlenmesinden sonra, radyografik derinliği 1/2 olan dentin çürüklerine göre daha fazla yanlış pozitif yanıt tespit edildiği ($p < 0,05$), ancak çürük karakterinin yanlış pozitif yanıtlara etkisi olmadığı görüldü ($p > 0,05$) (Tablo 4).

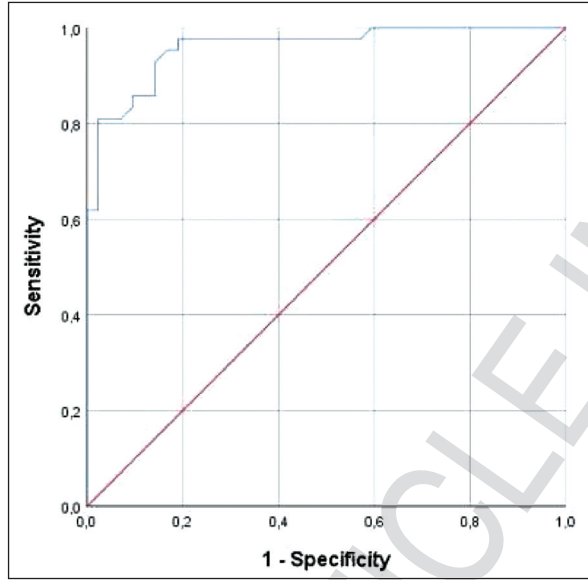
TARTIŞMA

Bu çalışmada, primer çürük tespitinde kullanılmak üzere tasarlanmış DIAGNOdent Pen cihazının, kavite preparasyonu esnasında, rezidüel çürük tespitinde kullanımı açısından klinik performansı

TABLO 3: Çürük dokudan ölçülen LF (B-LF) değerleri ve çürük temizlendikten sonra sağlam dokudan ölçülen LF (S-LF) değerlerinin, çürük karakteri ve radyografik derinliğe göre kategorize edilerek karşılaştırılması.

Çürük doku için tanımlayıcı özellikler	Ortalama B-LF $\bar{X} \pm SS$	Ortalama S-LF $\bar{X} \pm SS$		
Çürük dokunun karakteri				
DBSP (n=15)	88,44±19,26 ^a	22,09±17,40 ^c		
LBSP (n=19)	69,28±26,99 ^b	16,51±13,66 ^c		
LYAP (n=8)	58,92±27,17 ^b	13,96±5,54 ^c		
p*	0,024**	0,402		
Radyografik derinlik				
1/2 (n=17)	78,65±18,91 ^d	13,67±7,65 ^e		
3/4 (n=25)	71,09±30,65 ^d	20,97 ±16,78 ^e		
p***	0,686	0,276		
Toplam	74,1	26,5	18,0	14,1

*Kruskal-Wallis test; **"post hoc" Dunn test; ***Mann-Whitney U test; Farklı harfler, sütundaki ortalamalar arasındaki farkın anlamlı olduğunu ifade etmektedir; SS: Standart sapma; DBSP: Koyu kahverengi yavaş ilerleyen çürük; LBSP: Açık kahverengi yavaş ilerleyen çürük; LYAP: Açık sarı aktif şekilde ilerleyen çürük.



ŞEKİL 1: ROC grafiği.

değerlendirildi. Çalışmanın birincil amacına yönelik olarak, cihazın güvenilirliği ve validitesi, bunun yanı sıra çürük doku LF ölçümleri ile sağlam doku LF ölçümleri arasındaki ilişkiler araştırıldı. DIAGNOdent cihazının, tekrarlanabilir ve tutarlı sonuçlar verdiği; çürük ve sağlam dokudan ölçülen değerler arasında pozitif korelasyon olduğu görüldü. Bu sonuç, daha önce yapılan in-vitro çalışmaların sonuçları ile benzerdi.^{2,17} Elde edilen sensitivite ve spesifite değerlerine göre çürük tespitinde hata oranının düşük olduğu görüldü. Literatürde, DIAGNOdent'in rezidüel çürüğü belirleme performansının değerlendirildiği in vitro çalışmalarla çalışmamızın sonuçları benzerlik

göstermekteydi.^{13,18} Rezidüel çürükten ölçülen DIAGNOdent değerlerinin yorumlanmasında üretici firma tarafından önerilen bir "cut-off" değeri yoktur.¹³ Bu nedenle, DIAGNOdent ile yapılmış çalışmaların sonuçları yorumlanırken sensitivite ve spesifitenin hesaplanmasında belirlenen "cut-off" değerlerinin mutlaka dikkate alınması gerektiği söylenebilir. Akbari ve ark. tarafından yapılan klinik çalışmada "cut-off" değeri 13 veya 25 olarak belirlendiğinde farklı sonuçlar elde edilmiştir.⁶

Rezidüel çürük değil ancak primer dentin çürüklerinin tespitinde DIAGNOdent'in performansının değerlendirildiği bir çalışmada derin dentin çürükleri için "cut-off" değeri 30 olarak önerilmiştir.¹⁹ Yine, farklı seviyedeki primer okluzal çürüklerin tespitinde DIAGNOdent Pen cihazının performansının değerlendirildiği bir başka in vivo çalışmada, radyografik olarak dentinin yarısına uzanan çürüklerin tespiti için "cut-off" değerinin 22-37 arasında olduğu bildirilmiştir.¹⁶ DIAGNOdent'in rezidüel çürüğü tespit etme performansının araştırıldığı bir in vivo çalışmada ise çürüğün sert dentine kadar uzaklaştırılmasının ardından DIAGNOdent ile yapılan ölçümlerin medyan değeri 20,3 (6-56) olarak bulunmuştur.²⁰ Bir in vitro çalışmada, DIAGNOdent'in enfekte dentini tespit edebildiği ve sağlam dokuya ulaşıldığını gösteren "cut-off" değerinin 15,6 olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Çalışmamızda, "cut-off" değeri 26,5 olarak hesaplanmıştır ve daha önce DIAGNOdent Pen'in kullanıldığı in vivo çalışmalarda elde edilen "cut-off" değerlerine yakın bir değer elde edilmiştir.^{16,21}

TABLO 4: Çürük temizlendikten sonra "cut-off" 37 ve 26,5 olarak belirlendiğinde DIAGNOdent'in radyografik derinlik ve çürük karakterine göre çürüksüz dokuyu tespit etme performansı.

		Radyografik derinlik		Çürük dokunun karakteri			Toplam
		1/2 dentin	3/4 dentin	LYAP	LBSP	DBSP	
Çürük var (>26,5)							
n (%)	Yanlış (+)	0 (0)	6 (24)	0 (0)	3 (15,7)	3 (20)	6 (14,3)
Çürük yok (≤26,5)							
n (%)	Spesifite	17 (100)	19 (76)	8 (100)	16 (84,2)	12 (80)	36 (85,7)
Çürük var (>37)							
n (%)	Yanlış (+)	0 (0)	4 (16)	0 (0)	2 (10,5)	2 (13,3)	4 (9,5)
Çürük yok (≤37)							
n (%)	Spesifite	17 (100)	21 (84)	8 (100)	17 (89,5)	13 (86,7)	38 (90,5)

LYAP: Açık sarı aktif şekilde ilerleyen çürük; LBSP: Açık kahverengi yavaş ilerleyen çürük; DBSP: Koyu kahverengi yavaş ilerleyen çürük.

Bu çalışmanın ikincil amacına yönelik olarak elde edilen sonuçlara dayanarak, DIAGNOdent Pen'in, radyografik derinliği 1/2 olan çürüklerde, radyografik derinliği 3/4 olan çürüklere göre sağlam dokuyu daha iyi tespit edebildiği görüldü. Çürüğün ilerleme hızı, aktivitesi ve rengine dayanan karakteristik özelliklerinin ise DIAGNOdent Pen'in çürük temizlendikten sonra kalan sağlam dentin dokusunu doğru şekilde tespit etme performansına etkisinin olmadığı görüldü. Bu nedenle, çalışmanın çürüğün karakteri ve radyografik derinliğinin DIAGNOdent Pen ölçümlerine etkisi olmadığını ifade eden sıfır hipotezi kısmen kabul edildi. Bu sonuca benzer şekilde, Iwami ve ark., aktif ve durmuş çürüklerin tespitinde DIAGNOdent'in performansını değerlendirdikleri iki ayrı çalışma sonucunda, LF ölçümlerini bakteri varlığı ile ilişkilendirmiş ve bu iki farklı çürük doku için cihazın benzer teşhis performans gösterdiğini bildirmişlerdir.^{14,22} Bu sonucun aksine, Neves ve ark., dentindeki renklenme ile DIAGNOdent ölçümleri arasında negatif korelasyon olduğunu ve bu nedenle dentindeki renklemenin DIAGNOdent ölçümlerini etkileyebileceğini ileri sürmüşlerdir.² Ancak, bu farklılığın çürük temizlenmesinde kullanılan farklı teknikler ve çürüğün hangi seviyeye kadar temizlendiği ile ilgili olabileceği düşünülebilir. Neves ve ark. tarafından yapılan çalışmada, bu çalışmadakine benzer şekilde tungsten karbid frez kullanılan grupta, ucu küt sond ile sert olduğu tespit edilen noktada çürük temizleme işlemi sonlandırılmıştır.² Ancak çürük temizleme işleminin sonlandırılma noktası, tüm grup-

larda aynı şekilde kontrol edilmemiştir. Bu nedenle, bu çalışmanın sonuçları ile karşılaştırıldığında daha yüksek LF değerleri kaydedilmiş olması da göz önünde bulundurularak Neves ve ark. tarafından elde edilen bu sonucun rezidüel çürük doku ile ilgili olduğu düşünülebilir.² Çalışmamızda çürük dokudan alınan LF değerleri karşılaştırıldığında benzer şekilde koyu kahverengi renkli yavaş ilerleyen çürüklerin LF değerlerinin anlamlı derecede daha yüksek olduğu, ancak çürük temizlendikten sonra yapılan ölçümlerde fark olmadığı görüldü. Hâlbuki DBSP çürük temizlendikten sonra kalan dentin dokusu, aktif ilerleyen bir çürüğe göre daha koyu renklidir. Bu sonuç, daha önce yapılmış çalışmaları doğrular şekilde LF değerlerinin bakteri ve dolayısıyla çürük aktivitesi varlığında arttığını, bakteri içeren enfekte doku kaldırıldığında ise LF değerlerinin azaldığını göstermektedir.^{14,21,22}

Bu çalışmada her iki "cut-off" değeri için de (26,5 ve 37), yanlış pozitif değerlerin tamamı, radyografik derinliği 3/4 olan çürüklerin temizlenmesinden sonra kalan dentin dokusundan ölçülmüştür. Bu nedenle bu derinlikteki çürüklerde, DIAGNOdent cihazının kullanımının, istenmeyen pulpa ekpozlarına sebep olabileceği düşünülebilir. Daha önce yapılmış bazı çalışmalar, bu sonucu destekler şekilde pulpaya yakın dentin kalınlığının, DIAGNOdent ölçümleri üzerine etkisi olduğunu göstermiştir.^{14,20} Alleman ve Magne, pulpaya yaklaştıkça dentin tübüllerinin çapının dolayısıyla geçirgenliğinin arttığını ya da dentin tübüllerinin içerisinde mineral (Whitlockite) artışına bağlı olarak geçirgenliğinin azaldığını ve bu durumun

bakteri metaboliti porfirinlerin dentin tübüllerine geçişini etkilediğini ileri sürmüşlerdir. Böylece, derin çürüklerde porfirinlerin dentin tübüllerine geçişine bağlı olarak çok çeşitli LF değerleri elde edilmektedir.²³ Bu bilgiler ve bu çalışmada elde sonuçlar ışığında, DIAGNOdent Pen'in radyografik derinliği 3/4 olan çürüklerde dikkatle kullanılması gerektiği söylenebilir. Ayrıca bu derinlikteki çürüklerde çürüğün sert dentine ulaşana kadar temizlenmesi yerine, pulpa ekpozundan kaçınmak amacıyla çürüğün yumuşak dokuya kadar selektif olarak uzaklaştırılması tekniği tercih edilebilir. Bu tekniğe göre pulpaya yakın derin çürüklerin tedavisinde kavitenin periferindeki çürük dokunun sert dentine kadar uzaklaştırılması, pulpaya yakın yumuşak çürük dokunun bırakılması önerilmektedir.²⁴

Bu çalışmada, lezyonların derinliği ve çürük karakterine göre kategorize edilip LF ölçümlerine etkisinin araştırılmasıyla, DIAGNOdent Pen'in klinik pratiğinde kullanımına yönelik önemli sonuçlar elde edilmiştir. Çürük temizleme işleminin hangi noktada sonlandırılması gerektiği konusunda, özellikle tecrübe sahibi olmayan diş hekimlerinin kullanımı için faydalı olabilir. LF'nin döner aletlere entegre edilmesi, inovatif bir yaklaşım olarak düşünülebilir. Bu çalışmanın sınırlılığı ise rezidüel çürüklerin LF değerlerinin yorumlanması için belirlenmiş bir "cut-off" değerinin olmamasıydı. Bu çalışmada elde edilen 26,5 "cut-off" değeri ve Diniz ve ark. tarafından önerilen 37 "cut-off" değerine göre hesaplanan spesifite değerleri karşılaştırıldığında, "cut-off" 37 olarak belirlendiğinde, DIAGNOdent Pen cihazının sağlam dokuyu doğru şekilde tespit etme olasılığının arttığı

görüldü.¹⁶ Ancak, rezidüel çürük tespiti için "cut-off" değerinin belirlenmesinde daha fazla klinik araştırma ve bu değer konusunda bir ortak karara varılmasına ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, DIAGNOdent Pen cihazının çürük temizleme işlemi esnasında, rezidüel çürük kontrolünde yardımcı bir cihaz olma potansiyeli olduğu sonucuna varıldı. Radyografik derinliği 3/4 olan çürüklerde yanlış teşhis olasılığı varken, radyografik derinliği 1/2 olan çürükler için böyle bir olasılık bulunmadı. Çürüğün ilerleme hızı, aktivitesi ve rengi gibi parametrelerle tanımlanan çürük karakterinin ölçümler üzerine etkisinin olmadığı görüldü.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

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

Bu çalışma tamamen yazarın kendi eseri olup başka hiçbir yazar katkısı alınmamıştır.

KAYNAKLAR

1. Massler M. Pulpal reactions to dental caries. Int Dent J. 1967;17(2):441-60. PMID: 5233875.
2. Neves AA, Coutinho E, De Munck J, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Does DIAGNOdent provide a reliable caries-removal endpoint? J Dent. 2011;39(5):351-60. PMID: 21334416.
3. Ntovas P, Loubrinis N, Maniatakos P, Rahiotis C. Evaluation of dental explorer and visual inspection for the detection of residual caries among Greek dentists. J Conserv Dent. 2018;21(3):311-8. PMID: 29899636; PMCID: PMC5977782.
4. Lennon AM, Buchalla W, Rassner B, Becker K, Attin T. Efficiency of 4 caries excavation methods compared. Oper Dent. 2006;31(5):551-5. PMID: 17024942.
5. Maashi MS, Elkhodary HM, Alamoudi NM, Bamashmous NO. Chemomechanical caries removal methods: a literature review. Saudi Dent J. 2023;35(3):233-43. PMID: 37091279; PMCID: PMC10114597.
6. Akbari M, Ahrari F, Jafari M. A comparative evaluation of DIAGNOdent and caries detector dye in detection of residual caries in prepared cavities. J Contemp Dent Pract. 2012;13(4):515-20. PMID: 23151702.
7. Aljehani A, Yang L, Shi XQ. In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. Acta Odontol Scand. 2007;65(1):60-3. PMID: 17354096.
8. Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. J Dent. 2006;34(7):467-71. PMID: 16431009.

-
9. Novaes TF, Moriyama CM, De Benedetto MS, Kohara EK, Braga MM, Mendes FM. Performance of fluorescence-based methods for detecting and quantifying smooth-surface caries lesions in primary teeth: an in vitro study. *Int J Paediatr Dent.* 2016;26(1):13-9. PMID: 25614929.
 10. Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C80-3. PMID: 15286128.
 11. Sundström F, Fredriksson K, Montán S, Hafström-Björkman U, Ström J. Laser-induced fluorescence from sound and carious tooth substance: spectroscopic studies. *Swed Dent J.* 1985;9(2):71-80. PMID: 3859944.
 12. Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence basic and clinical investigations. *Medical Laser Application.* 2001;16(3):205-13. <https://doi.org/10.1078/1615-1615-00024>
 13. Lennon AM, Buchalla W, Switalski L, Stookey GK. Residual caries detection using visible fluorescence. *Caries Res.* 2002;36(5):315-9. Erratum in: *Caries Res.* 2007;41(1):84. PMID: 12399691.
 14. Iwami Y, Shimizu A, Narimatsu M, Hayashi M, Takeshige F, Ebisu S. Relationship between bacterial infection and evaluation using a laser fluorescence device, DIAGNOdent. *Eur J Oral Sci.* 2004;112(5):419-23. PMID: 15458500.
 15. Bjørndal L, Demant S, Dabelsteen S. Depth and activity of carious lesions as indicators for the regenerative potential of dental pulp after intervention. *J Endod.* 2014;40(4 Suppl):S76-81. PMID: 24698699.
 16. Diniz MB, Rodrigues JA, de Paula AB, Cordeiro Rde C. In vivo evaluation of laser fluorescence performance using different cut-off limits for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci.* 2009;24(3):295-300. Erratum in: *Lasers Med Sci.* 2009;24(3):461. Rodrigues, Jonas de Almeida [corrected to Rodrigues, Jonas Almeida]. PMID: 18311473.
 17. Unlu N, Ermis RB, Sener S, Kucukyilmaz E, Cetin AR. An in vitro comparison of different diagnostic methods in detection of residual dentinal caries. *Int J Dent.* 2010;2010:864935. PMID: 20613961; PMCID: PMC2896856.
 18. Yazici AR, Baseren M, Gokalp S. The in vitro performance of laser fluorescence and caries-detector dye for detecting residual carious dentin during tooth preparation. *Quintessence Int.* 2005;36(6):417-22. PMID: 15954247.
 19. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci.* 2001;109(1):14-9. PMID: 11330928.
 20. Krause F, Braun A, Eberhard J, Jepsen S. Laser fluorescence measurements compared to electrical resistance of residual dentine in excavated cavities in vivo. *Caries Res.* 2007;41(2):135-40. PMID: 17284915.
 21. Mitchell C, Zaku H, Milgrom P, Mancl L, Prince DB. The accuracy of laser fluorescence (DIAGNOdent) in assessing caries lesion activity on root surfaces, around crown margins, and in furcations in older adults. *BDJ Open.* 2021;7(1):14. PMID: 33758162; PMCID: PMC7988107.
 22. Iwami Y, Yamamoto H, Hayashi M, Ebisu S. Relationship between laser fluorescence and bacterial invasion in arrested dentinal carious lesions. *Lasers Med Sci.* 2011;26(4):439-44. PMID: 20535516.
 23. Alleman DS, Magne P. A systematic approach to deep caries removal end points: the peripheral seal concept in adhesive dentistry. *Quintessence Int.* 2012;43(3):197-208. PMID: 22299120.
 24. Innes NP, Frencken JE, Bjørndal L, Maltz M, Manton DJ, Ricketts D, et al. Managing carious lesions: consensus recommendations on terminology. *Adv Dent Res.* 2016;28(2):49-57. PMID: 27099357.