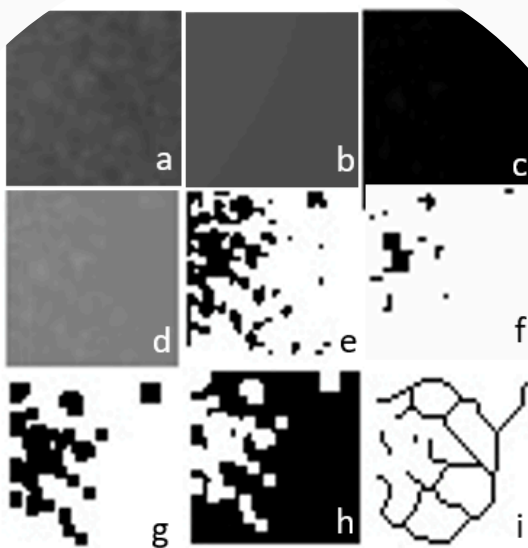




ULUSLARARASI DİŞ HEKİMLİĞİ BİLİMLERİ DERGİSİ

JOURNAL OF INTERNATIONAL DENTAL SCIENCES

2024 Ağustos / Cilt: 10/ Sayı: 2
2024 August / Volume: 10/ Number: 2



İÇİNDEKİLER/ CONTENTS

Derleme / Review

Kök Rezorpsiyonları: Literatür Derlemesi

47 Root Resorption: A Review of the Literature

Burcu DENİZ, Sibel KOÇAK

Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz Kullanımı: Derleme

55 Fractal Analysis In Dentistry: Review

Abdulkadir Kemal BİNİCİ, Fitnat Deniz ÖZBAY ÇETİNER

Apikal Periodontitisin Mikrobiyolojisi ve Tam Yöntemleri

65 Microbiology Of Apical Periodontitis And Diagnostic Techniques

Melisa USLU, Sevinç AKTEMUR TÜRKER

Araştırma/ Research

Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerin Kırılma Direnci Araştırmalarında Yayın Eğilimleri: Son 5 Yıllık Bibliyometrik Analizi

72 Publication Trends In Fracture Resistance Research Of Endodontically Treated Teeth: A Bibliometric Analysis Of The Last 5 Years

Sena KAŞIKÇI, Ebru ŞİRİNOĞLU

Üç Farklı Yapıdaki Cad/Cam Materyaller İle Kompozit Rezinler Arasında Oluşan Bağlantının İncelenmesi

78 Investigation Of The Bond Strength Between Three Different Structure Cad/Cam Materials And Composite Resins

Rümeysa ANGIN, Neslihan TEKÇE

The Prevalence And Characteristics Of Supernumerary Teeth In Nonsyndromic Dental Patients Of A Turkish Subpopulation

85 Bir Türk Alt Popülasyonunun Sendromik Olmayan Diş Hastalarında Süpernümerer Dişlerin Prevalansı Ve Özellikleri

Aslıhan ASLAN BALCI, Hilal PEKER ÖZTÜRK, İsmail Hakan AVSEVER

Araştırma/ Research

Does the 2D:4D Ratio Exhibit Sexual Dimorphism in Sagittal Skeletal Malocclusions? A Retrospective Study

95 2D:4D Oranı Sagittal İskeletsel Maloklüzyonlarda Cinsel Dimorfizm Gösterir Mi? Bir Retrospektif Çalışma

Orhan ÇİÇEK

Sodyum Hipoklorite Maruz Kalan Nikel-Titanyum Eğelerin Döngüsel Yorgunluğuna Karşı Direnç Değişimi

107 Change In Resistance To Cyclic Fatigue Of Nickel-Titanium Files Exposed To Sodium Hypochlorite

Emre BODRUMLU, Abdullah A.M. OBAİD

Olgu Sunumu/ Case Report

Treatment For Type II Dens Invaginatus In A Mandibular Lateral Incisor: A Report Of Rare Case

112 Tip II Dens Invajinatus Bulunan Mandibular Lateral Keser Dişin Tedavisi: Nadir Görülen Bir Vaka Raporu

Erva GÜÇLÜ, Olcay ÖZDEMİR, Ebru HAZAR BODRUMLU

Kök Rezorpsiyonları: Literatür Derlemesi

Root Resorption: A Review of the Literature

ÖZ

Giriş: Kök rezorpsiyonu, çok farklı tedavi seçeneği bulunan zorlu, karmaşık, fizyolojik ya da patolojik bir süreç olup odontoklastik reaksiyonların sonucu diş sert dokularında (sement, dentin) meydana gelen kayıptır. Etiyolojisi ve patogenezi tam olarak anlaşılammıştır ve en önemli etiyojik faktörler travma, pulpal enfeksiyon, diş beyazlatma ve ortodontik tedavidir. Kök rezorpsiyonları genellikle asemptomatiktir; bu nedenle radyografik muayenede tesadüfen ortaya çıkar. İleri aşamada dişte ağrı, diş renginde bozulma, mobilite gibi semptomlar görülebilir. Konumu ne olursa olsun rezorpsiyon geri döndürülemez. Zamanla hastada rahatsızlığa sebep olabilir, bazı durumlarda etkilenen dişin erken kayıpla sonuçlanabilir. Bu gibi nedenlerden dolayı bu tip patolojilerin tedavi edilmesi gerekmektedir. Kök rezorpsiyonuna yol açan nedenler, risk faktörleri ve mekanizmaları hakkında bilgi sahibi olmak, rezorpsiyonun erken bir aşamada ortaya çıkarılmasını sağlarken ilerlemesinin engellenmesini de mümkün kılar. Böylece hekimlere rezorpsiyon açısından yüksek riskli hastaları izlemelerine ve erken teşhis koymalarına imkan tanır. Sınıflandırma yapılırken anatomik, fizyolojik ve patolojik etiyojik yaklaşımlar dikkate alınmalıdır. Günümüzde farklı rezorpsiyon türleri için evrensel bir sınıflandırma yoktur. Bu eksiklik hem hekimler arasında kafa karışıklığına hem de dişlerde oluşan rezorptif süreçlerin yeterince anlaşılmasına yol açarak hatalı teşhis ve tedavilere sebep olabilir. Bu derlemenin amacı kök rezorpsiyonlarına sebep olan etkenleri, risk faktörlerini ve güncel tedavi yaklaşımlarını mevcut literatür bilgisiyle gözden geçirmek ve hekimlere etiyolojisi, histopatolojisi, klinik görünümü, tedavisi ve yönetimine yönelik öneriler sunup güvenilir bilgi sağlamaktır.

Sonuç: Dişte meydana gelen rezorpsiyonun doğası ve konumuna bağlı olarak basit ve terminolojiye uygun olarak kök rezorpsiyonu sınıflaması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eksternal Rezorpsiyon, İnternal Rezorpsiyon, Kök Kanal Sistemi, Kök Kanal Tedavisi, Odontoklastik Aktivite.

ABSTRACT

Objective: Root resorption is a challenging, complex, physiologic, or pathologic process with many different treatment options and is the loss of tooth hard tissues (cementum, dentin) as a result of odontoclastic reactions. The etiology and pathogenesis are poorly understood, and the most important etiologic factors are trauma, pulpal infection, tooth whitening, and orthodontic treatment. Root resorption is usually asymptomatic; therefore, it is detected incidentally on radiographic examination. Symptoms such as tooth pain, discoloration, and mobility may be observed in the advanced stage. Regardless of its location, resorption is irreversible. Over time, it can cause discomfort to the patient, and in some cases, may result in early loss of the affected tooth, so it must be treated. Knowledge of the causes, risk factors, and mechanisms that lead to root resorption makes it possible to detect resorption early and prevent its progression. Thus, it allows physicians to monitor high-risk patients and make early diagnoses. Anatomical, physiological and pathological etiologic approaches should be considered when classifying. Currently, there is no universal classification for the different types of resorption. This lack of a universal classification of different types of resorption can lead to confusion among clinicians and inadequate understanding of the resorptive processes occurring in teeth, leading to misdiagnosis and incorrect treatment. The aim of this review is to review the etiology, histopathology, clinical presentation, treatment, and management of root resorption and provide clinicians with reliable information and recommendations on the etiology, histopathology, clinical presentation, treatment, and management of root resorption.

Conclusion: A simple and terminologically appropriate classification of root resorption based on the nature and location of tooth resorption was made.

Key Words: External Resorption, Internal Resorption, Root Canal System, Root Canal Treatment, Odontoclastic Activity.

Burcu DENİZ¹

ORCID: 0000-0002-7732-093X

Sibel KOÇAK¹

ORCID: 0000-0003-2354-7108

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD,
Zonguldak, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 26.03.2024

Kabul tarihi / Accepted: 24.06.2024

İletişim Adresi /Corresponding Adress:

Burcu DENİZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,

Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD,

Zonguldak, Türkiye

E-posta/e-mail:burcu.deniz@beun.edu.tr

“Rezorpsiyon” odontoklastik aktivite sonucu dentin, sement ve kemik kaybına neden olabilir, bu nedenle kök rezorpsiyonu yerine diş rezorpsiyonu daha uygun bir ifadedir. Çünkü rezorpsiyon dişin kökünü ve/veya kronunu da içerebilir (1). Dişleri etkileyen çeşitli rezorpsiyon tipleri vardır. Her tipin spesifik etiyojisi ve patogenezi vardır. Bu nedenle, rezorpsiyon mekanizmasının kapsamlı bir şekilde anlaşılması, teşhis edilebilmesi ve ardından uygun bir tedavi ile yönetilebilmesi gereklidir. Daimi dişlerde kök rezorpsiyonu kök kanalının içinde “internal kök rezorpsiyonu” veya kökün dış tarafında “eksternal kök rezorpsiyonu” olarak meydana gelebilir.

1. İnternal Rezorpsiyon

a. Yüzey Rezorpsiyonu: Nadir görülen bir durumdur ve “minör rezorpsiyon” olarak da tanımlanır. Klinik olarak tespit edilemez. Defektler çok küçük veya sığ olduğu için radyografik olarak da belirgin değildir ve hiçbir semptom veya klinik bulgu vermez (2).

b. İnternal İnflamatuar Rezorpsiyon: Kök kanalında pulpanın kaybıyla sonuçlanan inflamatuvar bir süreçtir. Pulpa dokusuna komşu dentinin iç kök kanal duvarından başlar ve kanal duvarının laterale doğru ilerler. Erken ve aktif aşamalarda genellikle herhangi bir belirti veya klinik bulgu görülmez. Aktif süreçte bazen pulpitis benzeri semptomlar gösterse de genellikle aktif olmayan süreçte pulpa devital hale gelip enfekte olduğunda apikal periodontitisle ilişkili tablo şeklinde izlenir (2).

c. İnternal Replasman Rezorpsiyonu: Pulpa ve dentinin kemikle yer değiştirdiği çok nadir bir durumdur. Klinik olarak, etkilenen diş genellikle normal görünür ancak rezorpsiyonun konumuna ve ilerleme derecesine bağlı olarak dişin rengi değişebilir veya hafif pembe bir renk alabilir. Pulpa duyarlılık testlerine yanıt verir. Dişte hareket azalmış bir miktar ankiloz veya tipik ankilotik perküsyon sesi olabilir. Radyografik olarak pulpada düzensiz bir genişleme vardır (2).

Etiyoloji: İnternal kök rezorpsiyonunun gelişim mekanizması yapılan birçok araştırmaya rağmen hala belirsizdir. Patolojik süreç, etkenlere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Bununla beraber, travma (mekanik ve kimyasal), enfeksiyon veya basınçla uyarılma başlıca sebepler arasındadır (3).

Histoloji: Rezorpsiyon, odontoblastik ve mineralize olmamış pre-dentin tabakasının hasar almasıyla başlar, mineralize dentinin pulpa ile temas etmesine,

odontoklastların hasar bölgesine migrasyonuna ve kök kanal yüzeylerinin rezorpsiyonuna neden olur. Bu durum, geçici ve kendi kendini sınırlayıcı olabilir (4).

Tedavi: Geçici internal kök rezorpsiyonu, olası komplikasyonların önüne geçmek için yıllık klinik (pulpa duyarlılık testi vb.) ve radyografik (periapikal radyografiler ve/veya CBCT) takip gerektirir. Tedavinin amaçları kök kanallarını dezenfekte etmek ve kan akışını sağlayan apikal pulpa dokusunu ortadan kaldırmaktır. Tedavi seçenekleri arasında kök kanal tedavisi, herhangi bir perforasyon varlığında cerrahi onarım ve kök kanal tedavisi ve diş çekimi yer alır (5).

2. Eksternal Rezorpsiyon

Periodonsiyumdan kaynaklanan sement ve dentini rezorbe eden bir kök rezorpsiyonudur. İnternal rezorpsiyona göre daha fazla görülür. Karakteristik bir semptomu yoktur. Pulpaya kadar ilerleyip pulpanın canlılığını kaybetmesine neden olabilir. Pulpa vitalite değerleri her vakada değişiklik gösterir (6).

Etiyoloji: Etiyolojisi hala tam olarak anlaşılammış olsa da başlatan veya tetikleyen çok sayıda risk faktörü vardır. Bunlar endojen (konakçı ile ilgili) ve ekzojen faktörlerdir. Endojen faktörler cinsiyet, yaş, ırk, oklüzyon özellikleri, genetik yatkınlık, sistemik faktörler, vücut özelliklerini içerir (7). Ekzojen faktörler arasında travma, pulpa enfeksiyonu ortodontik tedavi, ağartma vb. yer alır (8).

Daha önce travmaya maruz kalmış veya rezorbe olma ihtimali olan dişler ortodontik tedavi sırasında uygulanan kuvvete karşı daha hassastırlar. Ayrıca, vital olmayan dişlerin ağartılmasından sonra yüksek sıcaklığın katalitik etkisi ile kök rezorpsiyonu başlayabilir (9). Alışkanlıklar da kök rezorpsiyonunun derecesine katkıda bulunabilir. Periodonsiyum üzerinde uzun süreli artan kuvvete neden olan tırnak yeme, dil itme ve parmak emme bunlara örnek gösterilebilir. Açık kapanış oklüzyon ilişkisine sahip hastalarda % 26,1 oranında inflamatuvar kök rezorpsiyonu görülmüştür. Atipik kök şekli de mekanik uyarılara karşı direncin azalmasına neden olabileceği için rezorpsiyon için risk faktörü olabilir (10).

Histoloji: Rezorpsiyon alanında osteoklastik hücreler bulunur. Yeni oluşmuş sert doku ise dentin, sement, kemik ve bunların embriyonel dokularının karışımıdır (11). İlgili bölgedeki doku, internal rezorpsiyon ile aynı histopatolojik özelliklere sahiptir (12). Eksternal rezorpsiyon histopatolojik olarak yüzeyel, iltihabi, yer

değiştirme rezorpsiyonları; lokalizasyonlarına göre servikal, lateral, apikal bölge rezorpsiyonları; etiyolojik faktörlerine göre ise; invaziv, okluzal basınç kaynaklı, ortodontik tedavi ile ilişkili, fizyolojik ve idiyopatik kök rezorpsiyonları şeklinde gruplara ayrılır. Histopatolojik olarak eksternal kök rezorpsiyonları üçe ayrılır.

a. Eksternal Yüzey Rezorpsiyonu: Genellikle sement ve/veya periodontal ligamentin ilgili alandaki lokalize bir yaralanmanın sebep olduğu, kendini sınırlayan bir süreçtir. Çoğu yaralanma anlık olduğu, ve bakteri ile kontamine olmadığı sürece, süreç devam etmeyebilir. Bu durum minör yaralanma sonrası iyileşmenin bir parçası olarak da düşünülebilir (2). Genellikle asemptomatiktir ve etkilenen dişler pulpa duyarlılık testlerine normal yanıt verir.

Etiyoloji: Eksternal yüzey rezorpsiyonu genellikle basınç kaynaklı ortaya çıkar. Travma, ortodontik tedavi, komşu gömülü dişler, kistler veya tümörler sebep olabilir. Küçük rezorpsiyonlar belirli bir faktör olmaksızın ortaya çıkabilir (13).

Histoloji: Travma nedeniyle uygulanan basınç, ortodontik kuvvetler, gömülü dişler, kistler veya tümörler sıkışmaya, periodontal ligamentteki damarlarda hipoksiye ya da hasara sebep olur. Böylece sementoblastların ve presementumun hasar görmesi ile klastik hücreler tarafından rezorpsiyon gerçekleşir (13,14).

Tedavi: Eksternal yüzey rezorpsiyonuna neden olan aşırı basıncın ortadan kaldırılmasıdır.

b. Eksternal İnflamatuar Kök Rezorpsiyonu: Pulpa enfekte olduğunda ve lüksasyon, avülsiyon gibi travmatik yaralanmalarda kökün dış yüzeyinde (sement ve/veya periodontal ligament) hasar olduğunda veya kök kanalı sistemi ve periradiküler dokular arasında bir iletişim yolu varlığında meydana gelir. Bakteriler ve endotoksinleri periradiküler dokulara geçebilir. Rezorpsiyon dişin apikalinde ya da diş kökü boyunca meydana gelebilir. Uzun süreli enfekte bir kök kanal sistemi ile ilişkili ise apikalde; enfekte bir lateral kanal ve forameni ile ilişkili ise lateralde tipik olarak ortaya çıkar. Tedavinin doğru yönetilebilmesi için ayırımının yapılması önem taşır (15).

Etiyoloji: Enfekte pulpa dokusunun koruyucu presement tabakasında hasara yol açmasıyla ya da travma sonrası kan akımının kesilmesi ve bakteri invazyonu yoluyla görülebilir (15).

Histoloji: Periodontal ligamentte kontüzyon yaralanmalarına bağlı olarak koruyucu non-mineralize presementumda hasar oluşur. Odontoklastlar, osteoklastlar ve makrofajlar yaralanma alanına göç eder ve mineralize sert dokuya bağlanarak ve kök yüzeyini rezorbe eder (16).

Tedavi: Enfekte pulpa dokusunun ortadan kaldırılması

amaçlanmaktadır. Başarılı dezenfeksiyonun ardından, periodontal iyileşme görülebilir. Kök kanal dezenfeksiyonu için kanal içi medikament uygulaması önerilmiştir (4). İntrakanal medikamentler ayrıca organik dokunun çözülmesine, mikroorganizmaların öldürülmesine, odontoklastları doğrudan inhibe ederek rezorptif sürecin durdurulmasına ve rezorptif hücreleri hasarlı kök yüzeyinden ayırarak periodontal membrandaki enflamasyonu azaltmaya yardımcı olmak için kullanılır (17-21). Önleyici yaklaşım, kök yüzeyinin ve periodontal ligamentin hasar aldığı, ayrıca pulpa nekrozu ve enfeksiyonun tahmin edilebilir olduğu travmatik yaralanmalar ardından uygulanmaktadır (15). Engelleyici yaklaşım, rezorpsiyon varken önerilir. Prosedür önleyici yaklaşıma benzer ancak antibiyotikler gerekli değildir ve rezorpsiyonu durduramazlar (22).

c. Yer Değiştirme (replasman) Rezorpsiyonu ve Ankiloz: Periodontal ligament veya dış kök yüzeyinde bir yaralanma sonucu sement ve dentin rezorbe olur ve yerini kemik alır. Periodontal ligamentin kaybı ile kemik ve diş kökünün birbiriyle kaynaşmış görünmesine ankiloz denir (1, 23). Bazı durumlarda hasar ciddi değilse ve periodontal ligament ya da kökün küçük bir bölgesini içeriyorsa fibroblastlar onarımı sağlayana kadar geçici olarak görülebilir (2).

Etiyoloji: Eksternal replasman rezorpsiyonu, intrüzyon gibi şiddetli lüksasyon ve avülsiyon yaralanmaları ile ilişkilidir (16). Fizyolojik hareketlilikte azalma ve perküsyonda tiz veya metalik bir ses ile ortaya çıkabilir. Etkilenen diş infraoklüzyonda kalabilir (24). Radyografik olarak etkilenen kökün dış hattında düzensizlik görülebilir. Rezorpsiyon bazı bölgelerde daha hızlı olabilir ayrıca genç hastalarda daha agresifken yaşlı hastalarda ise daha yavaş ve kronik görünümündedir (2).

Histoloji: Hasarlı periodontal ligament hücreleri yırtılabilir, bozulabilir, bu da nekroza sebep olur. Nekroza uğramış hücreler osteoklastlar tarafından rezorbe edilir ve osteoblastlar tarafından üretilen alveolar kemik ile yer değiştirir (24).

Tedavi: Tedaviye ilişkin net bir kılavuz bulunmamaktadır ve genellikle multidisipliner bir çalışma gerektirir. Rezorpsiyonun diş pulpası ile ilgili olmadığını anlamak önemlidir çünkü endodontik tedavi bu tip rezorpsiyonu engellemez veya durdurmaz (25). Tedavi protokolü genellikle dişin düzenli olarak klinik ve radyografik muayeneler ile takibinden oluşur. Tedavide dikkate alınması gereken hastanın yaşı ve büyüme evresidir. Çünkü ilgili diş daha fazla sürmeyecektir ve bu durum uzun vadede

alveolar gelişmeyi olumsuz etkileyecektir (26). Yetişkinlerde konservatif olarak yönetilmelidir, estetik görünümü eski haline getirmek için müdahale edilmelidir. Etkilenen diş büyük oranda rezorbe olmuşsa, çekimi ve yerine protez yapılması önerilmektedir (27). Literatürde bu tarz patolojilere sahip çocuk hastalarda rejeneratif endodontik tedavi ya da dekoronasyon gibi farklı tedavi seçeneklerinin de düşünülebileceğine dair vaka raporları bulunmaktadır (27).

Lokalizasyonlarına göre eksternal kök rezorpsiyonları üçe ayrılır.

a. Eksternal Servikal Rezorpsiyon: Genellikle dişin servikalinde epitel bağlantısının altında oluşur (8).

Etiyoloji: Tam olarak belirlenmemiştir. Yapılan çalışmalar çok etmenli olabileceğini ve bunların arasından ortodontik tedavinin birinci sırada olduğunu göstermiştir. Travma hikayesi, parafonksiyonel alışkanlıklar, oral hijyenin kötü olması, periodontal tedavi, intrakoronel ağartma işlemleri gibi etmenler de bulunmaktadır (8,28). Bugüne kadar ortaya atılan tüm etiyolojik etmenler nedensel olmaktan çok predispozan veya ilişkili etmenler olarak kabul görmektedir (6).

Eksternal servikal rezorpsiyonun klinikte klasik bir görünümü yoktur. Defektin ciddiyeti ve doğası, diş tipi ve rezorpsiyon derecesi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir (29). Klinik olarak genellikle dişin kuronunda pembemsi bir renkleşmeye sebep olur. Bunun nedeni vasküler rezorptif dokunun kalan ince mine dokusundan görünür duruma gelmesidir (30). Radyografda dişin servikalinde düzensiz sınırlı asimetrik radyolusensi görülmesi eksternal servikal rezorpsiyonun karakteristiğidir (16).

Histoloji: Patogenez, üç basamaklı bir süreci içerir, bunlar başlangıç, rezorptif ve onarıcı süreçlerdir. Erken dönemde, pulpa boşluğu rezorpsiyona dirençli tabaka tarafından korunur. İleri aşamalarda pulpa boşluğuna doğru ilerler. Rezorpsiyon ve apozisyonlar farklı alanlarda eş zamanlı oluşabilir (31).

Tedavi: Tedavinin amaçları rezorptif dokuyu kazımak, defekti onarmak ve etkilenen alanı takip etmektir (12, 29). Tedavi seçenekleri arasında kök kanal tedavisi yapılmadan onarım, kök kanal tedavisi ile onarım, kasti replantasyon periodik muayene ve duyarlılık testleri ya da tedavi edilemeyen vakalarda çekim yer alır (12).

b. Eksternal Apikal Rezorpsiyon: Kronik veya nekrotik pulpalı dişlerde görülür. Sement, kemik dokusuna göre rezorpsiyona karşı daha dayanıklıdır bu yüzden radyografide öncelikle kemikteki değişiklikler gözlenir. Kökün ucu kısalmış düzleşmiş veya incelmıştır.

Etiyoloji: Apikal kök rezorpsiyonu genellikle semptom göstermez. Rutin klinik ve radyografik muayeneler sırasında tespit edilir. Pulpanın inflamasyonu ve

nekrozunu takiben, bakteriyel invazyon hızını artırarak apikal foramen ve periapikal dokulara ulaşır. Ayrıca kanal preparasyonu sırasında kök ucunun bozulması ve bunun sonucunda bakteri toksinlerinin periapikal alana ulaşması kök rezorpsiyonuna sebep olur (32).

Histoloji: Komşu dokulardaki mevcut inflamatuvar hücrelerden salgılanan, osteoklast aktive edici faktör, makrofaj kemotaktik faktör ve prostoglandinler gibi mediatörler sert doku rezorpsiyonuna sebep olur (32).

Tedavi: Bu tip rezorpsiyonların tedavisi genellikle endodontik tedavidir, fakat rezorpsiyon sahası kemo-mekanik preparasyonun zor ulaşabildiği bölgelerdir (33).

c. Eksternal Lateral Rezorpsiyon: Kökün ve komşu kemiğin lateral duvarında gözlenen belirgin bir (periradiküler) rezorpsiyondur (15). Klinik olarak dişler genellikle sürecin erken aşamalarında asemptomatiktir ve bazen bu aşamada radyografilerle rezorpsiyon tanısı konulabilir.

Etiyoloji: Özellikle travmaya uğrayan dişlerde yaygındır. Rezorpsiyonun devamı, inflamasyon veya enfeksiyon gibi uyarıcı etmenlere bağlıdır. Radyografide hem kökte hem de kemikte çanak benzeri radyolusensi ile gözlenebilir (32).

Histoloji: Makrofajlar, nötrofiller, kompleman proteinleri ve B lenfositlerinden gelen antikorlar periapikal alana dağılır. Bu mediatörler, RANK-Ligand salgılanmasını artıran IL-1, IL-6 ve TNF-a gibi sitokinlerin salgılanmasını aktive eder, böylece monositlerin osteoklastlara ve odontoklastlara farklılaşmasını teşvik eder (34).

Tedavi: Şiddetli travma sonrası kök ucu kapanmamış dişlerde pulpada nekroz belirtisi yoksa sadece takip endikedir. Kök ucu kapanmış dişlerde ise kalsiyum hidroksit medikasyonu ardından kök kanal tedavisi yapılır. Etiyolojik faktörlerine göre eksternal kök rezorpsiyonları beşe ayrılır.

a. Eksternal İnvaziv Rezorpsiyon: Yapılan çalışmalarda yaygın olarak "servikal rezorpsiyon" olarak adlandırılrsa da özellikle de diş eti çekilmesi varsa her zaman dişin servikal kısmında meydana gelmez. Rezorpsiyon her zaman dişeti altı bir alanda başlamalıdır, ancak diş boyunca her yöne de yayılabilir (35).

Etiyoloji: Etiyolojisi ve patogenezini tam olarak bilinmeyen sinsi bir süreçtir. En olası teori mine sement birleşimindeki gelişimsel bir defekt gibi görünmektedir (36). Klinik olarak herhangi bir belirti olmayabilir. Birçok vaka rutin muayenede ya da diş taşı temizliği sırasında tesadüfen fark edilir. Diş

genellikle klinik olarak sağlıklı bir pulpa ve periapikal dokulara sahiptir (2).

Histoloji: Rezorbe edici hücrelerin dışı tamamen sarması için başka bir predispozan etmen veya rezorpsiyonun gerçekleşmiş olması gerekir. Ancak bu teori henüz kanıtlanamamıştır. Dış rezorpsiyona uğradığı için, güve yeniği görünümü verebilir (3).

Tedavi: Tedavisi rezorpsiyonun boyutu ve aşamasına bağlıdır. Rezorptif süreç sona erdikten sonra kapsamlı bir restorasyon yapılmalıdır. Dişler genellikle endodontik tedavinin yanında kuron boyu uzatma için periodontal cerrahi, ortodontik ekstrüzyon, kuron gibi başka tedavilere ihtiyaç duyar (37).

b. Eksternal Basınç Rezorpsiyonu: Dış kökünün dış yüzeyine basınç uygulandığında meydana gelir (38).

Etiyoloji: Basıncın kaynağı komşulukta gömülü diş olması ya da kist ve tümör varlığıdır (3). Erken dönemde hastada herhangi bir semptom görülmezken rezorpsiyon pulpayla ilişkilendiğinde diş semptomatik hale geçebilir. Rezorpsiyon ilerledikçe dişte mobilite artabilir ve hasta ısırma hassasiyet hissedebilir. Perküsyonda farklı bir ses duyulsa da diş normalde ankilozе değildir (2).

Tedavi: Tedaviye rezorpsiyonun derecesine göre karar verilir. Rezorpsiyonun kaynağı gömülü diş ise ilgili dişin çekimi endike iken bazı durumlarda rezorpsiyona uğrayan dişin çekimi de gerekebilir. Rezorpsiyonun kaynağı kist veya tümör ise lezyon cerrahi olarak çıkarılmalı dişin ağızda tutulmasına karar verilirse pulpa nekrozu veya enfeksiyon gibi komplikasyonlar açısından izlenmelidir (39).

c. Ortodontik Rezorpsiyon: Bir veya daha fazla dişin apikalinin rezorpsiyona uğraması köklerin kılınmasına neden olur.

Etiyoloji: Ortodontik tedavi sırasında oluşur başka bir etiyojisi yoktur. Basınç rezorpsiyonuna benzer ancak iki farklılık vardır. İlk fark rezorpsiyona neden olan kuvvetin ortodontik tedaviden kaynaklı olmasıdır. İkinci fark ise rezorpsiyonun oluştuğu yerdir. Ortodontik rezorpsiyon her zaman apikaldir basınç rezorpsiyonu ise kökün uzunluğu boyunca her yerde meydana gelebilir. İleri aşamaya gelmediği sürece herhangi bir klinik semptom vermez ileri evrede dişin mobilitesinde artış görülür (2).

Tedavi: Tedavi rezorpsiyonun ne zaman farkedildiğine göre değişir. Eğer ortodontik tedavi devam ederken meydana gelirse ortodontik tedavi durdurulabilir ya da kuvvet azaltılarak devam edilebilir. Ortodontik tedavi sonrası farkedilirse artık dişlere kuvvet gelmeyeceği için düzenli klinik ve radyografik muayenelerle takip edilmelidir (40).

d. Fizyolojik Rezorpsiyon: Süt dentisyondan daimi dentisyona geçişte görülür.

Etiyoloji: Klinik olarak, süt dişlerinde artan bir hareketlilik ve baskı hissi olabilir. Çiğneme rahatsızlık ortak bulgudur. Daimi dişin sürmesinden hemen önce, süt dişinin kuru pembe renkte görünebilir (2). Rezorptif süreçte süt dişinde eş zamanlı çürük ya da restorasyon bozulması gibi bir durum söz konusu olmadığı sürece pulpa etkilenmez.

Tedavi: Fizyolojik rezorpsiyonun yönetimi ya rezorpsiyonun izlenmesi ya da süt dişinin çekilmesi ile sınırlıdır. Süt diş ankilozе olmuşsa ya da rezorpsiyonun gecikmesiyle daimi dişin sürmesi engelleniyor demektir. Bu durumda çekim gereklidir (39).

e. İdiyopatik Rezorpsiyon: Görünürde rezorpsiyona neden olacak herhangi bir durumun olmadığı diş rezorpsiyonu olarak tanımlanır.

Etiyoloji: İdiyopatik rezorpsiyonlu dişlerde ortodontik tedavi, radyasyon tedavisi, travma öyküsü veya başka herhangi bir rezorpsiyonun sebebi bulunmaz. Genellikle birden fazla diş etkilenir. Çoğu vakalarda, hastanın sistemik durumu dikkat çekici değildir, fakat hipoparatiroidizm psödohipoparatiroidizm, Gaucher Hastalığı, Turner Sendromu, malnütrisyon ve Paget Hastalığı gibi bazı olası sistemik bozukluklarla ilişkili olabilir. Genellikle birden fazla diş etkiler ve çift taraflıdır (41). Diş klinik olarak normal pulpa ve periapikal dokulara sahiptir bu yüzden semptom yoktur ve rutin muayene sırasında tespit edilir. Radyografide kökler kısalmış, yuvarlaklaşmış veya biraz düzleşmiş apikallere sahip olabilir (2).

Tedavi: Tedavi stratejisi, olası sistemik hastalıkların kontrolünü içerir. Eğer mevcut bir durum yoksa o zaman rezorpsiyonun ilerleyişi klinik ve radyografik olarak izlenmelidir. Rezorpsiyonun nedeni bilinmiyorsa engelleyici bir tedavi endikasyonu yoktur (39).

Kök Rezorpsiyonlarına Genel Bir Bakış, Klinik Öneriler Ve Gelecek Beklentiler

Konvansiyonel radyografi tanı koymak için gereklidir ancak iki boyutlu yapıları geometrik bozulmaları ve anatomik gürültüleri nedeniyle dentoalveolar anatomiye sınırlı bildirmektedir (42). Rezorpsiyonun klinik olarak değerlendirmesinde konik ışın bilgisayarlı tomografi, stereo mikroskopi, tarama elektron mikroskobu ve mikro-BT gibi farklı görüntüleme teknikleri de kullanılabilir. Konik ışın bilgisayarlı tomografi, gerçek zamanlı dinamik görüntü özelliği sayesinde karmaşık endodontik sorunların teşhisinde ve tedavi planlamasında giderek daha önemli bir görüntüleme cihazı haline gelmiştir.

Bu özeliği ile rezorpsiyonun ve geometrik ilişkilerinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. (42). Ayrıca rezorpsiyonlar sert doku histolojisi, yumuşak doku histolojisi, immünohistokimya ile de yeni çalışmalarda incelenebilir (43).

İlgili dişlere kök kanal tedavisi endikasyonu konulduğunda rezorpsiyon alanlarındaki osteoklastik ve odontoklastik faaliyetlerin ilerlemesini durdurmak ve tedavisini sağlamak için doku dostu biyomateryaller kullanılabilir (44). Mineral Trioksit Agregate (MTA; ProRoot MTA; Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, Amerika Birleşik Devletleri); sızdırmaz, antibakteriyel, biyouyumlu, nem varlığında sertleşen ve uygulandığı bölgeye kalsiyum iyonları salarak alkali bir ortam yaratma gibi çeşitli olumlu özelliklere sahip kalsiyum silikat esaslı bir materyaldir (45,46). Aynı zamanda reparatif dentin oluşumu, sement oluşumu ve osteoblast farklılaşmasını da destekler (47,48). Biodentin (Septodont, Saint Maur-des-Fosses, Fransa) ise yine sertleşirken kalsiyum salabilen, odontoblast benzeri hücreleri indükleyerek dentine benzer matriks oluşumunu sağlayan bir materyaldir (49). Oluşturdukları proliferasyon, anjiyogenezis ve biyomineralizasyon sebebiyle osteojenik ve odontojenik etkileri bulunmaktadır (50).

SONUÇ

Özetle kök rezorpsiyonunun teşhisi ve yönetimi hekimler için zorlayıcı olabilir ve hatalı teşhislere sebep olabilir. Rezorptif süreçlerin anlaşılması, klinik teşhisi ve tedavisi bu basit sınıflandırma ile kolaylaştırılabilir.

KAYNAKLAR

1. Irinakis E, Haapasalo M, Shen Y, Aleksejuniene, J. External cervical resorption–treatment outcomes and determinants: a retrospective cohort study with up to 10 years of follow-up. *Int Endod J.* 2022;55:441-52.
2. Abbott PV. Pulp, root canal and peri-radicular conditions. Ed: Ahmed H, Dummer PM, *Endodontic advances and evidence-based clinical guidelines*, Oxford: Wiley, New Jersey, USA, 2022. pp. 83–114.
3. Aidos H, Diogo P, Santos JM. Root resorption classifications: a narrative review and a clinical aid proposal for routine assessment. *Eur Endod J.* 2018;3:134.
4. Krastl G, Weiger R, Filippi A, Van Waes H, Ebeleseder K, Ree M, et al. Endodontic management of traumatized permanent teeth: a comprehensive review. *Int Endod J.* 2021; 54:1221–45.
5. Aşçı S, Özbaş H, Yalçın Y Kök Rezorpsiyonu Olan Bir

Olgunun Endodontik Ve Cerrahi Kombine Tedavisi: Olgu Sunumu *İÜ Diş Hek Fak Derg.* 2013 47(2):57-63.

6. Patel S, Saberi N, Pimental T, Teng PH. Present status and future directions: Root resorption. *Int Endod J.* 2022;55:892-921.
7. Heboyan G, Avetisyan A, Margaryan M. Clinical case of a rarely diagnosed tooth root internal resorption. *New Armenian Med J.* 2018;12:87–92.
8. Mavridou AM, Bergmans L, Barendregt D, et al. Descriptive analysis of factors associated with external cervical resorption. *J Endod.* 2017;43: 1602–10.
9. Newton R, Hayes J. The association of external cervical resorption with modern internal bleaching protocols: what is the current evidence. *Br Dent J.* 2020; 228:333–37.
10. Heboyan A, Avetisyan A, Markaryan M, et al. Tooth root resorption conditioned by orthodontic treatment. *Oral Health Dental Sci.* 2019;3:1.
11. Chugal N, Mallya SM, Kahler B, Lin LM. Endodontic treatment outcomes. *Dent Clin North Am.* 2017;61:59-80.
12. Patel S, Foschi F, Condon R, Pimentel T, Bhuva, B. External cervical resorption: part 2–management. *Int Endod J.* 2018;51:1224-38.
13. Feller L, Khammissa G, Thomadakis G, Fourie J, Lemmer J. Apical external root resorption and repair in orthodontic tooth movement: biological events. *International BR.* 2016; 4864195.
14. Colak C, Aras B, Cheng L, Elekdag-Turk S, Turk T, Darendeliler MA. Effects of rapid and slow maxillary expansion on root resorption: a micro-computed tomography study. *Eur J Orthod.* 2021;43:682–89.
15. Abbott PV. Prevention and management of external inflammatory resorption following trauma to teeth. *Aust Dent J.* 2016;61:82–94.
16. Soares AJ, Souza GA, Pereira AC, Vargas-Neto J, Zaia AA, Silva EJ. Frequency of root resorption following trauma to permanent teeth. *J Oral Sci.* 2015;57:73-78.
17. Cvek M, Treatment of non-vital permanent incisors with calcium hydroxide: II— effect on

- external root resorption in luxated teeth compared with effect of root filling with gutta percha: a follow-up. *Odontol Revy.* 1973;24:343–54.
18. Hasselgren G, Olsson B, Cvek M. Effects of calcium hydroxide and sodium hypochlorite on the dissolution of necrotic porcine muscle tissue. *J Endod.* 1988;14:125–7.
 19. McHugh CP, Zhang P, Michalek S, Eleazer PD. pH required to kill *Enterococcus faecalis* in vitro. *J Endod.* 2004;30:218–9.
 20. Siqueira JF Jr, Lopes HP. Mechanisms of antimicrobial activity of calcium hydroxide: a critical review. *Int Endod J.* 1999;32:361–9.
 21. Heithersay GS. Management of tooth resorption. *Aust Dent J.* 2007;52:105–121.
 22. Segura-Egea JJ, Gould K, Şen BH, Jonasson P, Cotti E, Mazzoni A, et al. Antibiotics in Endodontics: a review. *Int Endod J.* 2017;50:1169-84.
 23. Lauridsen E, Blanche P, Yousaf N, Andreasen JO. The risk of healing complications in primary teeth with intrusive luxation: a retrospective cohort study. *Dent Traumatol.* 2017;33:329–36.
 24. Lauridsen E, Andreasen JO, Bouaziz O, Andersson L. Risk of ankylosis of 400 avulsed and replanted human teeth in relation to length of dry storage: A re-evaluation of a long-term clinical study. *Dent Traumatol.* 2020;36:108-16.
 25. Patel S, Krastl G, Weiger R, Lambrechts P, Tjäderhane L, Gambarini G, et al. ESE position statement on root resorption. *Int End J.* 2023;56:792-801.
 26. Mohadeb JVN, Somar M, He H. Effectiveness of decoronation technique in the treatment of ankylosis: A systematic review. *Dent Traumatol.* 2016;32:255-63.
 27. Yoshpe M, Einy S, Ruparel N, Lin S, Kaufman AY. Regenerative endodontics: a potential solution for external root resorption (case series). *J Endod.* 2020;46:192–99.
 28. Friedman S, Rotstein I, Libfeld H, Stabholz A, Heling I. Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth. *Dent Traumatol.* 1988;4:23–26.
 29. Patel S, Mavridou AM, Lambrechts P, Saberi N. External cervical resorption-part 1: histopathology, distribution and presentation. *Int Endod J.* 2018;51:1205–23.
 30. Espona J, Roig E, Durán-Sindreu F, Abella F, Machado M, Roig M. Invasive cervical resorption: clinical management in the anterior zone. *J Endod.* 2018;44:1749-54.
 31. Mavridou AM, Hauben E, Wevers M, Schepers E, Bergmans L, Lambrechts P. Understanding external cervical resorption in vital teeth. *J Endod.* 2016;42:1737–51.
 32. Galler KM, Grätz EM, Widbiller M, Buchalla W, Knüttel H. Pathophysiological mechanisms of root resorption after dental trauma: a systematic scoping review. *BMC Oral Health.* 2021;21:1-14.
 33. Zhang C, Yang Z, Hou B. Diverse bacterial profile in extraradicular biofilms and periradicular lesions associated with persistent apical periodontitis. *Int Endod J.* 2021;54:1425-33.
 34. Usui M, Onizuka S, Sato T, Kokabu S, Ariyoshi W, Nakashima K. Mechanism of alveolar bone destruction in periodontitis—Periodontal bacteria and inflammation. *Jpn Dent Sci Rev.* 2021;57:201-08.
 35. Fernandes M, Menezes L, De Ataíde I. Management of invasive cervical resorption using a surgical approach followed by an internal approach after 2 months due to pulpal involvement. *J Conserv Dent.* 2019;20:214.
 36. Jeng PY, Lin LD, Chang SH, Lee YL, Wang CY, Jeng JH, et al. Invasive cervical resorption—distribution, potential predisposing factors, and clinical characteristics. *J Endod.* 2020;46:475-82.
 37. Rotondi O, Waldon P, Kim SG. The disease process, diagnosis and treatment of invasive cervical resorption: a review. *Dent J (Basel).* 2020;8:64.
 38. Patel, B. Root resorption. *Endodontic Treatment, Retreatment, and Surgery: Mastering Clinical Practice*, Springer, New York City, USA, 2016, pp.389-413.
 39. Abbott PV, Lin S. Tooth resorption—Part 2: A clinical classification. *Dent Traumatol.* 2022;38:267-85.
 40. Bayir F, Gumus EB. External apical root resorption after orthodontic treatment: Incidence, severity and risk factors. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2021;15:100.
 41. Mittal S, Singh B, Sharma A, Mittal K, Justa A, Vaid P. Surface changes of primary tooth enamel by

commonly used pediatric liquid medicaments: A scanning electron microscope study. *Int J Paediatr Dent.* 2017;5:14.

42. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in endodontics—a review. *Int End J.* 2015;48:3–15.

43. Mavridou AM, Pyka G, Kerckhofs G, Wevers M, Bergmans L, Gunst V, et. al. A novel multimodular methodology to investigate external cervical tooth resorption. *Int Endod J.* 2016;49:287-300.

44. Kandalgaonkar SD, Gharat LA, Tupsakhare SD, Gabhane MH. Invasive cervical resorption: a review. *J Int Oral Health.* 2013;5:124-30.

45. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod.* 2010;36:190-202.

46. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod.* 2010;36:16-27.

47. Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mater Res.* 1997;37:432-9.

48. Torabinejad M, Parirokh M, Dummer PMH. Mineral trioxide aggregate and other bioactive endodontic cements: an updated overview—part II: other clinical applications and complications. *Int Endod J.* 2018;51(3):284-317.

49. Camps J, Pashley D. Reliability of the dye penetration studies. *J Endod.* 2003;29:592-94.

50. Rathinam E, Rajasekharan S, Chitturi RT, Martens L, De Coster P. Gene expression profiling and molecular signaling of dental pulp cells in response to tricalcium silicate cements. A systematic review. *J Endod.* 2015;41:1805-17.

Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz Kullanımı: Derleme

Fractal Analysis In Dentistry: Review

ÖZ

Giriş: Fraktal kelimesi Latince'de 'kırık, parça' anlamına gelen 'fractus' sözcüğünden türemiştir. Eğriler, birbiri ile ilişkisi bulunmayan dağınık noktalar, yüzeyler ve standart geometride benzeri bulunmayan amorf yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır. Fraktal analiz (FA), görüntü boyunca desenler sergileyen karmaşık geometrik yapıların niceliksel olarak değerlendirilmesine yönelik bir yöntemdir. Bilgisayar algoritmasıyla hesaplanan fraktal boyut (FB), yapının karmaşıklığını tanımlar ve tek bir sayıyla temsil edilir. FB'nin hesaplanması amacıyla birçok yöntem kullanılmıştır. Mesafe ölçümüne bağlı FB hesabı yapılan yöntemler arasında Richardson metodu, kutu sayma metodu ve Flook tarafından geliştirilmiş olan dilatasyon metodu (piksel genişletme metodu) yer almaktadır. FB analizi için kullanılan en popüler yöntem kutu sayma yöntemidir. Genel olarak FB'un yüksek olması yapının daha karmaşık, FB'un düşük olması da yapının daha basit internal düzene sahip olduğu anlamına gelmektedir. Fraktal analizden günümüzde pek çok alanda yararlanılmaktadır. Diş hekimliğinde birçok sistemik patolojinin ve periapikal lezyonların tanısının konulması, antiepileptik, kortizon gibi kullanılan ilaçların ve diabetes mellitus, talesemi majör, osteoporöz gibi çeşitli sistemik hastalıkların çene kemikleri üzerine etkilerinin değerlendirilmesi, oral malign ve premalign lezyonların iç yapısının incelenmesi, endodontik tedavi sonrasında kemikteki iyileşmenin takibi ve implantların osseointegrasyonunun değerlendirilmesi gibi pek çok amaçla FB hesaplaması yapılmaktadır.

Sonuç: FA; non-invaziv olması, kolay uygulanabilirliği ve düşük maliyeti sebebiyle son yıllarda yaygın olarak kullanılmakta olup, etkin bir diagnostik araçtır. Bu derlemenin amacı; FBA'nın diş hekimliğinde kullanım alanlarının güncel literatürler taranarak tek bir başlık altında toplanması ve bu konuda çalışma yapmak isteyen yazarlara genel bir bilgi vermesidir.

Anahtar Kelimeler: Fraktal Analiz, Fraktal Boyut, Diş Hekimliği.

ABSTRACT

Objective: The word 'Fractal' derives from the Latin word 'fractus', meaning 'broken, piece'. Fractal describes curves, unrelated scattered points, surfaces, and amorphous structures with no analogs in standard geometry. Fractal analysis (FA) is a method for quantitatively evaluating complex geometric structures that exhibit patterns throughout the image. The fractal dimension (FD), calculated by a computer algorithm, describes the complexity of the structure and is represented by a single number. Many methods have been used to calculate FB. Methods that calculate FB based on distance measurement include the Richardson method, the box-counting method, and the dilation method (pixel expansion method) developed by Flook. The most popular method used for FB analysis is the box-counting method. In general, a higher FB means that the structure is more complex, and a lower FB means that the structure has a simpler internal order. Fractal analysis is used in many areas today. In dentistry, FD calculation is performed for many purposes, such as diagnosing many systemic pathologies and periapical lesions, evaluation of the effects of drugs such as anti-epileptics and cortisone, and various systemic diseases such as diabetes mellitus, thalassemia major and osteoporosis on the jaw bones, examining the internal structure of oral malignant and premalignant lesions, monitoring of bone healing after endodontic treatment and evaluating osseointegration.

Conclusion: FA has been widely used in recent years due to its non-invasiveness, easy applicability, low cost, and effective diagnostic tool. This review aims to gather the areas of use of FBA in dentistry under a single heading by scanning the current literature and providing general information to authors who want to work on this subject.

Key Words: Fractal Analysis, Fractal Dimension, Dentistry,

Abdulkadir Kemal BİNİCİ¹

ORCID: 0000-0002-7654-1036

Fitnat Deniz ÖZBAY ÇETİNER¹

ORCID: 0000-0002-1903-2999

¹Gazi Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi,
Periodontoloji AD.
Ankara, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 28.02.2024

Kabul tarihi / Accepted: 15.05.2024

İletişim Adresi /Corresponding Address:

Abdulkadir Kemal BİNİCİ

Gazi Üniversitesi,

Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji AD,

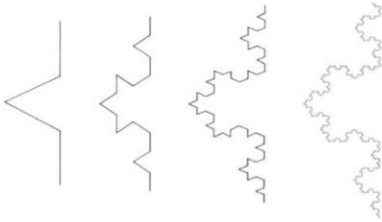
Ankara, Türkiye

E-posta/e-mail:kemalbinici07@gmail.com

1. Fraktal Analiz

'Fraktal' kelimesi Latince'de 'kırık, parça' anlamına gelen 'fractus' sözcüğünden türemiştir. Eğriler, birbiri ile ilişkisi bulunmayan dağınık noktalar, yüzeyler ve standart geometride benzeri bulunmayan amorf yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır (1).

Fraktal geometri, 1977 yılında Fransız Amerikalı matematikçi B. B. Mandelbrot tarafından ortaya atılmıştır (2). Fraktallar sıklıkla kesirli veya tamsayı olmayan bir boyuta sahiptir (3). Öklid "topolojik" boyutları açısından; noktalar sıfır boyuta, düz çizgiler 1 boyuta (uzunluğa), düzlem yüzeyler iki boyuta ve hacimler üç boyuta sahiptir. Ancak fraktallar tipik olarak topolojik boyutlarını aşan boyutsal değerleri içerir (4). Fraktallar, bir desenin (çizgi, yüzey veya hacim) farklı boyutlarda tekrarlandığı, böylece bütün bir nesnenin her bir parçasının farklı ölçeklerde benzer görüldüğü matematiksel nesnelere; bu özelliğe "kendine benzerlik" (self-similarity) denir (Şekil 1.) (5).

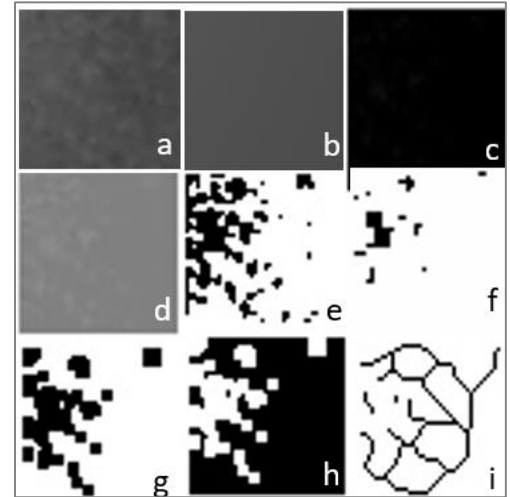


Şekil 1. Koch kar tanesi eğrisi (5).

Matematiksel fraktallar, her gözlem ölçeğinde tam bir kendine benzerlik izleyen teorik sonsuz nesnelere ve elektronik, meteoroloji ve ekonomi gibi birçok alanda matematiksel modelleme aracı olarak kullanılmaktadırlar. Bununla birlikte, bu kavram matematiksel olmayan nesnelere de genişletilebilir ve bu doğal fraktallar, sınırlı bir ölçek aralığı boyunca kendine benzer (veya çoğu durumda yarı veya istatistiksel olarak kendine benzer) tekrarlayan desenler olarak tanımlanır (6). Fraktal analiz, görüntü boyunca desenler sergileyen fraktallerin niceliksel olarak değerlendirilmesine yönelik bir yöntemdir. Bilgisayar algoritmasıyla hesaplanan fraktal boyut (FB), yapının karmaşıklığını tanımlar ve tek bir sayıyla temsil edilir (7). FB; düzensizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Ancak aynı boyutlara sahip fraktalların çok farklı görünümlere sahip olabilmeleri nedeniyle, aynı boyuttaki farklı dokulara sahip fraktalların özelliklerini tanımlamak için "lakünerlik" terimi ortaya çıkmıştır (8). Lakünerlik, doku heterojenliğinin ölçeğe bağlı bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir (9, 10). Mandelbrot; ölçümleri birim cinsinden ifade edilemeyen cisimlerin sahip olduğu düzensizlik derecesini ölçerek, ölçek değiştiğinde bu

düzensizlik derecesinin (fraktal boyut, FB) sabit kaldığını belirtmiştir(8). Bu şekilde doğal dünyadaki morfolojinin tanımlanmasına ve ölçülmesine büyük bir katkı yapmıştır (11). Genel olarak FB'un yüksek olması yapının daha karmaşık, FB'un düşük olması da yapının daha basit internal düzene sahip olduğu anlamına gelmektedir (12).

FA; FB'yi hesaplayarak trabeküler kemik dokusundaki değişiklikleri ölçen, kolay uygulanan, ucuz ve güvenilir bir tekniktir (13, 14). Bu analiz karmaşık yapıların sayısallaştırılmasına yardımcı olabilecek matematiksel bir tekniktir (15). FB'nin hesaplanması amacıyla birçok yöntem kullanılmıştır. Mesafe ölçümüne bağlı FB hesabı yapılan yöntemler arasında *Richardson metodu*, kutu sayma metodu ve Flook tarafından geliştirilmiş olan dilatasyon metodu (piksel genişletme metodu) yer almaktadır (12). FB analizi için kullanılan en popüler yöntem kutu sayma yöntemidir (2). Kutu sayma yöntemi, biyolojik veri analizi için FB analiz tekniğini kullanır. Bu teknik, bir cismin sınırlarını kapsayan kutuların ve bu kutuların boyutlarının logaritmalarının karşılaştırmalı bir grafiğini çizer. Grafiğin negatif eğimli düz bölümü, FB analiz sonucunu belirtir. Gri tonlama bir görüntüye bu yöntem uygulandığında, görüntü ikili formata dönüştürülür ve FB analizi için iskeletleştirilir (16)(Şekil 2.).



Şekil 2. Fraktal analiz basamakları, a) Duplike ROI görüntüsü, b) Gaussian Blur filtresi uygulanması, c) Duplike ROI görüntüsünden bulanıklaştırılan görüntünün çıkartılması, d) 128 gri tonu ekleme, e) Siyah-beyaz görüntüye çevirme, f) Erode işlemi, g) Dilate işlemi, h) Renkleri tersine çevirme, i) İskeletleştirme.

Kemik kalitesi, trabeküler devamlılık, kemik geometrisi, kemikte oluşmuş olan mikrohasarlar, kemik dokunun mimarisi, mineralizasyon miktarı ve kusurları gibi birçok faktöre bağlıdır. Kemik yapının analizinde geçmiş yıllarda sıklıkla kemik mineral

yoğunluğu ölçümü kullanılmaktaydı (17). Bilgisayarlı tomografinin yaygınlaşmasıyla beraber “kemik dansite” ya da “*Hounsfield Unit*” (HU) ölçümleri de kullanıldı. Ancak güncel çalışmalar kemik kalitesinin incelenmesinde sadece dansite ölçümlerinin yeterli olmadığını, trabeküler yapının değerlendirilmesini de gerektiğini ortaya koymaktadır (18, 19).

Trabeküler kemik; self similarity ve dallanmış yapısı nedeniyle “fraktal” karakteristik göstermektedir. Böylelikle fraktal geometrik uygulamalar ve fraktal boyut analizi (FBA) trabeküler kemiğin kompleks yapısını tanımlamak için kullanılabilir (20).

Fraktal analiz ve mandibular indeksler, mevcut panoramik görüntülerde ölçülebilen parametrelerdir (21). Radyograflar üzerinden tespit edilen FB'nin trabeküler kemik yoğunluğundaki değişimleri ve kemikteki mineral kaybını yansıttığı belirtilmektedir. Literatürdeki araştırmalarda, trabeküler kemik mimarisi ve FB arasında korelasyon olduğu gösterilmiştir (22).

2. Fraktal Analizin Diş Hekimliğinde Kullanım Alanları

Fraktal analizden günümüzde pek çok alanda yararlanılmaktadır. Tıp alanında hastalığın teşhisi ya da mevcut hastalığın şiddeti hakkında bilgi vermektedir. Radyograflar üzerinden tespit edilen FB'nin trabeküler kemik yoğunluğundaki değişimleri yansıttığı belirtilmektedir (23, 24). Diş hekimliğinde birçok sistemik patolojinin, periapikal lezyonların tanısının konulması ve osseointegrasyonun değerlendirilmesi amacıyla radyograflar üzerinde FB hesaplaması yapılmaktadır (25, 26).

2.1. Sistemik Hastalıkların ve İlaç Kullanımının Kemik Metabolizmasına Etkisinin FA Yöntemiyle Değerlendirilmesi

Diabetes Mellitus (DM), dünya çapında 415 milyondan fazla kişiyi etkileyen kronik bir metabolik hastalıktır ve bu sayının 2040 yılına kadar iki katına çıkması beklenmektedir. Retinopati ve nefropati gibi mikrovasküler bozukluklar, DM'nin iyi bilinen başlıca komplikasyonlarıdır. Yakın zamana kadar kemik, diyabetle ilişkili komplikasyonlar açısından hedef organ olarak görülüyordu. Ancak geçtiğimiz on yılda, her iki tip DM'de de yüksek kırık riskini destekleyen güçlü kanıtlar bulunmuştur ve diyabet hastalarında görülen kırıkların sonuçları, iyileşmede görülen güçlükler sebebiyle, diyabetik olmayanlara göre daha yıkıcı olabilmektedir (27, 28). Çakmak ve ark. tip 1 ve tip 2 *diabetes mellitusun* çene kemikleri üzerine etkilerini FBA ile değerlendirmiştir. Çalışma sonucunda trabeküler kemiğin FB ölçümlerinin DM hastaları-kontrol grupları ve tip1-tip 2 DM hastaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark gösterdiğini bildirmişlerdir (29). Talasemi majör (TM),

bir veya daha fazla hemoglobin zinciri alt biriminin yokluğu veya eksik sentezinden kaynaklanan genetik bir hastalıktır. Bu hastalarda kemik mineral yoğunluğu azalabilmektedir ve kemik döngüsünde emilim kapasitesinde artış olabilmektedir. Bayrak ve ark. 59 TM hastası ve 59 sağlıklı kontrol grubunda dört farklı bölgenin FB'sini değerlendirmişlerdir. Mandibula açısının üzerindeki suprakortikal alanda, mental foramen anteriorunda ölçülen FB ortalaması ve dört farklı bölgenin ortalama FB'si TM hastalarında kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha düşük kaydedilmiştir (30).

Osteoporoz, dünya çapında önemli ve giderek büyüyen bir sağlık sorunudur. Düşük kemik kütlesi ve kemiğin mikromimari yapısının bozulması sonucu kırık riskinin artmasıyla karakterize sistemik bir iskelet hastalığıdır (31). Franciotti ve ark. osteoporozun çene kemikleri üzerine etkisini FA ile değerlendiren çalışmalar ile ilgili meta-analiz yayınlamışlardır. Çalışmalardan elde ettikleri verilere göre, yayınlanan çalışmaların ortalama metodolojik kalitesinin düşük olduğunu ve FB'nin uygulanabilirliğinin çok dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir (32).

Kronik böbrek hastalığı (KBH), dünya çapında genel nüfusun %10'undan fazlasını etkileyen ilerleyici bir durumdur (33). Böbrek yapısı veya işlevinde üç aydan uzun süre ortaya çıkan ve sağlık açısından olumsuz etkileri olan anormallikler olarak tanımlanır. Böbrek nakli (BN), KBH'li hastalar için altın standart replasman tedavisidir. Ancak mevcut başarısına rağmen, hastalık sırasında meydana gelen metabolik kemik değişiklikleri kalıcıdır ve nakledilen organın reddedilmesini önlemek için vazgeçilmez olan immünsüpresif tedavilerle daha da kötüleşebilmektedir (34). Brat ve ark. 2022 yılında yaptıkları çalışmada; 17 sağlıklı bireyin 54 periapikal, 12 BN bireyinin 40 periapikal ve 48 KBH bireyinin 156 periapikal radyografisini diş çekiminden sonraki yedi ve 60. günlerde incelemişlerdir. Yedinci ve 60. günlerde yapılan diş çekimleri sonrasında ölçülen FB, kontrol grubu ve KBH olan kişilerle karşılaştırıldığında BN bireylerinde anlamlı derecede daha düşük olduğunu saptamışlardır (35). Antiepileptik ilaçlar (AEİ'ler) epilepsi tedavisinde tıbbi tedavinin temelini oluşturmaktadır. Ayrıca nörolojik bozukluklarda (örn. nöropatik ağrı, esansiyel tremor ve migren profilaksisi) ve demanstaki davranış bozukluklarında ve anksiyete, bipolar bozukluk, şizofreni gibi psikiyatrik bozukluklarda da kullanılırlar (36). Önceki araştırmalar, AEİ kullanımı ile kalsiyum, fosfat ve D vitamini düzeylerinin azalması ve kandaki paratiroid hormonu düzeylerinin artması arasında olası bir ilişki olduğunu ve geleneksel (fenobarbital, karbamazepin, valproat vb.) ve yeni nesil (okskarbazepin,

gabapentin) AEİ ile tedavi gören hastalarda kemik mineral yoğunluğunda (KMY) azalmalar olduğunu ortaya koymuştur (37).

Temur ve ark. 497 kişi ile yaptıkları çalışmada AEİ kullanımının çene kemikleri üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Çalışma grubu sadece bir AEİ alan ve kemik metabolizmasını etkileyen başka ilaç kullanmayan hastalardan oluşurken, kontrol grubu ise kemiği etkileyen herhangi bir ilaç kullanmayan sağlıklı bireylerden oluşmuştur. Araştırma sonuçlarına göre çalışma grubunda hesaplanan FD değerleri ile kontrol grubu değerleri karşılaştırıldığında AEİ'lerin kemikte önemli değişikliklere neden olduğunu ve kullanılan farklı nesil ilaçların etkilerinin trabeküler kemikte belirgin olarak izlendiğini saptamışlardır. Bununla birlikte en az bir yıl süreyle AEİ kullanımının kısa süreli kullanıma göre mandibulayı daha fazla etkilediğini belirtmişlerdir (38). Maksilla ve mandibulada görülen ilaca bağlı osteonekroz (MRONJ), antirezorptif ve antianjiyogenik ajanların yan etkileri olan bir grup hastalık için kullanılan ortak terimdir. Bu nedenle MRONJ hastalarının erken evrede tanımlanması önemlidir. Tanı için en sık üç boyutlu radyografik görüntüleme önerilmektedir. MRONJ'un tipik radyografik belirtileri arasında çene kemiklerinin osteoskleroza, osteoliz, kalınlaşmış lamina dura, subperiosteal kemik birikimi ve kemik remodalizasyonun olmadığı diş çekimi sonrası kalıcı alveoler soket yer almaktadır (39).

Bachtler ve ark. 77 MRONJ hastasının KIBT görüntüleri üzerinde yaptıkları çalışmada hastaların kemik yapılarının kontrol grubuyla karşılaştırıldığında daha az karmaşık hale gelmesini beklediklerini belirtmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; kontrol grubuyla karşılaştırıldığında çalışma grubunda FB'de oldukça anlamlı bir azalma olduğunu ve sonucun hipotezleri ile uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre FB'nin potansiyel olarak hastalıklı bireyleri erken dönemde teşhis etmede sayısal bir ölçüt olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir (40). Kortikosteroidlerin (KS) belirli tedavi dozlarında immünsupresif ve antiinflamatuvar etkileri vardır. KS kullanımı sırasında kemik metabolizması üzerine birçok yan etkiyle karşılaşmaktadır. Osteoporoz sık görülen bir yan etkidir, avasküler nekroz ise daha az olasıdır (41, 42). Belgin ve ark. 60 hastanın panoramik radyografları ile yürüttükleri çalışmada intravenöz KS kullanımının çene kemikleri üzerine etkisini FA ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre KS grubunda kondil, mandibula açısı ve mental foramen bölgesindeki FB değerlerinin anlamlı derecede düşük olduğunu bulmuşlardır ve FB değerlerinin, intravenöz kortikosteroid alan hastalardaki kemik değişikliklerinin niceliksel ve objektif olarak değerlendirilmesinde yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir (43).

2.2. Fraktal Analiz Yönteminin Ağız, Diş ve Çene Cerrahisi Alanında Kullanımı

Heo ve ark. yaptıkları çalışmada ortognatik cerrahi operasyon bölgelerindeki radyografik değişiklikleri değerlendirmek için FA kullanmışlar ve FB'nin operasyondan hemen sonra azaldığını ve daha sonra kademeli olarak arttığını gözlemlemişlerdir. 12 ay sonra (mandibular iyileşme ve kemiğin yeniden şekillenmesine eşdeğer) FB'nin ameliyat öncesi değerlere benzer olduğunu ve kemik iyileşme sürecini değerlendirmek için FBA'nın kullanılabilmesi sonucuna varmışlardır (44).

Southard ve ark. FB ile alveol kemiğinin yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki olduğunu ve kemik yoğunluğu arttıkça FB'nin de arttığını belirtmişlerdir (45). Nair ve ark. konvansiyonel radyografide fraktal analizler kullanarak tavşan mandibulalarındaki oluşturulan defektlerde kemik iyileşmesini değerlendirmişlerdir. İyileşme sürecinde FB'nin arttığını bildirmişlerdir (46).

2.3. Fraktal Analiz Yönteminin Periodontoloji Alanında Kullanımı

Periodontal hastalık diş kaybının en önemli nedenlerinden biridir ve birçok sistemik hastalıkta değiştirici bir faktör olarak düşünülebilir (47). Alveoler kemik değişiklikleri periodontal hastalıkların başlangıcını ve ilerlemesini göstermektedir. Bu nedenle alveolar kemik yapısındaki değişikliklerin değerlendirilmesi; periodontal hastalıkların önlenmesinde, tedavi planlamasında ve prognozunda vazgeçilmez adımdır. Soltani ve ark. 2021 yılında periodontitisli hastaların periapikal radyografileri üzerinden FBA ile trabeküler kemiği değerlendirmiştir. Orta ve şiddetli periodontitis ile sağlıklı periodontal kemik arasında FB değerlerinin anlamlı derecede farklı olduğunu belirtmişlerdir ve FBA'nın orta ve şiddetli periodontitiste kemik değişikliklerini değerlendirmek için yararlı bir araç olduğunu, bununla birlikte periodontitisin başlangıç radyografik kemik belirtilerini tespit edemediğini bildirmişlerdir (48). Mishra ve ark. periodontitisli hastalarda FBA kullanarak kansellöz değişiklikleri değerlendirmişlerdir ve FB ile periodontitisin artan evresi arasında negatif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (49). Gingivitis ve periodontitisli hastaların periapikal radyografilerinden FB değerlerini karşılaştıran Shroot ve ark. periodontitis grubunun anlamlı derecede daha düşük bir ortalama FB değerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bu durum periodontal sağlığın fraktal indeks ile pozitif korelasyon gösterdiğini ve periodontal sağlık kötüleştiğinde fraktal indeksin azaldığını göstermektedir (50).

2.4. Fraktal Analiz Yönteminin İmplantoloji Alanında Kullanımı

Primer implant stabilitesi, osseointegre implantlar için başarılı uzun vadeli tedavi sonuçlarının olmazsa olmaz koşuludur (51). Başarılı implant prosedürü, klinisyenin primer implant stabilitesinin derecesini ve kemik değişikliklerini değerlendirme yeteneğine bağlıdır (52). İmplantın stabilitesi ise kemiğin kalitesine ve miktarına, cerrahi tekniğe ve implant özelliklerine bağlıdır (53, 54). Zayıf kemik kalitesi ve miktarının, implantların uzun vadeli başarısızlık oranı üzerinde büyük etkisi vardır; ancak başlangıçtaki implant stabilitesi ile kemik kalitesi arasındaki ilişki belirsizliğini korumaktadır (55).

Kemik kalitesini analiz etmek için iki noninvaziv klinik yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan ilki preoperatif bir yöntem olarak fraktal boyut analizi, ikincisi ise postoperatif bir yöntem olan implant stabilite katsayısıdır (ISQ) (11). Sansare ve ark. 33 hastanın panoramik radyografilerinde implant yerleştirmeden önce ve sonra fraktal boyuttaki değişiklikleri araştırmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, ortalama FB değerinde anlamlı bir artış görülmüştür. Bu durumun implantasyon sonrası peri-implant bölgelerde kemik mikroyapısındaki artıştan kaynaklanabileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir (56). Abdulhameed ve ark. 22 implant tedavisi uygulanan hasta ile yaptıkları çalışmada, implantasyon sonrası implant stabilitesi ile peri-implant bölgedeki kemiğin FB ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre düşük FB değerlerine sahip implantların stabilitede bir azalmaya işaret edebileceği sonucuna varmışlardır. Bu nedenle fraktal analizin trabeküler kemikteki değişiklikleri değerlendirmede ekonomik ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olarak umut vaat ettiğini bildirmişlerdir (57). Hadzik ve ark. farklı lazer kaynaklı periyodik yüzey yapıları (LİPS) bazlı diş implantı deney yüzeylerinin örneklerini taramalı elektron mikroskobu görüntülerine dayanarak fraktal boyut analizi ve doku analizi ile değerlendirmişlerdir ve sonuçları standart yüzey pürüzlülüğü değerlendirmesiyle karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre doku ve fraktal boyut analizlerinin karmaşık geometriye sahip diş implantlarının değerlendirilmesinde umut verici yöntemler olduklarını bildirmişlerdir. Ayrıca yeni bir implant yüzeyinin fiziksel düzeyde değerlendirilmesinde uygulandığında hücre davranışının öngörülmesinin sağlanabileceğini ortaya koymuşlardır (58). Alcaraz ve ark. 2023 yılında yaptıkları çalışmada yavaş ve standart şekilde yapılan implant yuvası hazırlama yöntemi ile yerleştirilen implantların çevresindeki kemiği panoramik radyograflar üzerinden FBA ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda iki grup arasında anlamlı bir fark bulunmadığının, delme tipinin kemiğin kalitesini veya osseointegrasyon sürecini etkilemediğini gösterdiği sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte FB'nin kemik trabeküllerinde görülen önemli değişiklikleri

değerlendirmek için iyi bir gösterge olduğunu, böylece klinisyene osseointegrasyon sürecinde üretilen değişiklikleri değerlendirmede değerli bir destek sunabileceğini belirtmişlerdir (59).

Jing Mu ve ark. yaptıkları çalışma sonucunda fonksiyonel yüklemekten sonra implantların etrafındaki artan fraktal boyutun, çevredeki kemiğin adaptif yeniden şekillenme tepkisini gösterdiği ve FBA'nın, klinikte peri-implant alveolar trabeküler kemik modellerindeki değişiklikleri tespit etmede yardımcı olabileceği sonucuna varmışlardır (60).

Son yıllarda implant diş hekimliğinin en önemli odak noktalarından biri; öngörülebilir, uzun vadeli estetik ve sağlıklı sonuçlara daha iyi ulaşmak için marjinal kemik kaybı (MBL) modellerinin incelenmesi olmuştur (61, 62). MBL, peri-implant sağlığının önemli bir göstergesini temsil eder ve peri-implant kemik kaybı cep oluşumuna neden olabileceğinden, seviyesinin ölçümü, hayatta kalma kalitesinin değerlendirilmesinde belirleyici bir faktör olarak kabul edilmektedir (63). Peri-implantitis, peri-implant dokuda inflamasyon ve ilerleyici kemik kaybı ile karakterizedir. Peri-implantitisin tanısı, prognozu ve tedavisi, klinik ve radyografik verilerin doğru bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır (61, 62). Yeon ve ark. 20 peri-implantitis hastası ile yaptıkları çalışmada peri-implant kemik dokusunu cerrahi tedavi öncesi ve sonrasında FBA ile değerlendirmişlerdir. Tedavisi başarılı olan hastalarda FB'de artış izlenirken, tedavisi başarısız olan hastalarda ölçülen FB'nin düştüğünü ortaya koymuştur (64). Lang ve ark. 104 hasta ile yaptıkları çalışma ile implant etrafında sağlıklı mukoza bulunan hastaların ve peri-implantitis hastalarının implant çevresini sondalamada kanama, klinik ataçman boyutu, cep derinliği ve FBA ile değerlendirmişlerdir. Yaptıkları istatistiksel değerlendirme sonuçlarında gruplar arasında anlamlı farklılık göstermeyen tek parametrenin FB olduğunu, diğer parametrelerin ise gruplar arasında anlamlı fark gösterdiğini bildirmişlerdir. Çalışma sonucunda periapikal radyografiden hesaplanan peri-implant kemiğin FB'si, sağlıklı ve hastalıklı implantlar arasında ayırım yapmak için geçerli bir yöntem gibi görünmediğini belirtmişlerdir (62).

2.5. Fraktal Analiz Yönteminin Endodonti Alanında Kullanımı

Periradiküler bölgedeki kemik yoğunluğu değişikliklerinin değerlendirilmesi, endodontik tedavi etkinliğinin değerlendirilmesinde önemli bir adım olmaya devam etmektedir ve değişikliklerin erken tespiti, ileri tedavi planlamasına yardımcı olmaktadır. Geleneksel radyografik yorumlamayla ilgili ve yüksek hata oranlarına yol açan problemler arasında şunlar yer alır: radyografilerin farklı kalitesi ve çekim

geometrisi, görüntülerde oluşan gürültü, değerlendirmenin öznel doğası ve duyarlılıktan daha yüksek özgüllük (65). Sonuç olarak, periradükler dokuların değerlendirilmesinde geleneksel radyografik görüntülemeye göre daha güvenilir ve hassas yöntemler aranmaktadır (66). Chen ve ark. 27 hasta ile yaptıkları çalışmada 25'inde kök kanal tedavisi sonrasında FB'de artış görüldüğünü ve kanal tedavisinden üç ay sonra FBA'da değişiklikler fark edildiğini bildirirken (67), Yu ve ark. reaktif kemik bölgelerinde FD'de azalma gözlemlediklerini belirtmişlerdir (68). Başka bir çalışma, daha düşük bir FB'nin daha fazla boşluk ve daha fazla kemik gözenekliliğini yansıttığını, daha yüksek bir FB'nin ise kemiğin daha az boşlukla daha yoğun ve daha karmaşık olduğunu gösterdiğini kaydetmişlerdir (69). Endodontik çalışmalar, apikal lezyonlu dişlerde kök kanal tedavisinden sonra FB değerlerinin arttığını ve daha fazla klinik iyileşme olduğunu bildirmiştir (69, 70). Buna karşılık başka bir çalışmada pulpası enfekte veya nekrotik olan dişlerde endodontik tedavi sonrası periapikal radyografilerde apikal FB'de azalma ve kemik yoğunluğunun azaldığı gösterilmiştir (67). Tosun ve ark. yaptıkları çalışmada kanal yenileme öncesinde ve kanal yeniledikten bir yıl sonra elde edilen periapikal radyografları FBA ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda tedavi öncesinde alınan ve tedaviden sonra elde edilen radyografiler arasında iyileşen vakalarda FB değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu ve bununla birlikte iyileşmeyen olgularda ise FB'de anlamlı azalma gördüklerini bildirmişlerdir (71).

Baksı ve ark. çekilmiş dişler üzerinde yaptıkları çalışmada farklı büyütmelerdeki elektron mikroskopu görüntülerini kullanarak, smear tabakasının varlığında veya yokluğunda dentinin fraktal boyutunu (FD) ve lakünerliğini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda lakünerliğin, mikroskop görüntülerinin büyütülmesinden bağımsız olarak smear tabakasının varlığının veya yokluğunun belirlenmesinde potansiyel bir araç olarak hizmet edebileceğini bildirmişlerdir. FB'nin ise büyütmeden etkilendiğini ve mikroskop görüntülerinde smear tabakasının varlığını veya yokluğunu ayırt edemediğini kaydetmişlerdir (10).

2.6. Oral Malign ve Premalign Lezyonların Fraktal Analiz Yöntemiyle İncelenmesi

Archana ve ark. yaptıkları çalışmada oral malignite tanısı almış ve mandibula ve maksillada kemik erozyonu görülen 10 hastanın panoramik radyograflarını FBA ile incelemiştir. Çalışma sonuçlarında etkilenmiş bölgelerin sağlıklı bölgelere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha düşük FB'ye sahip olduklarını bulmuşlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre FB analizinin oral malignitelerde kemik invazyonu durumlarında kullanılabilecek yenilikçi bir yöntem olduğu belirtmişlerdir. Bununla birlikte kemik invazyonunun

boyutunu belirlemede ve oral malignitelerde cerrahi rezeksiyon sınırlarının belirlenmesinde de yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir (2). Salwaji ve ark. yaptıkları çalışmada 15 oral skuamoz hücreli karsinom (OSKK) hastasından alınan biyopsileri incelemiştir. Doku örneklerinin yarısını transmisyon elektron mikroskobu için, geri kalan yarısını ise sınıflandırma amacıyla H&E boyama için kullanmışlardır. Sonuçlar normal mukoza ile karşılaştırıldığında OSKK'nın ortalama nükleer FB değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış olduğunu göstermiştir. Bu durumun FBA'nın kanser tanısında yeni ve ilginç bir araç olabileceğini ortaya koymuşlardır (72). Sánchez ve ark. oral lökoplaki hastalarından alınan biyopsilerin görüntüleri üzerinde FBA ile yaptıkları çalışmada displazi olmayan/yüksek dereceli ve düşük dereceli/ yüksek dereceli gruplar arasında anlamlı farklar gözlemlendiğini saptamışlardır (73). Oral lökoplaki tanısı almış 121 bireyin ağız içi görüntülerinin incelendiği farklı bir çalışmada lökoplakinin morfolojisinin FB analizi ile etkili bir şekilde belirlenebileceği ve bu nedenle FBA'nın malign dönüşümün erken tespiti için noninvaziv, uygun maliyetli bir tanı aracı olarak kullanılabileceğini kaydetmişlerdir (74). Pandey ve ark. ise yaptıkları çalışmada FA'nın çeşitli premalign lezyonlar ve durumlar için etkili ve invaziv olmayan bir tanı ve prognostik araç olabileceğini belirtmişlerdir (75).

SONUÇ

FA; etkili ve non-invaziv diagnostik ve prognostik bir araç olarak hem tıpta hem de diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Kemik metabolizmasının değerlendirilmesinde kıymetli bir yöntemdir. Premalign lezyonların mimarisini incelemede, implantların yerleştirilmesinden sonra stabilizasyonun değerlendirilmesinde, kök kanal tedavisi sonrası apikal lezyonların iyileşme takibinde gibi pek çok alanda fraktal analiz kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde yapay zekâ tekniği ile birleştirildiğinde FA'nın doğruluk ve uygulanabilirliği artabileceği göz önünde bulundurularak bu konuda yapılacak çalışmalar artırılmalıdır.

1. Sanchez I, Uzcategui G. Fractals in dentistry. *J Dent.* 2011;39(4):273-92.
2. Archana M, Jayachandran S. Diagnostic application of fractal dimension analysis of bone invasion in oral malignancy-A preliminary retrospective study. *Annals of the Ann Natl Acad Med Sci.* 2020;56(01):42-5.
3. Landini G. Fractals in microscopy. *J Microsc.* 2011;241(1):1-8.
4. Mancardi D, Varetto G, Bucci E, Maniero F, Guiot C. Fractal parameters and vascular networks: facts & artifacts. *Theor Biol Med Model.* 2008;5:12.
5. Krzysztofik WJ. Fractal Geometry in Electromagnetics Applications—from Antenna to Metamaterials. *Microwave Review.* 2013;19(2).
6. Dohan Ehrenfest DM. Fractal patterns applied to implant surface: definitions and perspectives. *J Oral Implantol.* 2011;37(5):506-9.
7. Ruttimann UE, Webber RL, Hazelrig JB. Fractal dimension from radiographs of peridental alveolar bone. A possible diagnostic indicator of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992;74(1):98-110.
8. Degiorgio V. Mandelbrot, BB The Fractal Geometry Of Nature. 1984;78(119):27.
9. Plotnick RE, Gardner RH, O'Neill RV. Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape Ecology.* 1993;8:201-11.
10. Baksı BG, Şen BH. Fractal Dimension and Lacunarity Analyses of Root Canal Dentin with or without Smear Layer. *Meandros Med Dent J.* 2023;24(2).
11. Hayek E, Aoun G, Bassit R, Nasseh I. Correlating radiographic fractal analysis at implant recipient sites with primary implant stability: an in vivo preliminary study. *Cureus.* 2020;12(1): e6539.
12. Güleç M, Taşşöker M, Şener S. Tıpta ve Diş Hekimliğinde Fraktal Analiz. *EÜ Dişhek Fak Derg.* 2019;40(1):17-31.
13. Small RE. Uses and limitations of bone mineral density measurements in the management of osteoporosis. *Med Gen Med.* 2005;7(2):3.
14. Savic Pavicin I, Dumancic J, Jukic T, Badel T, Badanjak A. Digital orthopantomograms in osteoporosis detection: mandibular density and mandibular radiographic indices as skeletal BMD predictors. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(7):20130366.
15. Apolinario AC, Sindeaux R, de Souza Figueiredo PT, Guimaraes AT, Acevedo AC, Castro LC, et al. Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(4):20150400.
16. Haidekker MA, Andresen R, Evertsz CJ, Banzer D, Peitgen HO. Assessing the degree of osteoporosis in the axial skeleton using the dependence of the fractal dimension on the grey level threshold. *Br J Radiol.* 1997;70(834):586-93.
17. Cakur B, Sahin A, Dagistan S, Altun O, Caglayan F, Miloglu O, et al. Dental panoramic radiography in the diagnosis of osteoporosis. *J Int Med Res.* 2008;36(4):792-9.
18. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Aartman IH, Wismeijer D. Accuracy of trabecular bone microstructural measurement at planned dental implant sites using cone-beam CT datasets. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25(8):941-5.
19. Gümüşsoy İ. Panoramik Radyografilerde Fraktal Analiz Metodunun Uygulanması ve Değişik Röntgen Cihazlarının Fraktal Boyut Değerine Etkisi. *Sakarya Tıp Dergisi.* 2019;9(3):492-8.
20. Furuncuoğlu ÖÜF, Gümüşsoy İ. Endodontik tedavi sonrası periapikal reaktif kemiğin fraktal boyut analizi ile değerlendirilmesi. *7tepe Klinik Dergisi.* 2022;18(2):4-9.
21. Gumussoy I, Miloglu O, Cankaya E, Bayrakdar IS. Fractal properties of the trabecular pattern of the mandible in chronic renal failure. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(5):20150389.
22. Oliveira ML, Pedrosa EFNC, Cruz AD, Haiter-Neto F, Paula FJA, Watanabe PCA. Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clin Oral Investig.* 2013;17:1847-53.
23. Demirbas AK, Ergun S, Guneri P, Aktener BO, Boyacioglu H. Mandibular bone changes in sickle cell anemia: fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106(1):e41-8.

24. Bollen AM, Taguchi A, Hujuel PP, Hollender LG. Fractal dimension on dental radiographs. *Dentomaxillofac Radiol.* 2001;30(5):270-5.
25. Zheng K, Makrogiannis S, editors. Bone texture characterization for osteoporosis diagnosis using digital radiography. 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC); 2016: IEEE.
26. Onem E, Baksi BG, Sogur E. Changes in the fractal dimension, feret diameter, and lacunarity of mandibular alveolar bone during initial healing of dental implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2012;27(5):1009-13.
27. Bonds DE, Larson JC, Schwartz AV, Strotmeyer ES, Robbins J, Rodriguez BL, et al. Risk of fracture in women with type 2 diabetes: the Women's Health Initiative Observational Study. *J Clin Endocrinol Metab.* 2006;91(9):3404-10.
28. Rubin MR. Skeletal fragility in diabetes. *Ann N Y Acad Sci.* 2017;1402(1):18-30.
29. Kursun-Cakmak ES, Bayrak S. Comparison of fractal dimension analysis and panoramic-based radiomorphometric indices in the assessment of mandibular bone changes in patients with type 1 and type 2 diabetes mellitus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2018;126(2):184-91.
30. Bayrak S, Goller Bulut D, Orhan K, Sinanoglu EA, Kursun Cakmak ES, Misirli M, et al. Evaluation of osseous changes in dental panoramic radiography of thalassemia patients using mandibular indexes and fractal size analysis. *Oral Radiol.* 2020;36(1):18-24.
31. WA P. Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis. *Am J Med.* 1993;94(6):646-50.
32. Franciotti R, Moharrami M, Quaranta A, Bizzoca ME, Piattelli A, Aprile G, et al. Use of fractal analysis in dental images for osteoporosis detection: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int.* 2021;32(6):1041-52.
33. Kovesdy CP. Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022. *Kidney Int Suppl (2011).* 2022;12(1):7-11.
34. Keronen S, Martola L, Finne P, Burton IS, Kroger H, Honkanen E. Changes in Bone Histomorphometry after Kidney Transplantation. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2019;14(6):894-903.
35. Lins PJB, Zambrana JRM, Costa C, Caliento R, Andrade NS, Gallottini M. Fractal Dimension and Pixel Intensity in the Alveolar Bone Healing after Tooth Extractions in Individuals with Kidney Diseases. 2023;1:1-13.
36. Lee R, Lyles K, Sloane R, Colon-Emeric C. The association of newer anticonvulsant medications and bone mineral density. *Endocr Pract.* 2012:1-22.
37. Sato Y, Kondo I, Ishida S, Motooka H, Takayama K, Tomita Y, et al. Decreased bone mass and increased bone turnover with valproate therapy in adults with epilepsy [RETRACTED]. *Neurology.* 2001;57(3):445-9.
38. Temur KT, Magat G, Ozcan S. A retrospective comparative fractal and radiomorphometric analysis of the effect of 3 generations of anti-epileptic drugs on the mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2023;136(2):255-62.
39. Arce K, Assael LA, Weissman JL, Markiewicz MR. Imaging findings in bisphosphonate-related osteonecrosis of jaws. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67(5 Suppl):75-84.
40. Bachtler R, Walter C, Schulze RK. Fractal dimension in CBCT images as predictor for MRONJ: a retrospective cohort study. *Clin Oral Inves.* 2021;25:2113-8.
41. Fardet L, Kassar A, Cabane J, Flahault A. Corticosteroid-induced adverse events in adults: frequency, screening and prevention. *Drug Saf.* 2007;30(10):861-81.
42. LoCascio V, Bonucci E, Imbimbo B, Ballanti P, Adami S, Milani S, et al. Bone loss in response to long-term glucocorticoid therapy. *Bone Miner.* 1990;8(1):39-51.
43. Belgin CA, Serindere G. Fractal and radiomorphometric analysis of mandibular bone changes in patients undergoing intravenous corticosteroid therapy. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology.* 2020;130(1):110-5.
44. Heo MS, Park KS, Lee SS, Choi SC, Koak JY, Heo SJ, et al. Fractal analysis of mandibular bony healing after orthognathic surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94(6):763-7.

- 45.** Southard TE, Southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA. Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1996;82(5):569-76.
- 46.** Nair MK, Seyedain A, Webber RL, Nair UP, Piesco NP, Agarwal S, et al. Fractal analyses of osseous healing using tuned aperture computed tomography images. *Eur Radiol.* 2001;11(8):1510-5.
- 47.** Larvin H, Kang J, Aggarwal VR, Pavitt S, Wu J. Risk of incident cardiovascular disease in people with periodontal disease: A systematic review and meta-analysis. *Clin Exp Dent Res.* 2021;7(1):109-22.
- 48.** Soltani P, Sami S, Yaghini J, Golkar E, Riccitiello F, Spagnuolo G. Application of Fractal Analysis in Detecting Trabecular Bone Changes in Periapical Radiograph of Patients with Periodontitis. *Int J Dent.* 2021;2021:3221448.
- 49.** Mishra S, Kumar M, Mishra L, Panda S, Panda S, Lewkowicz N, et al. Estimation of Cancellous Changes Using Fractal Analysis in Patients with Periodontitis. *Biomedicines.* 2023;11(9):2547.
- 50.** Shrouf MK, Roberson B, Potter BJ, Mailhot JM, Hildebolt CF. A comparison of 2 patient populations using fractal analysis. *J Periodontol.* 1998;69(1):9-13.
- 51.** Lioubavina-Hack N, Lang NP, Karring T. Significance of primary stability for osseointegration of dental implants. *Clin Oral Implants Res.* 2006;17(3):244-50.
- 52.** Sennerby L, Meredith N. Implant stability measurements using resonance frequency analysis: biological and biomechanical aspects and clinical implications. *Periodontol.* 2008;47(1):51-66.
- 53.** Karl M, Grobecker-Karl T. Effect of bone quality, implant design, and surgical technique on primary implant stability. *Quintessence Int.* 2018;49(3):189-98.
- 54.** Song YY, Cha JY, Hwang CJ. Mechanical characteristics of various orthodontic mini-screws in relation to artificial cortical bone thickness. *Angle Orthodontist.* 2007;77(6):979-85.
- 55.** Herrmann I, Lekholm U, Holm S, Kultje C. Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2005;20(2):220-30.
- 56.** Sansare K, Singh D, Karjodkar F. Changes in the fractal dimension on pre- and post-implant panoramic radiographs. *Oral Radiology.* 2012;28(1):15-23.
- 57.** Abdulhameed EA, Al-Rawi NH, Uthman AT, Samsudin AR. Bone Texture Fractal Dimension Analysis of Ultrasound-Treated Bone around Implant Site: A Double-Blind Clinical Trial. *Int J Dent.* 2018;2018:2672659.
- 58.** Hadzik J, Kubasiewicz-Ross P, Simka W, Gebarowski T, Barg E, Ciesla-Niechwiadowicz A, et al. Fractal Dimension and Texture Analysis in the Assessment of Experimental Laser-Induced Periodic Surface Structures (LIPSS) Dental Implant Surface-In Vitro Study Preliminary Report. *Materials (Basel).* 2022;15(8):2713.
- 59.** Soler-Alcaraz S, Guerrero-Sánchez Y, Pérez-Sayáns M, Bernabeu-Mira JC, Peñarrocha-Oltra D, Camacho-Alonso F. Evaluation of Change in Radiographic Fractal Dimension around Dental Implants Placed with Low-Speed Drilling and Standard Drilling Protocols. *J Clin Med.* 2023;12(6):2244.
- 60.** Mu T-J, Lee D-W, Park K-H, Moon I-S. Changes in the fractal dimension of peri-implant trabecular bone after loading: a retrospective study. *J J Periodontal Implant Sci.* 2013;43(5):209-14.
- 61.** Rosen P, Clem D, Cochran D, Froum S, McAllister B, Renvert S, et al. Peri-implant mucositis and peri-implantitis: a current understanding of their diagnoses and clinical implications. *J Periodontol.* 2013;84(4):436-43.
- 62.** Lang MS, Miyamoto T, Nunn ME. Validity of fractal analysis of implants in individuals with healthy and diseased peri-implant mucosa. *Clin Oral Implants Res.* 2020;31(11):1039-46.
- 63.** Wada M, Mameno T, Otsuki M, Kani M, Tsujioka Y, Ikebe K. Prevalence and risk indicators for peri-implant diseases: A literature review. *Japanese Dental Science Review.* 2021;57:78-84.
- 64.** Teh-Jing Mu, Dong-Won Lee, Kwang-Ho Park, Ik-Sang Moon. Changes in the fractal dimension of peri-implant trabecular bone after loading: a retrospective study. *J Periodontal Implant Sci.* 2013; 43(5): 209-214.

- 65.** Gröndahl H-G, Gröndahl K, Webber RL. A digital subtraction technique for dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1983;55(1):96-102.
- 66.** Delano EO, Ludlow JB, Ørstavik D, Tyndall D, Trope M. Comparison between PAI and quantitative digital radiographic assessment of apical healing after endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92(1):108-15.
- 67.** Chen S-K, Oviir T, Lin C-H, Leu L-J, Cho B-H, Hollender L. Digital imaging analysis with mathematical morphology and fractal dimension for evaluation of periapical lesions following endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;100(4):467-72.
- 68.** Yu Y-Y, Chen H, Lin C-H, Chen C-M, Oviir T, Chen S-K, et al. Fractal dimension analysis of periapical reactive bone in response to root canal treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;107(2):283-8.
- 69.** Aktuna Belgin C, Serindere G. Evaluation of trabecular bone changes in patients with periodontitis using fractal analysis: A periapical radiography study. *J Periodontol.* 2020;91(7):933-7.
- 70.** Huang C, Chen J, Chang Y, Jeng J, Chen C. A fractal dimensional approach to successful evaluation of apical healing. *Int Endod J.* 2013;46(6):523-9.
- 71.** Tosun S, Karataslioglu E, Tulgar MM, Derindag G. Retrospective fractal analyses of one-year follow-up data obtained after single-visit nonsurgical endodontic retreatment on periapical radiographs. *Clin Oral Investig.* 2021;25:6465-72.
- 72.** Salwaji S, Ananthaneni A, Kuberappa PH, Bagalad B, Pasupuleti MK, Guduru VS. Fractal Analysis of Nuclear Architecture in Oral Squamous Cell Carcinoma by Using Transmission Electron Microscopy: An Original Research. *Meandros Med Dent J.* 2023;24(4):343-8.
- 73.** Guerrero-Sánchez Y, Gómez García F, Chamorro-Petronacci CM, Suárez-Peñaranda JM, Pérez-Sayáns M. Use of the fractal dimension to differentiate epithelium and connective tissue in oral leukoplakias. *Cancers.* 2022;14(11):2697.
- 74.** Iqbal J, Patil R, Khanna V, Tripathi A, Singh V, Munshi M, et al. Role of fractal analysis in detection of dysplasia in potentially malignant disorders. *J Family Med Prim Care.* 2020;9(5):2448.
- 75.** Pandey PB, Kandakurti S, Saxena VS, Tripathi P, Pamula R, Yadav M. Fractal analysis in oral leukoplakia. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology.* 2015;27(3):354-8.

Apikal Periodontitisin Mikrobiyolojisi ve Tanı Yöntemleri

Microbiology Of Apical Periodontitis And Diagnostic Techniques

ÖZ

Giriş: Apikal periodontitis (kök kanal enfeksiyonu) mikroorganizmaların ve bu mikroorganizmaların metabolik ürünlerinin kök kanalından periradiküler alana geçişi sonucu oluşan sert doku rezorpsiyonu ve periodontal ligamentin yıkımı ile karakterize inflamatuvar ve enfeksiyöz bir hastalıktır. Apikal periodontitis mikrobiyal bir etiyojiye sahiptir. Mantarların, arkeaların ve virüslerin apikal periodontitis ile ilişkili olduğu bulunmuştur, fakat bakteriler kök kanal enfeksiyonlarına neden olan en yaygın ve baskın mikroorganizmalardır. Kanal içi bakteriler genellikle dentin kök kanalı duvarlarına yapışık, biyofilmler olarak gözlenir. Endodontik enfeksiyonlarda 500'den fazla bakteri türü tespit edilmiş olmasına rağmen, 20 ila 30 türden oluşan seçilmiş bir grup en sık tespit edilir ve temel mikrobiyom olarak kabul edilir. Zorunlu anaerobik türler, primer apikal periodontitisli dişlerin intraradiküler bakteri topluluklarında daha bol bulunurken, hem anaeroblar hem de fakültatifler tedavi sonrası gelişen apikal periodontitisli dişlerin bakteri topluluklarında baskındır. Geleneksel olarak, kök kanal enfeksiyonlarına neden olan bakteriler izolasyon, üreme, morfoloji ve biyokimyasal testlerle laboratuvar tanımlamasına dayanan kültürasyon temelli tekniklerle incelenmiştir. Ancak, mikrobiyolojik tanı söz konusu olduğunda ekim ve diğer geleneksel tanımlama yöntemlerinin çeşitli sınırlamaları olduğu gösterilmiştir. Son on yılda bu sınırlılıkların üstesinden gelmek için mikrobiyal moleküler tanı alanında birçok yöntem kullanılmış olup, bunların en önemlileri, polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) teknolojisi ve türevleri, DNA-DNA hibridizasyon ve yeni nesil dizileme teknikleridir.

Sonuç: Bu derlemenin amacı kök kanal enfeksiyonlarını ve bu enfeksiyona sebep olan mikroorganizmaları ve tespit yöntemlerini mevcut literatür bilgisiyile gözden geçirmektir.

Anahtar Kelimeler: Kök Kanal Enfeksiyonları, Moleküler Yöntemler, Yeni Nesil Dizileme.

ABSTRACT

Objective: Apical periodontitis (root canal infection) is an inflammatory and infectious disease characterized by hard tissue resorption and destruction of the periodontal ligament caused by the passage of microorganisms and their metabolic products from the root canal to the periradicular space. Apical periodontitis has a microbial etiology. Fungi, archaea and viruses have been found to be associated with apical periodontitis, but bacteria are the most common and predominant microorganisms causing root canal infections. Intracanal bacteria are usually observed as biofilms adherent to the dentin root canal walls. Although more than 500 bacterial species have been identified in endodontic infections, a selected group of 20 to 30 species are most frequently detected and are considered the core microbiome. Obligate anaerobic species are more abundant in the intraradicular bacterial communities of teeth with primary apical periodontitis, while both anaerobes and facultative species predominate in the bacterial communities of teeth with post-treatment apical periodontitis. Traditionally, bacteria causing root canal infections have been studied by cultivation-based techniques based on isolation, growth, morphology and laboratory identification by biochemical tests. However, cultivation and other traditional identification methods have been shown to have several limitations when it comes to microbiologic diagnosis. In the last decade, microbial molecular diagnostics have been developed to overcome these limitations. In the last decade, many methods have been used in the field of microbial molecular diagnostics to overcome these limitations, such as polymerase chain reaction (PCR) technology and its derivatives, DNA-DNA hybridization and next generation sequencing techniques.

Conclusion: The aim of this review is to examine root canal infections and related microorganisms and their detection methods with the current literature.

Key Words: Root Canal Infections, Molecular Techniques, Next Generation Sequencing.

Melisa USLU¹

ORCID: 0000-0002-5758-9608

Sevinç AKTEMUR TÜRKER²

ORCID: 0000-0001-8740-2480

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti AD.
Zonguldak, Türkiye

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD.
Zonguldak, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 19.03.2024

Kabul tarihi / Accepted: 11.06.2024

İletişim Adresi /Corresponding Address:

Sevinç AKTEMUR TÜRKER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,
Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD,
Zonguldak, Türkiye

E-posta/e-mail:sevincaktemur@hotmail.com

Apikal periodontitis kök kanalı enfeksiyonunun bir sonucu olup, mikrobiyal faktörler ve konak immün yanıtı arasındaki etkileşimden kaynaklanan periradiküler dokuların enflamasyonu ve yıkımı ile karakterizedir. Bakteriler apikal periodontitise neden olan başlıca enfeksiyöz ajanlardır ve genellikle kanal duvarlarına tutunan biyofilm topluluklarında organize olarak bulunurlar. Apikal periodontitisin etiolojisinde rol oynayan mikroorganizma çeşitliliği oldukça fazladır ve moleküler yöntemlerin gelişmesiyle birlikte kök kanal enfeksiyonlarına sebep olan mikroorganizmaların tespit edilebilirliği artmaktadır. Apikal periodontitisin oluşumu ve etken mikroorganizmaların tanımlanması, patojenik mekanizmalar hakkındaki bilginin artması, tanının iyileştirilmesi ve farklı tedavi stratejileri geliştirmesi açısından oldukça önemlidir. Bu derlemede apikal periodontitiste yer alan mikroorganizmalar ve bu mikroorganizmaların tanı yöntemleri ile ilgili güncel bilimsel kanıtlar gözden geçirilerek, diş hekimlerinin kök kanalının mikrobiyal florası hakkındaki bilgi düzeyinin artırılması amaçlanmıştır.

Apikal Periodontitisin Mikrobiyolojisi

Apikal periodontitis, kök kanal sistemindeki enfeksiyonun sebep olduğu inflamatuvar bir hastalıktır (1). Kimyasal ve fiziksel faktörler periradiküler inflamasyonun gelişmesine neden olsa da apikal periodontitisin farklı formlarının oluşması ve varlığını devam ettirebilmesi için endodontik enfeksiyonun gerekli olduğu gösterilmiştir (2). 1894'te diş hekimi Willoughby Dayton Miller, kök kanalından aldığı örneklerin analizinde ilk kez bakteri ve apikal periodontitis arasındaki ilişkiyi göstermiştir (3). Kök kanalı örneklerinin mikroskopisini yapan Miller, o zamanlar bilinen üç temel morfolojideki hücreleri gözlemlemiştir: koklar, basiller ve spiroketler. Çeşitli morfolojik çalışmalarda günümüzde biyofilm olarak bilinen yapılara benzer bakteri kümeleri tespit edilmiştir (4). Yapılan çalışmalarla birlikte biyofilmin önemi anlaşılmıştır, bakteriyel biyofilmlerin görülme sıklığının yüksek olduğu ve biyofilm ile primer apikal periodontitis ve tedavi sonrası gelişen apikal periodontitis arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür (5). Biyofilm, bir yüzeye tutunmuş, kendiliğinden üretilen hücre dışı polimerik matriks içine alınmış bakteri hücrelerinden oluşan oldukça organize bir yapıdır. Biyofilmlerdeki organizmalar, büyüme hızı ve gen transkripsiyonu açısından değiştirilmiş bir fenotip sergiler. Biyofilm içerisindeki bakteri hücreleri planktonik bakteri hücrelerinden büyük ölçüde farklıdır. Biyofilmlerdeki bakterilerin fizyolojik özellikleri, kültür ortamındaki aynı

bakteriyle karşılaştırıldığında farklıdır, bunun nedeni mikroorganizmaların polimer matriks tarafından çevresel streslerden korunmasıdır. Biyofilm içindeki mikroorganizmaların, antimikrobiyal ajanlara ve konak savunma mekanizmalarına karşı planktonik olanlara göre yaklaşık 1000 kat daha dirençli olabileceği gösterilmiştir (6). Apikal periodontitise neden olan ana mikroorganizmalar bakteriler olarak bilirse de mantarlar, arkealar ve virusler apikal periodontitisin etiolojisinde yer alan diğer mikroorganizmalardır. Mantarlar ağız boşluğunda kolonize olabilen küf ve maya olmak üzere iki temel formda bulunabilen ökaryotik mikroorganizmalardır. En yaygın maya mantarı olan *Candida* cinsinin üyeleri oral kavitede kolonize olabilmelerine rağmen primer apikal periodontitis etiolojisinde çok sık görülmemektedir. Daha çok ısrarcı apikal periodontitis vakalarında tespit edilmektedirler (6). Arkealar bakterilerden oldukça farklı olup prokaryottur. Primer endodontik enfeksiyonlardan alınan örneklerde arkeaları tespit etmek zor olsa da *Methanobrevibacter oralis* benzeri bir filotip tespit edilmiştir (7).

Virüsler bir nükleik asit molekülü ve kapsidden oluşur. Kendi başlarına metabolizmaları yoktur. Viral genomu kopyalamak için canlı hücreleri enfekte etmeleri ve hücrenin mekanizmasından yararlanmaları gerekmektedir. Virüslerin vital pulpaya sahip dişlerin kök kanallarında bulunduğu tespit edilmiştir (8). Apikal periodontitis lezyonlarında HCMV (human cytomegalovirus) ve EBV (Epstein-Barr virus) de tespit edilmiştir (9). Normal koşullar altında dentin-pulpa kompleksi sterildir. Mine, dentin ve sement ile oral mikrobiyotadan izole bir hâldedir. Bu doğal tabakaların bütünlüğünün çeşitli yollarla (çürük, travma, çatlak, restoratif işlemler, diş taşı temizliği, cerrahi işlemler vb.) bozulması durumunda dentin-pulpa kompleksi ağız ortamına açılır. Ağız ortamına açılan bu kompleks çürük lezyonlarda bulunan mikroorganizmalar, tükürük, mikrobiyal dental plak tarafından etkilenir. Mikroorganizmaların ve onların ürünlerinin apikal ve lateral foramenlere veya furkasyona ulaşması periodontal dokuları doğrudan etkileyip patolojik değişikliklere sebep olabilir (10). Patojenite mikroorganizmaların hastalığa sebep olma yeteneği olarak ifade edilir. Virülans, bir mikroorganizmanın patojenitesini belirtir. Virülans faktörleri mikrobiyal ürünler, hücresel bileşenler veya patojeniteye katkıda bulunan stratejilerdir. Patojeniteye katkıda bulunan bakteri stratejisi olarak mikrobiyal rakiplere konakçı savunmalarına ve antimikrobiyal ajanlara karşı koruma sağlayan biyofilmlerin bir araya toplanması örnek verilebilir.

Bazı mikroorganizmalar belirli bir konakçıda rutin bir hastalığa neden olur ve bunlara birincil patojen denir. Bazı mikroorganizmalar yalnızca konak savunması bozulduğunda hastalığa sebep olur bunlara fırsatçı patojen denir. Normal mikrobiyotayı oluşturan bakteriler genellikle zararsız kommensaldir ve konakçıyla denge içinde yaşar. İnsan mikrobiyotasının en yararlı etkilerinden biri, diğer mikroorganizmaları dışlayarak konağı ekzojen enfeksiyonlardan koruma eğilimidir. Bununla birlikte bazı durumlarda sağlıklı bir bireyde direnç düşer. Bu durumdan ilk yararlananlar kommensal bakterilerdir. Endodontik enfeksiyonlarda ilk görülen bakterilerin çoğu konakçı-bakteri ilişkisindeki değişikliklerden yararlanarak fırsatçı patojen haline gelen oral mikrobiyotanın sakinleridir (11). Nekrotik pulpalı bir kök kanalı bakteriyel kolonizasyon için nemli, sıcak, besleyici anaerobik bir ortamdır. Bu ortamda aktif kan dolaşımının olmaması mikroorganizmaları konak savunmasından korur (12). Nekrotik kök kanalı bakterisi için verimli bir ortamdır. Kök kanalı mikrobiyotasının bileşimini belirleyen başlıca ekolojik faktörler vardır. Bunlar sıcaklık, pH ve adezin reseptörlerdir. Kök kanal enfeksiyonu dinamik bir süreç olup farklı aşamalarda farklı mikroorganizma baskınlığı söz konusudur. Pulpa enfeksiyonunun başlangıcında fakültatif bakteriler baskındır (13). Birkaç hafta sonra pulpanın nekrozu ile birlikte kök kanalında oksijenin de tükenmesiyle anaerobik ortam oluşur. Bu ortamda zorunlu anaerob bakteriler hakim olur. Kök kanal sisteminde kolonize olan bakterilerin ana besin kaynakları nekrotik pulpa dokusu, doku sıvılarından gelen glikoproteinler, kök kanalına sızan eksuda, doku bileşenleri, tükürük ve diğer bakterilerin ürünleridir. Besinlerin en büyük miktarı ana kanalda yer aldığı için enfeksiyona neden olan mikroorganizmaların büyük çoğunluğu burada yer alır. Oksijen seviyesindeki değişim mikrobiyotayı etkiler. Sakkarolitik türler enfeksiyonun başlangıcında baskınken çok geçmeden baskınlığı azalır (14). Nekrotik pulpa dokusu bakteriler için sınırlı bir besin kaynağı olarak kabul edilse de periradiküler inflamasyonu indüklenmesi kanala sızan eksudada bulunan proteinler ve glikoproteinler de sürdürülebilir bir besin kaynağıdır. Bazı türlerin kök kanalına yerleşmesi diğer türlerle olan etkileşimden etkilenmektedir. Bu bağlamda ilk kolonileşenler hangi türün kendileriyle birlikte yaşayacağını belirlemektedir. Bu etkileşimler pozitif veya negatif olabilir. Pozitif etkileşimler bakterilerin hayatta kalma kapasitelerini artırır. Bakteriler arası beslenme etkileşimi ekolojik belirleyicidir. Bir türün metabolik son ürününün diğer tür tarafından kullanımı veya bir türün ortamdaki oksijen gerilimini azaltması anaerobların üremesini sağlar. Besin ve alan için rekabet ve kommensalizm negatif etkileşime örnektir (15). Apikal periodontitis lokalizasyonuna göre kanal içi veya kanal dışı enfeksiyonlar olarak ayrılmaktadır. Kanal içi enfeksiyonlar kök kanal sistemi içerisindeki

mikroorganizmalar tarafından meydana gelmektedir. Mikroorganizmaların kök kanalı içerisinde giriş zamanına bağlı olarak üç alt sınıfa ayrılmaktadır. Primer apikal periodontitis, nekrotik pulpa dokusunu istila eden ve kolonize olan mikroorganizmalar tarafından oluşur. Sekonder apikal periodontitis; primer enfeksiyonlarda bulunmayan fakat tedavi işlemleri sırasında ya da sonrasında kök kanalı içerisine giren mikroorganizmalar tarafından oluşturulmaktadır. Israrcı apikal periodontitis ise kanal içine uygulanan antimikrobiyal işlemlere karşı dirençli olan ve tedavi edilmiş kök kanallarında yaşamını sürdürebilen dirençli mikroorganizmalar tarafından oluşturulmaktadır. Kanal dışı enfeksiyonlar; kanal içi enfeksiyonların devamı olarak inflame olan periradiküler dokulara mikrobiyal yayılımı ile karakterizedir. Kanal dışı enfeksiyonlar daha çok abse vakalarında meydana gelmekte ve tedavi sonrası gelişen apikal periodontitisin olası bir sebebi olarak da görülmektedir.

Anaerobik bakterilerin hakim olduğu kök kanal enfeksiyondur. Moleküler çalışmalar kök kanalı başına ortalama 10-20 tür olabileceğini ortaya koymuştur. Apikal periodontitis lezyonunun büyüklüğünün kök kanalındaki bakteri türü ve sayısı ile doğru orantılı olduğu gösterilmiştir. Primer apikal periodontitiste yer alan bakteri filotipleri ağız ortamında yer alan 13 filanın 9'unu içerir. Bu bakteriler; *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Fusobacteria*, *Actinobacteria*, *Proteobacteria*, *Spirochaetes*, *Synergistes*, *TM7* ve *SRI* (16).

Primer apikal periodontitiste bulunmayan ancak profesyonel müdahaleden bir süre sonra kök kanalına ulaşan mikroorganizmalar sekonder apikal periodontitise neden olur. Kalıcı enfeksiyonlara primer veya sekonder enfeksiyonun üyesi olan ve antimikrobiyal tedaviden sonra kanalda zorlu ekolojik koşullara uyum sağlamayı başaran mikroorganizmalar neden olur. Kanal tedavili ve apikal periodontitisli dişlerin mikrobiyotası primer enfeksiyon mikrobiyotasına göre oldukça sınırlıdır. İyi bir şekilde kök kanal dolumu yapılmış bir kök kanalında 1-5 tür bulunmaktadır. Yeterli kanal dolumu sağlanmamış kanallardaki tür sayısı 10 - 20 türe kadar ulaşabilir (17). Tedavi sonrası hastalığın devam ettiği dişlerde bakteri hücrelerinin sayısı kanal başına 10^3 - 10^7 arasında değişmektedir (18). Çeşitli kültür ve moleküler biyoloji çalışmalar *Enterococcus faecalis*'in kök kanalında en sık görülen tür olduğunu ve vakaların %90'ına varan prevalansa sahip olduğunu göstermiştir (11). Kök kanal tedavili dişlerin *E. faecalis*'i bulundurması primer enfeksiyon vakalarına göre yaklaşık 9 kat daha fazladır (19). Endodontik tedavili dişlerde bulunan diğer bakteriler *P. alactolyticus*, *Propionibacterium türler*, *Filifaktör alocis*, *Dialister pneumosintes*, *Dialister invisus*,

Tannerella forsthia, *P. micra*, *Prevotella intermedia* ve *Treponema denticola* 'dır (20).

Mantarlar, sekonder enfeksiyon sırasında kontaminasyon yoluyla kök kanallarına erişirler veya primer endodontik mikrobiyotada dengesizliğe neden olan verimsiz kanal içi antimikrobiyal prosedürlerden sonra çoğalırlar. *Candida albicans*, kanal tedavisi görmüş dişlerde en fazla saptanan mantar türüdür (21). Bu türün dentini istila etme yeteneği ve kalsiyum hidroksite dirençli olması tedavi sonra kalıcılıkta etkili özellikleridir (22). Apikal periodontitis lezyonları kanal içi enfeksiyona yanıt olarak oluşur ve enfeksiyonun yayılmasına karşı büyük ölçüde etkili bir bariyer oluşturur. Çoğu durumda apikal periodontitis lezyonları, mikroorganizmaların periradiküler dokuları istila etmesini önlemede başarılı olur. Bununla birlikte, bazı özel durumlarda mikroorganizmalar bu savunma bariyerini aşabilir ve kanal dışı bir enfeksiyon oluşturabilir. Kanal dışı enfeksiyonun en yaygın şekli pürülan iltihaplanma ile karakterize akut apikal absesdir (23). *Actinomyces* spp., *Propionibacterium Propionicum* kanal dışı enfeksiyonlara neden olmaktadır (24).

Mikroorganizmaların Tanı Yöntemleri

Siqueria ve Roças endodontik mikrobiyoloji çalışmalarını mikroorganizmaların tespit edilme yöntemlerine göre 5 nesile ayırmıştır (Tablo 1) (25). Araştırmalarda kullanılan mikrobiyolojik yöntemler ya açık uçlu ya da kapalı uçlu bir yapıya sahiptir. Açık uçlu olanlar, numunedeki 'tüm' türlerin saptanmasına izin veren ve çeşitlilik (zenginlik ve göreceli bolluk) hakkında bilgi sağlayan çalışmalardır. Kapalı uçlu olanlar ise varlık/yokluk yaklaşımında, bazen yarı veya mutlak niceleme ile bir veya birkaç seçilmiş hedef türün saptanması esasına dayanmaktadır.

Kök kanallarındaki mikroorganizmaları tespit etmek için kapalı uçlu bir yöntem olan kültür yöntemi ve hem kapalı hem açık uçlu olan moleküler yöntemler kullanılabilir. Kültür çalışmaları apikal periodontitis enfeksiyöz etiyojisinin ve endodontik enfeksiyonlarda bulunan baskın kültüre edilebilir bakteri türlerinin belirlenmesine büyük katkı sağlamıştır. Kültür yöntemi ayrıca kök kanal tedavisine ve sistemik/lokal antibiyotiklere karşı bakteriyel duyarlılığı değerlendirmek için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat kültür çalışmalarının büyük çoğunluğu nicelik bildirmeden sadece türlerin mevcudiyeti hakkında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca üretilmesi zor anaerobik türler için kültür yönteminin duyarlılığının daha düşük olması nedeniyle ortamda bulunan en baskın türler üretilerek tanımlanabilmektedir. Bu nedenle, kültür yönteminin endodontik mikrobiyotanın bileşimi ve tedaviden etkilenmeleri hakkında kapsamlı ve derin bir analiz sağlamalarını bakımından kısıtlılıkları mevcuttur. Bundan dolayı kök kanal enfeksiyonları için kültür yöntemine göre daha duyarlı olan, yüksek özgüllük ile mikrobiyal türlerin daha kısa sürede kesin olarak tanımlanmasına

olanak sağlayan moleküler tanı yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır (25).

Endodontik mikrobiyolojide kullanılan moleküler yöntemler PZR bazlı yöntemler, DNA-DNA hibridizasyon yöntemleri ve gen sekanslama yöntemleri olmak üzere 3 başlık altında toplanabilir (26). PZR temelli metotlar arasında; Single Targeted, Multipleks, Nested, Revers transkriptaz ve Real Time yer almaktadır. DNA-DNA hibridizasyon metotları arasında; Floresans in-situ hibridizasyon (FISH), Checkerboard DNA-DNA Hibridizasyon, DNA Mikroçip yer almaktadır. Gen sekanslama metotları arasında ise Sanger Sekanslama ve Yeni nesil sekanslama yer almaktadır.

Polimeraz zincir reaksiyonu (PZR) temelli metotlar bakteri, virüs, mantar, protozoon ve parazit gibi hastalık etkenlerine ait hedef nükleik asit zincirlerinin primer adı verilen spesifik oligonükleotidler ve ısıya dayanıklı polimeraz enzimleri kullanarak in vitro olarak çoğaltılması esasına dayanan yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. PZR; Ayrışma, Bağlanma ve Uzama olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır: Bu aşamalar bir termal döngü cihazında birbirini takip eden 30 döngü olacak şekilde gerçekleştirilmektedir. Her PZR siklusunda mevcut spesifik DNA miktarı iki katına çıkmaktadır. Tüm döngüler tamamlandıktan sonra milyonlarca kopya oluşması sağlanmaktadır. Elde edilen ürün agaroz jel elektroforezi ile görüntülenebilmektedir. PZR yöntemi hedef sayısına ve kullanım amacına göre farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Single Targeted PZR, tek bir hedefin olduğu, tek bir cins veya türe özgü tek bir primerin kullanıldığı en basit ve temel yöntemdir. Multipleks PZR, örnekte bulunabilecek çok sayıda mikroorganizmanın çoğaltılmasına imkan sağlayan, her hedef mikroorganizma için ayrı primerin kullanıldığı yöntemdir. Revers-transkriptaz polimeraz zincir reaksiyonu, revers-transkriptaz enzimi aracılığıyla bir RNA parçasından, hedef DNA dizisini tamamlayacak DNA zincirini (cDNA) sentezleyerek RNA hedeflerini çoğaltmak için geliştirilmiştir. Real-Time (Gerçek Zamanlı) nükleik asit amplifikasyonu ile eş zamanlı olarak artış gösteren floresans sinyalin ölçülmesiyle kısa sürede, kantitatif sonuç verebilen PZR yöntemidir. DNA hedeflerini tespit etmek için floresan işaretli nükleotit dizilerinden faydalanır. Her PZR döngüsü floresans salınımı ile moniterize edilerek reaksiyonun ilerlemesi gerçek zamanlı olarak gözlenebilmektedir (27).

Çalışmanın Nesli	Tanımlama Yöntemi	Yapısı	Tanım ve Bulgular
Birinci	Kültür	Açık uçlu (geniş skala)	Apikal periodontitis ile ilişkili birçok kültüre edilebilir tür ortaya çıkmıştır.
İkinci	Moleküler yöntemler (örnek: PZR ve türevleri, orijinal dama tahtası teşhisi)	Kapalı uçlu (türe özgü)	Birinci nesil çalışmalardan ulaşılan veriler doğrulanmış ve güçlendirilmiştir ve kültüre edilmesi zor bazı türler aday endodontik patojen grubuna dahil edilmiştir.
Üçüncü	Moleküler yöntemler (örnek: PZR-klonlama-dizileme, T-RFLP)	Açık uçlu (geniş skala)	Endodontik enfeksiyonlardaki bakteri çeşitliliğinin daha kapsamlı araştırılmasına olanak sağlanmıştır. Henüz yetiştirilmemiş ve karakterizasyonu yapılmamış bakteriler de tanımlanmıştır.
Dördüncü	Moleküler yöntemler (örnek: PZR,mikrodiziler)	Kapalı uçlu (türe özgü)	Kültüre edilebilir ve henüz kültüre edilmemiş bakterileri hedefleyen prevalansı araştırmak için geniş ölçekli klinik çalışmalar ve türlerin/filotiplerin endodontik enfeksiyonlarla ilişkisi tespit edilmiştir.
Beşinci	Moleküler yöntemler (örnek:pirodizileme-yeni nesil dizileme)	Açık uçlu (geniş skala)	Endodontik enfeksiyonların çeşitliliğinin derinlemesine ve daha kapsamlı bir analizine imkan sunar.

Tablo 1. Endodontik enfeksiyonlarda mikrobiyolojik tanımlamaya yönelik nesiller boyu çalışmalar.

Endodontik enfeksiyonlarla ilişkili mikrobiyomun profili, karmaşık mikrobiyotayı tanımlamak için geleneksel yöntemlerin sınırlamaları nedeniyle iyi karakterize edilememiştir. Bu nedenle endodontik mikrobiyomun derinlemesine dizilimi için yeni nesil dizileme (YND) teknolojilerini kullanılmaktadır. Yeni nesil dizileme teknolojisi sayesinde yüksek doğrulukta ve ultra hızlı olarak dizileme yapılabilmektedir. Bu yöntemle elde edilen genom dizisi başka hiçbir yöntemle elde edilemeyecek bir zengin ve özgün bir bilgi sağlamaktadır. Son yıllarda bu yöntemle yapılan araştırmalarda apikal periodontitisin etiyojisinde yer alan daha önce diğer moleküler yöntemlerle tespit edilememiş mikroorganizma türleri tespit edilmiştir (28).

Yeni Nesil Dizileme (YND)

Nükleik asit dizilemesi bir DNA veya RNA molekülünde bulunan nükleotidlerin sırasını belirlemek için kullanılan bir yöntemdir (29). 1977 yılında Maxam-Gilbert ve Sanger yöntemi ile başlayan dizileme yöntemleri dizileme maliyetinin düşürülmesi ve dizileme süresinin kısaltılması amacıyla yeni nesil dizileme yöntemleri geliştirilmiştir; birinci nesil, ikinci nesil ve üçüncü nesil. Sanger sekanslama tekniği birinci nesil olarak kabul edilirken; 454 Roche, SOLID, Illumina HiSeq 2000 ve

IonTorrent platformları ikinci nesil, Pacific Bioscience ve Oxford Nanopore teknolojileri ise üçüncü nesil sekanslama olarak adlandırılmıştır (30). Sanger sekanslama tekniğinin zaman alan zahmetli bir yöntem olması sebebiyle maliyeti ve süresi kısa olan teknikler geliştirilmiştir. İlk büyük çaplı paralel sekanslama tekniği 54 Life Sciences firması tarafından geliştirilmiştir, bu teknik 500 kat daha hızlı ve 50 kat daha ucuz bir sekanslama hizmeti sağlayarak YND platformlarının ilk versiyonlarının ortaya çıkmasını sağlamıştır. YND platformlarında bir kütüphane oluşturma ve örnek amplifikasyonu *in vitro* olarak yapılır. Böylece örnek hazırlama ve kütüphane oluşturma işlemlerinin süresinin kısaltılması sağlanmaktadır (31). Bu sistemlerle yüksek doğrulukla ve oldukça hızlı dizileme yapılabilmektedir. Yeni nesil dizileme yöntemi kullanılarak birçok farklı organizmaların genomlarının dizilenmesi mümkündür (32). Yüksek verimli dizileme teknikleri, hem baskın hem de düşük miktarda bulunan taksonlar da dahil olmak üzere daha geniş bir bakteri taksonu tanımlama spektrumunu sağlayan büyük miktarda dizi okuması sağlamaktadır (33). Bu nedenle, YND analizleri kök kanallarında diğer moleküler temelli yöntemlere göre çok daha yüksek bir bakteri çeşitliliği ortaya koymaktadır (34).

YND teknolojisi ve biyoinformatik araçları, endodontik biyofilm topluluklarının deşifre edilmesi için uygun maliyetli ve yüksek verimli topluluk profilinin çıkarılmasına olanak tanımaktadır. Endodonti literatüründe kök kanallarındaki mikroorganizmaların tespit yönteminde yeni nesil dizileme yöntemi sıklıkla kullanılmaktadır (16, 35-38). YND tekniği daha önce tespit edilemeyen türlerin kök kanallarından tespit edilebilmesini olanak sağlamaktadır (39).

SONUÇ

Moleküler teknolojideki ilerlemeler, yeni patojenlerin keşfedilmesine, bazı spesifik bakteriler ile apikal periodontitis arasındaki nedensel ilişkilerin daha da güçlendirilmesine ve periradiküler hastalıkların patogeneze ışık tutulmasına olanak tanıyacak bir potansiyele sahiptir. Son on yılda apikal periodontitisin etiolojisinde yer alan birçok yeni mikroorganizmaların tanımlanması ve karakterizasyonunda YND teknikleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gelecek yıllarda hızla gelişen bu teknoloji sayesinde, kök kanal enfeksiyonuna neden olan ve kök kanal tedavisine rağmen tedaviye dirençli olan yeni mikroorganizmalar tanımlanarak, bunlarla etkili tedavi stratejilerinin geliştirilmesi için yeni çalışmaların yapılması umut vadetmektedir.

KAYNAKLAR

1. Siqueira JF, Rôças IN. Microbiology of apical periodontitis. In: Dag Ørstavik editor. Essential Endodontology: Prevention and Treatment of Apical Periodontitis. John Wiley & Sons Ltd. 3rd ed. 2019. 91–142.
2. Aas JA, Griffen AL, Dardis SR, Lee AM, Olsen I, Dewhirst FE, Leys EJ, Paster BJ. Bacteria of Dental Caries in Primary and Permanent Teeth in Children and Young Adults. *J Clin Microbiol.* 2008; 46:1407.
3. Willoughby Dayton Miller. *Zahnarzt.* 1984;28:375-376.
4. Nagaoka S, Miyazaki Y, Liu HJ, Iwamoto Y, Kitano M, Kawagoe M. Bacterial invasion into dentinal tubules of human vital and nonvital teeth. *J Endod.* 1995;21:70–3.
5. Rôças IN, Siqueira JF. Identification of bacteria enduring endodontic treatment procedures by a combined reverse transcriptase-polymerase chain reaction and reverse-capture checkerboard approach. *J Endod.* 2010;6:45–52.

6. Neelakantan P, Romero M, Vera J, Daood U, Khan AU, Yan A, Cheung GSP. Biofilms in Endodontics-Current Status and Future Directions. *Int J Mol Sci.* 2017;18:1748.

7. Egan MW, Spratt DA, Ng YL, Lam JM, Moles DR, Gulabivala K. Prevalence of yeasts in saliva and root canals of teeth associated with apical periodontitis. *Int Endod J.* 2002 ;35:321–29.

8. Siqueira JF, Rôças IN, Baumgartner JC, Xia T. Searching for Archaea in infections of endodontic origin. *J Endod.* 2005;31:719–22.

9. Glick M, Trope M, Bagasra O, Pliskin ME. Human immunodeficiency virus infection of fibroblasts of dental pulp in seropositive patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71:733–36.

10. Slots J, Sabeti M, Simon JH. Herpesviruses in periapical pathosis: An etiopathogenic relationship? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96:327–31.

11. Pashley DH. Dentin-predentin complex and its permeability: physiologic overview. *J Dent Res.* 1985;64:613–20.

12. Pinheiro ET, Gomes BPPA, Ferraz CCR, Sousa ELR, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Microorganisms from canals of root-filled teeth with periapical lesions. *Int Endod J.* 2003;36:1–11.

13. TaniIshii N, Wang C Y, Tanner A, Stashenko P. Changes in root canal microbiota during the development of rat periapical lesions. *Oral Microbiol Immunol.* 1994;9:129–35.

14. Fabricious L, Dahlen G, Öhman AE, Möller AJR. Predominant indigenous oral bacteria isolated from infected root canals after varied times of closure. *Scand J Dent Res.* 1982;90:134–44.

15. Sundqvist G, Figdor D. Life as an endodontic pathogen. *Endod Topics.* 2003;6:3–28.

16. Kolenbrander PE, Andersen RN, Blehert DS, Eglund PG, Foster JS, Palmer RJ. Communication among Oral Bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2002;66:486–505.

17. Saito D, De Toledo Leonardo R, Mazza Rodrigues JL, Tsai SM, Höfling JF, Gonçalves RB. Identification of bacteria in endodontic infections by sequence analysis of 16S rDNA clone libraries. *J Med Microbiol.* 2006;55:101–07.

- 18.** Rôças IN, Siqueira JF, Aboim MCR, Rosado AS. Denaturing gradient gel electrophoresis analysis of bacterial communities associated with failed endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2004; 98:741–49.
- 19.** Peciuliene V, Reynaud AH, Balciuniene I, Haapasalo M. Isolation of yeasts and enteric bacteria in root-filled teeth with chronic apical periodontitis. *Int Endod J.* 2001; 34:429–34.
- 20.** Rôças IN, Siqueira JF, Santos KRN. Association of *Enterococcus faecalis* with different forms of periradicular diseases. *J Endod.* 2004;30:315–20.
- 21.** Foschi F, Cavrini F, Montebugnoli L, Stashenko P, Sambri V, Prati C. Detection of bacteria in endodontic samples by polymerase chain reaction assays and association with defined clinical signs in Italian patients. *Oral Microbiol Immunol.* 2005;20:289-95.
- 22.** Şen BH, Safavi KE, Spångberg LSW. Colonization of *Candida albicans* on cleaned human dental hard tissues. *Arch Oral Biol.* 1997;42:513–20.
- 23.** Waltimo TMT, Ørstavik D, Sirén EK, Haapasalo MPP. In vitro susceptibility of *Candida albicans* to four disinfectants and their combinations. *Int Endod J.* 1999; 32:421–29.
- 24.** Siqueira JF. Periapical Actinomycosis and infection with *Propionibacterium Propionicum*. *Endod Topics.* 2003;6:78–95.
- 25.** Siqueira JF, Rôças IN. Exploiting molecular methods to explore endodontic infections: Part 1--current molecular technologies for microbiological diagnosis. *J Endod.* 2005; 31:411–23.
- 26.** Paster BJ, Dewhirst FE. Molecular Microbial Diagnosis. *Periodontol* 2000;51:38.
- 27.** Durmaz R. Uygulamalı Moleküler Mikrobiyoloji. 2. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, 2001. ss. 100-110.
- 28.** Shin JM, Luo T, Lee KH, Guerreiro D, Botero TM, McDonald NJ, Rickard AH. Deciphering Endodontic Microbial Communities by Next-generation Sequencing. *J Endod.* 2018;44(7):1080-87.
- 29.** Darcan, C., & Türkyılmaz, O. (2018). Yeni Nesil Dizileme Teknolojisine Genel Bakış. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 5(1), 41-49.
- 30.** Ronaghi M, Nygren M, Lundeberg J, Nyrén P. Analyses of secondary structures in DNA by pyrosequencing. *Anal Biochem.* 1999; 267:65–71.
- 31.** Margulies M, Egholm M, Altman WE, Attiya S, Bader JS, Bemben LA, et al. Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors. *Nature.* 2005; 437:376–80.
- 32.** Shin JM, Luo T, Lee KH, Guerreiro D, Botero TM, McDonald NJ, Rickard AH. Deciphering Endodontic Microbial Communities by Next-generation Sequencing. *J Endod.* 2018; 44:1080–87.
- 33.** Manoil D, Al-Manei K, Belibasakis GN. A Systematic Review of the Root Canal Microbiota Associated with Apical Periodontitis: Lessons from Next-Generation Sequencing. *Proteomics Clin Appl.* 2020; 14(3):e1900060
- 34.** Nardello LCL, Amado PPP, Franco DC, Cazares RXR, Nogales CG, Mayer MPA, Karygianni L, Thurnheer T, Pinheiro ET. Next-Generation Sequencing to Assess Potentially Active Bacteria in Endodontic Infections. *J Endod.* 2020;46:1105-12.
- 35.** Kesim B, Ülger ST, Aslan G, Cudal H, Üstün Y, Küçük MÖ. Amplicon-based next-generation sequencing for comparative analysis of root canal microbiome of teeth with primary and persistent/secondary endodontic infections. *Clin Oral Investig.* 2023;27:995-1004.
- 36.** Amaral RR, Love RM, Braga T, Souza Côrtes MI, Rachid CTCC, Rôças IN, Siqueira JF Jr. Impact of root canal preparation using two single-file systems on the intra-radicular microbiome of teeth with primary apical periodontitis. *Clin Oral Investig.* 2024;28:139.
- 37.** Pérez-Carrasco V, Uroz-Torres D, Soriano M, Solana C, Ruiz-Linares M, Garcia-Salcedo JA, Arias-Moliz MT. Microbiome in paired root apices and periapical lesions and its association with clinical signs in persistent apical periodontitis using next-generation sequencing. *Int Endod J.* 2023;56:622-636.
- 38.** Keskin C, Demiryürek EÖ, Onuk EE. Pyrosequencing Analysis of Cryogenically Ground Samples from Primary and Secondary/Persistent Endodontic Infections. *J Endod.* 2017;43:1309-16.

Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerin Kırılma Direnci Araştırmalarında Yayın Eğilimleri: Son 5 Yılın Bibliyometrik Analizi

Publication Trends In Fracture Resistance Research Of Endodontically Treated Teeth: A Bibliometric Analysis Of The Last 5 Years

ÖZ

Amaç: Bibliyometrik analizler nicel ölçümler kullanarak bilimsel literatürü ayrıntılı olarak değerlendirmeyi sağlamaktadır. Basılmış makaleler, dergiler, yazarlar, atıflar gibi başlıkların incelenmesinin yanında makalelerin yıllara göre dağılımı, ülkelerin bilimsel etkinliği gibi verileri ortaya koyan önemli bir analiz tipidir. Bu çalışmanın amacı, endodonti alanında son 5 yılda yayınlanmış endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci araştırmalarının yayın eğilimlerinin ayrıntılı bibliyometrik analizini sunmaktır.

Gereç ve Yöntemler: Web of Science çevrimiçi veri tabanı kullanılarak 2019 ile 2023 tarihleri arasında endodonti alanında kırılma direnci ile ilgili yayınlanan çalışmalarını kapsayan bir literatür taraması yapıldı. Ayrıntılı tarama sonrası seçilen her makale için başlık, dergi adı, ilk yazar, ülke, yıl, atıf, anahtar kelimeler gibi parametreler kaydedildi.

Bulgular: Anahtar kelimeler ile tarama yapıldıktan sonra dahil edilme kriterleri uygulanarak duplikasyonlar çıkarıldı ve toplam 178 makale çalışmaya dahil edildi. Bu makaleler içinde en çok atıf alan makalenin 2021 yılında yayınlanan ve 92 atıf alan bir orijinal araştırma makalesi olduğu gözlemlendi. En fazla makalenin yayınlandığı yılın ise 2021 olduğu tespit edildi. Dahil olan ülkelere en fazla katkıyı Brezilya'nın yaptığı görüldü.

Sonuç: Bu bibliyometrik analizde endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci hakkında son 5 yılda yapılan çalışmalar incelenerek konunun gelişim süreci ve yayınlanma eğilimleri hakkında araştırmacılara yol gösterici verilere ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bibliyometri, Bibliyometrik Analiz, Endodonti, Kırılma Direnci, Atıf.

ABSTRACT

Objective: Bibliometric analyses provide detailed evaluation of scientific literature using quantitative measurements. In addition to examining titles such as published articles, journals, authors, citations, it is an important type of analysis that reveals data such as the distribution of articles by year and the scientific activity of countries. The aim of this study is to present a detailed bibliometric analysis of the publication trends of endodontically treated teeth fracture resistance studies published in the field of endodontics in the last 5 years.

Materials and Method: A literature review covering studies published on fracture resistance in the field of endodontics between 2019 and 2023 was conducted using the Web of Science online database. After detailed screening, parameters such as title, journal name, first author, country, year, citation, and keywords were recorded for each selected article.

Results: After scanning with keywords, duplicates were removed by applying the inclusion criteria and a total of 178 articles were included in the study. It was observed that the most cited article among these articles was an original research article published in 2021 and received 92 citations. It was determined that the year in which the most articles were published was 2021. It was seen that Brazil made the most contributions from the included countries.

Conclusion: In this bibliometric analysis, studies on the fracture resistance of endodontically treated teeth in the last 5 years were examined and guiding data was obtained for researchers about the development process of the subject and publication trends.

Key Words: Bibliometrics, Bibliometric Analysis, Endodontics, Fracture Resistance, Citation.

Sena KAŞIKÇI¹

ORCID: 0000-0003-4270-9467

Ebru ŞİRİNOĞLU¹

ORCID: 0009-0003-9802-0009

¹Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Endodonti AD,
Kocaeli, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 28.06.2024

Kabul/ Accepted: 13.07.2024

İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Sena KAŞIKÇI

Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği

Fakültesi, Endodonti AD,

Kocaeli, Türkiye

E-mail: kasikcisena1@gmail.com

GİRİŞ

Kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin kırılma olasılığı artmaktadır, bu durum kırılma direncinin ve dayanıklılığın azalmasına yol açmaktadır. Dişte bulunan çürükler, giriş kavitesi, kök kanal preparasyonu gibi etmenlerden kaynaklanan yapı kaybı bu durumun nedenleri arasında gösterilmektedir. (1). İrrigantlar ve kanal içi medikamentler, endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin kırılma direncini etkilemektedir (2). Endodontik giriş kavitesi fonksiyon sırasında tüberküllerin kırılma riskini artırmaktadır (3,4). Kök kanal tedavisi yapılmış olan dişlerin ağız içerisinde kalması, kök kanal tedavisinin etkinliğine ve kalan dentin kalınlığı ile tedavi sonrası görülen iyileşmeye bağlıdır (5). Vertikal kök kırığı Amerikan Endodontistler Birliği'ne göre; kökün apeksten başlayıp koronal kısmına doğru ilerleyen uzunlamasına bir kırıktır (6). Literatüre göre ise vertikal kök kırıkları endodontik tedavili dişlerin kaybedilmesinin üçüncü en sık görülen sebebidir (7). Vertikal kök kırıklarının teşhisinin konulması zordur. Vertikal kök kırıklarının; fiziksel travma, oklüzal erken temaslar, tekrarlayan ağır ve stresli çiğneme, rezorpsiyonlu zayıf dişler ve iyatrojenik diş tedavilerinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Vertikal kök kırığı kanal tedavili dişlerin çekilmesinin en yaygın sebebi olmakla birlikte buna neden olduğu düşünülen en yaygın dental prosedür, olması gerekenden daha fazla madde kaybına sebep olan endodontik tedavilerdir (8,9). Kırılma direncini değerlendiren yöntemler arasında Universal Test Cihazı ile kırılma direnci testi ve sonlu elemanlar analizi kullanılarak yapılan kırılma direnci testi bulunmaktadır (10-12). Universal test cihazı ile kırılma direnci testinde kullanılan diş örnekleri, Universal test cihazında yerleştirilecekleri yuvaya uygun boyutlarda olacak şekilde, otopolimerizan akrilik bloklara gömülür (13,14). Düzeneğe yerleştirilen numunelere, uygun bir uç kullanılarak önceden belirlenmiş bir eksen boyunca ve kontrollü bir hızda kuvvet uygulanır. Kırılma direnci testi sırasında uygulanan kuvvetin hızı genellikle 1 mm/dk olarak ayarlanır. Kırığın oluştuğu an, kuvvetteki ani bir düşüşle belirlenir ve maksimum kuvvet (Fmax), test cihazındaki yük hücresi tarafından Newton (N) cinsinden ölçülüp kaydedilir (15,16). Kırılma direnci testlerinde sonlu elemanlar analizi kullanıldığında, CBCT taramalarından elde edilen görüntüler veya literatürdeki diş ölçüleri kullanılarak bilgisayar tabanlı yazılımlarda üç boyutlu modeller oluşturulur. Materyal özellikleri yazılıma eklendikten sonra, bu üç boyutlu modellere kuvvet uygulanır. Kuvvet değerleri, kırılma türleri ve modeldeki stres dağılımı kaydedilir ve analiz edilir (15,17). Bibliyometri, literatür sistemini ve bibliyometrik özelliklerini araştıran, literatürün

niceliksel ve niteliksel analizlerini yapan bir bilişim dalıdır. Bu yöntem, araştırma alanının dağılımını, ilişkisini ve kümelenmesini niceliksel olarak ölçer (18). Akademik çalışmanın güvenilirliğini, kalitesini ve etkisini değerlendirmek için kullanılan yaygın tekniklerden biridir (19). Farklı yazarların, ülkelerin, bölgelerin, kurumların, disiplinlerin ve dergilerin katkılarını ve etkilerini içerebileceği gibi, araştırma faaliyetlerinin durumunu, eğilimlerini ve sınırlarını da değerlendirebilir. VOSviewer bu alanda veri analizi ve görselleştirme için yaygın olarak kullanılan bir bibliyometrik görselleştirme aracıdır (20). Endodonti alanında bibliyometrik analiz ilk olarak, Fardi ve ark. tarafından 2011'de yüksek faktörlü alan dergilerinden biri olan Journal of Endodontics dergisinde yayınlanmıştır (21).

Kök kırıklarının kritik önemi ve dişin ağızda kalma süresine etkisi düşünüldüğünde, çok düşük düzeyde bir zarar bile klinik açıdan önem taşır. Kanal tedavisi görmüş dişlerin kırılma direnci endodontik açıdan da önem taşıdığından bu konu üzerine endodonti alanında çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

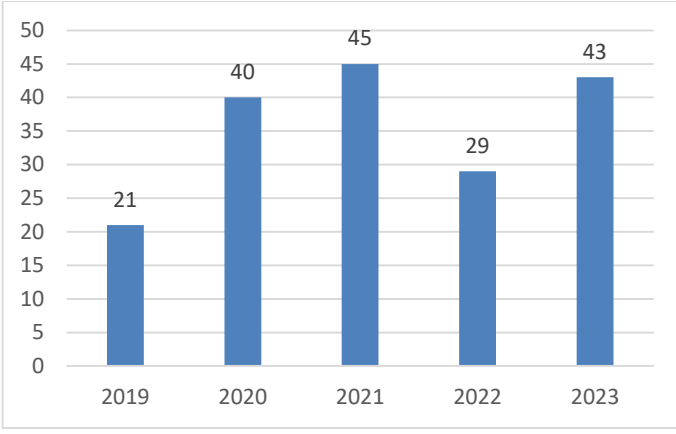
Bu çalışmanın amacı, endodonti alanında son 5 yılda yayınlanmış kırılma direnci araştırmalarının yayın eğilimlerinin ayrıntılı bibliyometrik analizini sunmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Web of Science çevrimiçi veri tabanı kullanılarak 2019 ile 2023 tarihleri arasında endodonti alanında kırılma direnci ile ilgili yayınlanan çalışmaları kapsayan bir literatür taraması yapıldı. "Fracture resistance" ya da "vertical root fracture" ve "endodontics" anahtar kelimeleri ile tarama yapıldı. Anahtar kelimeler ile tüm dahil edilme kriterleri uygulanıp duplikasyonlar çıkartıldı. Bildiriler, editöre mektuplar, veri belgeleri ve erken erişim yayınları tarama dışı bırakıldı. Taramaya orijinal çalışma makaleleri ve derleme makaleler dahil edildi. Toplamda 178 makale çalışmaya dahil edildi. Ayrıntılı inceleme sonrası seçilen her makale için başlık, dergi adı, ilk yazar, ülke, yıl, atıf, anahtar kelimeler gibi parametreler kaydedildi ve tek & çift yönlü ANOVA istatistiksel testleri ile veri analizleri yapıldı.

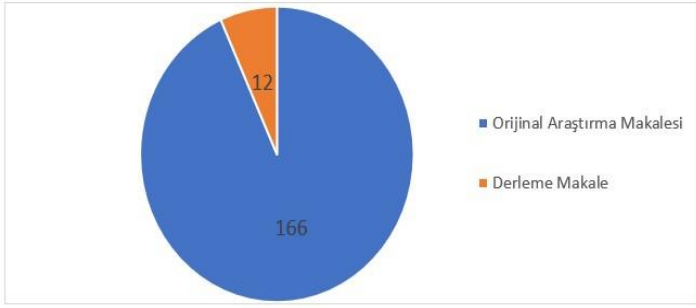
BULGULAR

2019 ve 2023 yılları arasında dünya genelinde yayınlanmış olan çalışmalar incelendiğinde en fazla makale yayınlanan yıl toplamda 45 makale ile 2021 yılı olmuştur. 2021 yılını takiben en fazla çalışma yapılan yıllar 43 makale ile 2023 yılı ve 40 makale ile 2020 yılıdır (Şekil 1).



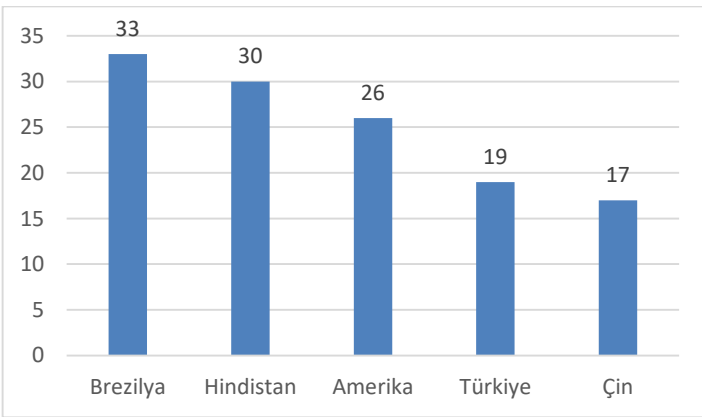
Şekil 1. Yıllara göre yayınlanan makale sayısı.

Yayınlanan makalelerin % 93'ü orijinal araştırma makalesi iken % 7'si derleme makalelerinden oluşmaktadır (Şekil 2).



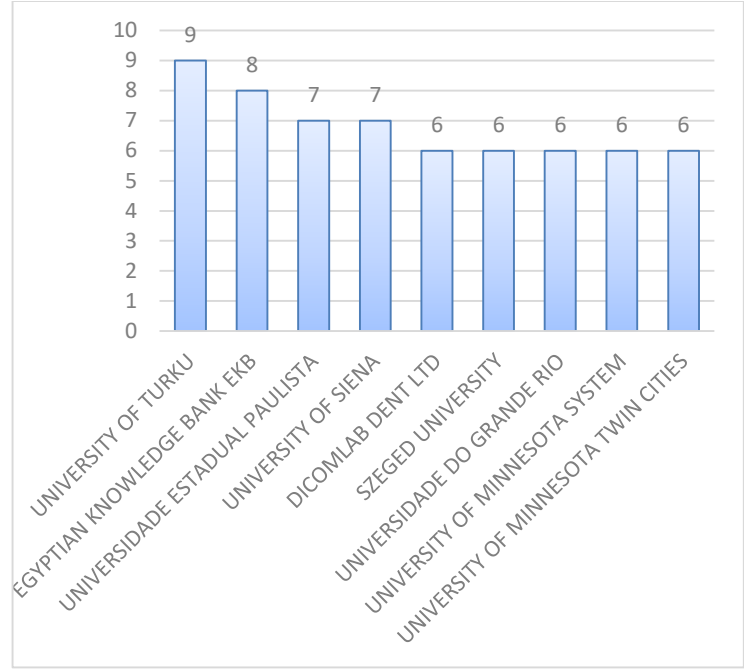
Şekil 2. Makale türleri.

Yayınlanan makaleler ülke bazında 33 makale ile en çok Brezilya'dan olup, bunu 30 makale ile Hindistan takip etmektedir. Türkiye ise 19 makale ile en çok çalışma yapan ülkeler arasında dördüncü sırada bulunmaktadır (Şekil 3).



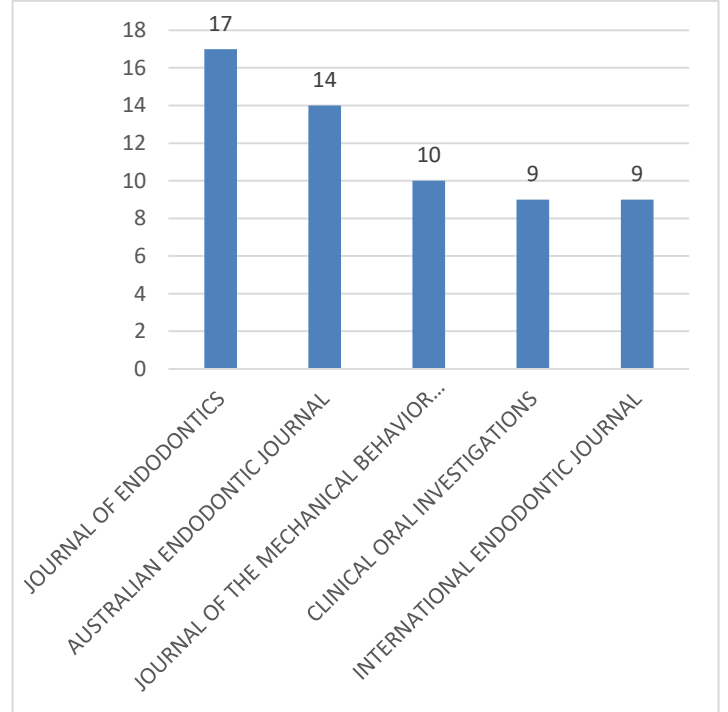
Şekil 3. En çok yayın yapan ülkeler ve yayın sayıları

Konu ile ilgili yayınlanan makalelere katkı sağlayan kurumlar arasında en fazla katkı 9 adet makale ile Turku Üniversitesi (University of Turku, Finlandiya) olmuştur (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışmaların yapıldığı kurumlar.

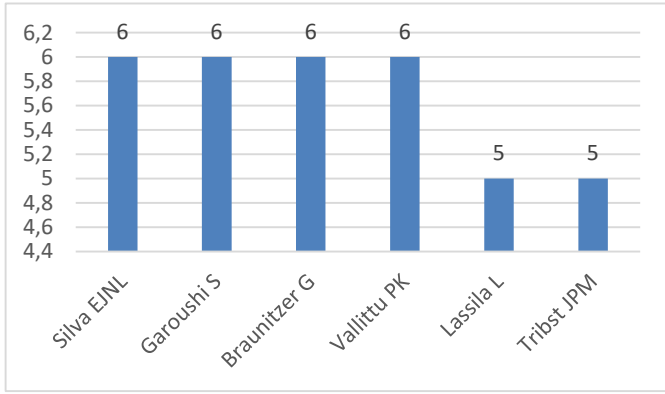
Yapılmış olan çalışmalara en çok yer veren dergiler incelendiğinde ilk sırada 17 adet makalenin yayınlandığı Journal of Endodontics bulunmaktadır. Bu dergiyi takiben ikinci sırada 14 adet makale yayını ile Australian Endodontic Journal ve ardından 10 adet makale yayını ile Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials yer almaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışmaların yayınlandığı dergiler.

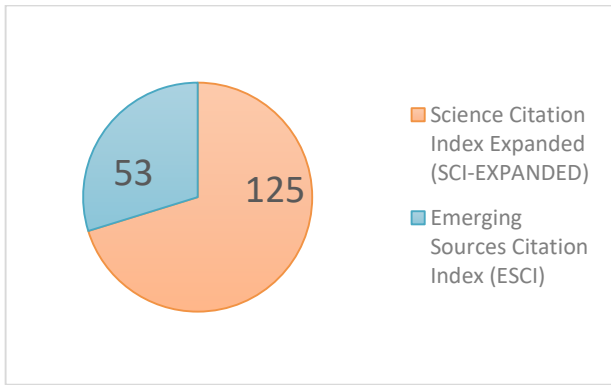
Konuya çalışmaları ile katkı sağlayan yazarlar incelendiğinde ilk sırayı 6 adet çalışma ile Silva ENJL, Garoushi S, Braunitzer G, Vallittu PK paylaşmaktadır.

Bu yazarları ise yaptıkları beşer adet çalışma ile Lassila L ve Tribst JPM takip etmektedir (Şekil 6).



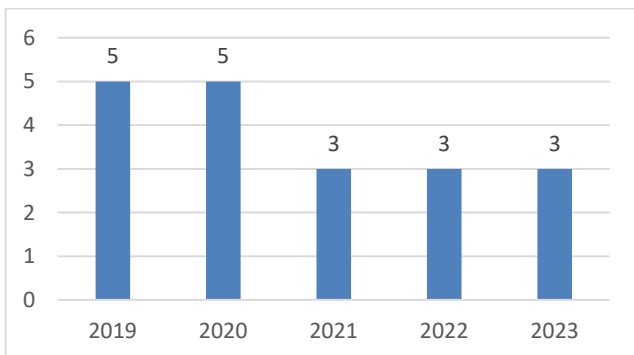
Şekil 6. Katkı sağlayan yazarlar.

Yapılan çalışmalar yayınlanan dergilerin indekslerine göre incelendiğinde; çalışmalar %70 oranında Science Citation Index Expanded (SCI- Expanded) dergilerde yayın olurken %30 oranında Emerging Sources Citation Index (ESCI) dergilerde yayın olmuştur (Şekil 7).



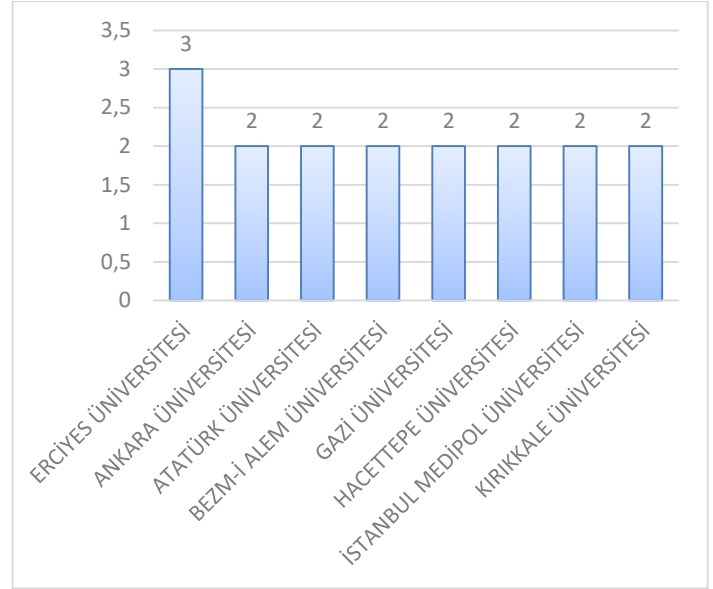
Şekil 7. Yayınların yer aldığı dergi indeksleri oranı ve yapılan çalışma sayıları.

En çok atıf alan makale 92 atıf ile Journal of The Mechanical Behavior of Biomedical Materials dergisinde yayınlanan Hindistan merkezli orijinal araştırma makalesi olmuştur (22). Ülkemizde konu ile ilgili yapılan 19 adet çalışmanın yıllara göre dağılımı incelendiğinde en çok çalışma yapılan yıllar beşer adet makale ile 2019 ve 2020 yılları olmuştur (Şekil 8).



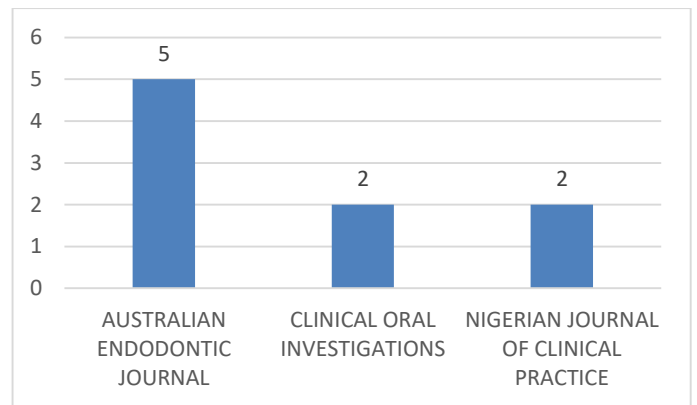
Şekil 8. Ülkemizde yapılan çalışmaların yıllara göre dağılımı.

Türkiye’de yapılmış olan çalışmaların tamamı orijinal araştırma makalesidir. Ülkemizde yapılan çalışmalar kurum bazında incelendiğinde en fazla çalışma 3 adet makale ile Erciyes Üniversitesinde yapılmış olup bunu ikişer adet makale ile Ankara Üniversitesi, Atatürk Üniversitesi, Bezm-i Alem Üniversitesi, Gazi Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul Medipol Üniversitesi ve Kırıkkale Üniversitesi takip etmektedir (Şekil 9).



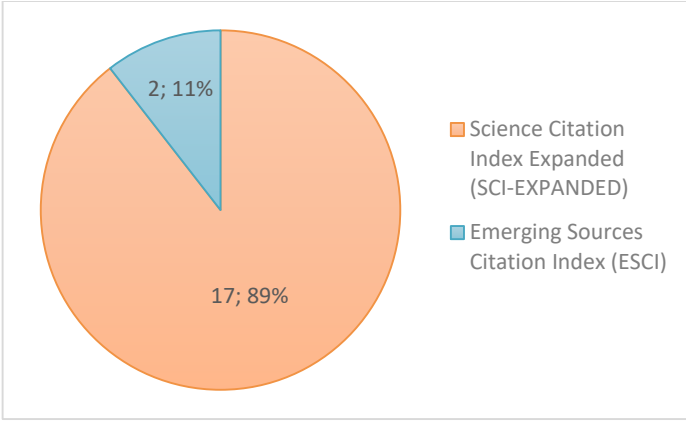
Şekil 9. Ülkemizde çalışmaların yapıldığı kurumlar.

Türkiye’de yapılmış olan çalışmaların en çok yayınlandığı dergiler incelendiğinde ilk sırada 5 adet yayın ile Australian Endodontic Journals bulunmaktadır. Bu dergiyi üçer adet yayın ile Clinical Oral Investigations ve Nigerian Journal of Clinical Practice takip etmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Ülkemizde yapılan çalışmaların yayınlandığı dergiler.

Ülkemizde yapılmış olan çalışmaların yayınlandığı dergiler indekslerine göre incelendiğinde; çalışmalar % 89 oranında Science Citation Index Expanded (SCI-Expanded) dergilerde yayın olurken % 11 oranında Emerging Sources Citation Index (ESCI) dergilerde yayın olmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. Ülkemizde yapılan çalışmaların yer aldığı dergi indeksleri oranı ve yapılan çalışma sayıları.

Ülkemizde yapılan çalışmalar arasında en çok atıf alan makale 12 atıf ile Australian Endodontic Journal dergisinde yayınlanan, Erciyes Üniversitesinde yapılmış olan orijinal araştırma makalesi olmuştur (23).

TARTIŞMA

Bibliyometrik analiz, bir araştırma konusu veya alanının akademik faaliyet yapısını ve ortaya çıkan eğilimleri ortaya koymak için büyük miktarda veriyi özetler (24). Bu çalışmada endodonti alanında çekilmiş dişler üzerinde yapılan kırılma direnci araştırmalarının yayın eğilimlerinin son 5 yıllık süreci bibliyometrik olarak incelenmiştir. Dünya genelinde yayın yapılmış olan yıllara bakıldığında en çok yayın yapılan yılın 45 makale ile 2021 yılı olmasına karşın 2023 yılında 43 makale yayınlanmış olması arada büyük bir fark olmadığını göstermektedir. Ülkemiz genelinde baktığımızda ise konu ile ilgili yayınlanan makale sayısı azalma gösterse de arada büyük bir fark bulunmamaktadır. Günümüzde bu konu hala popülerliğini korumakta olup üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar büyük oranda orijinal araştırma makalesi olup derleme makaleler daha küçük bir orana sahiptir. Ülkemizde yapılmış olan tüm çalışmaların da orijinal araştırma makalesi olduğu görülmüştür. Bu durum; orijinal araştırma makalelerinin daha fazla yayın şansı bulmasına bağlanabilir. Yapılan analiz sonucuna göre bu konuda en çok çalışma yapan ülkenin Brezilya olduğu görülmüştür. Konu ile ilgili en çok yayın yapan yazarlar arasında da Brezilyalı yazar Silva bulunmaktadır. Ülkemiz bu sıralamada 19 makale ile dördüncü sırada yer almaktadır. Genel itibarıyla bakıldığında konuya katkı sağlayan çok sayıda ülke arasından dördüncü sırada yer almanın iyi bir başarı olduğu düşünülmektedir. Brezilya ile ülkemiz arasında böyle bir fark bulunması bu konunun Brezilya'da daha popüler olduğunu gösterebilir. Ancak ülkemizde de konu ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Dünya

genelinde konu ile ilgili yapılan çalışmaların yapıldığı kurumlar incelendiğinde ilk sırada Turku Üniversitesi olduğunu görmekteyiz. Ülkemizde ise en çok Erciyes Üniversitesinde yayın yapılmıştır. Analiz sonuçlarına baktığımızda ilk sırada yer alan kurum ile diğer kurumlar arasında belirgin bir fark olmaması konunun genel anlamda ilgi çektiğini ve birçok kurumun çalışmaları ile konuya dahil olduğunu göstermektedir. Mevcut analizden elde edilen bulgulara göre dünya genelinde yapılmış olan çalışmaların % 70'i ve ülkemizde yapılmış olan çalışmaların % 89'u Science Citation Index Expanded (SCI- Expanded) indeksli dergilerde yayın olmuştur. Dünya genelinde yapılan yayınlara en çok yer veren dergi Journal of Endodontics dergisidir. Ülkemizde yapılmış olan çalışmalar ise en çok Australian Endodontic Journal dergisinde yayınlanmıştır. Çalışma sonucunda; yapılan çalışmaların SCI-Expanded indeksli dergilerde yayın olma şansının yüksek olduğu ve akademik başarıyı olumlu anlamda etkileyecek çalışmalar yapılabileceği sonucuna varılabilir. Dünyada ve ülkemizde yapılmış

SONUÇ

olan çalışmalara en çok yer veren dergilerin SCI-Expanded indeksli olması bu sonucu destekler niteliktedir.

Endodontik tedavi görmüş dişlerin kırılma direnci; üzerinde çalışılmaya devam edilen önemli bir konudur. Bu bibliyometrik analizde; endodontide çekilmiş dişlerin kırılma direnci hakkında son 5 yılda yapılan çalışmalar incelenerek bu çalışmaların yıl, yayınlanan dergi ve yayınlanma trendi gibi özellikleri belirlenmiştir. Genel olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde ülkemizin konuya olan katkısının büyük olduğu görülmektedir. Yapmış olduğumuz bibliyometrik analiz sonucunda bu konuda çalışma yapacak olan araştırmacılara yol gösterici verilere ulaşılmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 19-22 Mayıs 2024 tarihinde 10. Uluslararası Endodonti Sempozyumu'nda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. Trope M, Langer I, Maltz D, Tronstad L. Resistance to fracture of restored endodontically treated premolars. Endod Dent Traumatol. 1986;2(1):35-8.
2. Maxwell EH, Braly BV, Eakle WS. Incompletely fractured teeth--a survey of endodontists. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1986;61(1):113-7.

3. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1992;67(4):458-67
4. Panitvisai P, Messer HH. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. *J Endod.* 1995;21(2):57-61.
5. Santos JM, Palma PJ, Ramos JC, Cabrita AS, Friedman S. Periapical inflammation subsequent to coronal inoculation of dog teeth root filled with Resilon/Epiphany in 1 or 2 treatment sessions with chlorhexidine medication. *J Endod.* 2014;40(6):837-41.
6. American Association of Endodontists Endodontics: Colleagues for excellence-Cracking the cracked tooth code. 2008.
7. Touré B, Faye B, Kane AW, Lo CM, Niang B, Boucher Y. Analysis of reasons for extraction of endodontically treated teeth: A prospective study. *J Endod.* 2011;37(11):1512-5.
8. Patel S, Bhuva B, Bose R. Present status and future directions: vertical root fractures in root filled teeth. *Int Endod J.* 2022;55:804-826.
9. Cohen S, Berman LH, Blanco L, Bakland L, Kim JS. A Demographic Analysis of Vertical Root Fractures. *J Endod.* 2006;32(12):1160-3.
10. Brito-Júnior M, Pereira RD, Veríssimo C, Soares CJ, Faria-e-Silva AL, Camilo CC, et al. Fracture resistance and stress distribution of simulated immature teeth after apexification with mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2014;47(10):958-66.
11. Bayram E, Bayram HM. Fracture resistance of immature teeth filled with mineral trioxide aggregate, bioaggregate, and biodentine. *Eur J Dent.* 2016;10(2):220-224.
12. Aktemur Türker S, Kaşıkçı S, Uzunoğlu Özyürek E, Olcay K, Elmas Ö. The effect of radiotherapy delivery time and obturation materials on the fracture resistance of mandibular premolars. *Clin Oral Investig.* 2021;25(3):901-905.
13. Mello I, Michaud PL, Butt Z. Fracture Resistance of Immature Teeth Submitted to Different Endodontic Procedures and Restorative Protocols. *J Endod.* 2020;1;46(10):1465-9.
14. Aktemur Türker S, Olcay K, Kaşıkçı S, Yurdagül FZ. Reinforcement effect of intra-orifice barrier materials in teeth treated with regenerative endodontic procedure: Research article. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2021;15(2):111-114.
15. Pecora N, Yaman P, Dennison J, Herrero A. Comparison of shear bond strength relative to two testing devices. *J Prosthet Dent.* 2002;88(5):511-5.
16. Khoroushi M, Ziaei S, Shirban F, Tavakol F. Effect of Intracanal Irrigants on Coronal Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth Undergoing Combined Bleaching Protocol: An In Vitro Study. *J Dent (Tehran).* 2018;15(5):266-274.
17. Khadar S, Sapkale K, Patil PG, Abrar S, Ramugade M, Huda F. Fracture Resistance and Stress Distribution Pattern of Different Posts-Core Systems in Immature Teeth: An In Vitro Study and 3D Finite Element Analysis. *Int J Dent.* 2022;2022:2610812.
18. Ma D, Guan B, Song L, Liu Q, Fan Y, Zhao L, et al. A Bibliometric Analysis of Exosomes in Cardiovascular Diseases From 2001 to 2021. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:734514.
19. Ellegaard O, Wallin JA. The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? *Scientometrics.* 2015;105(3):1809-31.
20. Wei N, Xu Y, Li Y, Shi J, Zhang X, You Y, et al. A bibliometric analysis of T cell and atherosclerosis. *Front Immunol.* 2022;13:9483114.
21. Fardi A, Kodonas K, Gogos C, Economides N. Top-cited articles in endodontic journals. *J Endod.* 2011;37(9):1183-90.
22. Shilpa-Jain DP, Krithikadatta J, Kowsky D, Natanasabapathy V. Effect of cervical lesion centered access cavity restored with short glass fibre reinforced resin composites on fracture resistance in human mandibular premolars- an in vitro study. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021;122:104654.
23. Aslan T, Üstün Y, Esim E. Stress distributions in internal resorption cavities restored with different materials at different root levels: A finite element analysis study. *Aust Endod J.* 2019;45(1):64-71.
24. Donthu N, Kumar S, Mukherjee D, Pandey N, Lim WM. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *J Bus Res.* 2021;133:285-96.

Üç Farklı Yapıdaki Cad/Cam Materyaller İle Kompozit Resinler Arasında Oluşan Bağlantının İncelenmesi

Investigation Of The Bond Strength Between Three Different Structure Cad/Cam Materials And Composite Resins

ÖZ

Amaç: Üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyaller ile bu materyallerin tamirinde kullanılan kompozit resinler arasında oluşan bağlantı dayanımının incelenmesidir.

Gereç ve Yöntemler: IPS e.max CAD (Ivoclar), Cerasmart (GC), Vita Enamic (Vita Zahnfabric) CAD/CAM materyallerden hazırlanan örnekler, otopolimerizan akrilikle sabitlendi (n=10). Örneklerin üst yüzeyleri 600-1200 SIC zımparayla 60 sn zımparalandı. Hazırlanan CAD/CAM yüzeylere G-aenial Posterior (GC) veya G-aenial Universal Flo (GC) 2-mm yüksekliğinde üretici firma önerileri doğrultusunda uygulandı. Tüm CAD/CAM yüzeylere G-Multi Primer ve G2 Bond Universal kullanıldı. Tüm CAD/CAM yüzeylerinde kompozitler bir teflon kalıp kullanılarak uygulandı ve polimerize edildi. 24 saat etüvde bekletmenin arkasından, hazırlanan örneklerin tamamına makaslama (Shear) bağlanma dayanım testi uygulandı. Örnek yüzeyleri stereomikroskop ile incelenerek kırılma tipleri belirlendi. Başarısızlık tipleri adeziv, koheziv ve mix olarak sınıflandırıldı ve kaydedildi. Veriler tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Tukey HSD testi kullanılarak analiz edildi (p < 0,05). Kırılma tipleri Ki-kare testi kullanılarak değerlendirildi.

Bulgular: Her iki kompozit materyali de Vita Enamic ve Cerasmart'a benzer bağlanma dayanım değerleri ile bağlanırken, IPS e.max CAD'e olan bağlanma diğer CAD/CAM materyallerden düşük bulunmuştur. IPS e.max CAD materyalinde genel olarak adeziv tipte kırılma, Vita Enamic ve Cerasmart materyallerinde ise koheziv tipte kırılmalar görülmüştür.

Sonuç: Kompozit materyaller resin bazlı CAD/CAM materyaller olan Cerasmart ile Vita Enamic'e yüksek değerlerle bağlanırken, IPS e.max CAD'e daha düşük değerlerle bağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CAD/CAM, Kompozit Resin, Bağlanma Dayanımı.

ABSTRACT

Objective: To investigate the bond strength between CAD/CAM materials of three different structures and composite resins used in the repair of these materials.

Material and Methods: Specimens prepared from IPS e.max CAD (Ivoclar), Cerasmart (GC), Vita Enamic (Vita Zahnfabric) CAD/CAM materials were fixed with autopolymerizing acrylic (n=10). The upper surfaces of the specimens were sanded with 600-1200 SIC sandpaper for 60 seconds. G-aenial Posterior (GC) or G-aenial Universal Flo (GC) 2-mm high was applied to the prepared CAD/CAM surfaces according to the manufacturer's recommendations. G-Multi Primer and G2 Bond Universal were used on all CAD/CAM surfaces. On all CAD/CAM surfaces, the composites were applied and polymerized using a Teflon mold. After 24 hours in the incubator, shear bond strength tests were performed on all prepared specimens. Fracture types were determined by examining at the sample surfaces under a stereomicroscope. Failure types were classified and recorded as adhesive, cohesive and mix. Data were analyzed with one way Analysis of Variance (ANOVA) and Tukey HSD tests (p < .05). Fracture types were evaluated using the Chi-square test.

Results: Both composite materials exhibited similar bond strength values to Vita Enamic and Cerasmart, whereas lower bond strength values to IPS e.max CAD. Generally, adhesive type fractures were observed in IPS e.max CAD material, and cohesive type fractures were observed in Vita Enamic and Cerasmart materials.

Conclusion: Composite materials bonded to Cerasmart and Vita Enamic, which are resin-based CAD/CAM materials, with high values, whereas they bonded to IPS e.max CAD with lower values.

Key Words: CAD/CAM, Composite Resin, Bond Strength.

Rümeysa ANGIN¹

ORCID: 0000-0003-2747-5375

Neslihan TEKÇE¹

ORCID: 0000-0002-5447-3159

¹Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği
Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi,
Kocaeli, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 23.05.2024

Kabul/ Accepted: 15.04.2024

İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Neslihan TEKÇE

Kocaeli Üniversitesi, Diş Hekimliği

Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD,

Kocaeli, Türkiye

E-mail: neslihan_arslann@hotmail.com

Günümüz diş hekimliğinde, bilgisayar destekli tasarım ile bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), sürekli kullanılan bir uygulama olmuştur (1). CAD/CAM teknolojisinde bir tarayıcı sayesinde ağız ortamının sanal olarak üç boyutlu hali dijital ortama aktarılabilir. Üç boyutlu ağız tasarımı sayesinde fiziksel bir modele ihtiyaç duyulmadan frezleme tekniğiyle çeşitli restorasyonların üretimi yapılabilmektedir. Hekimler, CAD/CAM yöntemi ile geleneksel yöntemlerde karşılaşılan ölçü alma ve model elde etme, mum modelaj, döküm, fırınlama, geçici restorasyon yapımı ve seanslı provalar gibi zaman alan birçok işlemi elimine ettikleri için avantaj elde etmektedirler (2,3). CAD/CAM sistemler temel olarak polikristalin seramikler, cam seramikler ve rezin bazlı matriks sistemler olarak sınıflandırılır (2). CAD/CAM sistemler inley-onley, veneer, sabit parsiyel protezler, gece koruyucuları, implant abutmentleri gibi birçok ürün elde edilmesinde kullanılabilir gibi ortodontide de kullanılabilir (3). CAD/CAM sistemler ile yapılan indirekt restorasyonlar klinik olarak iyi performans göstermelerine rağmen, zamana bağlı olarak kullanılan materyalin türüne göre restorasyon yüzeyinde kırık veya aşınmalar görülebilir. Restorasyonların değiştirilmesi maliyeti olan, hem klinisyen hem hasta için zaman gerektiren ve geride kalan diş dokularına zarar verilebilecek bir seçenektir. Bu nedenle, indirekt restorasyonların tamiri hem hasta hem hekim için konservatif bir seçenektir (4,5). Bu çalışmanın amacı, üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyal (lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik ve polimer infiltre seramik) ile onların tamirinde kullanılan akışkan veya tepilebilir kompozit rezin arasında oluşan bağlantı dayanımının makaslama test yöntemi ile ölçülmesidir. Çalışmada oluşturulan hipotezler, “Akışkan kompozit veya tepilebilir kompozit lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallere benzer bağlanma dayanım değerleri sergiler” ve “Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallere bağlanmada akışkan kompozit veya tepilebilir kompozitlerin kullanımı kırılma tiplerini etkilemez” şeklindedir.

Bu çalışmada, Cerasmart (GC Corporation, Tokyo, Japonya), Vita Enamic (Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Almanya) ve IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ile farklı yapıdaki geleneksel kompozit materyaller G-aenial Posterior (GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve G-aenial Universal Flo (GC Corporation, Tokyo, Japonya) kullanıldı. Çalışmada kullanılan materyaller Tablo 1’de sunuldu. Çalışmada kullanılan CAD/CAM materyaller, elmas disk kullanılarak düşük hız kesme cihazında (Metkon, Bursa, Türkiye) kesitlere ayrıldı. Herbir CAD/CAM materyalinden 20 adet kesit alındı. Her bir kesit 2 ± 0.2 mm kalınlığında oluşturuldu. Kesilen IPS e-max CAD neklerin kristalizasyonu tamamlanması için her bir örnek bir seramik fırınında (Programat P300, Ivoclar Vivadent, Liechtenstein) 10 dk boyunca 845°C ’de ısıl işleme maruz bırakıldı. Hazırlanan CAD/CAM kesitler bir yüzeyi açıkta kalacak biçimde otopolimerizan akrilik bloklara gömüldü. Örneklerin üst yüzeyleri, standardizasyon sağlayabilmek için 600 ve 1200 grenli silikon karbit (SIC) zımparalar ile 60 saniye boyunca su altında zımparalandı. Daha sonra, örneklerin kompozit rezin bağlanacak yüzeylerine frez yardımıyla 10 sn pürüzlendirme işlemi yapıldı. Çalışmada kullanılan her bir CAD/CAM materyalinden 20’şer örnek hazırlanılarak, toplamda 60 adet kesit oluşturuldu. Arkasından, her bir grup tepilebilir bir kompozit olan G-aenial Posterior veya bir akışkan kompozit olan G-aenial Universal Flo uygulanan gruplar olarak 2 alt gruba ayrıldı. Böylece, toplamda 6 grup oluşturuldu (n=10).

Grup 1: IPS e.max CAD ile hazırlanan örnekler tepilebilir bir kompozit rezin (G-aenial Posterior) ile tamir edildi.

Grup 2: IPS e.max CAD ile hazırlanan örnekler akışkan bir kompozit rezin (G-aenial Universal Flo) ile tamir edildi.

Grup 3: Cerasmart ile hazırlanan örnekler tepilebilir bir kompozit rezin (G-aenial Posterior) ile tamir edildi.

Grup 4: Cerasmart ile hazırlanan örnekler akışkan bir kompozit rezin (G-aenial Universal Flo) ile tamir edildi.

Grup 5: Vita Enamic ile hazırlanan örnekler tepilebilir bir kompozit rezin (G-aenial Posterior) ile tamir edildi.

Grup 6: Vita Enamic ile hazırlanan örnekler akışkan bir kompozit rezin (G-aenial Universal Flo) ile tamir edildi.

Bütün CAD/CAM yüzeylerinde G-Multi Primer (GC Corporation, Tokyo, Japonya) ve G2-Bond Universal (GC Corporation, Tokyo, Japonya) adeziv sistem kullanıldı. Frezle pürüzlendirilen tüm CAD/CAM yüzeylere, üretici firma önerileri doğrultusunda silan içerikli G-Multi Primer uygulandı ve sonrasında kurutuldu. Ardından G2-Bond Universal'de bulunan primer tüm örneklerin yüzeylerine uygulandı ve 10 sn bekletildi.

Primer maksimum hava ile 5sn kurutuldu. Daha sonra G2-Bond Universal'in 2. Aşaması olan adeziv uygulama aşamasına geçildi. G2 Bond Universal bonding ajanı tüm örnek yüzeylere sürüldü ve eşit bir kalınlık oluşturmak için hava-su spreyi ile hafif bir hava uygulandı. Son olarak, LED cihazı Elipar S10 (1200 mW/cm², 3M ESPE, St Paul, MN, USA) ile 20 sn ışık uygulaması gerçekleştirildi.

Adeziv polimerizasyonundan sonra, G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Flo hazırlanmış olan CAD/CAM yüzeylere bir kalıp kullanılarak (2,6 mm çap, 3 mm yükseklikte) enjekte edildi. 3 mm yüksekliğinde kompozit çubuklar 2 tabaka halinde uygulanarak, LED ışık cihazıyla polimerize edildi.

Hazırlanan örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerleri Bisco Shear Bond Tester (Bisco, Schaumburg, IL, ABD) ile ölçüldü. Test cihazındaki başlık ucunun değeri 0.5 mm/dk olarak ayarlandı.

Başarısızlığa sebep olan kuvvetler Newton (N) şeklinde kaydedildi. Elde edilmiş olan kuvvetin materyalin bağlantı alanına (mm²) bölünmesiyle megapascal (MPa) olarak makaslama kuvveti hesaplandı ve kaydedildi. Tüm örneklerin bağlanma yüzeylerindeki başarısızlık tipleri stereomikroskop (M3B, Wild, Heerbrugg, İsviçre) ile X35 büyütme olacak şekilde incelenerek değerlendirildi. Başarısızlık tipleri; adeziv, koheziv ve miks olarak sınıflandırıldı ve kaydedildi.

Elde edilmiş olan bütün verilerin istatistiksel analizinde, SPSS IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corporation yazılımı kullanıldı. Normal dağılıma uygunluk testi Shapiro Wilk ile değerlendirildi. Tek yönlü varyans analizi olan ANOVA'yla tüm verilerin istatistiksel analizi yapıldı ve gruplar arasındaki karşılaştırmalarda ise Tukey HSD testi kullanıldı (P <0.05). Stereomikroskop ile (M3B, Wild, Heerbrugg, İsviçre) 35x büyütme altında örneklerin bağlanma yüzeyleri incelenerek başarısızlık tipleri değerlendirildi. Başarısızlık tipleri; adeziv, koheziv (CAD/CAM, kompozit) ve miks şeklinde sınıflandırıldı. Gruplar arasında kırılma tiplerinin dağılımında farklılık görülüp görülmediği Ki-kare testi kullanılarak değerlendirildi.

Örneklerin makaslama bağlanma dayanım değerleri (MPa) Tablo 2'de ve kırılma tipleri ise, Tablo 3'de sunulmuştur.

G-aenial Posterior için IPS e.max CAD ile Cerasmart (p=0,000) ve IPS e.max CAD ile Vita Enamic (p = 0,000) materyalleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir; Cerasmart ile Vita Enamic (p = 1,000) materyalleri arasında benzer değerler gözlemlendi.

G-aenial Universal Flo için IPS e.max CAD ile Cerasmart (p = 0,001) ve IPS e.max CAD ile Vita Enamic (p = 0,000) materyalleri arasında anlamlı farklılıklar gözlemlendi; Cerasmart ile Vita Enamic (p = 1,000) materyalleri arasında benzer değerler gözlemlendi.

G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Flo IPS e.max CAD materyaline benzer (p = 0,940), Cerasmart'a benzer (p = 0,991) ve Vita Enamic'e benzer (p =0,936) bağlanma dayanım değerleri ile bağlandı. G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Flo Vita Enamic ve Cerasmart materyallerine IPS e.max CAD'den anlamlı olarak yüksek bağlanma dayanım değerleri ile bağlanmıştır (p<0.05).

IPS e.max CAD materyaline bağlanmanın kompozit çeşidi farketmeksizin sıklıkla adeziv tipte bağlanma olduğu görüldü. Cerasmart ile Vita Enamic materyallerinde ise kırılma tipinin kompozit çeşidi farketmeksizin sıklıkla koheziv tipte olduğu görüldü.

Materyal	Firma	İçerik	Tipi	Doldurucu Ağırlığı (%)
CERASMART	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	Bis-MEPP, UDMA, DMA, Silika (40 nm) ve Baryum cam nanopartiküller (300 nm)	Nanoseramik	71
VITA ENAMIC	Vita Zahnfabric, Bad Sackingen, Almanya	Rezin: TEGDMA,UDMA, Dibenzoilperoksit Seramik: 63, Al ₂ O ₃ %20- SiO ₂ %58 – 23, Na ₂ O %9 – 11, K ₂ O %4 – 6, B ₂ O ₃ %0,5 – 2, ZrO ₂ < %1, CaO < %1 .	Polimer İnfiltre Seramik	86
IPS e.max CAD	Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein	(LS2) Lityum Disilikat, Cam Seramik, SiO ₂ Li ₂ O, P ₂ O ₅ , K ₂ O, MgO, Al ₂ O ₃ , ve diğer oksitler	Lityum Disilikat ile Güçlendirilmiş Seramik	70
G-aenial Posterior	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	Pre-polimerize doldurucular (16-17µ): Silika içerikli, Stronsiyum ve Lanthanoid, Flor içerikli İnorganik doldurucular > 100 nm: Floroaluminosilikat Metakrilat monomerleri (UDMA ve dimetakrilat ko-monomerleri) İnorganik doldurucular < 100 nm: silika İz miktarda pigmentler, katalistler	Mikrohibrit posterior kompozit	81
G-aenial Universal Flo	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	%31 (UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA), %69 (Silikon dioksit (16nm), Stronsiyum cam (200nm), Pigment)	Yüksek viskoz enjekte edilebilir kompozit	69
G2 Bond Universal	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	1-PRİMER (4-MET, MDP, MDTP, Dimetakrilat Monomerleri, Distile Su, Aseton, Silikon Dioksit, Foto-başlatıcı) 2-BOND (Dimetakrilat monomerler, Silikon Dioksit, Foto-başlatıcı)	2 şişeli Universal Adeziv	
G-Multi PRIMER	GC CORPORATION, Tokyo, Japonya	Silan, MDP, MDTP	Universal Primer	

UDMA: Uretan dimetakrilat, Bis-MEPP: 2,2-Bis(4-metakriloksiipolietoksifenil)propan, TEGDMA: triethilen glikol dimetakrilat, DMA: dimetakrilat, BisGMA: Bisfenol-A Glisidil Metakrilat, 4-MET: 4-Metakriloksietil trimellitik asit, MDP: 10-metakriloksidisil dihidrojen fosfat, MDTP: 10-metakriloksidisil dihidrojen tiyofosfat, SiO₂: Silisyum dioksit (silika), Al₂O₃: Alüminyum oksit, Na₂O: Sodyum oksit, K₂O: Potasyum oksit, B₂O₃: di-bor trioksit, ZrO₂: Zirkonyum dioksit, CaO: Kalsiyum oksit, LiO: Lityum oksit, MgO: Magnezyum oksit, P₂O₅: Fosfor pentoksit

Tablo 1. Çalışmada kullanılan materyaller.

(MPa) (%25-75 Persantil)				
	Tepilebilir Kompozit		Akışkan Kompozit	
IPS e.max CAD	13.86 (7.48-17.41)	Aa	15.86 (9.90-18.44)	Aa
CERASMART	26.16 (18.13-28.70)	Ab	25.27 (22.15-28.70)	Ab
VITA ENAMIC	25.49 (23.04-27.38)	Ab	26.57 (22.43-29.27)	Ab

***Büyük harfler yatay kıyaslamayı gösterirken, küçük harfler dikey kıyaslamayı gösterir.**

Tablo 2. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi
(Shear Bond Strength Test).

Kırılma Tipi	IPS e.max CAD		Cerasmart		Vita Enamic	
	Tepilebilir kompozit	Akışkan Kompozit	Tepilebilir kompozit	Akışkan Kompozit	Tepilebilir kompozit	Akışkan Kompozit
Adeziv	60%	90%	0%	0%	0%	0%
Koheziv	0%	0%	90%	100%	90%	100%
Mix	40%	10%	10%	0%	10%	0%

Tepilebilir kompozit (G-aenial Posterior)- Akışkan kompozit (G-aenial Universal Flo)

Tablo 3. Yüzdesel olarak kırılma tipleri (%).

TARTIŞMA

Çalışmada oluşturulan birinci hipotez “Akışkan kompozit veya tepilebilir kompozit lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallere benzer bağlanma dayanım değerleri sergiler” reddedilmiştir. Bu çalışmada kullanılan her iki kompozit materyali de lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik olan IPS e.max CAD materyaline, nanoseramik yapıda olan Cerasmart ve polimer infiltre seramik yapıda olan Vita Enamic’den daha düşük bağlanma dayanım değerleri sergilemiştir. Çalışmada oluşturulan ikinci hipotez “Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik veya polimer infiltre seramik yapıdaki CAD/CAM materyallere bağlanmada akışkan kompozit veya tepilebilir kompozitlerin kullanımı kırılma tiplerini etkilemez” reddedilmiştir. Tüm restorasyonların amacı, diş sert dokularının kaybolan fiziksel ve mekanik özelliklerini mümkün olduğu kadar diş benzeri restoratif materyaller ile restore edebilmektir. İndirekt restorasyonların tamirinde kullanılan kompozit rezinlerin indirekt materyallere bağlanma dayanımı oldukça önemli bir konudur. Bu çalışmada, üç farklı yapıdaki CAD/CAM materyallere (lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramik, nanoseramik ve polimer infiltre seramik) iki farklı yapıda kompozit rezin (akışkan veya tepilebilir) bağlanılarak bu materyaller arasında oluşan bağlantı dayanımını incelenmiştir. IPS e.max CAD materyaline bağlanmanın her iki kompozit materyali için de Cerasmart ve Vita Enamic ‘den elde edilen bağlanma dayanım değerlerine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Porselenin kompozit rezin ile tamirinin değerlendirildiği çalışmalarda sıklıkla makaslama bağlantı dayanım testi kullanılmaktadır (7-9). Genel olarak literatürlerde, seramik ve kompozit rezinin optimal bağlanma kuvvetiyle ilgili kesin bir bilgi mevcut değildir. Kalra ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çığneme kuvveti dikkate alındığında tamir materyalinde gerekli olan en düşük bağlantı dayanım

değeri 8-9 MPa olabileceğini bildirmişlerdir (10). Papia ve arkadaşları ise 20 Mpa’lık değerini klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir (11). Bu çalışmada, IPS e.max CAD materyalin G-aenial Posterior ile bağlantısında 13 MPa bağlantı dayanım değeri, G-aenial Universal Flo ile bağlantısında ise 15 MPa’lık bağlantı dayanım değeri elde edilmiştir. Bu değerlerin Papia ve arkadaşlarının çalışmasında bildirilen değerlerden düşük olduğu görülmüştür (11). Bu durumda, IPS e.max CAD’e bağlanma istenilen klinik durumlarda farklı metodolojiler denenebilir. Silanizasyon işlemi, rezin kompozitlerle kalıcı adezyonu sağlamak için substrat yüzeyini aktive eden kritik bir adımdır (7). Günümüzde silan bağlayıcı ajanlar, çoğu indirekt restorasyon için diş hekimliğinde kullanılan altın standart adezyon artırıcıdır (7). Seramik restorasyonların adeziv protokolünde silan kullanılması, porselen ile rezin yapışmasındaki kimyasal bağı geliştirir (12). CAD/CAM seramik materyallere alternatif olarak geliştirilen CAD/CAM hibrit materyaller rezin içeriği sayesinde seramik bloklara kıyasla daha esnek, işlenebilir bir yapıya sahiptir. Hibrit blokların seramik ağırları içermesinden dolayı materyal estetik görünüm ve sağlamlık kazanmaktadır. Hibrit blokların en önemli avantajlarından biri, dental seramik bloklara göre kolay onarılabilir ve üretilebilir olmasıdır (13). Porselen yüzeyine silan uygulandığı zaman hidrolize olarak porselen ile bağlantıya geçmekte ve oluşan metakrilat grupları ise kompozit materyalin metakrilat gruplarıyla reaksiyona girmektedir (14). Hem seramik hem de polimer yapıda olan Vita Enamic’in bağlanma değerinin, IPS e.max CAD’e göre daha yüksek olmasının sebebi Vita Enamic’in yapısında polimer ve nano partikül (ağırlıkça %86 feldspatik porselen, %14 polimer) bulundurmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Yoshihara ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada ise rezin nanoseramik bloklara iki farklı adeziv sistem (silan içeren ve silan içermeyen) uygulamışlar ve bu grupları da kendi içlerinde ikiye ayırmışlardır. Gruplardan bir kısmına silan uygulamasından sonra farklı rezin simanlar

uygulanmıştır. Araştırmacılar makaslama bağlanma testi yaparak örneklerin bağlantı dayanımlarını değerlendirmişlerdir. Çalışmada, silan uygulanmayan tüm örnek gruplarında silan uygulanan örneklerden daha düşük bağlantı dayanım değerleri bildirilmiştir (15). Silan, porselen ile bağlanmayı iyileştiren yardımcı bir ajandır ve diğer yüzey işlemleri (kumlama, elmas frezlerle pürüzlendirme ve/veya asitle dağlama) adeziv sistemle beraber kullanılmalıdır (12). Bu çalışmada kullanılan G2-Bond Universal'ın kullanım talimatlarına göre restorasyon yüzeyi elmas frezle pürüzlendirilmesi önerilmiştir (16). Restorasyon yüzeyi cam seramik veya hibrit seramik içeriyorsa, G2-Bond Universal uygulamasından önce bu yüzeylere G-Multi Primer gibi bir silan bağlama maddesi uygulanması tavsiye edilmiştir (16). Bu çalışmada kullanılan G-Multi Primer'in içeriğinde silan, MDP ve MDTP bulunmaktadır. Silanlar yapılarındaki çift fonksiyonlu gruplar sayesinde birbirine bağlayabilmektedirler. Silan moleküllerin metoksi grupları aynı zamanda rezin kompozitte bulunan metakrilat grupları ve silika partikülleriyle kimyasal bağ oluşturduğu ve bu sayede bağlanma dayanımının artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Silan, kompozitte açığa çıkan dolduruculara silanın yapısındaki siloksan aracılığıyla bağlanır (17). Silanın yanında şişeye eklenen asidik monomer 10-metakriloksididihidrojen fosfat (MDP) zirkonya, alümina ve bazı metallere kimyasal olarak bağlanabilir (18). MDP, başlangıçta metal oksitlere bağlanmak üzere tasarlanmıştır. Fakat daha sonrasında kullanımı oksit seramiklere kadar genişletilmiştir. Ayrıca, MDP uygulanan yüzeylerin ıslanabilirliğini artırması sebebiyle bağlanma dayanımını güçlendirir (19). MDTP (10-metakriloksididihidrojen tiyofosfat) ise değerli metallere bağlanmada etkilidir. IPS e.max CAD akışkan veya tepilebilir kompozit ile tamirinde çoğunlukla adeziv tipte kırılmalar gözlenmesine karşın, Cerasmart ve Vita Enamic bloğun akışkan veya tepilebilir kompozit ile olan kırılma tipi koheziv tipte kırılma olarak tespit edilmiştir. IPS e.max CAD materyalinde daha yüksek oranda adeziv kırılma tipinin olmasının sebebi bu materyale olan bağlanma dayanım değerlerinin diğer CAD/CAM materyallere göre olan bağlanma dayanım değerlerinden daha düşük olması olabilir. İlaveten, kompozit materyaller ile IPS e.max CAD'in içeriğindeki yapısal farklılıklar da bu iki materyalin ara yüzeyinde daha yüksek oranda adeziv kırılma gerçekleşmesine neden olmuş olabilir.

SONUÇ

Kompozit materyaller rezin bazlı CAD/CAM materyaller olan Cerasmart ile Vita Enamic'e yüksek değerlerle bağlanırken, IPS e.max CAD'e daha düşük değerlerle bağlanmıştır. IPS e.max CAD tamir sürecinde farklı yöntemlere başvurmak faydalı olabilir.

Bu çalışmada kullanılan her iki kompozit materyali G-aenial Posterior ve G-aenial Universal Flo da Cerasmart ile Vita Enamic'in tamirinde uygun protokoller ile kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Polat Sağsöz N, Bayındır Y, Cantürk K, Karalar B, Seven N, Sağsöz Ö. Farklı universal bağlayıcı ajanların cad/cam seramiklerin kompozit rezin ile tamiri sonrası bağlanma kuvvetine etkisi. Atatürk Üni Diş Hek Faki Derg. 2019;29(3):381-86.
2. Gracis S, Thompson V, Ferencz J, Silva N, Bonfante E. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. Int J Prosthodont. 2015;28(3):227-35.
3. Blatz MB, Conejo J. The current state of chairside digital dentistry and materials. Dent Clin North Am. 2019;63(2):175-97.
4. Kimyai S, Oskoe SS, Mohammadi N, Rikhtegaran S, Bahari M, Oskoe PA, Vahedpour H. Effect of different mechanical and chemical surface treatments on the repaired bond strength of an indirect composite resin. Lasers Med Sci. 2015;30(2):653-59.
5. Neis CA, Albuquerque NLG, de Souza Albuquerque I, Gomes EA, Souza-Filho CB, Feitosa VP, Spazzin AO, Bacchi A. Surface treatments for repair of feldspathic, leucite - and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. Braz Dent J. 2015;26(2):152-55.
6. Özcan M. Fracture reasons in ceramic-fused-to-metal restorations. J Oral Rehabil. 2003;30(3):265-69.
7. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. Dent Mater. 2018;34(1):13-28.
8. Lundvall PK, Ruyter E, Rønold HJ, Ekstrand K. Comparison of different etching agents and repair materials used on feldspathic porcelain. J Adhes Sci Technol. 2012;23(7-8):1177-86.
9. Sadeghi M, Davari A, Mahani AA, Hakimi H. Influence of different power outputs of er:yag laser on shear bond strength of a resin composite to feldspathic porcelain. J Dent. 2015;16(1):30-6.
10. Kalra A, Mohan MS, Gowda EM. Comparison of shear bond strength of two porcelain repair systems after different surface treatment. Contemp Clin Dent. 2015;6(2):196-200.

- 11.** Papia E, Larsson C, Du Toit M, Von Steyern PV. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: a systematic review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2014;102(2):395-413.
- 12.** Reston EG, Filho SC, Arossi G, Cogo RB, Rocha CS, Closs LQ. Repairing ceramic restorations: final solution or alternative procedure? *Oper Dent.* 2008;33(4):461-66.
- 13.** Nguyen JF, Ruse D, Phan AC, Sadoun MJ. High-temperature-pressure Polymerized Resin-infiltrated Ceramic Networks. *J Dent Res.* 2014;93(1):62.
- 14.** Kimmich M, Stappert CFJ. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc.* 2013;144(1):31-44.
- 15.** Yoshihara K, Nagaoka N, Sonoda A, Maruo Y, Makita Y, Okihara T, Irie M, Yoshida Y, Van Meerbeek B. Effectiveness and stability of silane coupling agent incorporated in “universal” adhesives. *Dent Mater.* 2016;32(10):1218-1225.
- 16.** https://www.gc.dental/europe/sites/europe.gc.dental/files/products/downloads/g2bonduniversal/ifu/IFU_g2bonduniversal_W.pdf. (Erişim tarihi: 02.03.2024)
- 17.** Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *J Esthet Restor Dent.* 2014;26(6):382-93.
- 18.** Hatirli H, Karaarslan Eř, Tekirođlu Yelken Z, Tonga G, Demir O. Hibrid seramik ve kompozit rezin bağlanma dayanımında, farklı yzey hazırlıkları ve üniversal adeziv uygulamalarının etkisi. *Türkiye Klinikleri J Dental Sci.* 2020;26(3):443-49.
- 19.** Ellakwa AE, Shortall AC, Burke FJ, Marquis PM. Effects of grit blasting and silanization on bond strengths of a resin luting cement to Belleglass HP indirect composite. *Am J Dent.* 2003;16(1):53-7.

The Prevalence And Characteristics Of Supernumerary Teeth In Nonsyndromic Dental Patients Of A Turkish Subpopulation

Bir Türk Alt Popülasyonunun Sendromik Olmayan Diş Hastalarında Süpernümerer Dişlerin Prevalansı Ve Özellikleri

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was to determine the incidence of supernumerary premolar teeth (SPs) in a Turkish sub-population of non-syndromic patients using digital panoramic radiography (DPR) based on gender and age. Characteristics such as number, shape, direction, position, eruption status, and degree of formation were also analyzed. The study also aimed to evaluate the incidence of supernumerary premolar teeth and related complications in the community.

Material and Methods: This study was a retrospective analysis of DPRs from 11960 patients. Participants were aged 15 years and over. Statistical analysis was performed using descriptive statistics with SPSS software. The relationship between SP teeth and gender, maxillary-mandibular location, right-left location, unilateral-bilateral distribution, and type was evaluated separately using a one-way chi-squared test. A significance level of 0.05 was used.

Results: The age range of the participants was 15-97 years with a mean age of 38.84 years. Forty-nine SP teeth were found in 35 patients (%0.29). Of the 35 patients with SP teeth, 26 had only one, while the rest had several. 39 SP teeth were fully impacted, 6 partially erupted and 4 fully erupted. 43 were supplemental, 5 conical, and 1 tuberculate. No odontoma was found. No complications were observed in 83.7% (41) of the SP teeth.

Conclusion: The study showed that the incidence of supernumerary premolars in this population was 0.29%. Most SPs were impacted and showed no symptoms. Early diagnosis of SPs with digital panoramic radiography is crucial to prevent potential complications.

Key Words: Supernumerary Premolar, Hyperdontia, Dental Anomaly, Complication.

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, sendromik olmayan bir Türk alt popülasyonunda dijital panoramik radyografi (DPR) kullanılarak süpernümerer premolar dişlerin (SPs) görülme sıklığını cinsiyete ve yaşa göre belirlemektir. Sayı, şekil, yön, konum, erüpsiyon durumu ve oluşum derecesi gibi özellikler de analiz edildi. Çalışma ayrıca toplumda süpernümerer premolar dişlerin görülme sıklığını ve buna bağlı komplikasyonları değerlendirmeyi amaçladı.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışma 11960 hastanın DPR'lerinin retrospektif bir analiziydi. Katılımcılar 15 yaş ve üzerindediydi. İstatistiksel analiz SPSS yazılımı ile tanımlayıcı istatistikler kullanılarak yapıldı. SP dişler ile cinsiyet, maksiller-mandibular lokasyon, sağ-sol lokasyon, unilateral-bilateral durum ve tipleri arasındaki ilişki tek yönlü ki-kare testi kullanılarak ayrı ayrı değerlendirildi. Anlamlılık düzeyi 0.05 olarak belirlendi.

Bulgular: Katılımcıların yaş aralığı 15-97, yaş ortalaması 38,84 idi. 35 hastada kırk dokuz SP dişi bulundu (%0,29). SP dişleri olan 35 hastanın 26'sında sadece bir tane, geri kalanında birden fazla vardı. SP dişlerinin 39'u tamamen gömülü, 6'sı kısmen sürmüş ve 4'ü tamamen sürmüştü. 43'ü suplemental, 5'i konik ve 1'i tüberküllüydü. Odontoma bulunamadı. SP dişlerinin %83,7'sinde (41) komplikasyon görülmedi.

Sonuç: Çalışma, bu popülasyonda süpernümerer premolar diş insidansının % 0.29 olduğunu gösterdi. Çoğu SP gömülüydü ve hiçbir semptom göstermedi. SPs'nin dijital panoramik radyografi ile erken teşhisi, olası komplikasyonları önlemek için çok önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Süpernümerer Premolar, Hiperdonti, Dental Anomali, Komplikasyon.

Ashlan ASLAN BALCI¹
ORCID: 0000-0001-6374-0303

Hilal PEKER ÖZTÜRK²
ORCID: 0000-0003-4774-6232

İsmail Hakan AVSEVER¹
ORCID: 0000-0002-2972-2547

¹ T.C. Ministry of Health,
Etimesgut Oral and Dental Health
Center, Department of Dentomaxillofacial
Radiology,
Ankara, Turkey

² University of Health Sciences,
Faculty of Gulhane Dentistry,
Department of Dentomaxillofacial
Radiology,
Ankara, Turkey



Geliş tarihi / Received: 01.06.2024
Kabul tarihi / Accepted: 08.08.2024

İletişim Adresi/Corresponding Adress:
Ashlan ASLAN BALCI

T.C. Ministry of Health,
Etimesgut Oral and Dental Health
Center, Department of Dentomaxillofacial
Radiology, Ankara, Turkey

E-posta/e-mail: aslanaslihan@hotmail.com

INTRODUCTION

Supernumerary teeth (ST) or hyperdontia are developmental number anomaly that defines the condition of having an extra number of teeth (1–3). The exact etiology of supernumerary teeth is unclear, but it is believed to be influenced by both genetic and environmental factors (4). Various theories have been proposed for the origin of supernumerary teeth including atavism, dichotomy, hyperactivity of the dental lamina, third dentition, progress zone theory, and heredity (5–7). ST can affect both deciduous and permanent dentition. The incidence of ST in deciduous dentition is lower than in permanent dentition. This result is thought to have arisen from ST in deciduous dentition being overlooked by parents (4). The prevalence of ST ranges from 0.5-5.3% in permanent dentition and 0.2-0.8% in deciduous dentition in different societies (8–10). The majority of ST are asymptomatic, so they are detected incidentally on dental radiographs during routine dental examinations (11–13). However, they can lead to various complications such as delayed permanent tooth eruption, displacement of permanent teeth, development of odontogenic cysts, rotation of permanent teeth, root resorption, or tooth crowding (14–18). ST is classified based on the teeth's location and morphology into different terms such as mesiodens (between the maxillary central teeth), paramolar (buccally or lingually in the molar tooth region), distomolar (distal to the maxillary third molars), and para-premolar (extra premolar teeth in the premolar region). The incidence of ST is common as follows; mesiodens, maxillary fourth molar, mandibular premolar, maxillary lateral incisor, mandibular fourth molar, and maxillary premolars (11). Supernumerary premolar (SP) teeth or para-premolar teeth are mostly used to describe ST that are morphologically similar to premolars or located in the premolar region (11,17,19). They can present as single or multiple, unilateral or bilateral, erupted or unerupted, in one or both jaws. Multiple supernumerary teeth may be associated with various syndromes, such as cleft palate and lip, cleidocranial dysplasia, Gardner's syndrome, and pycnodysostosis (20–22). The incidence of SP teeth in permanent dentition ranges from 0.07% to 0.26% (23). SP teeth constitute approximately 10% of total ST cases, and the majority of them are located in the mandible (22,24,25). In the reported cases, the incidence of single SP teeth ranges from 76-86%, double SP teeth are 12-23%, and multiple SP teeth are less than 1% of all cases (29). SP teeth are more common in males compared to females (26). The shape of the teeth is associated with their position in the jaws

and has evolved for specific functions (27). Owing to paleontological and forensic purposes, it is very important to classify teeth precisely (28). ST are classified based on their morphological characteristics. The classification of ST includes supplemental, tuberculate, conical, and odontoma types (3,9,17,29). ST can be erupted or impacted, and can also be in an inverted position. Moreover, they can also be ectopically located (30). The eruption of permanent maxillary and mandibular premolar teeth begins between the ages of 10-12, and root development is completed between the ages of 12-14 (1). The initiation of root formation is crucial for the eruption process, which requires both a force to move the teeth and the removal of obstacles in the eruption pathway such as bone, gingival tissues, and deciduous teeth roots (31). Complications such as delayed eruption or impaction of teeth can occur due to the complex nature of the eruption process. The incidence of impacted teeth, excluding third molars, ranged from 5.6% to 18.8% (32). Radiographic examination can reveal impacted or supernumerary teeth (1). The objective of this study is to examine the characteristics of supernumerary premolar teeth, including the number, morphology, orientation, jaw quadrants, eruption status, and degree of formation, using digital panoramic radiography (DPR) among a Turkish subpopulation of non-syndromic dental patients. The study also aims to determine the incidence of SP teeth based on gender and age, evaluate related complications, and contribute to the data on oral health in Turkish society by emphasizing the importance of DPR in the early diagnosis of ST teeth.

MATERIAL AND METHODS

This retrospective study was conducted at the Department of Oral, Dental and Maxillofacial Radiology at Gülhane Faculty of Dentistry, Health Sciences University in Turkey, and analyzed 15,083 dental panoramic radiographs (DPRs) taken between January 2019 and June 2021.

The images were captured using the Planmeca ProMax 2D S3 dental panoramic x-ray machine, with exposure settings of 65-90 kVp, 15 mA, and 13 s, resulting in an effective dose of 21.4 mSv (110 mGy cm). The images were evaluated using the MicroDicom Dicom Viewer (version 3.8.1) program on a computer under consistent conditions.

Patients were divided into age groups (15-29 years, 30-44 years, 45-59 years, 60-74 years, and 75 years and older) and gender, and SP teeth were categorized based on morphological features and complication status.

The supernumerary premolars were classified based on:

- Jaw quadrants; 1st quadrant (R1; right region of maxilla), 2nd quadrant (L1; left region of maxilla), 3rd quadrant (L2; left region of mandible), 4th quadrant (R2; right region of the mandible),
- Side; unilateral, bilateral,
- Eruption status; erupted, semi-erupted, impacted (29),
- Degree of formation; crown only, partial root, whole tooth (17,33),
- Morphologies; supplemental, conical, tuberculate, odontoma (16,17),
- Orientations; vertical, horizontal, inverted, mesioangular, distoangular (33).

In addition, the study evaluated complications of permanent teeth (failure of eruption, displacement, crowding, pathology) and pathologies associated with the SP teeth (cyst development, root resorption, root malformation, decay), and whether the SP teeth were accompanied by other dental anomalies (24,34-36).

The study excluded syndromic patients, individuals under 15 years of age, patients without premolar teeth, those who underwent surgery due to trauma. Radiographs that were duplicates or had magnification, artifact or distortion making them unreadable were also excluded.

The statistical data were collected and analyzed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) software version 22.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA). Descriptive statistics were analyzed by simple division methods. Associations between SP teeth and gender, maxilla-mandible, right-left, unilateral-bilateral, and their morphological types were evaluated separately using Pearson's chi-square test and Fisher's exact test. The difference in the mean age was appreciated with the Mann-Whitney U test and Kruskal Wallis test. The confidence interval was determined as 95% ($p < 0.05$). This retrospective study involving human participants adhered to the ethical standards set forth by the institutional and national research committees, as well as the 1964 Helsinki Declaration and its subsequent amendments, or similar ethical standards. The study was approved by the Gülhane Scientific Research Ethics Committee of the University of Health Sciences in June 2021 (Decision number: 2021/278; Meeting number: 2021/12).

RESULTS

According to the exclusion criteria, 3123 panoramic images were excluded, leaving 11,960 patients (6026 women and 5934 men) in the study. In total, 49 SP teeth were detected in 35 patients (0.29%) (Table 1). The average number of SP per person was 1.4. The patients' age range was 15 to 97 years, with a mean of 38.84 ± 16.32 years. Unilateral SP teeth were more prevalent (77.1%) compared to bilateral SP teeth (22.9%) (Figure 1). The rate of unilateral SP teeth was higher in both genders. Whilst, 26 of SP teeth were located on the left side, 23 were on the right side. More SP teeth were located in the mandible (77.6%) than in the maxilla (22.4%), and this was found to be statistically significant ($p < 0.05$). Thirty-nine of SP teeth were impacted while 6 were partially erupted and 4 were fully erupted. The difference between these eruption status was statistically significant ($p < 0.05$). In terms of development stage, 26 SP teeth had full crowns and roots, 18 had partial roots, and 5 had full crown only. The difference between the formation degrees was statistically significant ($p < 0.05$). The majority of impacted SP teeth (46.2%), that were developed partial roots. The eruption status and development stage of the SP teeth showed a statistically significant difference ($p < 0.05$). Supplementally shaped SP teeth were the most common ($n=43$) followed by conical ($n=5$) and tuberculate ($n=1$). No odontomas were found. There was statistically significant ($p < 0.05$). Vertically positioned SP teeth ($n=37$) were the most common, followed by mesioangularly positioned ($n=6$) and distoangularly positioned ($n=5$). One tooth was in an inverted position. The position of the supernumerary teeth was statistically significant ($p < 0.05$). Of the vertically positioned supernumerary teeth, 54.1% had full crowns and roots, 35.1% had partial root, and 10.8% had full crown. The development stage of an inverted supernumerary tooth had only fully crown. There was a statistically significant difference between the development stages and positions of the supernumerary teeth ($p < 0.05$) (Table 2). Most of the SP teeth (83.7%) were not associated with complications, which was statistically significant ($p < 0.05$). The crowding was observed in 7 SP teeth and was found to be more prevalent than other complications ($p < 0.05$). The only pathology found was caries in one tooth (2%) (Table 3). Furthermore, 55.1% of the SP teeth were single in the jaws, while 44.9% were associated with different dental anomalies (Figure 2) such as supernumerary teeth (96.2%) and odontomas (3.8%) (Table 3). Patients with dental anomalies associated with complications or pathology ranged from 15 to 29 years.

Eruption Status, Degree of Formation, Morphology, Orientation

Patient Number	Gender	Age	Number Of Sp Teeth	Unilateral /Bilateral	Eruption Status, Degree of Formation, Morphology, Orientation	
					Right	Left
PATIENT 1	M	58	1	Uni	-	1 (Mand; I, PR, Supp, V)
PATIENT 2	M	48	1	Uni	1 (Mand; I, PR, Supp, V)	-
PATIENT 3	M	20	1	Uni	-	1 (Mand; SE, T, Supp, MA)
PATIENT 4	M	23	1	Uni	-	1 (Max; I, PR, Con, V)
PATIENT 5	F	18	2	Bi	1 (Mand; I, C, Supp, V)	1 (Mand; I, PR, Supp, V)
PATIENT 6	M	23	2	Uni	2 (Mand; E, T, Supp, V/ S, T, Supp, V)	-
PATIENT 7	M	22	1	Uni	1 (Mand; SE, T, Supp, V)	-
PATIENT 8	M	23	2	Bi	1 (Mand; I, PR, Supp, V)	1 (Mand; I, PR, Supp, V)
PATIENT 9	M	25	4	Bi	2 (Max; E, T, Supp, V/ Mand; I, T, Supp, V)	2 (Max; S, T, Supp, V/ Mand; I, T, Supp, V)
PATIENT 10	F	28	1	Uni	-	1 (Mand; I, PR, Supp, V)
PATIENT 11	F	23	4	Bi	2 (Max; I, PR, Supp, V/ Mand; I, PR, Supp, V)	2 (Max; I, T, Supp, V/ Mand; SE, T, Supp, V)
PATIENT 12	M	43	1	Uni	-	1 (C; I, T, Supp, V)
PATIENT 13	F	36	1	Uni	-	1 (Mand; I, T, Supp, V)
PATIENT 14	M	26	2	Bi	1 (Mand; I, T, Supp, DA)	1 (Mand; I, T, Supp, DA)
PATIENT 15	F	16	1	Uni	1 (Mand; I, C, Supp, V)	-
PATIENT 16	M	27	1	Uni	-	1 (Mand; I, T, Supp, DA)
PATIENT 17	F	18	1	Uni	1 (Mand; I, C, Supp, V)	-
PATIENT 18	M	21	1	Uni	-	1 (Mand; SE, T, Tu, V)
PATIENT 19	M	22	1	Uni	1 (Max; I, C, Supp, V)	-
PATIENT 20	M	27	1	Uni	1 (Mand; I, PR, Con, V)	-
PATIENT 21	M	50	1	Uni	-	1 (Max; I, PR, Supp, MA)
PATIENT 22	M	23	1	Uni	-	1 (Max; I, C, Con, INV)
PATIENT 23	M	27	1	Uni	1 (Max; I, T, Supp, V)	-
PATIENT 24	M	20	1	Uni	1 (Mand; I, PR, Supp, V)	-
PATIENT 25	M	23	1	Uni	-	1 (Mand; I, T, Supp, V)
PATIENT 26	F	51	1	Uni	-	1 (Mand; I, PR, Con, MA)
PATIENT 27	M	23	1	Uni	1 (Mand; I, T, Supp, V)	-
PATIENT 28	M	27	1	Uni	-	1 (Max; I, PR, Con, MA)
PATIENT 29	M	21	2	Bi	1 (Mand; I, PR, Supp, V)	1 (Mand; I, PR, Supp, MA)
PATIENT 30	M	24	1	Uni	1 (Mand; I, PR, Supp, V)	-
PATIENT 31	M	20	3	Bi	1 (Mand; I, T, Supp, V)	2 (Mand; SE, T, Supp, V/ I, T, Supp, V)
PATIENT 32	F	25	2	Bi	1 (Mand; I, T, Supp, V)	1 (Mand; I, T, Supp, V)
PATIENT 33	F	17	1	Uni	-	1 (Mand; I, T, Supp, DA)
PATIENT 34	M	27	1	Uni	-	1 (Max; I, PR, Supp, MA)
PATIENT 35	F	26	1	Uni	1 (Mand; I, T, Supp, DA)	-

Table 1. Features of patients with supernumerary premolars and SP teeth.

* SP, supernumere premolar; F, female; M, male; Uni, unilateral; Bi, bilateral; Max, maxilla; Mand, mandible; C, region of coronoid process; E, erupted; SE, semi-erupted; I, impacted; C, only crown; PR, partial root; T, whole tooth; Supp, supplemental; Con, conical; Tu, tuberculate; O, odontoma; V, vertical; H, horizontal; Inv, inverted; MA, mesioangular; DA, distoangular

	Female		Male		<i>p</i>
	N	%	N	%	
Right	7	30.4	16	69.6	0.980
Left	8	30.8	18	69.2	
Maxilla	2	18.2	9	81.8	0.464
Mandible	13	34.2	25	65.8	
Erupted	0	0	4	100	0.331
Semi-erupted	1	16.7	5	83.3	
Impacted	14	35.9	25	64.1	
Only crown	3	60	2	40	0.435
Partial root	5	27.8	13	72.2	
Whole tooth	7	26.9	19	73.1	
Supplemental	14	32.6	29	67.4	0.768
Conical	1	20	4	80	
Tuberculate	0	0	1	100	
Odontoma	0	0	0	0	
Vertical	12	32.4	25	67.6	0.83
Horizontal	0	0	0	0	
Inverted	0	0	1	100	
Mesioangular	1	16.7	5	83.3	
Distoangular	2	40	3	60	

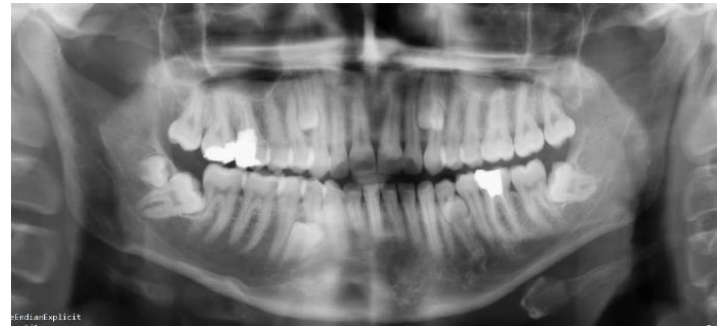


Figure 1. Digital panoramic radiograph of the patient with bilateral supernumerary premolars in the maxilla and mandible.

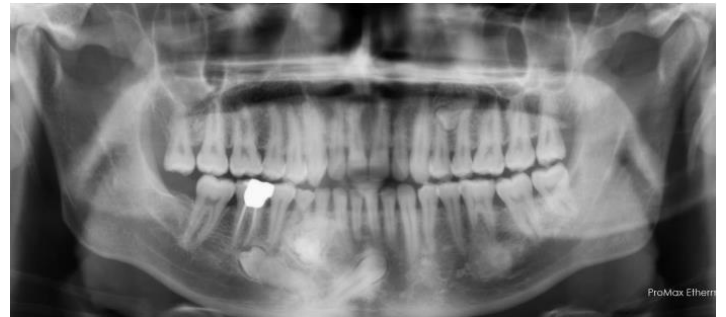


Figure 2. SP teeth with other dental anomalies (supernumerary canine tooth, complex odontoma) in the jaws.

Table 2. Distribution of location, region, eruption status, degree of formation, shape, orientations of the SP teeth according to gender variable and evaluation with Chi-square test ($p>0.05$)

			N	%	P	
Are there any associated complications?	Yes		8	16.3	0	
	No		41	83.7		
	Complication of permanent tooth	Failure of eruption		1	10	0.016
		Displacement		1	10	
		Crowding		7	70	
Pathology			1	10		
Are there any associated pathologies?	Yes		1	2	0	
	No		48	98		
	Pathology of permanent tooth	Cyst development		0	0	0.475
		Root resorption		0	0	
		Dilaceration		0	0	
Decay			1	100		
Does it accompany a different dental anomaly?	Yes		22	44.9	0.475	
	No		27	55.1		
	Dental anomaly	Supernumerer premolar tooth		21	80.77	0
		Supernumerer central tooth		2	7.69	
		Supernumerer distomolar tooth		2	7.69	
Odontoma			1	3.85		

Table 3. Prevalance of the complications and pathology associated with SP teeth, distribution of the SP teeth with another dental anomalies, and evaluation with Chi-square test.

DISCUSSION

A limited number of detailed studies examining the prevalence of SP teeth were found in the literature. A more comprehensive study was not found in Turkey. The first study on this subject was carried out by Rubenstein et al (37) in 1991. Otherwise, the most recent study was conducted by Gunduz et al [38] in Turkey in 1991. Similar studies reported the prevalence of patients with SP teeth from 0.03% to 0.89% (17,19,22,24,29,37,39-42, 43,44.). The differences in prevalence may be due to the sampling method of the participating groups, genetic and environmental factors, and differences in clinics. The results of our study were consistent with the literature. Öztaş et al (29), Hajmohammadi et al (40), Şişman et al (44) reported this value as 1.41, 1.5, 1.2 and 1.5, respectively. In a study conducted in Korea, the mean age of patients with multiple mandibular SP teeth was reported to be 17.8 years, which was lower than in our study (22). Similar to our study, the mean age of patients with multiple ST was reported as 25.5 years by Brinkmann et al (45), and the mean age of patients with SP teeth was reported as 28 years by Öztaş et al (29). Furthermore, Kiso et al (46) reported that 65.1% of ST were SP teeth, whereas this finding was less than 9.3% in people aged 60 years and older. The percentage of patients with SP teeth aged between 15 and 29 years was 82.9%. On the other hand, no SP teeth were found in people over the age of 60 in our study. The reason for this could be that there were fewer older people in the study and that the proportion of SP teeth decreased with age. The teeth were lost for reasons such as caries, trauma, prosthetic reasons, and periodontal disease with age, and therefore the SP tooth and the permanent premolar can be confused with each other. Previous studies have identified two or more teeth as "multiple" (19,34,38,47). Salcido-Garcia et al. (43), Martinez-Gonzalez et al. (24) reported the percentage of patients with only one SP tooth as 53.6% and 53.5%, respectively, and Öztaş et al. Brinkmann et al (48) reported the percentage of patients with only one ST as 69.9%. On the contrary, the percentage in our study was higher (74.3%). Furthermore, the prevalence of multiple SP teeth was 0.075%. This result was found to be lower than that of Kaya's study (19) and higher than that of Hyun's study (22). Hajmohammed et al. (40) and Kantaputra et al. (35) reported unilateral SP teeth in 71.1% and 70.2%, respectively. Similarly, our findings were 77.1%. Lower than this, Kaya et al. (19) showed that 30% of the participants had unilateral SP teeth. In the previous studies, SP teeth located in the mandible ranged from 66.6% to 89.9%, which was similar to ours (17,19,24,29,34,39,40,48). In addition, SP teeth were more common on the right side of the

jaw, as in our study. Amini et al. (49) showed that the supernumerary teeth were equally distributed on the right and left sides. Esenlik et al. (17), Hyun et al. (22), and Kiso et al. (46) reported that SP teeth were located more on the right side in both jaws. In contrast, Herath et al. (50) reported that erupted ST were located more on the left side.

CONCLUSION

More than half of SP teeth (79.6%) were affected, a finding consistent with several studies (19,24,29,33,34,51,52). This finding emphasizes the importance of diagnostic radiology for the detection of ST, as most cases cannot be diagnosed by inspection alone. It has been reported that the shape of ST teeth is usually conical (11,53,54). Some researchers have described the non-extra teeth as dimorphic, heteromorphic or rudimentary (29,38,45,48,50,51). Herath et al [50] found that 98.3% of erupted dentition was dimorphic. On the other hand, the prevalence of additional SP teeth was reported to range from 70.8% to 100% (17,24,29,38,52). These results are compatible with ours. In general, supernumerary teeth differ from the normal tooth shape and are mainly observed in a conical shape. In contrast, SP teeth usually have a complementary shape. Therefore, it may be difficult to determine which of the premolars is the SP tooth on radiographs. Similar to our study, Ma et al. (34), Esenlik et al. (17) and Shokry and Alenazy (51) found that SP teeth were most often in a vertical position. However, Mossaz et al. (52) and Kaya et al. (19) reported that 62.5% and 70% of SP teeth were inclined, respectively. There was no consensus on this issue in the previous studies. Horizontal or inverted SP teeth were rarely found. Few studies were found in the literature that evaluated the complications and pathologies associated with supernumerary teeth. It was expected that SP teeth would lead to complications such as delayed eruption or displacement of the permanent tooth, crowding and pathological conditions such as cysts, root resorption, root malformation and caries. However, contrary to our hypothesis, only eight (16.3%) of all SP teeth were found to have complications and only one tooth was found to have pathology. On the contrary, our study, Kantaputra et al. (35) and Brinkmann et al. (45) frequently found related complications. Similar to our study, crowding is a complication most commonly encountered in a previous study (50). Martinez-Gonzalez et al. (24) and Kaya et al. (19) found lower rates of pathology in SP teeth. These results were compatible with ours. For a correct diagnosis, it is recommended that radiographs be supported by clinical findings. No study has examined the coexistence of supernumerary premolars

with any other dental anomaly. In our study, SP teeth were mostly seen alone in the jaw. In cases where they were seen with another dental anomaly, the anomaly was often the SP tooth. The eruptive movements begin when root formation begins. The erupted teeth are expected to have completed their root development. Gupta et al. (33) found that erupted supernumerary teeth often had completed root and crown development. In agreement with our study, 57% of the erupted teeth were found to have incomplete roots and this result was statistically significant. Our retrospective study of digital panoramic images had some limitations. Because DPR is a two-dimensional imaging method, the buccal-lingual positions of the SP teeth could not be determined, and a complete interpretation of the relationship with the permanent teeth could not be made. Occlusal radiographs can be used in addition to DPR for detailed diagnosis of supernumerary teeth. Instead, cone beam computed tomography, which is a three-dimensional imaging technique, may be sufficient alone (55). In addition, it may not provide accurate results to comment on complications caused by SP teeth in the evaluation made only on the two-dimensional radiographs. Therefore, radiographic examination, in addition to clinical examination and detailed medical history, gives healthier results. Usually, supernumerary premolars are detected as incidental findings on radiographs because they are often impacted and asymptomatic. Although they can cause various complications, early diagnosis of SP teeth can prevent complications that may develop in the future. This study emphasizes the importance of regular dental visits and the use of DPR in dentistry.

ACKNOWLEDGEMENT

Aslıhan ASLAN BALCI analyzed and interpreted the patient data regarding the results of statistics and was a major contributor in writing the manuscript. Hilal PEKER ÖZTÜRK analyzed and interpreted the patient data. İsmail Hakan AVSEVER analyzed and interpreted the patient data. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

1. Farman AG, Nortje CJ, Wood RE. Panoramic Radiologic Appraisal of Anomalies of the Dentition. In: Panoramic radiology seminars. Farman AG editor, 1st ed., Springer; 2007,p 41-72.
2. Laganà G, Venza N, Borzabadi-Farahani A, Fabi F, Danesi C, Cozza P. Dental anomalies: prevalence and associations between them in a large sample of non-orthodontic subjects, a cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2017;17:62.
3. Shah N, Jadhav GR, Mittal P, Logani A. Conservative management of dens evaginatus and attached supernumerary tooth/odontome in mandibular premolar with dual radiolucencies. *Contemp Clin Dent*. 2015;6:S269–73.
4. Raina SA. Supernumerary teeth in premolar and molar regions and their effect on overall restorative treatment plan. *Int J Prosthodont Restor Dent*. 2016;6:98–101.
5. Wang XP, Fan J. Molecular genetics of supernumerary tooth formation. *Genesis*. 2011;49:261–77.
6. Jensen BL, Kreiborg S. Development of the dentition in cleidocranial dysplasia. *J Oral Pathol Med*. 1990;19:89–93.
7. Murashima-Suginami A, Takahashi K, Kawabata T, Sakata T, Tsukamoto H, Sugai M, vd. Rudiment incisors survive and erupt as supernumerary teeth as a result of USAG-1 abrogation. *Biochem Biophys Res Commun*. 2007;359:549–55.
8. Alhashimi N, Abed Al Jawad FH, Al Sheeb M, Al Emadi B, Al-Abdulla J, Al Yafei H. The prevalence and distribution of nonsyndromic hyperdontia in a group of Qatari orthodontic and pediatric patients. *Eur J Dent*. 2016;10:392–6.
9. Bandi S, Nunna M, Palavalli B, Nuvvula S. Favorable outcome of a maxillary supplemental premolar. *Contemp Clin Dent*. 2018;9:659–62.
10. Soin A, Sharma G, Soin G, Raina A, Mutneja P, Nagpal A. Multiple geminated supernumerary premolars: a rare case report. *Case Rep Dent*. 2015;2015:1–4.
11. Gupta S, Goswami M. Asymptomatic nonsyndromic multiple supernumerary premolars. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2012;5:84–6.
12. Chanagay SKV, Singh V, Bantwal SR, Muniyappa M. An unusual case of bilateral maxillary and mandibular para premolar: a case report. *J Dent*. 2013;10:383–7.
13. Santos T de S, Silva ER, Faria AC, de Mello Filho FV, Xavier SP. Multiple supernumerary teeth in a nonsyndromic 12-year-old female patient - a case report. *Braz Dent J*. 2014;25:79–82.
14. Murali R V., Gnanashanmugam K, Rajasekar L, Kularashmi BS, Saravanan B. A rare case of impacted supernumerary premolar causing resorption of mandibular first molar. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015;7:309–13.

- 15.** Kasat V, Saluja H, Kalburge J, Kini Y, Nikam A, Laddha R. Multiple bilateral supernumerary mandibular premolars in a non-syndromic patient with associated orthokeratized odontogenic cyst—a case report and review of literature. *Contemp Clin Dent.* 2012;3:S248-52.
- 16.** Schmuckli R, Lipowsky C, Peltomäki T. Prevalence and morphology of supernumerary teeth in the population of a Swiss community. Short communication. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2010;120:987–93.
- 17.** Esenlik E, Sayin MÖ, Atilla AO, Özen T, Altun C, Başak F. Supernumerary teeth in a Turkish population. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136:848–52.
- 18.** Gibson N. A late developing mandibular premolar supernumerary tooth. *Aust Dent J.* 2001;46:51–2.
- 19.** Kaya GŞ, Yapıcı G, Ömezli MM, Dayı E. Non-syndromic supernumerary premolars. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011;16:e522-525.
- 20.** Parolia A, Kundabala M, Dahal M, Mohan M, Thomas MS. Management of supernumerary teeth. *J Conserv Dent.* 2011;14:221–4.
- 21.** White SC, Pharoah MJ. Dental Anomalies. In: *Oral radiology principles and interpretation.* Editors; Mallya SM, Lam WN, 7th ed., Mosby; 2014, p. 786-861.
- 22.** Hyun HK, Lee SJ, Ahn BD, Lee ZH, Heo MS, Seo BM, vd. Nonsyndromic Multiple Mandibular Supernumerary Premolars. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1366–9.
- 23.** Yassaei S, Goldani Moghadam M, Tabatabaei SMA. Late developing supernumerary premolars: reports of two cases. *Case Rep Dent.* 2013;2013:1–4.
- 24.** Martínez-González JM, Brinkmann JCB, Calvo-Guirado JL, Arias-Irimia O, Barona-Borado C. A clinical epidemiologic analysis of a sample of 73 supernumerary premolars. *J Am Dent Assoc.* 2010;141:1435–41.
- 25.** Ramakrishna A, Rajashekarappa KB. Multiple supplemental supernumerary premolars: unusual presentation in a nonsyndromic patient. *Case Rep Dent.* 2013;2013:1–3.
- 26.** Suga SS, Kruly PDC, Garrido TM, Matumoto MSS, Suga USG, Terada RSS. Radiographic follow-up during orthodontic treatment for early diagnosis of sequential supernumerary teeth. *Case Rep Dent.* 2016;2016:7–13.
- 27.** McCollum M, Sharpe PT. Evolution and development of teeth. *J Anat.* 2001;199:153–9.
- 28.** Mühlreiter E. Anatomie des menschlichen Gebisses, mit besonderer rücksicht auf die bedürfnisse der zahnersatzkunde. *Anat. des Menschl. Gebisses, mit Bes. Rücksicht auf die Bedürfnisse der Zahnersatzkunde.* 2011.
- 29.** Öztaş B, Bardak Ç, Kurşun EŞ, Akbulut N. Clinical characteristics of non-syndromic supernumerary teeth in a cohort of Turkish patients. *Oral Radiol.* 2011;27:108–13.
- 30.** Xue DJ and F. Combined orthodontic-surgical treatment for skeletal class III malocclusion with multiple impacted permanent and supernumerary teeth: case report. *Open Dent J.* 2014;8:43–8.
- 31.** Proffit WR, Frazier-Bowers SA. Mechanism and control of tooth eruption: overview and clinical implications. *Orthod Craniofac Res.* 2009;12:59–66.
- 32.** Fardi A, Kondylidou-Sidira A, Bachour Z, Parisis N, Tsirlis A. Incidence of impacted and supernumerary teeth—a radiographic study in a North Greek population. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2011;16:e56-61.
- 33.** Gupta S, Praveen Kumar P. A study on prevalence, complications, and possible etiologic factors of supernumerary teeth in 6–12-year-old schoolchildren of Rohtak, India. *Indian J Dent Sci.* 2017;9:141.
- 34.** Ma X, Jiang Y, Ge H, Yao Y, Wang Y, Mei Y, vd. Epidemiological, clinical, radiographic characterization of non-syndromic supernumerary teeth in Chinese children and adolescents. *Oral Dis.* 2021;27:981–92.
- 35.** Kantaputra PN, Coury SA, Tan WH. Impaired dentin mineralization, supernumerary teeth, hypoplastic mandibular condyles with long condylar necks, and a TRPS1 mutation. *Arch Oral Biol.* 2020;116:1–4.

36. Açıkgöz A, Açıkgöz G, Tunga U, Otan F. Characteristics and prevalence of non-syndrome multiple supernumerary teeth: a retrospective study. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2006;35:185–90.
37. Rubenstein LK, Lindauer SJ, Isaacson RJ, Germane N. Development of supernumerary premolars in an orthodontic population. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71:392–5.
38. Gündüz K, Avsever H, Orhan K, Canıtezer G, Açıkgöz A, Öz U, vd. A multi-centre evaluation of multiple supernumerary premolar prevalence. *Aust Orthod J.* 2015;31:149–56.
39. Harris EF, Clark LL. An epidemiological study of hyperdontia in American blacks and whites. *Angle Orthod.* 2008;78:460–5.
40. Hajmohammadi E, Najirad S, Mikaeili H, Kamran A. Epidemiology of supernumerary teeth in 5000 radiography films: investigation of patients referring to the clinics of Ardabil in 2015-2020. *Int J Dent.* 2021;2021:1–7.
41. Celikoglu M, Kamak H, Oktay H. Prevalence and characteristics of supernumerary teeth in a non-syndrome Turkish population: Associated pathologies and proposed treatment. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2010;15:4–7.
42. Tetay-Salgado S, Arriola-Guillén LE, Ruíz-Mora GA, Castillo AA Del, Rodríguez-Cárdenas YA. Prevalence of impacted teeth and supernumerary teeth by radiographic evaluation in three Latin American countries: A cross-sectional study. *J Clin Exp Dent.* 2021;13:e363–8.
43. Salcido-García JF, Ledesma-Montes C, Hernández-Flores F, Pérez D, Garcés-Ortiz M. Frecuencia de dientes supernumerarios en una población Mexicana. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2004;9:403–9.
44. Şişman Y, Tarım Ertuş E, Akgünlü F. Süpernümerer premolar dişlerin değerlendirilmesi: klinik bir çalışma. *J Heal Sci.* 2007;16:164–70.
45. Brinkmann JCB, Barona-Dorado C, Martínez-Rodríguez N, Martín-Ares M, Martínez-González JM. Nonsyndromic multiple hyperdontia in a series of 13 patients: epidemiologic and clinical considerations. *J Am Dent Assoc.* 2012;143:e16–24.
46. Kiso H, Takahashi K, Mishima S, Murashima-Suginami A, Kakeno A, Yamazaki T, vd. Third dentition is the main cause of premolar supernumerary tooth formation. *J Dent Res.* 2019;98:968–74.
47. Gurung D, Sun JH, Xie NN, Sun TZ, Shrestha M. Supernumerary teeth and their complications: a cone beam computed tomography study. *JNDA.* 2021;21:46–51.
48. Brinkmann JCB, Martínez-Rodríguez N, Martín-Ares M, Sanz-Alonso J, Marino JS, Suárez García MJ, vd. Epidemiological features and clinical repercussions of supernumerary teeth in a multicenter study: a review of 518 patients with hyperdontia in spanish population. *Eur J Dent.* 2020;14:415–22.
49. Amini F, Rakhshan V, Jamalzadeh S. Prevalence and pattern of accessory teeth (hyperdontia) in permanent dentition of Iranian orthodontic patients. *Iran J Public.* 2013;42:1259–65.
50. Herath C, Jayawardena C, Nagarathne N, Perera K. Characteristics and sequelae of erupted supernumerary teeth: a study of 218 cases among Sri Lankan children. *J Investig Clin Dent.* 2017;8:1–5.
51. Shokry SM, Alenazy MS. Consanguinity-related hyperdontia: an orthopantomographic study. *Dent Res J.* 2013;10:732–6.
52. Mossaz J, Kloukos D, Pandis N, Suter VGA, Katsaros C, Bornstein MM. Morphologic characteristics, location, and associated complications of maxillary and mandibular supernumerary teeth as evaluated using cone beam computed tomography. *Eur J Orthod.* 2014;36:708–18.
53. Singh VP, Sharma A, Sharma S. Supernumerary teeth in Nepalese children. *ScientificWorldJournal.* 2014;2014:1–5.
54. Burhan AS, Nawaya FR, Katbi MEA, Al-Jawabra AS. Prevalence of supernumerary teeth in a nonsyndromic Syrian sample. *J Egypt Public Heal Assoc.* 2015;90:146–9.
55. Gürler G, Delilbaşı Ç, Delilbaşı E. Investigation of impacted supernumerary teeth: a cone beam computed tomograph (cbct) study. *J Istanbul Univ Fac Dent.* 2017;51:18–24.

Does the 2D:4D Ratio Exhibit Sexual Dimorphism in Sagittal Skeletal Malocclusions? A Retrospective Study

2D:4D Oranı Sagittal İskeletsel Maloklüzyonlarda Cinsel Dimorfizm Gösterir Mi? Bir Retrospektif Çalışma

ABSTRACT

Objective: It is noteworthy that the 2D:4D ratio, also called as the ratio of the length of the second digit (2D) to the length of the fourth digit (4D), which has the ability to remain stable lifetime, is associated with various hormones and craniofacial skeletal development as a biomarker in early diagnosis. The aim of this study was to investigate the relationship between the 2D:4D ratio and sagittal skeletal malocclusions.

Materials and Method: A total of 117 patients (57 females, mean age 13.44±1.98; 60 males, mean age 13.56±2.14) with normal vertical angles were included, and the groups were divided into skeletal classes I, II and III according to the ANB angle. The skeletal Class I group consisted of patients with ideal values for both SNA and SNB angles. The skeletal groups were further divided into female and male subgroups by gender. SNA, SNB, SN/GoGn and ANB angles and ANS-PNS and Go-Pog lengths were measured on pretreatment lateral cephalometric radiographs. Digit length measurements were performed with a digital caliper capable of measuring up to 0.01 mm. The 2D:4D ratio was calculated for each group by dividing the 2D length by the 4D length. Statistical analyzes were performed with independent sample t-test and one-way ANOVA in normally distributed data, and Kruskal-Wallis and Man-Whitney U tests in non-normally distributed data. Statistical significance level was accepted as $p < 0.05$.

Results: There was no statistically significant difference between right and left 2D:4D ratios and right and left digit lengths of the same hand in skeletal classes. While statistically significant sexual dimorphism was observed in digit lengths and 2D:4D ratios in skeletal class Is, it was observed that the significance decreased as the severity of malocclusion increased. No significant difference was found in terms of sexual dimorphism in skeletal class IIIs. There was no significant difference between the skeletal groups in terms of 2D:4D ratio and length measurements.

Conclusion: Sexual dimorphism was seen in all parameters, especially in skeletal Class I patients, and it was found that males had more 2D and 4D lengths and a lower 2D:4D ratio than females. It was also concluded that as the severity of malocclusion increased, the statistical significance of the parameters observed with sexual dimorphism decreased. The fact that sexual dimorphism is fully seen in skeletal class Is but not in skeletal Class III has led to the use of the 2D:4D ratio as a diagnostic biomarker in the early diagnosis of sagittal skeletal malocclusions by gender.

Key Words: 2D:4D Ratio; Sexual Dimorphism; Diagnostic; Skeletal Malocclusion; Orthodontics.

ÖZ

Amaç: Yaşam boyu sabit kalabilme özelliğine sahip olan ikinci parmağın (2D) uzunluğunun dördüncü parmağın (4D) uzunluğuna oranı olarak da adlandırılan 2D:4D oranının erken tanıda biyobelirteç olarak çeşitli hormonlar ve kraniyofasiyal iskelet gelişimi ile ilişkili olması dikkat çekicidir. Bu çalışmanın amacı 2D:4D oranı ile sagittal iskelet maloklüzyonları arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Vertikal açıları normal olan toplam 117 hasta (57 kadın, ort. yaş 13.44±1.98; 60 erkek, ort. yaş 13.56±2.14) çalışmaya dahil edildi ve gruplar ANB açısına göre iskeletsel Sınıf I, II ve III olarak ayrıldı. İskeletsel Sınıf I grubu, hem SNA hem de SNB açıları için ideal değerlere sahip hastalardan oluşuyordu. İskeletsel gruplar ayrıca cinsiyete göre kadın ve erkek olarak alt gruplara ayrıldı. Tedavi öncesi lateral sefalometrik grafilere SNA, SNB, SN/GoGn ve ANB açıları ile ANS-PNS ve Go-Pog uzunlukları ölçüldü. Parmak uzunluk ölçümleri 0,01 mm'ye kadar ölçüm yapabilen hassas dijital kumpas ile gerçekleştirildi. 2D:4D oranı, 2D uzunluğunun 4D uzunluğuna bölünmesiyle her grup için hesaplandı. İstatistiksel analizler normal dağılılan verilerde bağımsız örneklem t-testi ve tek yönlü ANOVA, normal dağılmayan verilerde Kruskal-Wallis ve Man-Whitney U testleri ile yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edildi.

Bulgular: İskeletsel sınıflarda aynı elin parmak uzunlukları arasında ve sağ-sol 2D:4D oranları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı. İskelet Sınıf I'lerde parmak uzunlukları ve 2D:4D oranlarında istatistiksel olarak anlamlı cinsel dimorfizm gözlenirken, maloklüzyonun şiddeti arttıkça bu anlamlılığın azaldığı gözlemlendi. İskeletsel Sınıf III'lerde hiçbir parametrede cinsel dimorfizm açısından anlamlı farklılık bulunmadı. 2D:4D oranı ve iskeletsel kaide uzunlukları açısından iskeletsel maloklüzyonlar arasında anlamlı farklılık bulunmadı.

Sonuç: Tüm parametrelerde özellikle iskeletsel Sınıf I hastalarda cinsel dimorfizm görülmüş ve erkeklerin 2D ve 4D uzunluklarının kadınlara göre daha uzun olduğu ve 2D:4D oranının daha düşük olduğu saptanmıştır. Ayrıca maloklüzyon şiddeti arttıkça cinsel dimorfizm ile gözlenen parametrelerin istatistiksel anlamlılığının azaldığı sonucuna varılmıştır. Cinsel dimorfizmin iskeletsel sınıf I'de tüm ölçümlerde görülmesi, ancak iskeletsel Sınıf III'lerde görülmemesi nedeniyle, cinsiyete göre 2D:4D oranının özellikle iskelet Sınıf III maloklüzyonlarının erken tanısında tanınasal bir biyobelirteç olarak kullanılmasının yolunu açmıştır.

Anahtar Kelimeler: 2D:4D Oranı; Cinsel Dimorfizm; Tanı; İskeletsel Maloklüzyon; Ortodonti.

Orhan ÇİÇEK¹

ORCID: 0000-0002-8172-6043

¹Zonguldak Bülent Ecevit University
Faculty of Dentistry,
Department of Orthodontics,
Zonguldak, Turkey



Geliş tarihi / Received: 11.01.2024

Kabul tarihi / Accepted: 22.02.2024

İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Orhan ÇİÇEK,
Zonguldak Bülent Ecevit University
Faculty of Dentistry, Department of
Orthodontics,
Zonguldak, Turkey
E-posta/e-mail: ortorhancicek@gmail.com

Biomarkers are measurable indicators that enable the assessment of healthy or pathological processes, thereby helping to diagnose and prevent disease (1). One of these biomarkers, which is defined by the World Health Organization (WHO) as data that provides information about the relationship between a biological process and a potential hazard (2), is 2D:4D ratio. The 2D:4D ratio, which is the ratio of second digit (2D) to fourth digit (4D) length (3), has been reported to be stable, reproducible, and consistent for each individual as a biomarker (4). This ratio, which shows sexual dimorphism, tends to be lower in males than females due to the relatively longer 4D length of males (5). It has been reported that the 2D:4D ratio appears early in life and remains constant throughout the life (6).

Based on various indirect evidences in medicine, it has been reported that the 2D:4D ratio can be used as a retrospective non-interventional biomarker of prenatal androgen exposure (7). So in other words, since digit length and development of the gonads are controlled by Homeobox common genes, the 2D:4D ratio is thought to be a somatic marker of prenatal sex hormone exposure (5). This ratio is determined at the 13th or 14th week of intrauterine life (second trimester), and although it tends to vary between different ethnic groups, it shows a considerable lifetime constancy (4). The fact that the 2D:4D ratio has been confirmed to show sexual dimorphism in previous studies (8,9) has made this ratio the focus of researches (10). In the amniocentesis samples, The digit ratio has been reported to be negatively correlated with testosterone due to prenatal androgen exposure and positively correlated with estrogen exposure (11). That is, this rate is expected to be lower in males because the male fetus is more exposed to testosterone than females (12). In the field of dentistry, various studies have been carried out from the investigating relationship of 2D:4D ratio with caries, taste sensitivity, periodontal disease, dental anxiety and nutrition to revealing forensic anthropometric relationships (10,13-16). Additionally, the relationship between the 2D:4D ratio, also called hormonal fingerprint, and human characteristics and behaviors has been shown in previous studies and it has been proven in the medical scenario that it can be used as an indirect marker in many diseases (4,12). However, there are limited studies in the literature investigating the relationship between the 2D:4D ratio and orthodontic malocclusion, (4,5,17) and, to the best of knowledge, they do not provide sufficient data on the type of malocclusion.

Determining of the growth period in the treatment of skeletal malocclusions is of crucial at the beginning, and hand-wrist radiographs as a diagnostic tool are considered as the gold standard because they are more reproducible, present the growth period in more detailed stages and provide easier detection (18). The fact that both hand-wrist radiographs and anatomical measurements of the digits, which are 2D and 4D lengths and 2D:4D ratio, exhibit similar reproducible and reliable features revealed that this current study is needed for orthodontic diagnosis. However, radiation exposure during radiography is not without risk, even in small doses, and causes somatic stochastic effects (19). In the literature, studies on non-invasive orthodontic diagnostic tools are not limited to the 2D:4D ratio, which is hormonal digitprint, but there are also studies on dermatoglyphics such as digitprints, palm prints, and lip prints, which have the potential to predict anomalies and malocclusions related to orofacial regions (20-22). However, although dermatoglyphics and lip prints can be used simply, conveniently and non-invasively to determine malocclusion at an early stage, it has also been reported that they are not completely reliable due to ethnic and environmental factors (23). It is seen that, unlike radiographs, non-invasive diagnostic tools such as saliva, gingival crevicular fluid and urine are used as biomarkers for orthodontic diagnosis (24). However, there are disadvantages such as differences in the collection method, processing and storage temperature of saliva, the fact that the technique is very sensitive due to the risk of contamination with blood and saliva during the collection of gingival crevicular fluid, and the need for different analyzes for each different biomarker (24). This has shown that there is still a need to investigate new non-invasive methods for accurate orthodontic diagnosis. In the light of all this knowledge, in the study, it will be clarified whether the 2D:4D ratio can be used as an orthodontic diagnostic tool in the diagnosis of sagittal skeletal malocclusions. Therefore, the aim of this study was to investigate the relationship between 2D length, 4D length, and 2D:4D ratio and sagittal skeletal malocclusions. It has been reported that the craniofacial complex consistently exhibits size-related sexual dimorphism (25). For this reason, it was also aimed to investigate whether 2D length, 4D length and 2D:4D ratios show sexual dimorphism in skeletal groups. The first null hypothesis of the study is that there is no difference in 2D:4D ratio between sagittal skeletal malocclusions. The second null hypothesis of the study is that 2D:4D ratios do not show sexual dimorphism in sagittal skeletal malocclusions.

Study Design

This study was designed as a retrospective and single-center and was conducted by investigating the lateral cephalometric radiographs and orthodontic examination registration forms of the patients from the archive records. This study was approved by the Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee of Zonguldak Bülent Ecevit University (protocol code 2023/11 and date 31/05/2023). Additional informed consent was not obtained since the study was conducted retrospectively through the investigation of archive records.

Samples and Groups

In this study, archive records of a total of 117 patients (57 female, mean age 13.44 ± 1.98 ; 60 male, mean age 13.56 ± 2.14) who referred for orthodontic treatment between August and December 2022 were included. The inclusion criteria of the study, which included 117 patients out of 543 whose records were collected during the orthodontic treatment examination, are as follows:

- No having prior orthodontic treatment,
- Normal skeletal vertical growth (SN/GoGn angle between 26 and 38 degrees),
- Normal SNA and SNB for skeletal Class I,
- Mandibular retrognathia with normal SNA for skeletal Class II,
- Maxillary retrognathia with normal SNB for skeletal Class III,
- Having lateral cephalometric radiographs with high resolution and good image quality.

Exclusion criteria from the study are as follows:

- Number and deformity of the digits or a history of trauma,
- Presence of congenital or hereditary syndrome,
- Having physical and systemic disability.

The patients were divided into three groups according to Steiner's ANB angle as skeletal Class I, II and III. For this, lateral cephalometric radiographs taken on a cephalometric x-ray device (Veraviewepocs 2D, J Morita Mfg. Corp., Kyoto, Japan) were evaluated. According to Steiner, skeletal sagittal classification is Class I if the ANB angle is between 0 and 4 degrees, Class II if it is greater than 4 degrees, and Class III if it is less than 0 degrees (26).

The group consisting of skeletal Class I patients was composed of patients with normal SNA ($82^\circ \pm 2$) and SNB ($80^\circ \pm 2$) angles according to Steiner. Thus, it was decided to compare skeletal Class I patients with ideal degrees in both vertical and sagittal direction with skeletal Class II and Class III groups. Since sagittal skeletal malocclusions, which are frequently encountered and treated in routine orthodontic practice, are caused by mandibular retrognathia for Class II and maxillary retrognathia for Class III, those with the opposite jaw in a normal position are included. In addition, it would also be revealed whether the 2D lengths, 4D lengths and 2D:4D ratios show sexual dimorphism in skeletal Class I patients with ideal skeletal norms, and they can be considered as a control group during statistical comparisons with other skeletal classes. The skeletal groups were further divided into subgroups according to gender as male and female. The measurements on the lateral cephalometric radiographs were performed using the Steiner cephalometric analysis via the Nemoceph NX (Nemotec, 2006, Madrid, Spain) cephalometric analysis program. Angular measurements on lateral cephalometric radiographs are SNA, SNB, ANB and SN/GoGn angles, while linear measurements are ANS-PNS (for maxillary length) and Go-Pog (for mandibular length) distances. The data on the angular and linear measurements performed according to the skeletal groups are presented in Table 1. The right and left 2D and 4D lengths of the patients were determined by investigating the orthodontic examination registration forms in the archive records. The 2D and 4D lengths of both hands were measured using a digital caliper (Insize digital caliper, code no 1112-150, INSIZE CO., LTD., Loganville, GA, USA) capable of measuring up to 0.01 mm by experienced orthodontists working in the Orthodontics Clinic. The distance between the midpoint of the proximal line crease separating the root of the digit from the palm of the hand and the digit tips was accepted as digit length (27), and measurements were performed for both digits separately. First, the hands of the patients were positioned on a flat horizontal surface with the palms facing upwards and tense. The 2D and 4D lengths were then measured with the thumb abducted and slightly apart and the other four digits in the extended position (27). All measurements were repeated 3 times in patients and the arithmetic mean of these measurements was taken and counted as a single value for each length. The 2D lengths and 4D lengths were measured and recorded separately for each group. Also, the 2D:4D ratios were calculated and recorded for each group separately by dividing the 2D length by the 4D length.

Skeletal Groups	N	SNA Mean ±SD	SNB Mean ±SD	ANB Mean ±SD	SN/GoGn Mean ±SD	Maxillary length Mean ±SD	Mandibular Length Mean ±SD
Class I	34 (%29)	81.97±1.24	79.58±1.23	2.38±1.39	31.76±3.37	53.16±4.22	72.46±5.79
Class II	53 (%45)	81.96±3.54	75.96±3.46	6.00±1.09	32.52±3.76	53.10±4.26	69.62±6.91
Class III	30 (%26)	78.00±2.86	81.36±3.54	-3.36±2.45	31.00±5.01	51.60±5.27	71.96±7.20
Total	117 (%100)	80.94±3.32	78.40±3.78	2.54±4.13	31.91±4.03	52.73±4.54	71.04±6.75

N: sample size; SD: standard deviation.

Table 1. Angular and linear measurements of patients by skeletal groups.

Sample Size Calculation

The sample size of the study was carried out with the G*Power program (version 3.1.9.7; Franz Faul, Universität Kiel, Kiel, Germany). Accordingly, the effect size was determined as 0.88, taking into account the mean and standard deviation values, and when the α error probability was set as 0.05 and the $(1 - \beta)$ error prob) power of the study was determined as 95%, the real power of the study was calculated as 90% for at least 29 samples in each group.

Statistical Analysis

The normality distribution of the data was evaluated with the one-sample Kolmogorov-Smirnov test. Pairwise comparisons were performed with independent sample t-test in normally distributed data, while one-way ANOVA was used in intergroup comparisons. In the non-normally distributed data, Man-Whitney U test was used for pairwise comparisons, and Kruskal-Wallis was used for intergroup comparisons. The reliability analysis of cephalometric measurements repeated by the same orthodontist after 4 weeks in 10 randomized patients selected in each group was evaluated with intraclass correlation coefficients (ICCs) using Cronbach's α and two-way random effects. Statistical significance level was accepted as p-value < 0.05.

RESULTS

A strong intra-observer reliability was found in the skeletal groups for cephalometric measurements, with ICCs between 0.935 and 0.987 ($p < 0.001$). There was no statistically significant difference between the right and left hands in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratio of skeletal class I patients with normal sagittal and vertical angles ($p > 0.05$). Similarly, there was no significantly difference between the 2D and 4D lengths of the right hand, and the 2D and 4D lengths of the left hand ($p > 0.05$). When the 2D and 4D lengths

of skeletal Class I patients were evaluated according to gender, both 2D and 4D lengths were found to be significantly longer in males than in females ($p < 0.05$). The 2D:4D ratio was also found to be significantly lower in males than in females ($p < 0.05$). According to these results, it was observed that 2D length, 4D length and 2D:4D ratios exhibited sexual dimorphism in skeletal Class I patients. Statistical analysis results of skeletal Class I patients are shown in Table 2. There was no significant difference between the right and left hands of skeletal Class II patients in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios ($p > 0.05$). Likewise, no significant difference was found between the 2D and 4D lengths of both the right and left hands ($p > 0.05$). When the 2D and 4D lengths of skeletal Class II patients were evaluated according to gender, altered statistical results were seen compared to skeletal Class I patients. Although the right 2D length was longer and the right 2D:4D ratio was lower in males than in females, this differences were not statistically significant ($p > 0.05$). In addition, as expected, while the other digit lengths were significantly longer in males than females, the left 2D:4D ratio was found to be lower ($p < 0.05$). Statistical analysis results of skeletal Class II patients are presented in Table 3. There was no significant difference between the right and left hands of skeletal Class III patients in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios ($p > 0.05$). Again, similarly, no significant difference was found between the 2D and 4D lengths of both the right and left hands ($p > 0.05$). When the 2D length, 4D length and 2D:4D ratios of skeletal Class III patients were evaluated according to gender, much more differed statistical results were encountered compared to skeletal Class I and Class II patients. In all measurements, in males compared the females, although the 4D length was longer than 2D length and the 2D:4D ratio was lower, these differences were not significant ($p > 0.05$). Statistical analysis results of skeletal Class III patients are given in Table 4.

There was no statistically significant difference between skeletal groups in terms of 2D lengths, 4D lengths, 2D:4D ratios, maxillary lengths and mandibular lengths ($p>0.05$). Statistical analysis results for the comparison of skeletal groups are presented in Table 5.

Parameters	Groups	N	Mean±SD	p-value
Parameters for digits				
2D length	Right hand	34	69.31±4.52	0.806 ^t
	Left hand	34	69.05±4.33	
4D length	Right hand	34	69.80±5.22	0.580 ^t
	Left hand	34	69.09±5.30	
2D:4D ratio	Right hand	34	0.992±0.031	0.376 ^m
	Left hand	34	1.001±0.035	
Parameters for hands				
Right hand	2D length	34	69.31±4.52	0.683 ^t
	4D length	34	69.80±5.22	
Left hand	2D length	34	69.05±4.33	0.973 ^t
	4D length	34	69.09±5.30	
Parameters for gender				
Right 2D length	Female	19	67.87±3.74	0.027 ^{* m}
	Male	15	71.14±4.87	
Right 4D length	Female	19	67.62±3.47	0.007 ^{* m}
	Male	15	72.56±5.85	
Right 2D:4D ratio	Female	19	1.001±0.021	0.033 ^{* m}
	Male	15	0.981±0.037	
Left 2D length	Female	19	67.39±3.25	0.008 ^{* m}
	Male	15	71.15±4.71	
Left 4D length	Female	19	66.89±3.30	0.006 ^{* m}
	Male	15	71.87±6.12	
Left 2D:4D ratio	Female	19	1.007±0.032	0.043 ^{* m}
	Male	15	0.990±0.038	

^t: independent sample t-test; ^m: Mann–Whitney U test; N: sample size; SD: standard deviation; p: significance level; *: p-value < 0.05.

Table 2. Statistical results of 2D and 4D lengths and 2D:4D ratios of the skeletal Class I patients.

Parameters	Groups	N	Mean±SD	p-value
Parameters for digits				
2D length	Right hand	53	69.17±6.21	0.812 ^t
	Left hand	53	69.45±6.10	
4D length	Right hand	53	70.14±6.29	0.907 ^t
	Left hand	53	70.29±6.40	
2D:4D ratio	Right hand	53	0.987±0.035	0.769 ^m
	Left hand	53	0.988±0.028	
Parameters for hands				
Right hand	2D length	53	69.17±6.21	0.425 ^t
	4D length	53	70.14±6.29	
Left hand	2D length	53	69.45±6.10	0.495 ^t
	4D length	53	70.29±6.40	
Parameters for gender				
Right 2D length	Female	26	67.51±4.47	0.055 ^m
	Male	27	70.77±7.24	
Right 4D length	Female	26	67.92±4.71	0.021 * ^m
	Male	27	72.28±6.93	
Right 2D:4D ratio	Female	26	0.995±0.034	0.078 ^m
	Male	27	0.979±0.034	
Left 2D length	Female	26	67.72±4.48	0.037 * ^m
	Male	27	71.12±7.02	
Left 4D length	Female	26	67.94±4.78	0.013 * ^m
	Male	27	72.55±7.02	
Left 2D:4D ratio	Female	26	0.997±0.025	0.025 * ^m
	Male	27	0.980±0.029	

^t: independent sample t-test; ^m: Mann–Whitney U test; N: sample size; SD: standard deviation; *p*: significance level; *: *p*-value < 0.05.

Table 3. Statistical results of 2D and 4D lengths and 2D:4D ratios of skeletal Class II patients.

Parameters	Groups	N	Mean±SD	p-value
Parameters for digits				
2D length	Right hand	30	68.46±5.19	0.958 ^t
	Left hand	30	68.54±5.56	
4D length	Right hand	30	69.35±5.61	0.952 ^t
	Left hand	30	69.26±5.80	
2D:4D ratio	Right hand	30	0.987±0.027	0.871 ^m
	Left hand	30	0.989±0.025	
Parameters for hands				
Right hand	2D length	30	68.46±5.19	0.530 ^t
	4D length	30	69.35±5.61	
Left hand	2D length	30	68.54±5.56	0.625 ^t
	4D length	30	69.26±5.80	
Parameters for gender				
Right 2D length	Female	12	67.69±4.38	0.573 ^m
	Male	18	68.98±5.73	
Right 4D length	Female	12	67.80±5.21	0.415 ^m
	Male	18	70.38±5.78	
Right 2D:4D ratio	Female	12	1.001±0.029	0.134 ^m
	Male	18	0.979±0.024	
Left 2D length	Female	12	67.54±4.99	0.368 ^m
	Male	18	69.20±5.95	
Left 4D length	Female	12	67.15±5.37	0.200 ^m
	Male	18	70.66±5.79	
Left 2D:4D ratio	Female	12	1.006±0.021	0.08 ^m
	Male	18	0.978±0.022	

^t: independent sample t-test; ^m: Mann–Whitney U test; N: sample size; SD: standard deviation; p: significance level; *: p-value < 0.05.

Table 4. Statistical results of 2D and 4D lengths and 2D:4D ratios of skeletal Class III patients.

Parameters	Skeletal Groups	Mean±SD	Statistical Value	p-Value
Right 2D length	Class I	69.31±4.52	0.220 ^f	0.803 [†]
	Class II	69.17±6.21		
	Class III	68.46±5.19		
Right 4D length	Class I	69.80±5.22	0.179 ^f	0.836 [†]
	Class II	70.14±6.29		
	Class III	69.35±5.61		
Right 2D:4D ratio	Class I	0.992±0.031	0.714 ^h	0.700 ^{††}
	Class II	0.987±0.035		
	Class III	0.987±0.027		
Left 2D length	Class I	69.05±4.33	0.268 ^f	0.765 [†]
	Class II	69.45±6.10		
	Class III	68.54±5.56		
Left 4D length	Class I	69.09±5.30	0.518 ^f	0.597 [†]
	Class II	70.29±6.40		
	Class III	69.26±5.80		
Left 2D:4D ratio	Class I	1.001±0.035	2.082 ^h	0.353 ^{††}
	Class II	0.988±0.028		
	Class III	0.989±0.025		
Maxillary length	Class I	53.16±4.22	1.269 ^f	0.285 [†]
	Class II	53.10±4.26		
	Class III	51.60±5.27		
Mandibular length	Class I	72.46±5.79	2.245 ^f	0.111 [†]
	Class II	69.62±6.91		
	Class III	71.96±7.20		

^f: F-value for one-way ANOVA; ^h: H-statistic for Kruskal-Wallis; [†]: one-way ANOVA test; ^{††}: Kruskal-Wallis test; *p*: significance level; *: *p*-value < 0.05.

Table 5. Statistical results of comparison between skeletal groups.

DISCUSSION

The aim of this study was to investigate the relationship between 2D:4D ratio and sagittal skeletal malocclusions, which were inevitable in orthodontics, and to reveal the possible usability of this consistent ratio as a diagnostic tool in orthodontic practices, especially during early diagnosis. In this context, in the present study, no significant difference was found between the right and left hands in all skeletal groups in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios. Also, there is no significant difference was found between the 2D and 4D lengths of the same hand in each skeletal group. However, sexual dimorphism was seen in all measurements only in skeletal Class I, and the 4D length was longer in males than females, while the 2D:4D ratio was found to be lower. This has been reported in previous studies (5, 28). In addition, in skeletal Class II, the number of parameters found to be statistically significant in terms of sexual dimorphism in 2D length.

4D length and 2D:4D ratios decreased, and even in more severe sagittal skeletal malocclusion, which is skeletal Class III, statistical results of almost all parameters were not found significant for this feature. There are limited studies investigating the relationship of the 2D:4D ratio with craniofacial skeleton (25,29,30). In the study conducted by Valla et al. (25), which investigated the relationship between the 2D:4D ratio and the shape of the craniofacial skeleton in prepubertal children, it was reported that there was no sexual dimorphism in both craniofacial shape and 2D:4D ratios. On the other hand, in the study investigating the hypothesis that a more masculine facial appearance is associated with a lower 2D:4D ratio by Weinberg et al. (30), it was reported that mandibular prognathism increased with a decrease in the 2D:4D ratio in adult males, and a statistical relationship was observed between the 2D:4D ratio and face shape. Similarly, Premkumar et al. (31) reported that lower 2D:4D ratio is seen in mandibular prognathism and therefore this ratio can be used as a biomarker for early diagnosis of mandibular prognathism. In this present study, no significant difference was observed between sagittal skeletal classes in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios. The reason why it differs from the study of Weinberg et al. and Premkumar et al. might be that the skeletal Class III patients in the presented study consisted of patients with maxillary retrognathia rather than mandibular prognathia. However, sexual dimorphism was observed in skeletal Class I patients, with 4D longer and 2D:4D ratios lower in males than females in all measurements. Previous studies in the

literature have mostly focused on the relationship between 2D:4D ratio and caries (1,5,32), and it seems that its relationship with malocclusion has not been comprehensively investigated in a specific methodological framework. For this reason, it is thought that the prominence of this present study as a research reveals the relationship between digit lengths and their ratios, which is a skeletal structure, and skeletal sagittal malocclusion with a systematic methodological approach, provides more reliable results. Lobud et al. (33) investigated the relationship between 2D:4D ratio and malocclusion classes, and reported that they did not find a relationship between 2D:4D ratio and malocclusion. In addition, Issrani et al. (5), in their study investigating the relationship of 2D:4D ratio, which also calling as hormonal fingerprint, with dental caries and malocclusion, reported that this ratio cannot be used both for caries and as an early marker of malocclusion. In the present study, no significant difference was found in the right and left 2D length, 4D length and 2D:4D ratios of patients in all skeletal groups. On the other hand, Priyanka et al. (4), in their study investigating the role of 2D:4D ratio in early detection of malocclusion, reported that as this ratio increases, malocclusion also increases significantly. Similarly, it has been reported that the prevalence of malocclusion increases with an increase in the 2D:4D ratio and that the 2D:4D ratio can be used as an early marker for malocclusion in the study by Garg et al. (17), which investigated the relationship of the 2D:4D ratio with the malocclusion group constituted according to the dental aesthetic index. In the present study, unlike these results, no significant difference was found between the skeletal groups in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios. However, statistical changes in sexual dimorphism findings of these lengths and ratios in each skeletal group were considerable. While statistically significant sexual dimorphic differences in length and ratios were observed in all measurements of skeletal Class I patients, these significant differences disappeared as the severity of malocclusion increased. It is thought that the reason for the different results of both the presented and literature studies was due to the different ethnic population and different methodological design of the studies. In order to avoid having to treat skeletal malocclusions via the orthognathic surgery due to late diagnosis, research on non-invasive approaches as an early diagnosis tool was carried out. In one of these studies, Achalli et al. (34), in which they investigated the relationship between digitprint models and skeletal malocclusions, reported that dermatoglyphics can be very helpful in the early diagnosis and prevention of malocclusion. Although there are other studies (20, 21) supporting that dermatoglyphics are an important marker in the early diagnosis of malocclusion, Eslami

et al. (35) reported that dermatoglyphics did not show significant differences between skeletal malocclusions. The aim of the present study, which was carried out to reveal whether the 2D length, 4D length and 2D:4D ratios of the hands can be used in the early diagnosis of sagittal skeletal malocclusions, and also in terms of sexual dimorphism, was similar to the goals of dermatoglyphic studies. However, no significant differences were found between sagittal skeletal malocclusions in the orofacial region in terms of 2D:4D ratios, and maxillary and mandibular lengths.

The diagnostic value and indications of radiographs, which are considered indispensable for orthodontic treatment, are still controversial, and it is reported that studies examining the accuracy of cephalometric analyses and their effects on orthodontic diagnosis did not provide consistent results (19). In addition, since the minimum recording materials required for orthodontic diagnosis are never fully defined (36, 37), research on these non-invasive diagnostic methods, which is also away from the harmful effects of radiation, is important. However, when different non-invasive orthodontic diagnostic methods as a biomarker for the early diagnosis of malocclusion are examined in the current literature, it is seen that the results were unfortunately contradictory. Similarly, the lack of significant difference between skeletal classes in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratios between skeletal classes in the presented study does not support the use of this ratio as a biomarker in the early diagnosis of skeletal malocclusion. Despite this, it was remarkable the number of parameters with statistically significant differences between females and males in terms of sexual dimorphism decreased as the severity of skeletal malocclusion increased. In the study, in addition to the fact that all patients had normal vertical angles, the skeletal Class I group consisted of patients with normal angles both maxillary and mandibular, enabling a more reliable comparison with other skeletal groups. Because it has been reported that different vertical growth patterns may affect the sagittal jaw relationship and therefore reduce the diagnostic accuracy (38). Moreover, standardizing the other groups to include skeletal Class II patients characterized by mandibular retrognathia and skeletal Class III patients characterized by maxillary retrognathia, which is frequently encountered in routine orthodontic practice, are the strengths of the study. However, the limitations of the study were the neglect of transversal skeletal dimensions, the absence of other sagittal skeletal position combinations that cause skeletal Class II and Class III malocclusions, and the non-homogeneous distribution of the sample size.

CONCLUSION

The first null hypothesis was accepted. The second null hypothesis of the study was rejected in skeletal Class I, partially accepted in Class II, and accepted in Class III. Sexual dimorphism was observed in all parameters in skeletal Class I patients in terms of 2D length, 4D length and 2D:4D ratio. It was notable that the parameters found statistically significant in digit length and ratios decreased as sagittal skeletal malocclusion became more severe for sexual dimorphism. This situation paved the way for the use of 2D:4D ratio in the early diagnosis of sagittal skeletal malocclusions in females and males by gender, and it was concluded that further studies should be planned in a larger sample group including different ethnic groups.

REFERENCES

1. Rajawat A, Majeti, C, Podugu UK, Kaushik M, Nagamaheshwari X, Mehra N. Association of hormonal fingerprints and dental caries: A pilot study. *J. Conserv. Dent.* 2020;23:337-40.
2. Biomarkers and Risk Assessment: Concepts and Principles. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9241571551> (accessed on 31 May 2023).
3. Canan F, Tegin C, Gecici O. The second to fourth digit (2D: 4D) ratios, smoking, and problem drinking in a young adult university student sample. *Neurol. Psychiatry Brain Res.* 2019;32:63-7.
4. Priyanka GND, Prasad MG, Radhakrishna AN, Ramakrishna J, Jyothi V. The hormonal fingerprints and BMI: Implications for risk factors in dental caries and malocclusion. *J. Clin. Diagnostic Res.* 2016;10:ZC06-ZC09.
5. Issrani R, Aljohani F, Prabhu N, Alam MK. Assessment of 2D: 4D ratio for the early diagnosis of caries and malocclusion in 7-15-year-old children. *Bangladesh J Medical Sci.* 2021;20:154-58.
6. Islam MS, Kundu B. Low digit ratio (2D: 4D) and masculine attributes: a critical analysis. *Int J Res Granthaalayah.* 2020;8:384-90.
7. Warrington NM, Shevroja E, Hemani G, et al. Genome-wide association study identifies nine novel loci for 2D: 4D finger ratio, a putative retrospective biomarker of testosterone exposure in utero. *Hum Mol Genet.* 2018; 27:2025-38.

- 8.** Jägetoft Z, Unenge Hallerbäck M, Julin M, Bornehag CG, Wikström S. Anthropometric measures do not explain the 2D: 4D ratio sexual dimorphism in 7 year old children. *Am J Hum Biol.* 2022;34:e23776.
- 9.** Manning JT, Fink B. Sexual dimorphism in the ontogeny of second (2D) and fourth (4D) digit lengths, and digit ratio (2D: 4D). *Am J Hum Biol.* 2018;30:e23138.
- 10.** Beegum F, Khan N, George S, Anandaraj S. Early Prediction of Dental Caries using Hormonal Fingerprint in 6–12 Years Old Children: A Cross-sectional Study. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2022;15:247-50.
- 11.** Bull R, Benson PJ. Digit ratio (2D: 4D) and the spatial representation of magnitude. *Horm Behav.* 2006;50(2):194-9.
- 12.** Jeevanandam S, Muthu PK. 2D: 4D ratio and its implications in medicine. *J. Clin Diagnostic Res.* 2016;10:CM01-CM03.
- 13.** Sivakumar N, Bansal D, Narwal A, Kamboj M, Devi A. Gender determination analysis using anthropometrical dimensions of 2D: 4D, foot index and mandibular canine index. *J Oral Maxillofac Pathol.* 2020;24:510.
- 14.** Dusseja SH, Rao D, Panwar S, Ameen S. Determining caries risk susceptibility in children of Udaipur city with genetic taste sensitivity and hormonal fingerprint. *J. Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2021;39:36-41.
- 15.** Çağlar Torun A, Uğurlu K. The ratio of the second finger to the fourth finger (2D: 4D); can it be a marker for dental anxiety? *Turkiye Klin J Medical Sci.* 2021;27:178-83.
- 16.** Penmetsa GS, Anusha B, Gadde P, Itha J, Manchala B, Beldhi M. Hormonal Fingerprints: A Potential Biomarker for Periodontal Disease. *J Coast. Life Med.* 2023;11:80-7.
- 17.** Garg S, Sharma A, Gupta P, Gupta N. Association of 2D: 4D Ratio (Hormonal Fingerprints) with Dental Caries and Malocclusion among 18–25-year-old Dental Students. *J Oral Health Comm Dent.* 2022;16;73-6.
- 18.** Şatir S, Büyükçavuş MH, Sari ÖF, Çimen T. A novel approach to radiographic detection of growth development period with hand-wrist radiographs: A preliminary study with ImageJ imaging software. *Orthod Craniofac Res.* 2023;26:100-06.
- 19.** Kapetanović A, Oosterkamp BC, Lamberts AA, Schols JG. Orthodontic radiology: development of a clinical practice guideline. *Radiol Med.* 2021;126: 72-82.
- 20.** Shetty SS, Li GS, Babji NAB, Yusof LS, Yang NNJ, Jun TD, Magandran K. Dermatoglyphics: A prediction tool for malocclusion. *J. Datta Meghe Inst Med Sci Univ.* 2019;14:27-30.
- 21.** Belludi AC, Sridhara A, Kumar NC, Konde S, Noojadi SR. Dermatoglyphics: A Noninvasive Diagnostic Tool in Predicting Class III Skeletal Malocclusion in Children. *Int J Clin. Pediatr Dent.* 2021;14:63-9.
- 22.** Charles A, Ramani P, Sherlin HJ, Dilip S, Srinivas S, Jayaraj G. Evaluation of dermatoglyphic patterns using digital scanner technique in skeletal malocclusion: A descriptive study. *Indian J Dent Res.* 2018;29:711-15.
- 23.** Rani RV, Jeergal VA, Jeergal PA, Gami KS, Mankar S, Mankar S. Lip prints and dermal prints as a tool to detect the skeletal malocclusion: A clinical study. *J Pharm Bioall Sci.* 2022;14(Suppl 1):888-92.
- 24.** Gv V, Tripathi T. Non-invasive methods for the assessment of biomarkers and their correlation with radiographic maturity indicators—a scoping review. *Prog Orthod.* 2021;22(1):1-10.
- 25.** Valla K, Halazonetis DJ. Correlation of 2D: 4D digit ratio and craniofacial shape in prepubertal children. *Am J Hum Biol* 2014;26:337-46.
- 26.** Lauc T, Nakaš E, Latić-Dautović M, Džemidžić V, Tiro A, Rupić I, Kostić M, Galić I. Dental age in orthodontic patients with different skeletal patterns. *BioMed Res Int.* 2017;8976284.
- 27.** Asadujjaman M, Molla MBA, Al Noman SN. Stature estimation from hand anthropometric measurements in Bangladeshi population. *J Forensic Leg Med.* 2019;65:86-91.
- 28.** Burriss RP, Little AC, Nelson EC. 2D: 4D and sexually dimorphic facial characteristics. *Arch. Sex Behav.* 2007;36:377-84.
- 29.** Meindl K, Windhager S, Wallner B, Schaefer K. Second-to-fourth digit ratio and facial shape in boys: the lower the digit ratio, the more robust the face. *Proc R Soc B Biol Sci.* 2012;279:2457-63.

- 30.** Weinberg SM, Parsons TE, Raffensperger ZD, Marazita ML. Prenatal sex hormones, digit ratio, and face shape in adult males. *Orthod Craniofac Res.* 2015;18:21-6.
- 31.** Premkumar S, Gurumurthy B. Assessment of 2D: 4D in subjects with anteroposterior mandibular dysplasia. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14:582-85.
- 32.** Lakshmi CR, Radhika D, Prabhat M, mulk Bhavana S, Madhavi NS. Association between genetic taste sensitivity, 2D: 4D ratio, dental caries prevalence, and salivary flow rate in 6-14-year-old children: a cross-sectional study. *J Res Dent Prospects.* 2016;10:142-47.
- 33.** Lobud A, Lowati S. Relationship between ratio of 2nd and 4th digit lengths (2D: 4D) and malocclusion in 13-15-years-old children: a case study at Unismuh Junior High School. *Makassar Dent J.* 2020;9:82-6.
- 34.** Achalli S, Patla M; Nayak K, Bhat M. Assessment of dermatoglyphic patterns in malocclusion. *J Dent Indones.* 2018;25:104-07.
- 35.** Eslami N, Jahanbin A, Ezzati A, Banihashemi E, Kianifar H. Can dermatoglyphics be used as a marker for predicting future malocclusions?. *Electron Physician,* 2016;8:1927-32.
- 36.** Devereux L, Moles D, Cunningham SJ, McKnight M. How important are lateral cephalometric radiographs in orthodontic treatment planning?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011;139:e175-e181.
- 37.** Durão AR, Alqerban A, Ferreira AP, Jacobs R. Influence of lateral cephalometric radiography in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Angle Orthod.* 2015;85:206-10.
- 38.** Ahmed M, Shaikh A, Fida M. Diagnostic validity of different cephalometric analyses for assessment of the sagittal skeletal pattern. *Dental Press J Orthod.* 2018;23:75-81.

Sodyum Hipoklorite Maruz Kalan Nikel-Titanyum Eğelerin Döngüsel Yorgunluğuna Karşı Direnç Değişimi

Change In Resistance To Cyclic Fatigue Of Nickel-Titanium Files Exposed To Sodium Hypochlorite

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, CE belgesi olan ve olmayan iki nikel-titanyum (NiTi) döner eğenin ilk hali ile %5 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonlarına 5 dakika maruz kalan eğelerin döngüsel yorgunluk dirençlerindeki değişimleri değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntemler: Bu çalışmada, 32 adet paketinden yeni çıkarılan CE belgesi olan ve olmayan 2 çeşit NiTi eğe (V3-M boyut 25.04 ve boyut 25.04 R-Shaper eğesi) kullanılmaktadır. Eğeler, CE belgesi olan ve olmayan şekilde 16'şarlı gruplara ayrıldı. Bu gruplar da paketinden yeni çıkarılan eğe grubu ve steril etmek için 5 dakika %5 NaOCl'ye maruz bırakılmış eğe grubu olarak ikiye (n=8) ayrıldı. Eğelerin döngüsel yorulma direnci, özel olarak tasarlanmış bir test cihazında ölçüldü. Eğelerin döngüsel yorulma dirençlerini karşılaştırmak için SPSS 22.0 Paket Veri Programı (SPSS 22.0 Software Package Program, Inc., Chicago, IL, ABD) kullanıldı. Anlamlılık değeri $p < 0,05$ olarak kabul edildi.

Bulgular: İki farklı eğe grubunun maruz kalmadan önceki ve sonraki döngüsel dayanımları karşılaştırıldığında, R-shaper eğesinde maruz bırakılmadan önceki ve sonraki değerler arasında anlamlı bir fark bulunmazken ($p=0,74$), V3-m tipi eğenin maruz bırakılmadan önceki ve sonraki değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p < 0,05$).

Sonuç: CE belgesine sahip olan NiTi döner aletlerin döngüsel yorulma dirençleri, ilk hali ile %5 NaOCl'ye maruz bırakılan etkilenmemesine karşın CE belgesi olmayan eğelerin döngüsel dirençlerinde değişiklik göstermektedir. Bu nedenle CE belgeli NiTi eğelerinin kullanılmasının önem arz edeceği görüşüdeyiz.

Anahtar Kelimeler: Kanal Aleti, Döngüsel Yorgunluk, Sodyum Hipoklorit.

ABSTRACT

Objective: This study aimed to assess the alterations in cyclic fatigue resistance of two types of nickel-titanium (NiTi) rotary files, both with and without CE certification, in their initial condition and after being subjected to 5% sodium hypochlorite (NaOCl) solutions for a duration of 5 minutes.

Materials and Method: In this study, 32 new NiTi files of two types (V3-M size 25.04 and R-Shaper size 25.04), with and without a CE certificate, were used. The files were divided into groups of 16, with and without the CE certificate. These groups were further divided into two subgroups (n=8): new files and files exposed to 5% NaOCl for 5 minutes for sterilization. The cyclic fatigue resistance of the files was measured using a specially designed test device. The SPSS 22.0 Software Package (SPSS 22.0 Software Package Program, Inc., Chicago, IL, USA) was used to compare the cyclic fatigue resistance of the files. A significance level of $p < 0.05$ was accepted.

Results: When comparing the cyclic fatigue resistance of two different file groups before and after exposure, there was no significant difference between the pre-exposure and post-exposure values for the R-shaper file ($p=0.74$). However, for the V3-m type file, no statistically significant difference was found between the pre-exposure and post-exposure values ($p < 0.05$).

Conclusion: The cyclic fatigue resistance of NiTi rotary files with CE certification remained unaffected after exposure to 5% NaOCl, while the files without CE certification showed changes in their cyclic resistance. Therefore, we believe that the use of NiTi files with CE certification is of significant importance.

Key Words: Root canal Instruments, Cyclic Fatigue, Sodium Hypochlorite.

Emre BODRUMLU¹

ORCID: 0000-0001-7748-3264

Abdullah A.M. OBAİD¹

ORCID: 0000-0002-7998-0907

¹Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD, Zonguldak, Türkiye

²Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Endodonti AD, Zonguldak, Türkiye



Geliş tarihi / Received: 04.07.2024

Kabul/ Accepted: 13.08.2024

İletişim Adresi/Corresponding Adress:

Emre BODRUMLU

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi,

Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti AD,

Zonguldak, Türkiye

E-mail: ebodrumlu@beun.edu.tr

Endodonti, çeşitli nedenlerle canlılığını kaybetmiş dişlerin kök kanal tedavisi yoluyla ağızda korunmasını amaçlayan bir bilim dalıdır. Kök kanal tedavisinin temel hedefi, kök kanallarındaki irritanları ortadan kaldırmak, kanalı temizleyip şekillendirdikten sonra sızdırmaz bir şekilde doldurarak tekrar kontaminasyonu engellemektir (1). Tedavi protokolünde, mekanik preparasyona ilave olarak, kök kanallarının dentin talaşlarından ve mikroorganizmalardan temizlenmesi ve aletlerin kanalda sorunsuz hareket edebilmesi amacıyla irrigasyon işlemi de bulunmaktadır (2).

Kök kanallarının hazırlanmasında paslanmaz çelik eğelerin kullanılmakla birlikte, günümüzde nikel titanyum (NiTi) döner eğeler de yaygın olarak tercih edilmeye başlanmıştır. Son yıllarda, metalurji teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde endodonti alanında kullanılan NİTİ eğelerin alaşım üretiminde önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerin başlıca hedeflerinden biri, endodontik eğelerin dayanıklılığını artırmaktır (2). NiTi döner eğelerinin, eğimli kanallarda sürekli rotasyon hareketi yaparken kırılma durumu "döngüsel yorgunluk" olarak adlandırılmıştır (2,3). Eğimli bir kanalda dönen eğe yüzeyine eşit oranlarda sıkışma ve gerilme kuvvetleri uygulanması sonucu döngüsel bir stres oluşmaktadır (4,5). Klinik uygulamalarda, döngüsel stres nedeniyle kırılan eğeler, tüm kırılmaların %44-91'ini oluşturmaktadır. Sürekli rotasyon yapan kırılmaya karşı dirençli olan NiTi döner eğeler, eğimli kök kanal konfigürasyonlarında kullanıldığında tedavinin başarısını büyük ölçüde artırmaktadır (6,7). NiTi eğelerin kırılması, kullanım sıklığı, tasarım, üretim yöntemi, çalışma hızı ve torku, kök kanalının eğim ve yarıçapı, kanal şekillendirme sırasında uygulanan baskı ve gerilmeler, sterilizasyon yöntemi ve hekimin kullanım biçimi gibi faktörlere bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (8). CE belgesi, Avrupa Birliği ülkeleri arasındaki ticarete sıklıkla gördüğümüz bir uygunluk işaretidir. Ekonomik Alanı içinde serbest dolaşımı olan ürünlerde bulunan CE belgesi; ürünlerin tespit edilen güvenlik, sağlık ve çevre koruma koşullarına uygun olduğunu yetkililer tarafından denetlendiğini ve onaylandığını gösterir. Piyasada CE belgesi olan ve olmayan çok sayıda ürün vardır. Bu ürünlerin kırılma dirençleriyle ilgili bilgi eksikliği bulunmaktadır. Kök kanal tedavisinin mekanik hazırlık sürecinde kullanılan aletlerin, çapraz enfeksiyon riskini engellemek için sterilize edilmesi gerekmektedir (9). NiTi eğelerin iç yapısı ve fiziksel özellikleri üzerinde sterilizasyon prosedürlerinin etkisini inceleyen birçok araştırma yapılmıştır. NiTi enstrümanların korozyona maruz kalması, fiziksel özelliklerini etkileyerek eğe

kırılmalarına yol açabilir. Yapılan araştırmalarda; enstrümanların temizliği ve kök kanal preparasyonu sırasında kullanılan sodyum hipoklorit (NaOCl) irrigasyon solüsyonunun, eğelerin mekanik özelliklerini değiştirerek kırılmaya yatkınlıklarını artırdığı gözlemlenmiştir (5,10). Bu çalışmanın amacı, CE belgesi olan ve olmayan iki nikel titanyum (NiTi) döner eğenin ilk hali ile %5 sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonlarına 5 dakika maruz kalan eğelerin döngüsel yorgunluk dirençlerindeki değişimleri değerlendirmektir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada, 32 adet paketinden yeni çıkarılan CE belgesi olan eğe (25.04 R-Shaper eğesi, Shenzhen Rogin Medical Co., Guangdong, Çin) ve CE belgesi olmayan eğe (V3-M boyut 25.04 eğesi, Foshan Behn Inst., Guangdong, Çin) kullanıldı. Eğeler, CE belgesi olan ve olmayan şeklinde 16'şarlı gruplara ayrıldı. Bu gruplar da paketinden yeni çıkarılan eğe grubu ve steril etmek için 5 dakika %5 NaOCl'ye maruz bırakılmış eğe grubu olarak ikiye (n=8) ayrıldı. Eğelerin döngüsel yorulma direnci, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında bulunan döngüsel eğe kırılma ölçüm cihazında ölçüldü. Her iki kanal eğesi, firma önerilerine uygun olarak 300 devir/dakika hızında ve 2.5 tork ile yapay paslanmaz çelik kanallarda kırılana kadar kullanıldı. Her bir eğenin kırılma noktasına ulaşma süresi, dijital bir kronometre kullanılarak saniye cinsinden ölçülüp kaydedildi. Eğelerin kırılma noktasına kadar yaptığı tur sayısı (KYTS) ise aşağıdaki formülle hesaplandı:

Kırılma noktasına kadar geçen tur sayısı = Dönme hızı (rpm) × Süre (sn) /60

Eğelerin kırık parçalarının uzunlukları dijital bir kumpas ile ölçülerek kaydedildi. Eğelerin döngüsel yorulma dirençlerini karşılaştırmak için SPSS 22.0 (SPSS 22.0 Software Package Program, Inc., Chicago, IL, ABD) kullanıldı. Anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak belirlendi.

BULGULAR

Tablo 1, eğelerin kırılma turu ve kırılma uzunluklarının ortalama değerlerini göstermektedir. İki farklı eğe grubunun maruz kalmadan önceki ve sonraki döngüsel dayanımları karşılaştırıldığında, R-shaper eğesinde maruz bırakılmadan önceki ve sonraki değerler arasında anlamlı bir fark bulunmazken (p=0.74), V3-m tipi eğenin maruz bırakılmadan önceki ve sonraki değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (p<0,05). R-shaper eğesi, V3-M eğesine

kıyasla, daha yüksek bir kırılma direncine sahip olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, CE belgesi olan eğenin her iki durumda da döngüsel yorgunluk direncinin fazla olduğu belirlenmiştir. ($p<0.05$).

sıkışma ve gerilme siklusuna uğramakta; bu da eğe kırılmalarına yol açmaktadır (19, 20). Eğeler üzerindeki sıkışma ve gerilme kuvvetleri, kanalın kurvatür yarıçapının uzunluğuna, kurvatürün ark boyutuna ve konumuna bağlı olarak değişmektedir (21).

Eğe Adı	V3-M (CE belgesiz)		R-shaper (CE belgeli)	
	Durum	İlk hali	NaOCl'ye maruz kalan	İlk hali
KYTS Ortalama \pmSD	756.88 \pm 167.906 ^a	871.88 \pm 112.502 ^a	1041.88 \pm 152.806 ^b	1083.13 \pm 308.405 ^b
Kırılma Uzunluğu\pmSD	5.35 \pm 0.24 ^A	5.38 \pm 0.56 ^A	5.81 \pm 0.40 ^A	5.79 \pm 0.79 ^A

Tablo1. İki farklı eğe tipinin kırılana kadarki tur sayıları ve kırılma uzunluk miktarları.

* Satırlardaki farklı karakterler, Gruplar arasındaki farklılığı göstermektedir.

TARTIŞMA

Kök kanal tedavisinin başarısı, pulpa dokusu kalıntılarının ve mikroorganizmaların kök kanallarından tamamen uzaklaştırılması ve kanalların doğru şekilde şekillendirilmesi ile sağlanır; böylece diş uzun süre sağlıklı ve işlevsel kalmaktadır (11). Kök kanallarının hijyeni, kanal içi medikasyonların uygulanması ve irrigasyon destekli mekanik enstrümantasyon ile sağlanmaktadır (12). Kök kanallarını daha etkili ve pratik bir şekilde işleyebilmek için çeşitli mekanik aletler ve teknikler geliştirilmiştir. Kök kanalı hazırlığında kullanılan aletler ve teknikler, genellikle manuel ve döner eğeler olarak kategorize etmektedir. Döner eğeler, manuel göre işlemi daha hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirmektedir (13). Günümüzde endodontik enstrümanların çoğu ya paslanmaz çelik ya da nikel-titanyum alaşımdan yapılmaktadır. Eğimli kanallarda özellikle elastik sınırlar aşıldığında, paslanmaz çelik eğeler ve reamerlar genellikle gözle görülür şekilde açılır ve eğeler deforme olabilmektedir (14). Paslanmaz çelik eğelerin gereğince elastik olmaması, eğimli kanalların preparasyonu sırasında kök kanal sisteminin orijinal formunun bozulmasına, apikal transportasyona, basamak oluşumuna, zip oluşumuna ve apikale debris taşkınlığına gibi iatrojenik hatalara neden olabilmektedir (15,16). NiTi eğelerin paslanmaz çelik eğelerden daha elastik olması, iyatrojenik hataların azalmasına ve kök kanal hazırlığının daha hızlı gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır (17). Kök kanallarında eğe kırılması, endodontik tedavi başarısını büyük ölçüde etkilemektedir. Eğe kırılmaları en fazla döngüsel yorgunlukla karşımıza çıkmaktadır (18). Kanalın kurvatür açısı ve kurvatür yarıçapı, döngüsel yorgunluğu etkileyen en önemli faktörlerdendir. Kök kanal eğeleri, eğimli kanallarda dönerken sürekli

Pruett ve ark.'nın (1997) çalışmasında, kurvatür yarıçapı arttıkça eğeler üzerindeki stres ve gerilmelerin arttığı ve bu nedenle eğelerin daha fazla döngüsel yorgunluğa maruz kaldığı belirtilmektedir (22). Döngüsel yorgunluk analizlerinde genellikle yapay metal tüpler tercih edilmektedir. Eğri kanallarda eğelerin kırılmasını taklit etmek için 60 derecelik yapay tüpler kullanılmaktadır. Çalışmamızda da 60 derecelik yapay tüplerden yararlanılmıştır. CE işareti olan ürünler, Avrupa Birliği'nin belirlemiş olduğu temel sağlık, güvenlik ve çevre koruma standartlarını yerine getirdiğini göstermektedir. Bu işaret, ürünün gerekli testlerden geçirildiğini ve uygunluk değerlendirme prosedürlerini tamamladığını, dolayısıyla güvenilir ve emniyetli olduğunu ifade etmektedir. Dental depolarda CE belgeli eğelerin piyasaya sürülmesinin yanı sıra, CE belgesiz ürünlerin de satışı bulunmaktadır. Bu çalışmada, klinikte NaOCl çözeltilerine maruz bırakılan CE belgeli ve CE belgesiz iki NiTi eğesinin döngüsel yorgunluk direncinin değerlendirmişti. NaOCl'nin NiTi alaşımları üzerindeki etkilerini inceleyen birçok araştırma bulunmaktadır. Uslu ve ark. (2018) (23), yapay paslanmaz çelik bir kanal kullanarak NiTi eğelerin döngüsel yorgunluk direncini araştırdıkları çalışmalarında, 5 dk NaOCl'ye maruz bırakılan WaveOne ve WaveOne Gold eğelerinin döngüsel yorgunluk düzeylerinde önemli bir değişimin olmadığını belirlemişlerdir. Pedullà ve ark. (24) ise, 5 dk NaOCl ye maruz bırakılan 3 kez otoklavlanma yapılan Twisted File ve Hyflex CM eğelerinin döngüsel yorgunluk seviyelerinin etkilenmediği görülmüştür. Bunun yanı sıra, Çeşitli çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmaktadır. Berutti ve ark. (25) ise; ProTaper döner eğelerini 5 dakika %5 NaOCl çözeltisine maruz bırakarak, döngüsel yorgunluk kırılma direncinin olumsuz yönde etkilendiğini bulmuşlardır. Peters ve ark. (26), %5.25 lik NaOCl'ye

maruz bırakılan ProFile ve RaCe eğelerinin döngüsel yorgunluğa karşı azalmış direnç sergilediğini bulmaktadır. Çalışmamızda da NaOCl'ye maruz bırakılan CE belgeli ve belgesiz eğelerinin döngüsel yorgunluğa dirençlerinin yukarıda belirtilen çalışmalarla benzer olacak şekilde, olumsuz yönde etkilenmediği görülmüştür. Çalışma bulgularıyla ters düşen çalışmalarla farkının, farklı ege markalarının olmasından kaynaklandığı görüşünderiz. Çalışmamızda, CE belgeli eğelerin CE belgesiz eğelere göre, daha iyi kırılma dayanımı sergilediği gözlemlendiği için, CE belgeli NiTi eğelerinin kullanımının önemli olduğu sonucuna varmaktayız. Yapılan taramalarda, CE belgeli ve CE belgesiz eğelerin karşılaştırıldığı herhangi bir araştırma bulunmadığından, karşılaştırma yapılamamıştır.

SONUÇ

CE belgesine sahip olan NiTi döner aletlerin kırılma dayanımı, ilk haliyle ve %5 NaOCl'ye maruz bırakıldığında kırılma dirençlerinde değişiklik görülmemesinin yanısıra, CE belgesi olmayan eğelerin kırılma uzunlukları değişmemektedir. Ancak eğelerin, kırılma dayanımları olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle, CE belgeli NiTi eğelerinin kullanılması, eğelerin kırılma insidansını azaltacağı görüşünderiz.

KAYNAKLAR

1. Jitumori RT, Rodrigues RC, Reis A, Gomes JC, Gomes GM. Effect of dentin moisture on the adhesive properties of luting fiber posts using adhesive strategies. *Braz Oral Res.* 2023;37:e42.
2. Han-Hsing Lin J, Karabucak B, Lee SM. Effect of sodium hypochlorite on conventional and heat-treated nickel-titanium endodontic rotary instruments - An in vitro study. *J Dent Sci.* 2021;16(2):738-43.
3. Martins JNR, Silva E, Marques D, Braz Fernandes FM, Versiani MA. Comprehensive Assessment of Cyclic Fatigue Strength in Five Multiple-File Nickel-Titanium Endodontic Systems. *Materials (Basel).* 2024;17(10):2345.
4. Madarati AA. Factors influencing incidents of complications while using nickel-titanium rotary instruments for root canal treatment. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):241.
5. Shen Y, Zhou HM, Zheng YF, Peng B, Haapasalo M. Current challenges and concepts of the thermomechanical treatment of nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2013;39(2):163-72.
6. Chan WS, Gulati K, Peters OA. Advancing Nitinol: From heat treatment to surface functionalization for nickel-titanium (NiTi) instruments in endodontics. *Bioact Mater.* 2023;22:91-111.
7. Zupanc J, Vahdat-Pajouh N, Schäfer E. New thermomechanically treated NiTi alloys - a review. *Int Endod J.* 2018;51(10):1088-103.
8. Capar ID, Kaval ME, Ertas H, Sen BH. Comparison of the cyclic fatigue resistance of 5 different rotary pathfinding instruments made of conventional nickel-titanium wire, M-wire, and controlled memory wire. *J Endod.* 2015;41(4):535-8.
9. Zanza A, D'Angelo M, Reda R, Gambarini G, Testarelli L, Di Nardo D. An Update on Nickel-Titanium Rotary Instruments in Endodontics: Mechanical Characteristics, Testing and Future Perspective-An Overview. *Bioengineering (Basel).* 2021;8(12).
10. Braga LC, Faria Silva AC, Bueno VT, de Azevedo Bahia MG. Impact of heat treatments on the fatigue resistance of different rotary nickel-titanium instruments. *J Endod.* 2014;40(9):1494-7.
11. Abdel-Baset ST, Fahmy SH, Obeid MF. Can instrumentation kinematics affect postoperative pain and substance P levels? A randomized controlled trial. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):102.
12. Patil R, Singh SV, Mandlik JS, Jadhav A, Handa A, Jadhav A. Evaluating the Efficacy of Certain Intermediate Irrigants in Preventing Precipitate Formed Due to Sodium Hypochlorite and Chlorhexidine Within the Root Canal System: An In Vitro Study. *Cureus.* 2023;15(6):e39871.
13. D'Amario M, Baldi M, Petricca R, De Angelis F, El Abed R, D'Arcangelo C. Evaluation of a new nickel-titanium system to create the glide path in root canal preparation of curved canals. *J Endod.* 2013;39(12):1581-4.
14. Gutmann J, Lovdahl PE. Problem solving in endodontics: Prevention, identification, and management: Fifth edition. *Problem Solving in Endodontics: Prevention, Identification, and Management: Fifth Edition.* 2010:1-478.

- 15.** Avcı M, Şermet Elbay Ü, Kaşıkçı S. Effects of different irrigation activation methods on root canal treatment of primary teeth. *J Clin Pediatr Dent.* 2024;48(3):156-65.
- 16.** Kaşıkçı S, Türker SA, Güven B. Effect of different retreatment files using different kinematics on the release of inflammatory mediators in root canal retreatment of single-rooted teeth: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2023;27(6):3189-96.
- 17.** Langaliya A, Dhull KS, Gupta B, Saleem Agwan MA, Gupta S, Macha Y, Makkad RS. Effect of NaOCl on cyclic fatigue resistance. *Bioinformation.* 2023;19(13):1348-52.
- 18.** Hamid T, Malik A, Kumar A, Anjum S. Comparative evaluation of cyclic fatigue resistance of thermomechanically treated NiTi rotary instruments in simulated curved canals with two different radii of curvature: An in vitro Study. *J Conserv Dent Endod.* 2024;27(4):393-9.
- 19.** Ferreira F, Adeodato C, Barbosa I, Aboud L, Scelza P, Zaccaro Scelza M. Movement kinematics and cyclic fatigue of NiTi rotary instruments: a systematic review. *Int Endod J.* 2017;50(2):143-52.
- 20.** Liu W, Wu B. Root Canal Surface Strain and Canal Center Transportation Induced by 3 Different Nickel-Titanium Rotary Instrument Systems. *J Endod.* 2016;42(2):299-303.
- 21.** Rodrigues RC, Lopes HP, Elias CN, Amaral G, Vieira VT, De Martin AS. Influence of different manufacturing methods on the cyclic fatigue of rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 2011;37(11):1553-7.
- 22.** Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL, Jr. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod.* 1997;23(2):77-85.
- 23.** Uslu G, Özyürek T, Yılmaz K, Plotino G. Effect of dynamic immersion in sodium hypochlorite and EDTA solutions on cyclic fatigue resistance of WaveOne and WaveOne Gold reciprocating nickel-titanium files. *J Endod.* 2018;44(5):834-7.
- 24.** Pedullà E, Benites A, La Rosa GM, Plotino G, Grande NM, Rapisarda E, Generali L. Cyclic fatigue resistance of heat-treated nickel-titanium instruments after immersion in sodium hypochlorite and/or sterilization. *J Endod.* 2018;44(4):648-53.
- 25.** Berutti E, Angelini E, Rigolone M, Migliaretti G, Pasqualini D. Influence of sodium hypochlorite on fracture properties and corrosion of ProTaper Rotary instruments. *Int Endod J.* 2006;39(9):693-9.
- 26.** Peters O, Roehlike J, Baumann M. Effect of Immersion in Sodium Hypochlorite on Torque and Fatigue Resistance of Nickel-Titanium Instruments. *J Endod.* 2007;33:589-93.

Treatment For Type II Dens Invaginatus In A Mandibular Lateral Incisor: A Report Of Rare Case

Tip II Dens Invajinatus Bulunan Mandibular Lateral Keser Dişin Tedavisi: Nadir Görülen Bir Vaka Raporu

ABSTRACT

Dens invaginatus is one of the developmental anomalies of the tooth which occurs with an invagination of the enamel organ into the dental papilla during tooth development. This anomaly presents a wide spectrum of morphological variations. According to Oehlers classification, in dens invaginatus type II the invagination invades above the cemento-enamel junction, connecting to the pulp; however, there is no connection with the periodontal ligament. This abnormality presents significant challenge when root canal treatment is necessary. The most frequently affected teeth are permanent maxillary lateral incisors, followed by permanent maxillary central incisors. There are limited case reports of mandibular central incisors; however, there is no publication of mandibular lateral incisors with dens invaginatus type II. This case report aimed to present cone-beam computed tomography aided diagnosis and treatment for type II dens invaginatus in a mandibular lateral incisor with a talon cusp and a large periapical lesion

Conclusion: This case report aimed to present cone-beam computed tomography aided diagnosis and treatment for Type II Dens Invaginatus in a mandibular lateral incisor with a talon cusp and a large periapical lesion

Key Words: Acute Apical Abscess, Dens Invaginatus, Mineral Trioxide Aggregate, Root Canal Treatment, Talon Cusp.

ÖZ

Dens invaginatus, diş gelişimi esnasında mine organının dental papillaya doğru invajine olması ile ortaya çıkan dişin gelişimsel anomalilerinden biridir. Bu anomaliye sahip dişler çeşitli morfolojik varyasyonlara sahip olabilmektedirler. Oehler'in sınıflamasına göre, dens invaginatus tip II'de invajinasyon mine-sement birleşimini geçer, pulpaya bağlanır; ancak periodontal ligaman ile herhangi bir bağlantı bulundurmaz. Bu anomali, kök kanal tedavisinin gerekli olduğu durumlarda sıklıkla önemli bir zorluk teşkil eder. En sık etkilenen dişler daimî üst lateral kesici dişlerdir ve bunu daimî üst santral kesici dişler takip etmektedir. Mandibular santral kesici dişlerle ilgili sınırlı sayıda vaka raporu mevcuttur; ancak dens invaginatus tip II'ye sahip mandibular lateral kesici dişlere ilişkin yayın bulunmamaktadır.

Sonuç: Bu vaka raporunda, talon tüberkül bulunan ve büyük periapikal lezyonu olan dens invaginatus Tip II'ye sahip mandibular lateral kesici dişin konik ışınli bilgisayarlı tomografi desteği ile tanı ve tedavisinin sunulması amaçlandı.

Anahtar Kelimeler: Akut Apikal Apse, Dens İnvaginatus, Mineral Trioksit Agregat, Kök Kanal Tedavisi, Talon Tüberkülü.

Erva GÜÇLÜ¹

ORCID: 0000-0002-2649-1093

Olçay ÖZDEMİR²

ORCID: 0000-0001-8867-1551

Ebru HAZAR BODRUMLU³

ORCID: 0000-0002-3474-5583

¹Specialist in Pediatric Dentistry,
Kocaeli, Turkey

²Karabük University, Faculty of Dentistry,
Department of Endodontics,
Karabük, Turkey

³Zonguldak Bülent Ecevit University,
Faculty of Dentistry,
Department of Pedodontics,
Zonguldak, Turkey



Geliş tarihi / Received: 16.03.2024

Kabul tarihi / Accepted: 09.07.2024

İletişim Adresi /Corresponding Adress:

Erva GÜÇLÜ

Specialist in Pediatric Dentistry,,

Kocaeli, Turkey

E-posta/e-mail: ervaguclu@hotmail.com

INTRODUCTION

Dens invaginatus (DI) is one of the developmental abnormalities of the tooth, presents a wide spectrum of morphological variations. A commonly accepted etiologic theory is an invagination of the enamel organ into the dental papilla during tooth development (1). The invagination begins in the crown and may sometimes extend into the root (2). This situation creates an enamel-lined sac into the tooth, which may be blind-ended, or in some cases, may be connected to the main pulp or the periodontal ligament (PDL) (3). The possible connection between oral environment and pulp may lead to bacterial contamination; therefore, pulpal, or periapical pathology may occur without any caries or trauma (1,4,5).

Many classifications are suggested for describing different forms of DI. Most commonly used is proposed by Oehlers (6), which classifying according to the depth of invagination. Type I is the mildest form; the invagination is confined within the crown and does not extend beyond the cemento-enamel junction (CEJ). In type II, the invagination invades above the CEJ, connecting to the pulp; however, there is no connection with the periodontal ligament (PDL). In type III, invagination penetrates through the root and PDL. The treatment options for a tooth with DI depend upon the severity of the abnormality, the pulp, and periradicular condition, including a prophylactic fissure sealing, restorative, nonsurgical/surgical endodontic treatment, or extraction (7). Pulp necrosis may occur before root-end closure, so maturity is also crucial for deciding the treatment plan. There are many detected cases of maxillary incisors with DI (5,8,9); however, no case of mandibular lateral incisor with DI type II had been reported to the best of our knowledge. This case report presented CBCT aided diagnosis and treatment for type II dens invaginatus in a mandibular lateral incisor with a talon cusp and a large periapical lesion.

CASE REPORT

A 10-year-old male patient was referred to the Department of Pedodontics, complaining of pain and swelling in the mandibular right anterior region. A detailed medical history was taken from the patient's family, and no significant condition was recorded. Extraoral examination revealed acute swelling, which was warm and tendered to palpation. Clinical examination revealed that he was in mixed dentition and had poor oral hygiene. The different morphological aspect was noticed in mandibular right lateral incisor. There were an increased mesiodistal diameter of the crown, notching on the incisal edge, a

lingual prominent talon cusp, and a deep lingual pit (Fig. 1). The tooth was tender to percussion. Intraoral and panoramic radiography was obtained, and an internal dens structure beyond the CEJ consistent with Oehler's type II DI was observed. There was a large periapical radiolucency associated with the tooth. Cone-beam computed tomography (CBCT) was revealed for examination of complex root canal (RC) morphology. According to CBCT imaging, a complete invaginated structure had extended beyond the crown and centrally along with the RC to the apical third as a septum down to the apex (Fig. 2).



Figure 1. Extraoral swelling of the region (A), preoperative intraoral view of tooth 42 (B).

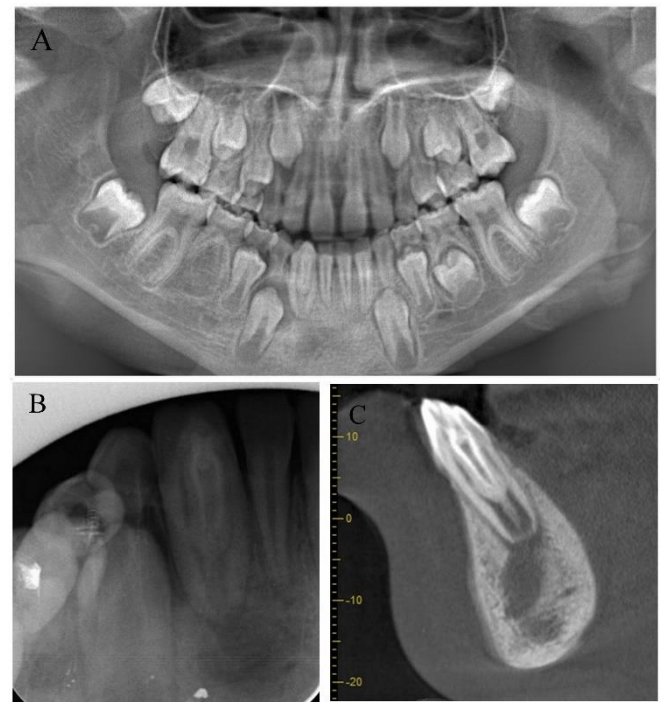


Figure 2. Panoramic radiography of the patient (A), periapical radiography of tooth 42 (B), sagittal slice of CBCT (C).

According to symptoms and examination, the diagnosis for tooth 42 was pulp necrosis and acute apical abscess. The treatment plan included RC treatment with removing the DI and a follow-up for the prognosis. The complex anatomy of the tooth, possible long-term outcome, and treatment plan were told to the patient's family. Parents read the information and gave consent for the treatment plan. First appointment: Following anaesthesia, through the deep lingual pit, an entrance to

the invaginatus was obtained. After the access cavity preparation, the hard tissue inside the RC system was removed by using gates-glidden (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), piezo burs (W&H, Bürmoos, Austria), and H-file instrumentation (Dentsply Maillefer, Ballaigues-Switzerland), respectively, with an electronic apex locator (Root ZX Mini, J. Morita, Tokyo, Japan) aid and radiographically confirming. Electronic apex locator and periapical radiography were used to determine the working length. The necrotic pulp tissue remnant was removed by instrumentation and 2,5% sodium hypochlorite (NaOCl) irrigation. There was no drainage from the canal. Therefore, the canal was dried with sterile paper points. The tooth was dressed with calcium hydroxide (Ca(OH)₂, (Metapaste; Meta Biomed Co, Ltd, Chungbuk, Korea) (Fig. 3).

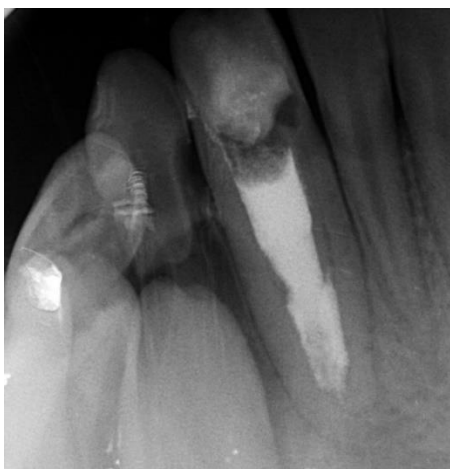


Figure 3. Ca (OH)₂ dressing radiography.

The access cavity was sealed with resin-modified glass ionomer (Fuji II LC, GC International Corp, Tokyo, Japan). A second appointment was scheduled for two weeks later. Second appointment: The tooth was asymptomatic until the further appointment. The temporary filling and Ca(OH)₂ were removed using hand files, followed by 17% EDTA. The final flush was performed with 2.5% NaOCl. Sonic activation was performed using EDDY (6000 Hz, size 25.04, VDW, Munich, Germany) with three activation cycles of 30s for each solution. The RC was dried, and white MTA (Angelus, Londrina, PR, Brazil) was set approximately 4-mm thickness at the WL. Following confirmation radiographically, a wet cotton pellet was placed for two days. Third appointment: The cotton pellet was removed, and empty canal space above the MTA was irrigated with 2 ml 2.5% NaOCl. Following drying the space, the RC was coated with syringe-mix epoxy-amine-based resin sealer (AH Plus Jet®, Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) by appropriate size of paper points. According to the manufacturer's instructions, after being thermo-plasticized using an

obturator oven (Thermaprep 2, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland), the canal was obturated with GuttaCore® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Germany) obturator. The filling material was bent, the excessive gutta-percha was removed at the CEJ and compacted with a heated plugger (Fig. 4A). After selective etching to the enamel, a bonding agent (OptiBond™ All-In-One, Kerr Corporation, Orange, CA, USA) was applied. Restoration was done with with composite resin (Estelite Sigma Quick, Tokuyama Dental, Japan). No clinical symptoms were found at the first month follow-up (Fig. 5). Then the patient was scheduled for 3-6 months and annual as a long-term follow-up (Fig. 4B-E).

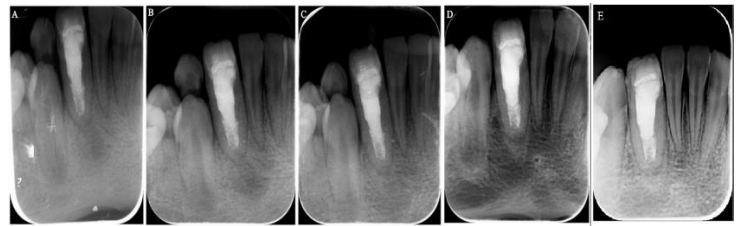


Figure 4. Periapical radiography of obturation(A), 1st month radiography (B), 3rd month radiography (C), 10th month radiography (D), 20th month radiography (E).

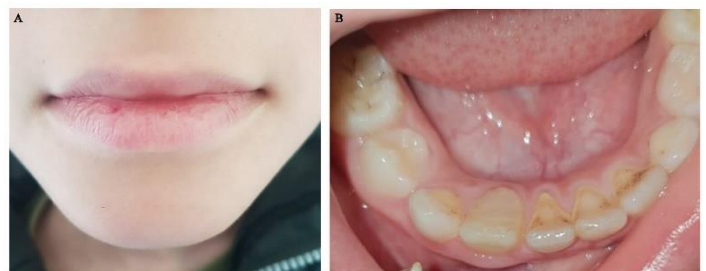


Figure 5. Extraoral view at 1st month control (A), intraoral view in 1st month (B).

DISCUSSION

DI is a rare anomaly that reported a prevalence of between 0.04-10% (10), and the problem is observed at a rate of 0.25-26.1% (5). The most frequently affected teeth are permanent maxillary lateral incisors (8), followed by the permanent maxillary central incisors, premolars, canines, and molars that may rarely be affected (2). It is known that DI mainly affects permanent teeth; however, it was reported in primary dentition (11,12). DI may be isolated or co-occur with other dental anomalies such as microdontia, macrodontia, or talon cusp (6,13,14). Many studies evaluated the presence, characteristics, and types of dens invaginatus in the Turkish population (15). According to the patients' examination included for the mentioned studies, there was no DI structure in the mandibular incisors, interestingly. Similar results were encountered

in studies conducted of different populations (16,17). Limited case reports were published of mandibular incisors (18,19), however, to the best of our knowledge, this presentation is the first reported type II DI case of a permanent mandibular lateral incisor tooth in the literature. The anatomical variations associated with DI cause difficulties for management. Due to the complex RC morphology, especially in type II and III, a 3-dimensional radiographic examination is recommended (2,20). Only for the tooth with relevant signs and symptoms is indicated endodontic treatment (21). In some DI type II cases, it was suggested that only the invaginated canal treatment might be sufficient if there was no periapical pathology and connection between the canals (3). According to the CBCT imaging of this case, pulp connection is not monitored; however, there was a large periapical radiolucency and an extraoral abscess. Therefore, the treatment plan included removing the DI structure. Ca(OH)₂ dressing as an intracanal medication is well documented. It certainly reduces the bacterial counts and helps the tissues to recover and heal (22). Regression of the symptoms is also a positive indicator that the treatment plan was efficient. Mechanical preparation produces a layer called smear that may contain bacteria and their by-products (23). For removing the smear layer, an irrigation procedure comprises NaOCl followed by EDTA. Irrigation activation was proposed to increase the effects of solutions to improve canal cleanliness after mechanical preparation (24). Therefore, to remove the smear layer and improve disinfection in complex RC anatomy, sonic activation was used with final irrigation procedures, including EDTA and NaOCl flushing. Although the tooth was mature, the apical region was plugged with MTA due to the wide canal. After the apical plug, the warm obturation technique was applied using a thermoplastic core carrier system for tight seal filling. In last control visit at 20th month, the periapical radiography revealed continuing of healing and lamina dura forming. The patient was asymptomatic, and the tooth was intact (Fig. 4E). Periodic long-term follow-up plays an essential role in prognosis, and patient follow-up continues. The diagnosis and treatment of DI require a challenging approach. Oral health care professionals need adequate knowledge and understanding of the anomaly to help diagnose and treat the patients with DI.

1. Hülsmann M. Dens invaginatus: aetiology, classification, prevalence, diagnosis, and treatment considerations. *Int Endod J.* 1997;30(2):79-90.
2. Gallacher A, Ali R, Bhakta S. Dens invaginatus: diagnosis and management strategies. *Bri Dent J.* 2016;221:383-7.
3. Zhu J, Wang X, Fang Y, von den Hoff JW, Meng L. An update on the diagnosis and treatment of dens invaginatus. *Aust Dent J.* 2017;62:261-75.
4. Seow WK. Diagnosis and management of unusual dental abscesses in children. *Aust Dent J.* 2003;48:156-68.
5. Alani A, Bishop K. Dens invaginatus. Part 1: classification, prevalence and aetiology. *Int Endod J.* 2008;41:1123-36.
6. Oehlers F. Dens invaginatus (dilated composite odontome). I. Variations of the invagination process and associated anterior crown forms. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1957;10(11):1204-18.
7. Kristoffersen Ø, Nag OH, Fristad I. Dens invaginatus and treatment options based on a classification system: report of a Type II invagination. *Int Endod J.* 2008;41:702-9.
8. Hamasha AA, Alomari QD. Prevalence of dens invaginatus in Jordanian adults. *Int Endod J.* 2004;37:307-10.
9. Gündüz K, Çelenk P, Canger EM, Zengin Z, Sümer P. A retrospective study of the prevalence and characteristics of dens invaginatus in a sample of the Turkish population. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2013;18:27-32.
10. Hovland EJ, Block RM. Nonrecognition and subsequent endodontic treatment of dens invaginatus. *J Endod.* 1977;3:360-2.

11. Eden E, Koca H, Şen BH. Dens invaginatus in a primary molar: report of case. *ASDC J Dent Child*. 2002;69(1):49-53, 12.
12. Bansal AV, Bansal A, Kulkarni VK, Dhar RS. Dens invaginatus in primary maxillary molar: a rare case report and review of literature. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2012;5(2):139-41.
13. Hattab F, Yassin O, al-Nimri KS. Talon cusp--clinical significance and management: case reports. *Quintessence Int*. 1995;26(2):115-20.
14. Mupparapu M, Singer SR. A review of dens invaginatus (dens in dente) in permanent and primary teeth: Report of a case in a microdontic maxillary lateral incisor. *Quintessence Int*. 2006;37(2):125-9.
15. Capar ID, Ertas H, Arslan H, Ertas ET. A retrospective comparative study of cone-beam computed tomography versus rendered panoramic images identified the presence, types, and characteristics of dens invaginatus in a Turkish population. *J Endod*. 2015;41:473-8.
16. Chen L, Li Y, Wang H. Investigation of dens invaginatus in a Chinese subpopulation using cone-beam computed tomography. *Oral Dis*. 2021;27(7):1755-1760.
17. Mabrouk R, Berrezouga L, Frih N. The accuracy of CBCT in the detection of dens invaginatus in a Tunisian population. *Int J Dent*. 2021; 8826204.
18. Mupparapu M, Singer SR. A rare presentation of dens invaginatus in a mandibular lateral incisor occurring concurrently with bilateral maxillary dens invaginatus: Case report and review of literature. *Aust Dent J*. 2004 ;49(2):90-3.
19. Kabbaz MG, Konstantakı MN, Sykaras SN. Dens invaginatus in a mandibular lateral incisor. *Int Endod J*. 1995;28:303-5.
20. Pael S. The use of cone beam computed tomography in the conservative management of dens invaginatus: a case report. *Int Endod J*. 2010;43:707-13.
21. ishop K, Alani A. Dens invaginatus. Part 2: clinical, radiographic features and management options. *Int Endod J*. 2008;41:1137-54.
22. Mohammadi Z, Dummer PMH. Properties and applications of calcium hydroxide in endodontics and dental traumatology. *Int Endod J* 2011;44:697-730.
23. Violich DR, Chandler NP. The smear layer in endodontics-a review *Int Endod J*. 2010;43:2-15.
24. Urban K, Donnermeyer D, Schäfer E, Bürklein S. Canal cleanliness using different irrigation activation systems: a SEM evaluation. *Clin Oral Invest*. 2017;21(9).