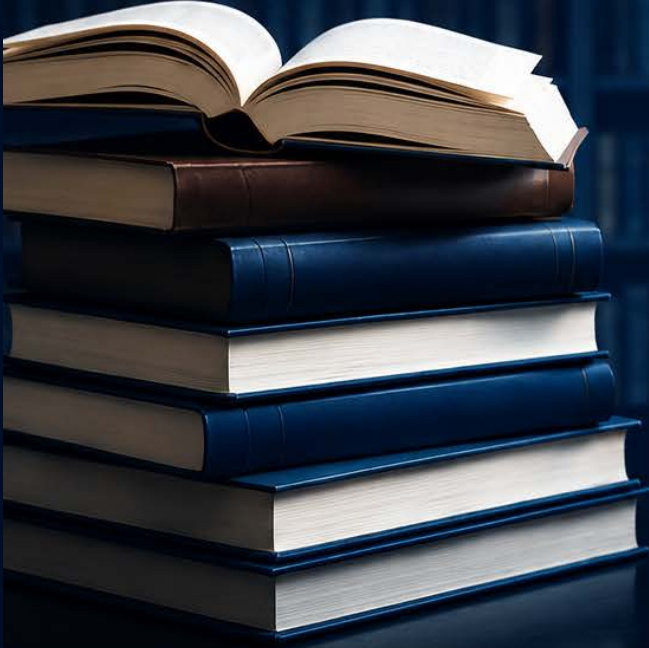


PERİODONTOLOJİ ALANINDA GÜNCEL KONULAR VE AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Özgür ÖZGÖREN



yaz
yayınları

**Periodontoloji Alanında
Güncel Konular ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör

Dr.Öğr.Üyesi Özgür ÖZGÖREN

yaz
yayınları

2026

**Periodontoloji Alanında Güncel Konular
ve Akademik Değerlendirmeler**

Editör: Dr.Öğr.Üyesi Özgür ÖZGÖREN

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-5450-25-8

Ekim 2026 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Periodontal Hastalıkların Teşhisinde Güncel Biyobelirteçler: Genel Bir Bakış	1
<i>Özgür ÖZGÖREN</i>	
Beslenmenin Periodontal Sağlık ve Hastalıklar Üzerindeki Rolü.....	23
<i>Zeliha Başak ÇAKIR ERDİL</i>	
Periodontal Tedavilerde Hasta Merkezli Sonuçlar ve Deneyimler	36
<i>Dicle ALTINDAL, Eylem Ayhan ALKAN</i>	
Artificial Intelligence in Periodontology: Current Approaches to Diagnosis, Prognosis and Clinical Applications	45
<i>Canan AKDENİZ</i>	
D Vitamini Eksikliği ve Erken İmplant Başarısızlığı.....	68
<i>Dicle ALTINDAL, Eylem Ayhan ALKAN</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

PERİODONTAL HASTALIKLARIN TEŞHİSİNDE GÜNCEL BİYOBELİRTEÇLER: GENEL BİR BAKIŞ

Özgür ÖZGÖREN¹

1. GİRİŞ

Periodontal hastalıklar, mikrobiyal biyofilm ile konak bağışıklık yanıtı arasındaki etkileşim sonucunda ortaya çıkan, kronik inflamatuvar hastalıklardır. Periodontitisin biyolojik yapısında yalnızca mikrobiyal faktörler değil, konağın inflamatuvar ve immün yanıtı da önemli bir yer tutar. Bu yanıt, bağ dokusu ve alveol kemiğinde meydana gelen yıkımın temel mekanizmalarından biridir (Bartold ve Van Dyke, 2013; Cekici ve ark., 2014).

Günümüzde periodontal hastalıkların tanısında sondlama cep derinliği (SD), klinik ataşman kaybı (KAK), sondlamada kanama (SK), diş mobilitesi, furkasyon tutulumu, diş kaybı ve radyografik kemik kaybı gibi klinik ve radyografik parametrelerden yararlanılmaktadır (Armitage, 1995, 2004). 2018 yılında kabul edilen periodontal hastalıkların sınıflandırmasında evreleme ve derecelendirme yaklaşımı; KAK, radyografik kemik kaybı, hastalığın kompleksitesi, ilerlemeye ilişkin kanıtlar ve sigara kullanımı ile diyabet gibi risk faktörlerini dikkate almaktadır (Papapanou ve ark., 2018; Tonetti ve ark., 2018). Bununla birlikte, biyobelirteçler mevcut sınıflandırmada

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji A.D., ORCID: 0009-0008-2175-1790.

periodontal hastalık tanısının bir bileşeni olarak yer almamaktadır.

Geleneksel periodontal ölçümlerin önemli bir avantajı klinik uygulamada kolaylıkla kullanılabilmeleridir. Fakat bu yöntemlerin bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Sondalama ölçümleri sondun açısı ve uygulanan kuvvet, dokunun inflamatuvar durumu, anatomik özellikler ve uygulayıcıya bağlı farklılıklardan etkilenebilmektedir. Ayrıca klinik ölçümler ancak hastalığın o anki durumunu yansıtır. Özellikle klinik ataşman kaybı, geçmişte meydana gelmiş periodontal yıkım hakkında bilgi verirken mevcut biyolojik aktiviteyi tek başına göstermeyebilir (Armitage, 1995, 2004). Bu sınırlılıklar, araştırmacıları, periodontal hastalıkların biyolojik özelliklerini daha doğrudan değerlendirebilecek yöntemler araştırmaya itmiştir. Biyobelirteçler; diş eti oluşu sıvısı (DOS), tükürük, serum, plazma ve doku gibi farklı biyolojik örneklerden değerlendirilebilen proteinler, enzimler, sitokinler, nükleik asitler ve metabolitleri kapsamaktadır (Buduneli ve Kinane, 2011; Pfaffe ve ark., 2011). Bu moleküllerin bir bölümü inflamasyon, konak yanıtı, bağ dokusu yıkımı veya kemik rezorpsiyonunun varlığı ve düzeyi ile ilgili bilgi sağlar. Bununla birlikte, bir molekülün periodontal hastalıkla ilişkili bulunması, onun tek başına yeterli bir tanısal biyobelirteç olduğu anlamına gelmemektedir. Bir biyobelirtecın klinik değerinin belirlenmesinde tanısal doğruluk, tekrarlanabilirlik, örnekleme ve analiz yöntemlerinin standardizasyonu, uygun eşik değerlerin belirlenmesi ve bağımsız hasta gruplarında doğrulanması önemlidir. Bu nedenle biyobelirteçlerin günümüzde klinik ve radyografik değerlendirmelerin yerine geçen yöntemlerden çok, bu değerlendirmeleri tamamlayan araçlar olarak ele alınması daha uygundur.

Bu bölümde periodontal biyobelirteçler; analiz edildikleri biyolojik ortam, temsil ettikleri biyolojik süreçler ve mevcut

kanıtların düzeyi açısından ele alınacak, ayrıca çoklu biyobelirteç panelleri, hasta başı testler ve biyobelirteçlerin klinik uygulamaya aktarılmasındaki temel sorunlar değerlendirilecektir.

2. BİYOBELİRTEÇ KAVRAMI VE PERIODONTAL TANIDAKİ ÖNEMİ

Biyobelirteç, normal veya patolojik bir biyolojik sürecin ya da tedaviye verilen yanıtın objektif olarak ölçülebilen bir göstergesi olarak tanımlanabilir. Periodontal hastalıklar açısından biyobelirteçler; inflamasyonun varlığı, konağın immün yanıtı, bağ dokusu yıkımı, osteoklastik kemik aktivitesi veya metabolik değişiklikler hakkında bilgi sağlayabilir.

Periodontal hastalıkların patogeneğinde mikroorganizmalar ile konak arasındaki etkileşim oldukça karmaşıktır. İnterlökinler, tümör nekrozis faktör- α (TNF- α), matriks metalloproteinazlar (MMP'ler), osteoklast aktivitesinde rol alan moleküller ve oksidatif stres ürünleri bu süreçte farklı düzeylerde rol oynar (Cekici ve ark., 2014). Bu nedenle son yıllarda araştırmalar yalnızca tek bir molekülün ölçülmesinden, birden fazla biyobelirtecini birlikte değerlendirilmesine doğru genişlemiştir.

Biyobelirteçlerin teorik olarak sağlayabileceği bilgiler arasında klinik bulgular ortaya çıkmadan önceki biyolojik değişikliklerin belirlenmesi, aktif inflamasyon veya doku yıkımının değerlendirilmesi, tedaviye yanıtın izlenmesi ve gelecekteki periodontal ilerleme riskinin öngörülmesi bulunmaktadır. Ancak bu potansiyellerin önemli bir bölümü halen araştırma aşamasındadır. Tek bir biyobelirtecini aynı anda hastalığın evresini, mevcut aktivitesini ve gelecekteki ilerlemesini güvenilir biçimde göstermesi beklenmemelidir.

2.1. Geleneksel Tanı Yöntemlerinin Sınırlılıkları

Klinik periodontal muayene, periodontal hastalıkların tanısında temel yaklaşım olmaya devam etmektedir. SD, KAK, SK, plak varlığı, diş mobilitesi ve furkasyon tutulumu gibi parametreler periodontal dokuların mevcut durumunun değerlendirilmesinde önemli bilgiler sağlar (Armitage, 1995, 2004). Bununla birlikte, periodontal sondlama ölçümlerinde ölçüm hataları görülebilir. Sondun periodontal dokulara penetrasyonu; inflamasyonun şiddeti, doku özellikleri, sondlama kuvveti ve bölgenin anatomik yapısından etkilenebilir. Ayrıca KAK, geçmişte meydana gelen periodontal yıkımın önemli bir göstergesi olmakla birlikte, o anda devam eden inflamatuvar aktivite hakkında doğrudan bilgi vermeyebilir.

Radyografik incelemeler alveoler kemik kaybının değerlendirilmesinde önemli bir yere sahip olmakla birlikte, erken dönemdeki inflamatuvar değişiklikleri göstermede sınırlıdır. Bu nedenle biyobelirteçlerin temel amacı klinik ve radyografik değerlendirmeleri ortadan kaldırmak değil, bunlardan elde edilen bilgileri tamamlamaktır.

3. PERIODONTAL BİYOBELİRTEÇLERİN BAŞLICA ANALİZ ORTAMLARI

Bir biyobelirtecın klinik anlamı yalnızca ölçülen moleküle değil, örneğin alındığı biyolojik ortama da bağlıdır. DOS, tükürük ve serum/kan, periodontal biyobelirteç çalışmalarında en sık kullanılan örnek türleridir.

3.1. Diş Eti Oluğu Sıvısı (DOS)

DOS, marjinal diş eti ile cep tabanı arasındaki bölgede bulunan ve periodontal dokuların durumundan etkilenen biyolojik bir sıvıdır. İçeriğinde serum proteinleri, inflamatuvar mediyatörler, enzimler, hücresel bileşenler ve mikrobiyal ürünler

bulunmaktadır (Fatima ve ark., 2021). DOS'un önemli avantajlarından biri, periodontal dokulara yakın olmasıdır. Bu nedenle MMP-8, RANKL, osteoprotegerin (OPG) ve çeşitli interlökinler gibi lokal periodontal inflamasyon ve doku yıkımıyla ilişkili moleküllerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Buduneli ve Kinane, 2011). Bununla birlikte DOS örneklemede örnek alınacak bölgenin seçimi, izolasyon yöntemi, elde edilen sıvı miktarı, örnekleme süresi ve analiz tekniği sonuçları etkileyebilir. Bu değişkenlik, farklı çalışmaların sonuçlarının doğrudan karşılaştırılmasını güçleştiren önemli bir faktördür.

3.2. Tükürük

Tükürük, kolay ve non-invaziv biçimde elde edilebilmesi, düşük maliyeti ve hastalar açısından rahat bir örnekleme yöntemi olması nedeniyle periodontal biyobelirteç araştırmalarında önemli bir yere sahiptir (Pfaffe ve ark., 2011). Proteinler, enzimler, sitokinler, nükleik asitler, metabolitler ve mikrobiyal bileşenler tükürükte değerlendirilebilmektedir. Tükürük biyobelirteçleri üzerine yapılan sistematik derlemeler, çeşitli moleküllerin periodontal hastalıklarla ilişkili olabileceğini göstermiş olmakla birlikte, tanısal performansın çalışmalar arasında değişkenlik gösterdiği ortaya konmuştur (Arias-Bujanda ve ark., 2020; Kc ve ark., 2020).

Tükürüğün önemli bir dezavantajı, periodontal dokulardan gelen bileşenlerin yanı sıra ağız mukozası hücreleri, tükürük bezleri, mikroorganizmalar, besin artıkları ve sistemik dolaşımdan kaynaklanan çok sayıda bileşeni içeren karmaşık bir yapıda olmasıdır. Bu nedenle tükürükte ölçülen bir molekülün periodontal hastalığa özgüllüğü her zaman yüksek olmayabilir.

Proteomik ve kütle spektrometrisi gibi gelişmiş analiz yöntemleri, tükürükte çok sayıda potansiyel biyobelirtecini aynı anda araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, keşif

çalışmalarında belirlenen adayların bağımsız hasta gruplarında doğrulanması gerekmektedir (Hu ve Leung, 2023).

3.3. Serum/Kan

Serum veya kan örnekleri sistemik inflamasyon ve periodontal hastalık arasındaki ilişkinin değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bununla birlikte, kandaki birçok inflamatuvar veya metabolik belirteç periodontal hastalığa özgü değildir. Sistemik inflamatuvar hastalıklar, enfeksiyonlar, metabolik bozukluklar ve kullanılan ilaçlar serum biyobelirteçlerinin düzeylerini etkileyebilir. Bu nedenle kan temelli biyobelirteçlerin, periodontal tanıda tek başına kullanılmasından çok, periodontal durum ile sistemik inflamasyon arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi veya klinik ve diğer biyolojik değişkenleri içeren risk modellerine katkı sağlama amacıyla kullanılması daha gerçekçi görünmektedir.

4. GÜNCEL PERIODONTAL BİYOBELİRTEÇLER

4.1. İnflamatuvar ve İmmün Belirteçler

Konak inflamatuvar ve immün yanıtı periodontal doku yıkımının temel bileşenlerinden biridir. Bu nedenle çeşitli sitokinler ve inflamasyonla ilişkili proteinler periodontal biyobelirteç adayı olarak araştırılmıştır (Cekici ve ark., 2014).

4.1.1. İnterlökin-1 β

İnterlökin-1 β (IL-1 β), fibroblastlar, makrofajlar ve çeşitli immün hücreler tarafından üretilen güçlü bir proinflamatuvar sitokindir. Periodontal dokularda inflamasyonun sürdürülmesi, bağ dokusu yıkımı ve kemik rezorpsiyonu ile ilişkilidir (Graves ve Cochran, 2003). IL-1 β miktarının periodontal hastalıkta artması, onu biyobelirteç adayı haline getirmiştir. Ancak IL-1 β yalnızca periodontal dokularda görev yapan bir molekül değildir.

Sistemik inflamasyon ve diğer oral inflamatuvar süreçler de düzeylerini etkileyebilir. Bu nedenle tek başına periodontal hastalığa özgü bir belirteç olarak değerlendirilmesi uygun değildir. Protein temelli tükürük biyobelirteçlerini değerlendiren sistematik derlemeler, IL-1 β 'nin periodontal hastalıkların tanısında potansiyel taşıdığını, ancak çalışmalar arasındaki heterojenliğin, sonuçların yorumlanmasını güçleştirdiğini göstermektedir (Arroyo ve ark., 2023).

4.1.2. İnterlökin-6

İnterlökin-6 (IL-6), inflamatuvar yanıtın düzenlenmesinde rol alan çok işlevli bir sitokindir. Periodontal inflamasyon ve doku yıkımı ile ilişkili olmakla birlikte, sistemik inflamasyondaki rolü nedeniyle periodontal hastalığa özgüllüğü sınırlıdır.

IL-1 β , IL-6 ve MMP-8 gibi farklı biyolojik süreçleri temsil eden moleküllerin birlikte değerlendirilmesi, tek bir belirtecin kullanılmasına göre daha kapsamlı bir biyolojik bilgi sağlayabilir. Sistematik derleme ve meta-analiz sonuçları, IL-1 β , IL-6 ve MMP-8 gibi bazı ikili kombinasyonların periodontitis tanısında umut verici doğruluk değerlerine ulaşabildiğini göstermektedir (Arroyo ve ark., 2023; Blanco-Pintos ve ark., 2023). Bununla birlikte, bu sonuçların farklı popülasyonlarda ve standartlaştırılmış yöntemlerle doğrulanması gerekmektedir.

4.1.3. Tümör Nekrozis Faktör- α

TNF- α , inflamatuvar hücrelerin aktivasyonu, fibroblast yanıtı ve inflamatuvar hücrelerin bölgeye göçü gibi süreçlerde rol alan önemli bir proinflamatuvar sitokindir. Periodontal dokulardaki yıkıcı süreçlerle ilişkisi daha önce ayrıntılı olarak gösterilmiştir (Graves ve Cochran, 2003). Ancak TNF- α 'nın sistemik inflamasyondaki yaygın rolü, periodontal hastalığa özgüllüğünü sınırlandırmaktadır. Bu nedenle TNF- α 'nın tanısal kullanımında yalnızca düzey farklılıklarının gösterilmesi yeterli

olmayıp, örnekleme ve analiz yöntemlerinin standardizasyonu ile bağımsız doğrulama çalışmalarına ihtiyaç vardır.

4.2. Matriks Metalloproteinaz-8

Matriks metalloproteinazlar, hücre dışı matriks bileşenlerinin yıkımında rol alan proteolitik enzimlerdir. MMP-8, özellikle nötrofiller tarafından üretilen ve kollajen yıkımında önemli rol oynayan bir kollajenazdır. Periodontal inflamasyon sırasında meydana gelen kollajen yıkımı ile ilişkisi nedeniyle MMP-8 uzun süredir araştırılmaktadır (Sorsa ve ark., 2006).

Mäntylä ve arkadaşları (2003), DOS MMP-8 düzeylerinin hasta başı değerlendirilmesine yönelik bir test çubuğunu araştırmış ve bu yaklaşımın periodontal hastalığın izlenmesindeki potansiyeline dikkat çekmiştir. Daha sonraki çalışmalarda özellikle aktif MMP-8 (aMMP-8) üzerinde yoğunlaşmıştır.

Salivary MMP-8'i değerlendiren güncel bir sistematik derleme ve meta-analiz, periodontitisli bireylerde tükürük MMP-8 düzeylerinin sağlıklı bireylere göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, gingivitisli bireylerde de MMP-8 düzeylerinde artış görülebilmesi, bu belirtecin periodontitise özgüllüğünü sınırlandırmaktadır (Domokos ve ark., 2024). MMP-8 ve aMMP-8 üzerine 2025 tarihli bir sistematik derleme ve meta-analizde de periodontitisli bireylerde düzeylerin daha yüksek olduğu, ancak çalışmalar arasında belirgin heterojenlik bulunduğu bildirilmiştir. Bu heterojenlik, özellikle örnekleme ve ölçüm yöntemlerinin standardizasyonunun önemini göstermektedir (Boynes ve ark., 2025).

Dolayısıyla MMP-8 ve özellikle aMMP-8, klinik uygulamaya diğer birçok aday biyobelirteçten daha yakın görünmekle birlikte, günümüzde klinik periodontal muayenenin yerine geçecek tek başına bir test olarak değerlendirilmemelidir.

4.3. Kemik Metabolizmasıyla İlişkili Belirteçler

4.3.1. RANKL/OPG

Nükleer faktör-kappa B ligand reseptör aktivatörü (RANKL), osteoklast farklılaşması ve aktivasyonunda önemli bir rol oynarken, osteoprotegerin (OPG) RANKL'yi bağlayarak RANKL-RANK etkileşimini sınırlar. Bu nedenle RANKL/OPG oranı osteoklast aktivitesi ve kemik rezorpsiyonunu gösterme açısından biyolojik olarak anlamlıdır (Taubman ve ark., 2005). Periodontal hastalıklarda DOS RANKL ve OPG düzeylerinde meydana gelen değişiklikler ve özellikle bu iki molekül arasındaki göreceli oran araştırılmıştır (Bostancı ve ark., 2007; Alizadeh Tabari ve ark., 2013). Bu belirteçler lokal kemik metabolizması hakkında bilgi sağlayabilse de, mevcut kanıtlar bunların rutin periodontal tanıda tek başına kullanılmasını destekleyecek düzeyde değildir.

4.3.2. Sklerostin

Sklerostin, kemik oluşumunun düzenlenmesinde rol alan ve Wnt sinyal yolunu baskılayarak osteoblastogenez üzerinde etkili olan bir proteindir. DOS düzeylerini değerlendiren bir çalışmada sklerostin, OPG ve RANKL periodontal hastalık bağlamında incelenmiş ve sklerostinin periodontal kemik metabolizması ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Ballı ve ark., 2015). Bununla birlikte sklerostinin periodontal hastalık tanısındaki klinik değeri konusunda mevcut kanıtlar sınırlıdır. RANKL/OPG ve sklerostin gibi kemik metabolizması belirteçlerinin gelecekte daha geniş ve bağımsız çalışmalarla değerlendirilmesi gerekmektedir.

5. OKSİDATİF STRES

Periodontal inflamasyon sırasında reaktif oksijen türleri (ROS) ile antioksidan savunma arasındaki dengenin bozulması

oksidatif strese yol açabilir. Nötrofiller ve diğer inflamatuvar hücreler tarafından üretilen ROS, hücresel bileşenlerde hasara neden olabilir ve inflamatuvar yanıtın devamına katkıda bulunabilir (Chapple ve Matthews, 2007).

Şiddetli periodontitis ile oksidatif stres ve sistemik inflamasyon arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir (D'Aiuto ve ark., 2010). Lipid ve protein oksidasyon ürünleri ile toplam antioksidan kapasite gibi çeşitli parametreler periodontal araştırmalarda değerlendirilmiştir. Ancak oksidatif stres belirteçlerinin çoğu periodontal hastalığa özgü değildir. Sigara kullanımı, obezite, diyabet ve diğer sistemik durumlar da oksidatif stres düzeylerini etkileyebilir. Bu nedenle bu belirteçlerin klinik kullanımından çok, periodontal hastalığın biyolojik yapısının anlaşılmasına ve çoklu biyobelirteç panellerine katkı sağlayabilecek değişkenler olarak değerlendirilmesi daha uygun görünmektedir.

6. ADİPOKİNLER VE METABOLİK BELİRTEÇLER

Adipokinler, esas olarak yağ dokusu tarafından üretilen, ancak farklı hücre ve dokulardan da salınabilen biyolojik olarak aktif moleküllerdir. Leptin, adiponektin ve visfatin gibi adipokinler periodontal inflamasyon ve iyileşme süreçleriyle ilişkili olarak araştırılmıştır (Deschner ve ark., 2014). Bu gruba yönelik ilginin önemli nedenlerinden biri periodontal hastalık ile metabolik durum arasındaki çift yönlü ilişkidir. Obezite ve metabolik bozukluklar inflamatuvar yanıtı etkileyebilirken, periodontal inflamasyon da sistemik inflamatuvar yük üzerinde etkili olabilmektedir.

Adiponektin, genel olarak anti-inflamatuvar özelliklerle ilişkilendirilirken, leptin ve visfatin inflamatuvar yanıtın farklı aşamalarında rol oynamaktadır. Adipokin düzeyleri; vücut

kompozisyonu, metabolik sağlık, yaş ve diğer sistemik faktörlerden etkilenmektedir. Bu nedenle adipokinlerin tek başına periodontal hastalığa özgü biyobelirteçler olarak kullanılması henüz mümkün değildir.

7. EPİGENETİK BELİRTEÇLER VE miRNA'LAR

Epigenetik mekanizmalar; DNA metilasyonu, histon modifikasyonları ve kodlamayan RNA'lar gibi süreçler aracılığıyla gen ekspresyonunun düzenlenmesinde rol oynar. Çevresel faktörler ile genetik yatkınlık arasındaki ilişkinin anlaşılması açısından epigenetik mekanizmalar periodontal hastalık araştırmalarında giderek daha fazla ilgi görmektedir (Barros ve Offenbacher, 2009).

MikroRNA'lar (miRNA'lar), yaklaşık 20–22 nükleotid uzunluğunda, protein kodlamayan RNA molekülleridir. Hedef mRNA'ların stabilitesini ve transkripsiyonunu etkileyerek gen ekspresyonunun düzenlenmesine katkıda bulunurlar (Bartel, 2009). Gingival dokularda miRNA'ların ve bunların hedef genlerinin değerlendirilmesi, periodontal inflamasyonun moleküler mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik önemli bilgiler sağlamıştır (Stoecklin-Wasmer ve ark., 2012). miRNA'ların biyolojik sıvılardaki göreceli stabilitesi, tükürük ve DOS gibi örneklerde tanısal amaçlarla kullanılmaları açısından ilgi çekicidir. Bununla birlikte örneklem yöntemleri, RNA izolasyon teknikleri, normalizasyon stratejileri, kullanılan analiz platformları ve hasta özellikleri arasındaki farklılıklar sonuçların karşılaştırılmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle miRNA'ların belirli bir periodontal evreyi veya ilerlemeyi kesin olarak gösteren biyobelirteçler olduğu henüz söylenemez. Gelecekte miRNA profillerinin protein temelli biyobelirteçler ve klinik parametrelerle birlikte değerlendirilmesi daha anlamlı sonuçlar

sağlayabilir; ancak bunun için prospektif ve bağımsız doğrulama çalışmalarına ihtiyaç vardır.

8. EKSOZOMLAR VE HÜCRE DIŞI RNA'LAR

Ekstrasellüler veziküller, hücreler arası iletişimde rol alan ve proteinler, lipidler ile nükleik asitler gibi çeşitli biyolojik molekülleri taşıyabilen yapılardır. Eksozomların mRNA ve miRNA gibi RNA moleküllerini taşıyabildiği ve bunların hücreler arasında aktarılabilmesi gösterilmiştir (Valadi ve ark., 2007). Bu özellikleri nedeniyle eksozomlar inflamasyon, hücreler arası iletişim ve doku homeostazı açısından ilgi çekmektedir. Özellikle oral sıvılarda bulunan ekstrasellüler veziküllerin içeriğinin periodontal hastalıklarla ilişkili biyolojik süreçler hakkında bilgi sağlayabileceği düşünülmektedir.

Eksozomların taşıdığı moleküllerin vezikül yapısı içinde korunması, biyobelirteç araştırmaları açısından teorik bir avantaj sağlayabilir. Ancak ekstrasellüler veziküllerin izolasyonu ve karakterizasyonunda kullanılan yöntemlerin farklı olması, farklı hücre kaynaklarından gelen veziküllerin aynı örnek içerisinde bulunabilmesi ve analiz tekniklerindeki değişkenlik bu alan için önemli bir sınırlılık oluşturmaktadır. Bu nedenle eksozomlar ve hücre dışı RNA'lar periodontal biyobelirteç araştırmalarında gelişmekte olan bir alan olarak değerlendirilmelidir. Klinik kullanıma geçiş için standardize edilmiş izolasyon ve analiz yöntemleri ile bağımsız doğrulama çalışmalarına ihtiyaç vardır.

9. ÇOKLU BİYOBELİRTEÇ PANELLERİ VE HASTA BAŞI TANI

Periodontal hastalıkların biyolojik açıdan heterojen yapısı göz önüne alındığında, tek bir biyobelirtecin inflamasyon, doku yıkımı ve kemik metabolizması gibi farklı süreçlerin tamamını

temsil etmesi beklenmemektedir. Bu nedenle farklı biyolojik süreçleri temsil eden biyobelirteçlerin birlikte değerlendirilmesi son yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir. Örneğin IL-1 β ve IL-6 gibi inflamatuvar belirteçlerin MMP-8 gibi doku yıkımıyla ilişkili bir belirteçle birlikte değerlendirilmesi, periodontal hastalığın farklı biyolojik bileşenleri hakkında daha kapsamlı bilgi sağlayabilir. Çoklu biyobelirteç kombinasyonlarını inceleyen sistematik derleme ve meta-analiz çalışmalarında, bazı iki belirteçli kombinasyonların yüksek tanısal doğruluk gösterebildiği, fakat daha fazla belirteç eklenmesinin de, her durumda doğruluğu belirgin biçimde artırmadığı bildirilmiştir (Blanco-Pintos ve ark., 2023). Bu sonuç önemli bir noktaya işaret etmektedir: Daha fazla sayıda biyobelirtecın kullanılması otomatik olarak daha iyi bir tanı modeli anlamına gelmemektedir. Kullanılan belirteçlerin birbirini tamamlayan biyolojik bilgiler sağlaması ve elde edilen modelin bağımsız gruplarda doğrulanması gerekir.

Hasta başı (point-of-care, POC) testler de biyobelirteçlerin klinik uygulamaya aktarılması açısından ilgi çekmektedir. Özellikle aMMP-8 temelli testler, laboratuvara göndermeye gerek kalmadan hızlı değerlendirme yapılabilmesi açısından potansiyel taşımaktadır. Ancak bir testin klinik olarak kullanılabilmesi için yalnızca istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermesi yeterli değildir. Duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değerleri, uygulanabilirlik, maliyet ve farklı hasta gruplarındaki performans gibi özelliklerin de değerlendirilmesi gerekir.

10. KLİNİK UYGULAMAYA GEÇİŞ SORUNLARI

Periodontal hastalıkların tespiti için çok sayıda biyobelirteç adayı tanımlanmış olmasına rağmen bunların sınırlı bir bölümü rutin klinik kullanıma geçebilmiştir. Bunun temel

nedenlerinden biri biyolojik ve metodolojik heterojenliktir. Örneklem bölgesi, örneklem zamanı, örnek miktarı, saklama koşulları, analiz yöntemi ve kullanılan eşik değerler, çalışmalar arasında farklılık gösterebilmektedir (Buduneli ve Kinane, 2011; Pfaffe ve ark., 2011).

Hasta özellikleri de biyobelirteç düzeylerini etkileyebilir. Yaş, cinsiyet, sigara kullanımı, diyabet, obezite, kullanılan ilaçlar ve diğer sistemik hastalıklar inflamatuvar ve metabolik belirteçlerin düzeylerinde değişikliğe neden olabilir. Bu durum özellikle periodontal hastalığa özgü olmayan biyobelirteçlerin yorumlanmasında önem taşımaktadır. Buna ek olarak periodontal hastalıklar biyolojik açıdan homojen değildir. Benzer klinik tanıya sahip bireylerde inflamatuvar yanıtın şiddeti, mikrobiyal yapı, konak yanıtı ve doku yıkımı açısından farklılıklar bulunabilir (Cekici ve ark., 2014). Dolayısıyla gelecekte biyobelirteçlerin yalnızca “hastalık var/yok” ayrımı için değil, farklı biyolojik profillerin tanımlanması amacıyla kullanılması gündeme gelebilir.

Bir biyobelirtecın klinik uygulamaya aktarılabilmesi için duyarlılık ve özgüllüğün yanı sıra pozitif ve negatif öngörü değerleri, alıcı işletim karakteristiğı (ROC) eğrisi ve eğri altındaki alan (AUC), farklı popölasyonlarda yeniden sınıflandırma performansı, maliyet-etkililik ve test sonucunun hastanın klinik yönetimini değıştirip değıştirmediği de değıerlendirilmelidir. Laboratuvar ortamında anlamlı bir biyolojik ilişki gösterilmesi, tek başına klinik yarar sağılandiğı anlamına gelmez.

11. HASSAS TIP PERSPEKTİFİ

Hassas tıp (precision medicine) yaklaşımı, hastaların yalnızca klinik bulgularına değıl, bireysel biyolojik özelliklerine ve hastalık risklerini etkileyen faktörlere göre değıerlendirilmesini amaçlayan güncel bir yaklaşımdır. Periodontal hastalıkların

heterojen biyolojik yapısı düşünüldüğünde, bu yaklaşım biyobelirteç araştırmaları açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Klinik olarak benzer görünen iki hastada inflamatuvar yanıtın, proteolitik aktivitenin veya kemik metabolizmasının farklı düzeylerde olması mümkündür. Bu nedenle gelecekte bazı hastalarda sitokin ağırlıklı, bazılarında proteaz ağırlıklı veya kemik metabolizmasıyla ilişkili biyolojik profillerin tanımlanması mümkün olabilir. Böyle bir sınıflandırma, hastalık riskinin ve tedavi yanıtının daha ayrıntılı değerlendirilmesine katkı sağlayabilir. Ancak bu tür yaklaşımların klinik uygulamaya aktarılması için prospektif çalışmalar, bağımsız doğrulama, standartlaştırılmış ölçüm yöntemleri ve farklı hasta gruplarında genellenebilirlik gereklidir.

Gelecekte periodontal tanının klinik ve radyografik parametrelerin yanı sıra mikrobiyal özellikler, biyobelirteçler ve sistemik risk faktörlerini içeren bütünleşik modeller üzerinden yapılması mümkün olabilir. Bununla beraber, bu modellerin gerçek klinik yararının gösterilebilmesi için yalnızca tanısal doğruluk değil, hastaların yönetimini ve tedavi sonuçlarını iyileştirip iyileştirmede de değerlendirilmelidir.

12. GELECEK PERSPEKTİFİ

Periodontal biyobelirteç araştırmalarının geleceğinde proteomik, transkriptomik, epigenomik ve metabolomik gibi çoklu-omik yaklaşımların önemli bir yere sahip olması beklenmektedir. Özellikle tükürük ve DOS gibi kolay elde edilebilen biyolojik örneklerin kütle spektrometrisi ve diğer yüksek çözünürlüklü analiz yöntemleriyle incelenmesi, yeni biyobelirteç adaylarının belirlenmesine olanak sağlayabilir (Hu ve Leung, 2023). Burada biyobelirteç keşfi ile biyobelirtecın klinik olarak doğrulanması arasındaki farkın göz önünde

bulundurulması gerekir. Bir keşif çalışmasında belirlenen adayın aynı performansı farklı hasta gruplarında göstermesi zorunlu değildir. Bu nedenle bağımsız ve mümkün olduğunca çok merkezli doğrulama çalışmalarına, standardize edilmiş örnekleme protokollerine ve analiz yöntemlerine ihtiyaç vardır.

Yapay zekâ ve makine öğrenmesi yöntemleri de klinik, radyografik, mikrobiyal ve biyobelirteç verilerinin birlikte değerlendirilmesi için kullanılabilecek araçlar arasında yer almaktadır. Ancak çok değişkenli modellerde aşırı uyum (overfitting) önemli bir sorun olabilir. Bu nedenle bağımsız veri setlerinde doğrulama, modelin açıklanabilirliği, maliyet, klinik uygulanabilirlik ve farklı popülasyonlarda genellenebilirlik gibi konular dikkate alınmalıdır.

Bu çerçevede biyobelirteçlerin gelecekteki en gerçekçi kullanım alanları; klinik karar desteği, yüksek riskli bireylerin belirlenmesi, periodontal ilerleme riskinin değerlendirilmesi ve tedavi yanıtının izlenmesi olabilir. Bu hedeflerin her biri için klinik yararı gösteren yeterli düzeyde bağımsız kanıtı ihtiyaç vardır.

13. SONUÇ

Periodontal hastalıkların karmaşık ve heterojen biyolojik yapısı, yalnızca klinik ve radyografik ölçümlere dayanan değerlendirmelerin ötesinde yeni tanısal yaklaşımlara duyulan ilgiyi artırmıştır. DOS, tükürük ve kan gibi farklı biyolojik örneklerde sitokinler, MMP'ler, kemik metabolizması belirteçleri, oksidatif stres ürünleri, adipokinler, miRNA'lar ve ekstrasellüler veziküller araştırılmıştır. Bu adaylar arasında özellikle MMP-8 ve aMMP-8, klinik uygulamaya en fazla yaklaşan biyobelirteç gruplarından biri olarak dikkat çekmektedir. Bununla birlikte mevcut çalışmalar arasında önemli heterojenlik bulunması ve gingivitis gibi diğer periodontal inflamatuvar durumlarda da

MMP-8 düzeylerinin artabilmesi, bu belirteçlerin klinik kullanımında dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir (Domokos ve ark., 2024; Boynes ve ark., 2025). IL-1 β , IL-6, TNF- α , RANKL/OPG, sklerostin, oksidatif stres belirteçleri, adipokinler ve miRNA'lar da periodontal hastalıkların farklı biyolojik yönlerini yansıtabilecek adaylar arasındadır. Ancak bu moleküllerin hiçbiri tek başına periodontal hastalığın bütün biyolojik özelliklerini açıklamamaktadır. Çoklu biyobelirteç panelleri bu açıdan daha kapsamlı bir yaklaşım sunabilir, fakat daha fazla sayıda biyobelirteç eklenmesinin de her zaman daha iyi tanısal performans sağlamadığı gösterilmiştir (Blanco-Pintos ve ark., 2023).

Sonuç olarak biyobelirteçlerin mevcut aşamada klinik ve radyografik değerlendirmelerin yerine geçmesi yerine, bu yöntemleri tamamlayan araçlar olarak değerlendirilmesi daha uygundur. Gelecekte klinik, radyografik, mikrobiyal, sistemik ve moleküler verilerin birlikte değerlendirildiği modeller periodontal hastalıkların daha ayrıntılı biçimde sınıflandırılmasına katkı sağlayabilir. Ancak bu tür modellerin rutin klinik uygulamaya girebilmesi için standardizasyon, bağımsız doğrulama, farklı popülasyonlarda genellenebilirlik ve gerçek klinik yararın gösterilmesi gerekmektedir. Mevcut kanıtlar, periodontal biyobelirteçlerin önemli bir araştırma ve gelişim alanı olduğunu; ancak bunların çoğunun henüz tamamlayıcı ve gelişmekte olan tanısal teknolojiler düzeyinde bulunduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

- Alizadeh Tabari, Z., Azadmehr, A., Alizadeh Tabrizi, M. A., Hamissi, J., & Ghaedi, F. B. (2013). Salivary soluble receptor activator of nuclear factor kappa B ligand/osteoprotegerin ratio in periodontal disease and health. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 43(5), 227–232.
- Arias-Bujanda, N., Regueira-Iglesias, A., Balsa-Castro, C., Nibali, L., Donos, N., & Tomás, I. (2020). Accuracy of single molecular biomarkers in saliva for the diagnosis of periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(1), 2–18. doi:10.1111/jcpe.13202
- Armitage, G. C. (1995). Clinical evaluation of periodontal diseases. *Periodontology 2000*, 7(1), 39–53.
- Armitage, G. C. (2004). Periodontal diagnoses and classification of periodontal diseases. *Periodontology 2000*, 34(1), 9–21.
- Arroyo, E., Oliveira-Alves, M. G., Chamorro-Petronacci, C. M., Marichalar-Mendia, X., Bravo-López, S. B., Blanco-Carrión, J., & Pérez-Sayáns, M. (2023). Protein-based salivary biomarkers for the diagnosis of periodontal diseases: Systematic review and meta-analysis. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 18(4), 737–747. doi:10.1016/j.jtumed.2022.12.004
- Balli, U., Aydogdu, A., Dede, F. O., Turer, C. C., & Guven, B. (2015). Gingival crevicular fluid levels of sclerostin, osteoprotegerin, and receptor activator of nuclear factor- κ B ligand in periodontitis. *Journal of Periodontology*, 86(12), 1396–1404.

- Barros, S. P., & Offenbacher, S. (2009). Epigenetics: Connecting environment and genotype to phenotype and disease. *Journal of Dental Research*, 88(5), 400–408.
- Bartel, D. P. (2009). MicroRNAs: Target recognition and regulatory functions. *Cell*, 136(2), 215–233.
- Bartold, P. M., & Van Dyke, T. E. (2013). Periodontitis: A host-mediated disruption of microbial homeostasis. Unlearning learned concepts. *Periodontology 2000*, 62(1), 203–217.
- Blanco-Pintos, T., Regueira-Iglesias, A., Seijo-Porto, I., Balsa-Castro, C., Castelo-Baz, P., Nibali, L., & Tomás, I. (2023). Accuracy of periodontitis diagnosis obtained using multiple molecular biomarkers in oral fluids: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Periodontology*, 50(11), 1420–1443. doi:10.1111/jcpe.13854
- Bostanci, N., İlgenli, T., Emingil, G., Afacan, B., Han, B., Töz, H., Atilla, G., Hughes, F. J., & Belibasakis, G. N. (2007). Gingival crevicular fluid levels of RANKL and OPG in periodontal diseases: Implications of their relative ratio. *Journal of Clinical Periodontology*, 34(5), 370–376.
- Boynes, S. G., Sofiyeva, N., Saw, T., Nieto, V., & Palomo, L. (2025). Assessment of salivary matrix metalloproteinase (MMP8) and activated salivary matrix metalloproteinase (aMMP8) in periodontitis patients: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Oral Health*, 6, 1444399. doi:10.3389/froh.2025.1444399
- Buduneli, N., & Kinane, D. F. (2011). Host-derived diagnostic markers related to soft tissue destruction and bone degradation in periodontitis. *Journal of Clinical Periodontology*, 38(Suppl. 11), 85–105.

- Cekici, A., Kantarci, A., Hasturk, H., & Van Dyke, T. E. (2014). Inflammatory and immune pathways in the pathogenesis of periodontal disease. *Periodontology 2000*, 64(1), 57–80.
- Chapple, I. L. C., & Matthews, J. B. (2007). The role of reactive oxygen and antioxidant species in periodontal tissue destruction. *Periodontology 2000*, 43, 160–232.
- D'Aiuto, F., Nibali, L., Parkar, M., Patel, K., Suvan, J., & Donos, N. (2010). Oxidative stress, systemic inflammation, and severe periodontitis. *Journal of Dental Research*, 89(11), 1241–1246.
- Deschner, J., Eick, S., Damanaki, A., & Nokhbehsaim, M. (2014). The role of adipokines in periodontal infection and healing. *Molecular Oral Microbiology*, 29(6), 258–269. doi:10.1111/omi.12070
- Domokos, Z., Simon, F., Uhrin, E., Szabó, B., Váncsa, S., Varga, G., Hegyi, P., Kerémi, B., & Németh, O. (2024). Evaluating salivary MMP-8 as a biomarker for periodontal diseases: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon*, 10(22), e40402. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e40402
- Fatima, T., Khurshid, Z., Rehman, A., Imran, E., Srivastava, K. C., & Shrivastava, D. (2021). Gingival crevicular fluid (GCF): A diagnostic tool for the detection of periodontal health and diseases. *Molecules*, 26(5), 1208. doi:10.3390/molecules26051208
- Graves, D. T., & Cochran, D. (2003). The contribution of interleukin-1 and tumor necrosis factor to periodontal tissue destruction. *Journal of Periodontology*, 74(3), 391–401.

- Hu, H., & Leung, W. K. (2023). Mass spectrometry-based proteomics for discovering salivary biomarkers in periodontitis: A systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19), 14599. doi:10.3390/ijms241914599
- Kc, S., Wang, X. Z., & Gallagher, J. E. (2020). Diagnostic sensitivity and specificity of host-derived salivary biomarkers in periodontal disease amongst adults: Systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(3), 289–308.
- Mäntylä, P., Stenman, M., Kinane, D. F., Tikanoja, S., Luoto, H., Salo, T., & Sorsa, T. (2003). Gingival crevicular fluid collagenase-2 (MMP-8) test stick for chair-side monitoring of periodontitis. *Journal of Periodontal Research*, 38(4), 436–439.
- Papapanou, P. N., Sanz, M., Buduneli, N., Dietrich, T., Feres, M., Fine, D. H., Flemming, T. F., Garcia, R., Giannobile, W. V., Graziani, F., Greenwell, H., Herrera, D., Kao, R. T., Kebschull, M., Kinane, D. F., Kirkwood, K. L., Kocher, T., Kornman, K. S., Kumar, P. S., & Tonetti, M. S. (2018). Periodontitis: Consensus report of Workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S173–S182.
- Pfaffe, T., Cooper-White, J., Beyerlein, P., Kostner, K., & Punyadeera, C. (2011). Diagnostic potential of saliva: Current state and future applications. *Clinical Chemistry*, 57(5), 675–687.
- Sorsa, T., Tjäderhane, L., Konttinen, Y. T., Lauhio, A., Salo, T., Lee, H.-M., Golub, L. M., Brown, D. L., & Mäntylä, P. (2006). Matrix metalloproteinases: Contribution to

pathogenesis, diagnosis and treatment of periodontal inflammation. *Annals of Medicine*, 38(5), 306–321.

- Stoecklin-Wasmer, C., Guarnieri, P., Celenti, R., Demmer, R. T., Kerschull, M., & Papapanou, P. N. (2012). MicroRNAs and their target genes in gingival tissues. *Journal of Dental Research*, 91(10), 934–940. doi:10.1177/0022034512456551
- Taubman, M. A., Valverde, P., Han, X., & Kawai, T. (2005). Immune response: The key to bone resorption in periodontal disease. *Journal of Periodontology*, 76(11 Suppl.), 2033–2041.
- Tonetti, M. S., Greenwell, H., & Kornman, K. S. (2018). Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S159–S172.
- Valadi, H., Ekström, K., Bossios, A., Sjöstrand, M., Lee, J. J., & Lötvall, J. O. (2007). Exosome-mediated transfer of mRNAs and microRNAs is a novel mechanism of genetic exchange between cells. *Nature Cell Biology*, 9(6), 654–659.

BESLENMENİN PERİODONTAL SAĞLIK VE HASTALIKLAR ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Zeliha Başak ÇAKIR ERDİL¹

1. GİRİŞ

Periodontal dokular; dişeti, periodontal ligament, kök sementi ve alveoler kemikten oluşan, diş çevreleyen ve destekleyen işlevsel bir bütündür. Dental biyofilmin tetiklediği inflamasyon başlangıçta dişetinde sınırlı kalır ve gingivitis olarak tanımlanır. Gingivitis uygun biyofilm kontrolüyle gerileyebilir; ancak duyarlı bireylerde inflamasyonun periodontal ligament ve alveoler kemiğe ilerlemesi, bu dokularda yıkıma yol açarak periodontitisle sonuçlanabilir. Periodontitis, periodontal ligament ve alveoler kemik kaybıyla seyreden, tedavi edilmediğinde diş kaybına ve yaşam kalitesinde azalmaya neden olabilen kronik inflamatuvar bir hastalıktır. Güncel yaklaşımda mikrobiyal dental biyofilm hastalığın gelişimi için gerekli kabul edilmekle birlikte, klinik tablo konağın immün-inflamatuvar yanıtı ile çevresel ve sistemik belirleyicilerin etkileşimiyle şekillenen multifaktöriyel bir süreç olarak ele alınmaktadır. Bu nedenle tedavi yalnızca subgingival biyofilmin mekanik kontrolüyle sınırlı kalmamalı; sigara kullanımı, diyabet ve diğer değiştirilebilir yaşam tarzı faktörleri de dikkate alınmalıdır.(Chapple et al., 2018; P. N. Papapanou et al., 2018; Sanz et al., 2020)

Beslenme periodontal dokuların biyolojik bütünlüğünü çeşitli yollarla etkileyebilir. Yetersiz veya dengesiz beslenme epitel bariyeri, kollajen sentezi, kemik metabolizması ve immün

¹ Uzm. Dt., Adıyaman Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, Adıyaman, ORCID: 0009-0007-1167-2549.

fonksiyon üzerinde etkili olabilirken; enerji yoğun ve yüksek oranda işlenmiş besinlerden oluşan diyet örüntüleri obezite, insülin direnci ve düşük dereceli sistemik inflamasyon üzerinden periodontal inflamatuvar yükü dolaylı biçimde etkileyebilir. Buna karşılık sebze, meyve, tam tahıl, lif, doymamış yağ asitleri ve yeterli mikrobesein içeren beslenme örüntülerinin inflamatuvar dengeyi destekleyebileceği düşünülmektedir.

Beslenme ile periodontitis arasındaki ilişkinin yorumlanmasında önemli bir metodolojik sorun, diyetin sigara, sosyoekonomik durum, oral hijyen, diyabet, obezite ve fiziksel aktivite gibi değişkenlerle yakından ilişkili olmasıdır. Bu nedenle gözlemsel çalışmalarda saptanan birliktelikler doğrudan nedensellik olarak değerlendirilmemelidir. Güncel sistematik derlemeler olumlu sinyaller göstermekle birlikte kanıt kalitesinin çoğu zaman düşük veya orta düzeyde kaldığını vurgulamaktadır (Glavin, Gartshore, Jackson, & Bonsor, 2025).

2. PERİODONTAL PATOGENEZ BAĞLAMINDA BESLENMENİN BİYOLOJİK ÖNEMİ

Periodontal doku yıkımı, subgingival disbiyoz ile konağın inflamatuvar yanıtının karşılıklı etkileşimi sonucunda ortaya çıkar. Nötrofiller, makrofajlar, T ve B lenfositleri ile bunların ürettiği sitokinler ve diğer mediyatörler enfeksiyon kontrolünde görev almakla birlikte kontrolsüz veya uzamış yanıt durumunda bağ dokusu ve alveoler kemik yıkımına katkıda bulunabilir. Beslenmenin bu süreçteki olası etkisi tek bir besin ögesinden ziyade inflamasyonun düzenlenmesi, antioksidan kapasite, glisemik yük ve lipid mediyatörlerinin biyosentezi gibi çok sayıda mekanizmayla açıklanmaktadır (Peng, Cai, Zhang, Lu, & Kuang, 2026).

Oksidatif stres periodontal inflamasyonun önemli bileşenlerinden biridir. Reaktif oksijen türleri fizyolojik

savunmanın parçası olmakla birlikte antioksidan savunma kapasitesinin aşılması hücresel ve ekstrasellüler yapılarda hasara katkıda bulunabilir. Vitamin C ve E gibi antioksidan işlevli mikrobeyinler ile bitkisel gıdalardan alınan çeşitli biyoaktif bileşenlerin teorik olarak bu dengeyi etkileyebileceği düşünülmektedir. Ancak biyolojik olasılık ile klinik etkinlik aynı kavram değildir; periodontal sonlanımlar üzerindeki gerçek etkinin kontrollü klinik çalışmalarla gösterilmesi gerekir(Hashim et al., 2026) .

3. GENEL DİYET KALİTESİ VE PERİODONTAL PARAMETRELER

İnsanlar besin öğelerini izole biçimde değil, belirli diyet örüntüleri içinde tüketir. Bu nedenle son yıllarda araştırmalar genel diyet kalitesine yönelmiştir. Glavin ve arkadaşlarının 2025 tarihli sistematik derlemesinde periodontal hastalığa yatkın bireylerde sağlıklı diyet örüntülerini değerlendiren dokuz çalışma incelenmiş; çalışmaların sekizinde periodontal parametrelerde iyileşme bildirilmiştir. Olumlu sonuçlarla ilişkilendirilen diyetlerin ortak özellikleri rafine karbonhidrat ve doymuş yağ içeriğinin daha düşük, lif ve besin ögesi yoğunluğunun daha yüksek olmasıdır. Bununla birlikte çalışmalar düşük-orta kanıt kalitesindedir ve diyetlerin, takip sürelerinin ve periodontal ölçümlerin heterojen olması kesin çıkarımları sınırlandırmaktadır (Glavin et al., 2025).

Bu bulgular klinisyen açısından iki nedenle önemlidir. Birincisi, periodontal sağlık için tek bir “mucize besin” yaklaşımından ziyade genel beslenme örüntüsünün değerlendirilmesi daha rasyoneldir. İkincisi, gözlenen periodontal yararın bir kısmı daha iyi glisemik kontrol, vücut ağırlığı, sistemik inflamasyon veya genel sağlık davranışları aracılığıyla ortaya çıkabilir. Dolayısıyla diyet danışmanlığının

periodontal tedaviye özgü etkisi ile genel sağlık yararlarını birbirinden ayırmak her zaman mümkün değildir.

4. KARBONHİDRATLAR, SERBEST ŞEKERLER VE PERİODONTAL İNFLAMASYON

Karbonhidratların periodontal hastalıklarla ilişkisi çürükteki kadar doğrudan ve iyi tanımlanmış değildir. Bununla birlikte rafine karbonhidrat ve serbest şeker tüketiminin azaltıldığı bazı müdahale çalışmalarında gingival inflamasyon göstergelerinde iyileşmeler bildirilmiştir. EFP'nin Evre I-III periodontitis tedavisine ilişkin S3 düzeyi klinik uygulama kılavuzu, diyet danışmanlığını risk faktörü kontrolünün olası bileşenleri arasında ele almakta; ancak periodontitis tedavisinde diyet danışmanlığının pozitif etkisinin mevcut kanıtlarla kesin olarak bilinmediğini belirtmektedir (Sanz et al., 2020).

Yüksek glisemik yüklü beslenmenin olası etkisi yalnızca lokal biyofilm üzerinden değerlendirilmemelidir. Kronik hiperglisemi ve bozulmuş metabolik kontrol, özellikle diyabetli bireylerde periodontal inflamasyon ve tedavi yanıtı açısından önemlidir. Periodontitis hastasında beslenme öyküsünün alınması, özellikle diyabet veya prediyabet varlığında genel metabolik risk değerlendirmesinin bir parçası olabilir. Ayrıntılı tıbbi beslenme tedavisi ise ilgili hekim ve diyetisyenle koordinasyon içinde yürütülmelidir.

5. OMEGA-3 YAĞ ASİTLERİ VE PERİODONTAL SAĞLIK

Omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), özellikle eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA), inflamasyonun çözülme sürecinde rol alan özelleşmiş lipid mediyatörlerinin öncülleridir. Bu mediyatörler inflamatuvar

yanıtın düzenlenmesine ve doku yıkımının sınırlandırılmasına katkı sağlayabilir. Bu biyolojik özellikler, omega-3 desteğinin cerrahi olmayan periodontal tedaviye (SRP) ek olarak konak yanıtını modüle etme potansiyeli taşıyan yardımcı bir yaklaşım olarak araştırılmasına yol açmıştır. Ancak klinik etkisinin değerlendirilmesinde mevcut kanıtların ve çalışmalar arasındaki farklılıkların dikkate alınması gerekir (Stańdo, Piatek, Namiecinska, Lewkowicz, & Lewkowicz, 2020) .

Klinik araştırmalarda omega-3 desteğinin sondalama cep derinliğı ve klinik ataşman düzeyi gibi sonuçlarda ek yarar sağlayabildiğini bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bununla birlikte doz, kullanım süresi, eř zamanlı tedaviler, başlangıç periodontal durumu ve temel diyet gibi değışkenler çalışmalar arasında farklıdır. Bu nedenle omega-3 takviyesinin tüm periodontitis hastalarında standart yardımcı tedavi olarak rutinleştirilmesi için daha tutarlı ve yüksek kesinlikte kanıta ihtiyaç vardır. Takviye kullanımı değerlendirilirken hastanın sistemik hastalıkları ve kullandığı ilaçlar da dikkate alınmalıdır.

6. VİTAMİN D, KEMİK METABOLİZMASI VE PERİODONTİTİS

Vitamin D; kalsiyum-fosfor homeostazı, kemik metabolizması ve immün yanıt üzerindeki etkileri nedeniyle periodontal araştırmalarda sık incelenmiştir. Liang ve arkadaşlarının 2023 tarihli güncellenmiş sistematik derleme ve meta-analizinde 16 çalışma değerlendirilmiş; periodontitisli bireylerde serum vitamin D düzeylerinin sağlıklı kontrollerden daha düşük olabileceğine ilişkin bulgular raporlanmıştır. Aynı analiz, SRP ile vitamin D desteğinin klinik ataşman düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fakat küçük bir ek değışim sağlayabileceğini, sondalama derinliğı ve bazı diğerklinik

göstergelerde ise anlamlı etki gösterilmediğini bildirmiştir (Liang, Zhou, Zhang, Zhang, & Shen, 2023).

Daha önceki bir sistematik derleme de kronik periodontitisli bireylerde dolaşımdaki 25-hidroksivitamin D düzeylerinin sağlıklı kontrollere göre daha düşük olduğunu bildirmiş, ancak takviyenin periodontal tedaviye katkısını değerlendiren çalışma sayısının sınırlı olması nedeniyle ek araştırma gerektiğini vurgulamıştır (Machado, Lobo, Proença, Mendes, & Botelho, 2020). Bu nedenle düşük vitamin D düzeyi ile periodontitis arasındaki ilişki, vitamin D eksikliğinin doğrudan periodontitise neden olduğu biçiminde yorumlanmamalıdır. Eksiklik şüphesinde değerlendirme ve replasman kararı uygun tıbbi yaklaşım çerçevesinde yapılmalıdır.

7. VİTAMİN C VE DİĞER MİKROBESİNLER

Vitamin C kollajen sentezi, antioksidan savunma ve yara iyileşmesi açısından önemlidir. Şiddetli eksikliğinde gingival kanama ve periodontal dokularda bozulma görülebilmesi, beslenme ile periodontal sağlık arasındaki en belirgin tarihsel örneklerden biridir. Ancak ciddi eksiklik durumları ile yeterli beslenen bireylerde ek vitamin C kullanımının periodontal tedavi sonuçlarını iyileştirmesi aynı klinik soru değildir. Bu nedenle eksikliğin düzeltilmesi ile yüksek doz takviye kullanımının etkileri birbirinden ayrılmalıdır (Van der Velden, n.d.) .

Kalsiyum, magnezyum, folat ve antioksidan vitaminler gibi diğer mikrobeseinler de periodontal sağlık bağlamında araştırılmıştır. Kemik metabolizması ve immün fonksiyon açısından biyolojik gerekçeler mevcut olsa da tek bir mikrobeseinin rutin yüksek doz takviyesini önermek için güçlü klinik kanıt gerekir. Periodontoloji pratiğinde daha güvenli yaklaşım, hastanın genel beslenme kalitesini değerlendirmek ve

belirgin yetersizlik şüphesinde tıbbi veya diyetetik değerlendirmeye yönlendirmektir(Berg et al., 2024) .

8. OBEZİTE, METABOLİK SAĞLIK VE PERİODONTAL HASTALIK

Obezite yalnızca enerji depolanmasıyla karakterize bir durum olmayıp adipoz dokudan salgılanan sitokinler ve adipokinler aracılığıyla sistemik inflamatuvar ortamı etkileyebilir. Periodontitis ve obezite arasında epidemiyolojik ilişkiler bildirilmiş olsa da ortak davranışsal ve metabolik belirleyiciler nedeniyle ilişkinin yönü ve büyüklüğü her çalışmada aynı değildir.

EFP S3 kılavuzu, kilo kaybını hedefleyen yaşam tarzı müdahalelerinin periodontal tedaviye ek klinik yararının mevcut kanıtlarla belirsiz olduğunu belirtmektedir (Sanz et al., 2020) . Bu ifade kilo kontrolünün genel sağlık açısından önemsiz olduğu anlamına gelmez; yalnızca periodontal tedavi sonucunu iyileştirdiğine dair doğrudan kanıtın sınırlı olduğunu gösterir. Obezitesi ve periodontitisi bulunan hastalarda periodontal tedavi, metabolik risk yönetimi ve sağlıklı yaşam önerileri birbirini tamamlayan ancak farklı hedeflere sahip yaklaşımlar olarak görülmelidir.

9. DİYABET, BESLENME VE PERİODONTAL TEDAVİ

Diyabet ve periodontitis arasındaki ilişki periodontal risk yönetiminde metabolik kontrolün önemini artırmaktadır. EFP S3 kılavuzu periodontitis tedavisi gören diyabetli hastalarda diyabet kontrolünü destekleyen müdahaleleri önermektedir (Sanz et al., 2020). Bu bağlamda kısa diyet danışmanlığı ve gerektiğinde

glisemik kontrol için hekime yönlendirme periodontal bakımın ilk basamağındaki risk faktörü yönetiminin parçası olabilir.

Periodontolog açısından temel nokta, diyet önerilerinin hastanın tıbbi tedavisiyle uyumlu olmasıdır. Diyabetli hastada karbonhidrat kalitesi ve miktarı, kullanılan ilaçlar, hipoglisemi riski ve eşlik eden hastalıklar kişiye özgü değerlendirme gerektirir. Bu nedenle ayrıntılı tıbbi beslenme tedavisi diyetisyen ve ilgili hekimle koordinasyon içinde yürütülmelidir.

10. PERİODONTAL TEDAVİDE BESLENME DANIŞMANLIĞININ KLİNİK YERİ

Güncel kanıtlar beslenmenin periodontal tedavinin alternatifi olmadığını göstermektedir. Periodontitis tedavisinin temelini hastanın etkili supragingival biyofilm kontrolü, profesyonel mekanik plak kontrolü, subgingival enstrümantasyon, gerekli durumlarda ileri periodontal tedaviler ve destekleyici periodontal bakım oluşturur (P. Papapanou et al., 2018; Sanz et al., 2020) . Beslenme danışmanlığı bu çerçevede kişiye özgü risk faktörü kontrolünün yardımcı bir bileşeni olarak değerlendirilebilir.

Klinikte uygulanabilir bir yaklaşım; hastanın genel diyet örüntüsünün, aşırı serbest şeker tüketiminin, meyve-sebze ve lif tüketiminin, vücut ağırlığı/metabolik risklerinin ve olası besin yetersizliklerinin kısa biçimde sorgulanmasıdır. Belirgin risk saptandığında genel sağlıklı beslenme ilkeleri hakkında kısa bilgi verilebilir ve gerektiğinde diyetisyene veya hekime yönlendirme yapılabilir. Takviye ürünleri ise kanıt düzeyi, doz, ilaç etkileşimleri ve hastanın sistemik durumu dikkate alınmadan önerilmemelidir.

11. KANITLARIN SINIRLILIKLARI VE GELECEK ARAŞTIRMALAR

Beslenme-periodontitis literatüründe en önemli sorunlardan biri heterojenliktir. Çalışmalar farklı periodontitis tanımları, diyet değerlendirme araçları, müdahale süreleri ve periodontal sonlanımlar kullanmaktadır. Diyet çalışmalarında körleme güçtür; katılımcı uyumu ve besin tüketiminin doğru kaydedilmesi de ek hata kaynaklarıdır. Ayrıca sağlıklı beslenmeye geçen bireylerin oral hijyen, fiziksel aktivite veya sigara kullanımı gibi başka davranışlarını da değiştirmesi karıştırıcı etki yaratabilir.

Gelecekteki araştırmalarda güncel periodontal sınıflandırmanın kullanılması, başlangıç metabolik durumun ayrıntılı raporlanması, standardize periodontal sonlanımlar, yeterli takip süresi ve diyet uyumunun objektif biyobelirteçlerle desteklenmesi yararlı olacaktır. Özellikle beslenme müdahalelerinin standart cerrahi olmayan periodontal tedaviye ek klinik yararını değerlendiren, yeterli örneklem büyüklüğüne sahip randomize kontrollü çalışmalar gereklidir(Curca et al., 2026; Woelber et al., 2023).

12. SONUÇ

Beslenme ile periodontal sağlık arasındaki ilişki biyolojik olarak güçlü bir temele sahip olmakla birlikte klinik kanıtların kesinliği tüm beslenme bileşenleri için aynı değildir. Sağlıklı diyet örüntüleri ile daha iyi periodontal parametreler arasında ilişki bildiren çalışmalar vardır; özellikle rafine karbonhidrat ve doymuş yağdan daha düşük, lif ve besin öğelerinden daha zengin diyetler olumlu sonuçlarla ilişkilendirilmiştir(Glavin et al., 2025). Vitamin D ve omega-3 gibi bileşenler için yardımcı yarar olasılığı bulunmakla birlikte mevcut veriler rutin ve genellenebilir takviye protokolleri oluşturmak için yeterli değildir.

Periodontoloji pratiğinde beslenmenin en uygun konumu, standart periodontal tedavinin yerine geçen bir yöntem değil, bireyselleştirilmiş risk faktörü kontrolünü ve genel sağlığı destekleyen tamamlayıcı bir yaklaşım olmasıdır. Hastanın sistemik durumu, metabolik riskleri, kullandığı ilaçlar ve olası besin yetersizlikleri dikkate alınmalı; gerektiğinde hekim ve diyetisyenle multidisipliner iş birliği kurulmalıdır. Bu yaklaşım periodontal tedavinin hasta merkezli ve bütüncül biçimde yürütülmesini destekler.

KAYNAKÇA

- Berg, Y., Gabay, E., Božić, D., Shibli, J. A., Ginesin, O., Asbi, T., . . . Mayer, Y. (2024). The impact of nutritional components on periodontal health: A literature review. *Nutrients*, 16(22), 3901. doi:10.3390/nu16223901
- Chapple, I. L. C., Mealey, B. L., Van Dyke, T. E., Bartold, P. M., Dommisch, H., Eickholz, P., . . . Yoshie, H. (2018). Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S74–S84. doi:10.1002/JPER.17-0719
- Curca, F. R., Luchian, I., Bida, F. C., Virvescu, D. I., Rotundu, G., Butnaru, O. M., . . . Budala, D. G. (2026). From diet to oral and periodontal health: Exploring the crucial role of nutrition—A narrative review. *Nutrients*, 18(1), 168. doi:10.3390/nu18010168
- Glavin, C., Gartshore, J., Jackson, G., & Bonsor, S. (2025). Does adopting a healthy diet improve periodontal parameters in patients susceptible to periodontal disease? A systematic review. *Evidence-Based Dentistry*, 26(2), 111. doi:10.1038/s41432-024-01098-0
- Hashim, N. T., Babiker, R., Padmanabhan, V., Islam, M. S., Chaitanya, N. C. S. K., Mohammed, R., . . . Rahman, M. M. (2026). Oxidative stress and antioxidant pathways in the pathogenesis of periodontitis and peri-implantitis: Mechanistic insights and therapeutic potentials. *Frontiers in Oral Health*, 7, 1814823. doi:10.3389/froh.2026.1814823

- Liang, F., Zhou, Y., Zhang, Z., Zhang, Z., & Shen, J. (2023). Association of vitamin D in individuals with periodontitis: An updated systematic review and meta-analysis. *BMC Oral Health*, 23(1), 387. doi:10.1186/s12903-023-03120-w
- Machado, V., Lobo, S., Proença, L., Mendes, J. J., & Botelho, J. (2020). Vitamin D and periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 12(8), 2177. doi:10.3390/nu12082177
- Papapanou, P. N., Sanz, M., Buduneli, N., Dietrich, T., Feres, M., Fine, D. H., . . . Tonetti, M. S. (2018). Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *Journal of Periodontology*, 89(Suppl. 1), S173–S182. doi:10.1002/JPER.17-0721
- Papapanou, P. N., Sanz, M., Buduneli, N., Dietrich, T., Feres, M., Fine, D. H., . . . Tonetti, M. S. (2018). Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *British Dental Journal*, 225(2), 141. doi:10.1038/sj.bdj.2018.615
- Peng, P., Cai, J., Zhang, L., Lu, Y., & Kuang, P. (2026). The subgingival microbiome in periodontitis: From ecological dysbiosis and metabolic reprogramming to precision interventions. *Frontiers in Microbiology*, 17, 1906205. doi:10.3389/fmicb.2026.1906205
- Sanz, M., Herrera, D., Kebschull, M., Chapple, I., Jepsen, S., Berglundh, T., . . . Wennström, J. (2020). Treatment of stage I–III periodontitis—The EFP S3 level clinical practice guideline. *Journal of Clinical Periodontology*, 47(Suppl. 22), 4–60. doi:10.1111/JCPE.13290

- Stańdo, M., Piątek, P., Namiecińska, M., Lewkowicz, P., & Lewkowicz, N. (2020). Omega-3 polyunsaturated fatty acids EPA and DHA as an adjunct to non-surgical treatment of periodontitis: A randomized clinical trial. *Nutrients*, 12(9), 2614. doi:10.3390/nu12092614
- Van der Velden, U. (n.d.). Vitamin C and its role in periodontal diseases—The past and the present: A narrative review. *Oral Health & Preventive Dentistry*, 18(1), 115–124. doi:10.3290/j.ohpd.a44306
- Woelber, J. P., Reichenbacher, K., Groß, T., Vach, K., Ratka-Krüger, P., & Bartha, V. (2023). Dietary and nutraceutical interventions as an adjunct to non-surgical periodontal therapy—A systematic review. *Nutrients*, 15(6), 1538. doi:10.3390/nu15061538

PERİODONTAL TEDAVİLERDE HASTA MERKEZLİ SONUÇLAR VE DENEYİMLER

Dicle ALTINDAL¹

Eylem Ayhan ALKAN²

1. GİRİŞ

Sağlık sisteminde hasta deneyimi kavramı, sistemle elde edilmesi hedeflenen performans ölçümünde ve kalite iyileştirme girişimlerinde önemli bir konu haline gelmiştir. (Jamieson Gilmore ve ark., 2023). Çünkü hasta, tedavi planlamasında aktif ve merkezi bir rol üstlenir. Benzer olarak modern diş hekimliği uygulamalarında tedavi sonuçlarının değerlendirilmesinde klinik ve/veya radyografik takiplerin yanı sıra hasta tarafından bildirilen sonuçlar da (patient-related outcomes: PROs) önem kazanmaktadır. Bu bölümün amacı, PROs ve bununla ilişkili kavramlara değinmek, periodontal tedavilerde hasta merkezli çalışmalara genel bakış sağlamaktır.

1.1. Hasta Tarafından Bildirilen Sonuçlar ve Hasta Tarafından Bildirilen Deneyim Kavramları

PROs, ‘rahatsızlığı yaşayan kişi (veya bakıcısı) tarafından doğrudan bildirilen herhangi bir sağlık durumu bilgisidir’ (Tonetti ve ark., 2025). Diğer bir deyişle başka bir kişi tarafından yorumlama yapılmadan direkt hastanın kendisinden elde edilen değerlendirmedir. Bu değerlendirme, özellikle yapılan tedavi ile ilişkili bir deneyimi kapsadığında ‘hasta tarafından bildirilen

¹ Doçent Doktor, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-6127-373X.

² Profesör Doktor, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-1280-464X.

deneyim' (Patient-reported experience: PRE) teriminin uygun olacağı bildirilmiştir (Needleman ve ark., 2023).

PROs'un hastaların sağlık ve refahı üzerinde tedavinin etkisini gözlemlemede büyük öneme sahip olduğu söylenebilir (Tonetti ve ark., 2025). Çünkü hasta tarafından bildirilen sağlık sonuçlarını değerlendirmekle hasta deneyimi ve memnuniyeti sistematik olarak incelenmiş olunur ve bu da hastanın yaşayacağı fiziksel semptomların yönetiminde değerli bir araç olarak görülmesini sağlamaktadır. PROs ile yapılan çeşitli ölçümler sayesinde cerrahi sonrası ağrı, şişlik, yorgunluk gibi yaşam kalitesini etkileyebilecek çeşitli fiziksel semptomlar veya tedavi sonucunda hastanın beklentileri göz önünde bulundurulur. Bu durum günümüzde klinik araştırmaları teşvik etmektedir. Bu alanda 10. Avrupa Periodontoloji Çalıştay'ında hastaların tedaviye ilişkin algıları kümelenmiş ve PROs'un önemi vurgulanmıştır (Tonetti ve ark., 2014). Böylece bu yöntem giderek daha fazla kullanılmakta ve periodontal tedavi aşamaları arasında ayırım yapabilmeye yardımcı olabilmektedir (Shanbhag ve ark., 2012). Hatta PROs değerlendirmesi klinik çalışmalarda artık birincil sonuç ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Baiju ve ark., 2017).

Diş eti çekilmesinin cerrahi tedavileri hakkında sistematik inceleme yapılmıştır (Oates ve ark., 2003). Bu amaçla incelenen çalışmaların bir sınırlaması olarak standartlaştırılmış PRO önlemlerinin eksikliği gösterilmiştir. Yakın dönemli bir sistematik incelemede ise PRO sonuçları, tekli dişeti çekilmelerinde yapılan tedavisinin etkisi değerlendirilirken hekim tarafından bildirilen sonuçların yanında yer almıştır (Cairo ve ark., 2025).

1.2. Hasta Tarafından Bildirilen Sonuç Ölçüsü ve Deneyim Ölçüsü Kavramları

Hasta tarafından bildirilen sonuç ölçüsü (patient-reported outcome measure: PROM), bir PRO için sağlık, hastalık ve

tedaviler hakkında bilgi toplamak için kullanılan bir araçtır (Needleman ve ark., 2023). Genellikle bir anket şeklinde uygulanır ve kâğıt veya elektronik yolla hayata geçirilebilir. Bununla birlikte röportajlarla, telefonla veya bir günlük aracılığıyla da bu bilgiler toplanabilir. Baiju ve ark. (2017) PROM'un sahip olması beklenen özellikleri sıralamış ve hataya yer vermeyecek şekilde güvenilir olması gerektiğini vurgulamıştır. PROM'un neyi ölçmesi hedefleniyorsa onu ölçmesi beklenir ve tedaviler arası farklılığa duyarlı bir hassasiyete sahip olmalıdır (Baiju ve ark., 2017). Bunlarla birlikte, elbette sonuçları yorumlamaya el vermeli ve klinik açıdan anlamlılığını ispat etmiş olmalıdır (Baiju ve ark., 2017).

PROM'lar hastaların sağlık veya hastalık hakkındaki algılarını ölçer ve özellikle tedavilerin klinik etkinliği ve güvenliğinin değerlendirmesinde kullanılan bir araç olduğu söylenebilir (Kingsley ve Patel, 2017). Çünkü hastaların bakış açısı ile klinik bir müdahalenin yarattığı etkinlik gözlenmiş olunur. Eğer bir hastanın bakım alırken deneyimlerine olan bakış yakalamak amaçlanıyorsa hasta tarafından rapor edilen deneyim ölçüsü (Patient-reported experience measure: PREMs) ifadesi kullanılır. PROM'ların aksine, PREM'in, bakımın sonuçlarına değil, bakım sürecinin hastanın deneyimi üzerindeki etkisine baktığı vurgulanmıştır (Kingsley ve Patel, 2017). Hasta bakımında kaliteyi ölçmenin bir göstergesi olduğu söylenebilir.

Needleman ve ark. (2023) bu iki terimi oldukça güzel görselleştirmiştir. Buna göre PREM temizlik, mahremiyet, terapi sırasında ağrı, erişilebilirlik, iletişim kalitesi, bekleme sürelerini kapsarken; PROMs işlev, sıkıntı, kaygı, öz bakım, semptomlar, kişisel iyilik hali, sağlık durumu, yalnızlık gibi kavramları kapsayan bir çember olarak aktarılmıştır. Bu iki kavram doğal olarak birbirleriyle bağlantılıdır ve bakım kalitesinde iyileştirmede yardımcı olurlar. Hatta Black ve ark. (2014), 2010-2012 yılları arasında İngiltere'de planlı üç cerrahi prosedürden

birini geçiren (kalça protezi, diz protezi ve kasık fıtığı) ve ameliyat öncesi ve sonrası PROM ve PREM anketlerini dolduran hastaları kapsayan sonuçları aktarmıştır. Buna göre sonuçlar ve deneyimler arasında pozitif bir korelasyon olduğu raporlanmıştır.

1.3. Ölçümler Hangi Yollarla Yapılabilir?

PROs ölçümleri, hastanın görüşüne dayalı puanlar sağlar (Baiju ve ark., 2017). Hastanın yanıtı, bir toplam puan, ölçülebilen Görsel Analog Ölçek (VAS) veya Likert benzeri ölçek formatında olabilir (Arunyanak ve ark., 2024). PROM örnekleri arasında yaşam kalitesini değerlendiren çeşitli ölçekler de yer alır. Bunlar arasında sağlıkla ilgili yaşam kalitesi ve ağız sağlığı ile ilgili yaşam kalitesi (QHRQoL) sayılabilir (Needleman ve ark., 2023).

Kırk dokuz madden oluşan Ağız sağlığı etki profili (OHIP), yedi alt kategoriye kapsayan bir yaşam kalite göstergesidir. Bu kategoriler fonksiyonel sınırlamadan fiziksel ağrıya, psikolojik rahatsızlıktan fiziksel ve psikolojik sakatlıklara, sosyal engellilikten handikaplara kadar uzanan oldukça geniş bildirimleri kapsamaktadır (Slade ve Spencer, 1994). Ancak daha sonra 14 madde ile kısaltılmış bir versiyonu olan OHIP-14 tanıtılarak uygulamada kolaylık sağlanmıştır (Slade, 1997). Mounssif ve ark. (2023) periodontal cerrahi sonrası PROM olarak OHIP-14, ağrının yoğunluğunu değerlendirmek için VAS ve beş puanlık Likert ölçeği kullanmıştır. Benzer şekilde dental implantlarda QHRQoL gibi PROM'lar kullanılmıştır (Feine ve ark., 2018). Bu terapilerde rutin bir prosedür olarak PROM'ların olması gerektiği ve özellikle yumuşak doku greft tedavilerine yönelik klinik çalışmalarda önerilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Avila-Ortiz ve ark., 2023). Hatta PROM'ların, implant etrafında yapılan yumuşak doku greftlerle alakalı klinik çalışmalarda önemli bir son noktayı temsil ettiği bildirilmiştir (Stefanini ve ark., 2021). Avila-Ortiz ve ark. (2023) inceledikleri

literatürlerde seçilen PROM'ların VAS kullanılarak algılanan postoperatif ağrı/rahatsızlık, estetik memnuniyetin, genel memnuniyetin ve ödem ve hematoma durumunun bildirildiğini, yaşam kalitesi anketlerinin kullanıldığını veya alınan postoperatif enflamatuvar ilaç miktarının hesaplandığını, bazı çalışmalarda ise aynı tedaviyi tekrar görme isteğinin değerlendirildiğini raporlamıştır. Tan ve ark. (2014) ise periodontal ve implant cerrahilerde birincil sonuç değişkenleri olarak PROM'ları kullanmış ve ölçüm aracı olarak kanama, şişlik, ağrı ve morarma açısından VAS skorunu kullanılmıştır. Bu bilgilere dayanarak PROM için çoğu çalışmada görsel analog ölçekler veya araştırma ekibi tarafından tasarlanan sorular kullanılmış bununla birlikte, doğrulanmış PREM'lerin periodontal tedavilerde kullanımına dair sınırlı kanıt varlığına işaret edilmiştir (Needleman ve ark., 2023).

2. SONUÇ

Bir konsensus raporu, PROM araçlarının kullanımını teşvikte bulunmuş ve tedavi yaklaşımlarına fayda sağlayacağını vurgulamıştır (Feine ve ark., 2018). Aynı konsensusta klinik araştırmacılara konu hakkında öneriler sunulmuş ancak PROM'ları değerlendirmek için kılavuzlara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (Feine ve ark., 2018). Bu kılavuzlar ile PROM'ların kullanımlarında ve uygulamalarında temel belirsizlikler belki de girilebilir. Bu belirsizlikler, Needleman ve ark. (2023) uygulanması gereken uygun zaman noktalarının ve araçlarının hassasiyetine ait sorular barındırmaktadır. Zamanla bu ölçüm sonuçlarının değişimlerine veya karmaşıktırıcı faktörlerin (bir veya birden fazla sistemik hastalık) varlığında PROM'ları etkileyip etkilemeyeceği diğer belirsizlik olarak tanımlanmıştır. Ayrıca klinisyenlerin konu hakkında bilgisi ve aşinalığı oldukça önemlidir. Bu hususta klinisyenler klinik fayda sağlamaları adına

çeşitli eğitim programları ile bu araçları doğru kullanmalarının pekiştirilmesi düşünülebilir. PROs'un periodontal tedavilerin klinik uygulamaları ve araştırmaları açısından değerli olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Arunyanak, S. P., Kungsadalpipob, K., Wright, K. E., Subbalekha, K., Dragan, I., & Mattheos, N. (2024). The use of patient-related outcomes (PRO) and experience (PRE) in assessing the periodontal and implant patient. *Periodontology 2000*, 95(1), 40-50.
- Avila-Ortiz, G., Couso-Queiruga, E., Pirc, M., Chambrone, L., & Thoma, D. S. (2023). Outcome measures and methods of assessment of soft tissue augmentation interventions in the context of dental implant therapy: A systematic review of clinical studies published in the last 10 years. *Journal of Clinical Periodontology*, 50 Suppl 25, 83-95.
- Baiju, R. M., Peter, E., Varghese, N. O., & Anju, P. (2017). Patient Reported Outcome Assessment of Periodontal Therapy: A Systematic Review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, 11(8), ZC14-ZC19.
- Black, N., Varaganum, M., & Hutchings, A. (2014). Relationship between patient reported experience (PREMs) and patient reported outcomes (PROMs) in elective surgery. *BMJ Quality & Safety*, 23(7), 534-542.
- Cairo, F., Couso-Queiruga, E., Barbato, L., Rupe, C., Stuhr, S., Chambrone, L., & Avila-Ortiz, G. (2025). Clinician- and patient-reported outcomes following the surgical treatment of single gingival recession defects: A systematic review. *Periodontology 2000*, 99(1), 7-20.
- Feine, J., Abou-Ayash, S., Al Mardini, M., de Santana, R. B., Bjelke-Holtermann, T., Bornstein, M. M., ... Zubiria, J. P. V. (2018). Group 3 ITI Consensus Report: Patient-reported outcome measures associated with implant dentistry. *Clinical Oral Implants Research*, 29 Suppl 16, 270-275.

- Jamieson Gilmore, K., Corazza, I., Coletta, L., & Allin, S. (2023). The uses of Patient Reported Experience Measures in health systems: A systematic narrative review. *Health Policy*, 128, 1-10.
- Kingsley, C., & Patel, S. (2017). Patient-reported outcome measures and patient-reported experience measures. *BJA Education*, 17(4), 137-144.
- Mounssif, I., Bentivogli, V., Rendón, A., Gissi, D. B., Maiani, F., Mazzotti, C., ... Stefanini, M. (2023). Patient-reported outcome measures after periodontal surgery. *Clinical Oral Investigations*, 27(12), 7715-7724.
- Needleman, I., Almond, N., Leow, N., & Phillips, J. (2023). Outcomes of periodontal therapy: Strengthening the relevance of research to patients. A co-created review. *Periodontology 2000*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/prd.12483>.
- Oates, T. W., Robinson, M., & Gunsolley, J. C. (2003). Surgical therapies for the treatment of gingival recession. A systematic review. *Annals of Periodontology*, 8(1), 303-320. <https://doi.org/10.1902/annals.2003.8.1.303>
- Shanbhag, S., Dahiya, M., & Croucher, R. (2012). The impact of periodontal therapy on oral health-related quality of life in adults: A systematic review. *Journal of Clinical Periodontology*, 39(8), 725-735.
- Slade, G. D. (1997). Derivation and validation of a short-form oral health impact profile. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 25(4), 284-290.
- Slade, G. D., & Spencer, A. J. (1994). Development and evaluation of the Oral Health Impact Profile. *Community Dental Health*, 11(1), 3-11.

- Stefanini, M., Tavelli, L., Barootchi, S., Sangiorgi, M., & Zucchelli, G. (2021). Patient-reported outcome measures following soft-tissue grafting at implant sites: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*, 32 Suppl 21, 157-173.
- Tan, W. C., Krishnaswamy, G., Ong, M. M. A., & Lang, N. P. (2014). Patient-reported outcome measures after routine periodontal and implant surgical procedures. *Journal of Clinical Periodontology*, 41(6), 618-624.
- Tonetti, M. S., Jepsen, S., & Working Group 2 of the European Workshop on Periodontology. (2014). Clinical efficacy of periodontal plastic surgery procedures: Consensus report of Group 2 of the 10th European Workshop on Periodontology. *Journal of Clinical Periodontology*, 41 Suppl 15, S36-43.
- Tonetti, M., Sanz, M., Cairo, F., Nart, J., Chapple, I., Aimetti, M., ... Herrera, D. (2025). Aesthetics and Patient-Reported Outcomes in Periodontology and Implant Dentistry: Consensus Report. *Journal of Clinical Periodontology*, 52(9), 1222-1244.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERIODONTOLOGY: CURRENT APPROACHES TO DIAGNOSIS, PROGNOSIS AND CLINICAL APPLICATIONS

Canan AKDENİZ¹

1. INTRODUCTION

With the rapid advancement of artificial intelligence (AI) technologies, their applications in dentistry have increased considerably, making AI an important area of research. In periodontology, AI offers new opportunities for evaluating clinical and radiographic data, supporting diagnosis and prognosis, and improving clinical decision-making processes (Tichy et al., 2026). Furthermore, advances in large language models (LLMs) and AI-based chatbots have introduced new potential applications, including answering patients' health-related questions and providing patient education (Akdeniz & Doğru, 2026).

This chapter aims to review the current applications of AI in periodontal diagnosis, prognosis, and clinical practice, evaluate its existing limitations, and discuss its potential future applications.

¹ Dr., Dicle University, Faculty of Dentistry, Department of Periodontology, Diyarbakır, Türkiye, ORCID: 0009-0002-5304-3357.

2. ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND FUNDAMENTAL CONCEPTS

AI is a branch of computer science and engineering focused on developing systems capable of performing tasks that typically require human intelligence, such as visual perception, decision-making, and natural language processing (NLP). AI encompasses a broad range of methods and subfields, including machine learning (ML), artificial neural networks (ANNs), and deep learning (DL) (Sitaras et al., 2025).

ML is an AI approach that enables the identification of structures and patterns in data through algorithms and statistical models. These methods can improve their performance over time by learning from additional training data. ANNs, on the other hand, are models inspired by biological neural networks in the human brain and can identify nonlinear relationships and patterns in data through interconnected artificial neurons (Sitaras et al., 2025).

DL is a subfield of ML based on ANNs. Among DL architectures, convolutional neural networks (CNNs) are particularly widely used for analyzing complex image data (Sitaras et al., 2025).

Another important application of AI in healthcare is NLP. NLP aims to extract information from unstructured textual data, such as clinical notes and medical texts, and transform these data into a format that can be processed by computers (Jiang et al., 2017).

In periodontology, AI methods are used in various areas, including the evaluation of clinical and radiographic data, the diagnosis and classification of periodontitis, the prediction of periodontal risk and disease progression, and the prediction of treatment outcomes (Tichy et al., 2026).

3. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DIAGNOSIS OF PERIODONTAL DISEASES

The diagnosis of periodontitis is based on the combined assessment of clinical periodontal findings and radiographic examinations. AI methods have been used to analyze radiographic images as well as clinical and demographic data in periodontal diagnosis, and various models have been developed for the detection and classification of periodontitis (Zhang, Deng, Zou, Jin, & Jiang, 2025).

3.1. Image-Based Diagnostic Applications

Automated analysis of radiographic images is an important area of research in the AI-based diagnosis of periodontal diseases. DL models have been used to detect and quantify periodontal bone loss, identify bone loss patterns, detect furcation defects, and classify and stage periodontitis based on radiographic findings. Although panoramic and periapical radiographs have been the primary imaging modalities investigated in these studies, cone-beam computed tomography (CBCT) and intraoral images have also been evaluated (Zhang et al., 2025).

In one study, a DL model was developed using 693 periapical radiographs obtained from 37 patients to measure alveolar bone levels and stage periodontitis (C. Lee et al., 2022).

In a study evaluating 1,121 panoramic radiographs, the performance of a DL model was assessed in detecting alveolar bone loss, horizontal and vertical bone loss patterns, and furcation defects. Model performance varied according to the radiographic finding evaluated, with the highest diagnostic performance observed in the detection of overall alveolar bone loss. High performance was also reported for the detection of horizontal bone loss (Kurt-Bayrakdar et al., 2024).

In one study, a hybrid DL model was developed using 340 panoramic radiographs for the automated assessment of periodontal bone loss and staging of periodontitis. A high level of agreement was reported between the model's staging results and the assessments of radiologists (ICC = 0.91) (Chang et al., 2020).

In addition to radiographic images, AI-based analysis of intraoral photographs is being investigated for the early detection of periodontal diseases. A systematic review including 26 studies reported that AI models based on intraoral photographs show particular potential for detecting gingivitis. However, their clinical application remains limited due to methodological differences among studies and variability in diagnostic performance (Mao et al., 2025).

3.2. Diagnosis and Classification Based on Clinical Data

In addition to radiographic images, data obtained from clinical periodontal examinations are also used in AI models for the diagnosis and classification of periodontitis. For this purpose, clinical findings such as probing depth, clinical attachment loss (CAL), tooth mobility, and periodontal indices are incorporated into ML models along with demographic characteristics and risk factors. These models learn the relationships between clinical variables and disease status from data obtained from patients with established diagnoses. Based on these learned relationships, the models assess the periodontal status of new patients and generate predictions for diagnostic classification (Tichy et al., 2026).

In one study, seven different ML algorithms were compared for determining periodontitis stage and grade using clinical data from 282 patients. The best-performing ANN model achieved test accuracies of 81% for staging and 94% for grading. The model was subsequently integrated into a web-based

application and evaluated in an additional group of 50 patients (Riberti, Radunovic, Milinkovic, & Piattelli, 2026).

In another study, an NLP-based model was developed to determine periodontitis stage and grade using electronic periodontal records and clinical notes from 309 patients. The model achieved accuracies of 66% for staging and 72% for grading when evaluated on 32 previously unseen patient records (Ameli, Firoozi, Gibson, & Lai, 2024).

In another study, an ML model was developed using self-reported oral health information, gingival bleeding during toothbrushing, and biomarkers measured in oral rinse samples from 408 individuals. The model aimed to classify individuals as periodontally healthy, having gingivitis, or having periodontitis at different stages without relying on comprehensive periodontal examination data. The developed model was reported to demonstrate high performance in distinguishing among these groups (Deng, Zonta, Yang, Pelekos, & Tonetti, 2024).

4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERIODONTAL RISK ASSESSMENT AND PROGNOSIS

In the management of periodontal diseases, predicting disease progression and long-term prognosis is important in addition to assessing the current clinical status. AI models are used to assess periodontal risk and predict disease progression by integrating clinical periodontal parameters, demographic characteristics, systemic risk factors, and biomarkers. Furthermore, the potential of these models to predict long-term tooth loss and treatment outcomes is also being investigated (Tichy et al., 2026) .

In another study, ML models were developed to predict periodontitis risk at an early stage using electronic dental records from 43,331 individuals. The best-performing model achieved a sensitivity of 91% and a specificity of 54% in an independent validation cohort. Furthermore, the model was reported to largely maintain its discriminative performance when predictions were based on records obtained three years before the diagnosis of periodontitis (Swinckels et al., 2025).

In a multicenter longitudinal study, ML models were developed to predict periodontitis progression over 12 months using baseline clinical periodontal data, demographic characteristics, and salivary biomarkers from 273 individuals. The model incorporating clinical data, salivary interleukin-1 beta (IL-1 β) levels, age, and sex demonstrated the highest discriminative performance (area under the receiver operating characteristic curve [AUROC] = 0.88). Additionally, the number of periodontal pockets measuring ≥ 5 mm was identified as one of the key predictors of disease progression (Furquim et al., 2025).

In a retrospective study, logistic regression and ANN models were developed to predict periodontal tooth loss over a 10-year period using clinical and radiographic data from 4,418 teeth in 185 patients. The models were compared with a conventional periodontal prognostic system and externally validated in an independent patient cohort, with both achieving an AUROC of 0.894. The models were reported to demonstrate higher sensitivity than the conventional system, particularly for teeth with a questionable prognosis (Santamaria et al., 2024).

5. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TREATMENT PLANNING AND CLINICAL DECISION SUPPORT

Periodontal treatment planning requires the integrated assessment of clinical periodontal findings, patient-specific risk factors, and treatment needs, in addition to disease severity and complexity. The choice between nonsurgical and surgical periodontal treatment approaches is individualized according to the patient's clinical condition and is based on the clinician's judgment. AI systems are being investigated for their potential to predict the outcomes of different treatment options and support clinical decision-making through the analysis of clinical and radiographic data (H. Li et al., 2026; Rebeiz et al., 2025).

In a retrospective longitudinal study, ML models were developed to support periodontal treatment decisions using clinical and radiographic data from 3,347 teeth followed for at least 10 years. Tooth loss was predicted using variables such as probing depth, radiographic bone loss, furcation involvement, systemic diseases, and the type of periodontal treatment performed. The Random Forest model achieved the highest overall accuracy, with an accuracy of 93% and an AUROC of 0.91. The developed platform provided a decision-support approach for individualized treatment planning by generating tooth loss predictions for different periodontal treatment options (Rebeiz et al., 2025).

In another study, the contribution of the PerioAI system, which integrates intraoral scanning and CBCT images, to periodontal treatment planning was evaluated. The system automatically measures the distance between the gingival margin and the alveolar bone crest to generate estimated periodontal probing depth values. The study included 1,298 teeth from 53 patients and compared decisions made using panoramic

radiographs alone with those made when AI-generated probing depth information was added to the panoramic radiographs. With AI-assisted assessment, tooth-level agreement with the reference clinical decisions increased from 78.1% to 86.0% for prognosis and from 78.8% to 85.4% for treatment planning. These findings highlight the potential of AI-generated periodontal measurements to support clinical decision-making (H. Li et al., 2026).

In one study, an ML model was developed to predict individual responses to periodontal treatment using demographic, clinical, microbiological, and treatment-related data. The model, developed using data from 414 patients enrolled in randomized controlled trials, achieved an AUROC of 0.93 in internal testing for predicting the achievement of a predefined clinical endpoint one year after treatment. In external testing using data from 78 patients from North America and Europe, the AUROC decreased to 0.76. The baseline number of deep periodontal pockets and variables related to antibiotic therapy were identified as important predictors. These findings suggest that AI models have potential for predicting individual responses to periodontal treatment and supporting personalized treatment planning (Feher et al., 2025).

6. ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN IMPLANT AND PERI-IMPLANT APPLICATIONS

Successful dental implant treatment requires not only appropriate implant positioning but also the maintenance of long-term peri-implant tissue health. While the assessment of available bone volume and anatomical structures is essential for implant planning, monitoring peri-implant bone levels and detecting biological complications are necessary following implant placement. AI applications are being investigated to automatically identify anatomical structures in three-dimensional images and support implant placement planning (Zaww, Abbas,

Vanegas Sáenz, & Hong, 2026). In addition, AI models are being developed to detect and classify peri-implant bone loss on periapical radiographs (W.-F. Lee et al., 2024).

6.1. Artificial Intelligence in Implant Planning

AI applications in implant planning primarily focus on the automated identification of anatomical structures in CBCT images, assessment of alveolar bone, and support of surgical planning. In this context, segmentation of the mandibular canal and alveolar bone, assessment of bone density, and decision-support models for surgical planning are being investigated (Zaww et al., 2026).

In a preclinical study, AI-assisted automated virtual implant planning was compared with expert planning using CBCT and intraoral scan data from 50 cases involving single-tooth edentulism in the posterior mandible. The AI system automatically determined implant position and dimensions by identifying three-dimensional anatomical structures and considering the available bone volume, adjacent teeth, and location of the mandibular canal. Approximately 89% of AI-generated plans and 93% of expert-generated plans were considered clinically acceptable. The mean planning time was 187 seconds for AI and 406 seconds for the experts. These findings suggest that AI systems have the potential to perform virtual implant planning more rapidly and generate clinically acceptable plans in selected cases (Elgarba et al., 2025).

6.2. Artificial Intelligence in the Assessment of Peri-Implant Diseases

In a retrospective cohort study, ML models were evaluated for predicting peri-implantitis using clinical data from 1,408 implants in 473 patients. Logistic regression, support vector machine (SVM), and Random Forest algorithms were compared using data from 127 implants with peri-implantitis and 127

implants without peri-implantitis. The Random Forest model demonstrated the highest predictive performance, achieving an area under the curve (AUC) of 0.71 and an accuracy of 70%. Time in function, plaque control record, and keratinized mucosal width were identified as important predictors. These findings suggest that ML models may contribute to peri-implantitis risk prediction by integrating multiple clinical risk indicators (Mameno et al., 2021).

In another study, a DL-based model was developed for the radiographic detection and classification of peri-implant bone loss. Using 800 periapical radiographs, the YOLOv7 algorithm automatically identified areas of bone loss around dental implants and aimed to classify bone loss into four levels based on the ratio of bone loss to implant length. The developed model achieved an overall accuracy of 94.74%, a sensitivity of 94.44%, and a specificity of 100% in radiographic image assessment. These findings suggest that DL models may support clinicians in the radiographic evaluation of peri-implant bone loss (W.-F. Lee et al., 2024).

7. APPLICATIONS OF LARGE LANGUAGE MODELS AND AI-BASED CHATBOTS IN PERIODONTOLOGY

AI-based chatbots powered by LLMs are used as tools to facilitate access to health-related information by generating natural language responses to users' questions. In periodontology, these systems are being investigated for answering patient questions about the symptoms, risk factors, and treatment options of periodontal diseases, as well as oral hygiene practices (Babayiğit, Tastan Eroglu, Ozkan Sen, & Ucan Yarkac, 2023). Furthermore, the ability of LLMs to answer clinical questions related to periodontal treatment in accordance with current

scientific evidence and clinical guidelines is also being evaluated (Chatzopoulos, Koidou, Tsalikis, & Kaklamanos, 2025). In assessing the potential of these applications for patient education, not only the scientific accuracy of the responses but also their completeness, clarity, and communication-related qualities, such as empathy, are important (Akdeniz & Doğru, 2026).

In a study evaluating ChatGPT's performance in periodontal patient education, a total of 70 questions were generated by ChatGPT across seven topics: periodontal diseases, peri-implant diseases, tooth sensitivity, gingival recession, halitosis, dental implants, and periodontal surgery. These questions were subsequently submitted to ChatGPT, and the generated responses were evaluated by 20 periodontists. The mean scientific accuracy score was 5.50 out of 6, while the mean completeness score was 2.34 out of 3. The highest scientific accuracy score was observed for responses related to halitosis (5.67), whereas the lowest was recorded for gingival recession (5.21). These findings suggest that ChatGPT may serve as a supplementary resource for periodontal patient education, although the accuracy and completeness of its responses may vary depending on the topic (Babayiğit et al., 2023).

In another study involving a multidimensional evaluation of responses to periodontal patient questions, responses generated by ChatGPT (GPT-5.1), Gemini (2.5 Flash), and Claude (Sonnet 4.5) were compared with expert responses developed by consensus among three periodontists. Responses to 20 patient questions were evaluated by nine periodontists in terms of scientific accuracy, completeness, conciseness and focus, empathy, and clarity. Although no statistically significant difference was found among the groups in scientific accuracy ($p = 0.425$), responses generated by all three chatbots received significantly higher scores than expert responses for completeness and empathy ($p < 0.0001$). Gemini received lower

scores than the other groups for conciseness and focus, whereas a statistically significant difference in clarity was observed only between ChatGPT and Gemini, in favor of ChatGPT. These findings highlight the importance of evaluating AI-based chatbots for periodontal patient education in terms of both scientific accuracy and communication-related qualities (Akdeniz & Doğru, 2026).

In a study evaluating the performance of LLMs in answering clinical periodontal questions, 10 questions based on the European Federation of Periodontology (EFP) clinical practice guideline for the treatment of stage I–III periodontitis were submitted to ChatGPT-4.0, Gemini, Gemini Advanced, and Microsoft Copilot. A total of 40 generated responses were evaluated by two periodontists for completeness, scientific accuracy, clarity, and relevance, using the EFP guideline and evidence from recent systematic reviews as references. On a 10-point scale, ChatGPT-4.0 achieved the highest mean score (8.29), while Gemini Advanced received a mean score of 7.39. In comparisons among the models, a statistically significant difference was observed only between ChatGPT-4.0 and Gemini ($p = 0.042$). These findings suggest that LLMs may serve as supportive tools for accessing evidence-based periodontal information, although their performance may vary depending on the model used (Chatzopoulos et al., 2025).

8. LIMITATIONS, ETHICAL CONSIDERATIONS, AND CLINICAL CHALLENGES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS

Although AI applications in periodontology have shown promising results, several methodological limitations hinder their translation into routine clinical practice. In particular, the reliance

of a substantial proportion of studies on single-center datasets and the limited availability of external validation studies restrict the generalizability of these models across different patient populations and clinical settings. Furthermore, differences in datasets, evaluation metrics, and validation methods make direct comparisons of model performance challenging. Therefore, multicenter validation studies, standardized evaluation methods, and prospective research are needed before these systems can be reliably integrated into clinical practice (Tichy et al., 2026).

Data quality and algorithmic bias are other important challenges affecting the reliability of AI applications. Insufficient diversity in training data or inadequate representation of certain patient groups may adversely affect model performance across different populations. Furthermore, the lack of transparency regarding the features on which some AI models base their decisions makes the clinical interpretation of their outputs challenging. Therefore, high-quality datasets, model explainability, and validation across different clinical settings are essential requirements for developing reliable AI applications (Jafer et al., 2025) .

Patient data privacy and security are also among the fundamental ethical considerations in the development and clinical use of AI systems. The processing of personal data, such as periodontal clinical records, radiographic images, and systemic health information, requires the protection of patient privacy and the implementation of appropriate data security measures. The World Health Organization (WHO) emphasizes the principles of protecting human autonomy, patient safety, transparency, explainability, accountability, and equity in the use of AI in healthcare. Furthermore, the importance of safeguarding privacy and ensuring informed consent in the collection, storage, and sharing of health data is highlighted (World Health Organization, 2021).

Another important clinical concern is the use of AI-generated outputs without expert oversight. Periodontal diagnosis and treatment decisions require the integrated interpretation of clinical examination findings, radiographic assessments, and patient-specific risk factors. Furthermore, the potential of LLM-based chatbots to generate inaccurate, incomplete, or unverifiable information, along with variations in response quality across models, limits their use as independent sources of clinical information. Therefore, AI systems should not be regarded as substitutes for clinicians' knowledge and experience but rather as supportive tools that assist diagnostic, decision-making, and patient education processes under professional supervision (Akdeniz & Doğru, 2026; Jafer et al., 2025; World Health Organization, 2021).

9. FUTURE PERSPECTIVES

Advances in AI technologies may enable periodontal care to be supported by digital monitoring and patient guidance applications extending beyond clinical visits. Y. Li et al., in a randomized controlled trial involving patients with generalized stage II–III periodontitis, reported a significant reduction in the proportion of inflamed periodontal pockets after six months compared with the control group when an intervention combining an AI-enabled multisensor toothbrush and personalized mobile messages from clinicians was added to standard periodontal treatment (Y. Li et al., 2024). Jeon et al. developed a DL-assisted electrochemical biosensor and an intraoral device prototype to detect salivary matrix metalloproteinase-8 (MMP-8) levels (Jeon et al., 2025). These studies suggest that remote monitoring of oral hygiene behaviors may eventually be integrated with the assessment of biomarkers associated with periodontal inflammation.

Another potential future application of AI is the investigation of the molecular mechanisms underlying periodontal diseases and the identification of novel biomarker candidates. Hasan et al. analyzed gingival tissue gene expression data using bioinformatics and ensemble learning methods, identifying 21 overlapping genes and highlighting HNRNPC, TSR1, PLRG1, and GOPC as potential molecular research targets based on protein–protein interaction analyses. This approach suggests that AI may be used not only to evaluate existing biomarkers but also to discover novel molecular associations related to periodontitis (Hasan et al., 2025). In the future, integrating different sources of molecular data may contribute to the investigation of new diagnostic biomarkers and potential therapeutic targets. However, the biological and clinical validity of these candidates requires confirmation through independent studies.

Another potential future application of AI is in periodontal tissue engineering and regenerative therapies. Dai et al. combined AI-assisted optimization methods with three-dimensional bioprinting technology to fabricate personalized gingival soft tissue constructs. This study suggests that AI may contribute to the future development of patient-specific tissue grafts for the treatment of mucogingival defects (Dai et al., 2025). Furthermore, the application of ML methods to the optimization of biomaterial properties and the design of multilayered tissue scaffolds may facilitate the development of novel approaches aimed at the coordinated regeneration of the periodontal ligament, cementum, and alveolar bone (Daghrery et al., 2026). Nevertheless, the clinical efficacy of these technologies in periodontal regeneration has yet to be established.

The integration of AI and robotic technologies may offer new opportunities in the planning and execution of implant surgery. Currently, AI in robot-assisted systems is primarily used

for functions such as image processing, position tracking, and motion control, while surgical procedures largely rely on predefined plans. In the future, these systems are expected to become capable of analyzing intraoperative data, adapting to changing conditions, and providing more advanced decision support functions. Such advances may enable the development of more adaptive surgical workflows that integrate imaging, digital planning, and robotic assistance under the supervision of the surgeon (Dawood, Abumaylih, Elgarba, Fontenele, & Jacobs, 2026).

10. CONCLUSION

AI is an increasingly important technology in various areas of periodontology, including diagnosis, risk assessment, prognosis, treatment planning, and patient education. Current studies indicate that AI models have the potential to support clinical decision-making through the analysis of clinical and radiographic data, the classification of periodontal diseases, and the prediction of disease progression and treatment outcomes. In addition, implant planning, the assessment of peri-implant tissues, and patient education through AI-based chatbots represent other important areas in which these technologies are being investigated.

Nevertheless, despite these promising findings, more comprehensive clinical evidence is needed before AI systems can be reliably integrated into routine periodontal practice. Validation of models across diverse patient populations, evaluation of their clinical benefits through prospective studies, and careful consideration of data security, explainability, and ethical responsibilities are essential. Although AI technologies are expected to contribute to more personalized, predictable, and effective periodontal care in the future, these systems should not

replace clinicians' knowledge, experience, or responsibility for clinical decision-making. Instead, they should serve as supportive components of evidence-based periodontal care.

REFERENCES

- Akdeniz, C., & Doğru, A. G. (2026). Comparison of artificial intelligence-based chatbots and expert periodontists in responding to patient questions: a multi-dimensional analysis. *BMC Oral Health*, 26(1), 1278. <https://doi.org/10.1186/s12903-026-09315-1>
- Ameli, N., Firoozi, T., Gibson, M., & Lai, H. (2024). Classification of periodontitis stage and grade using natural language processing techniques. *PLOS Digital Health*, 3(12), e0000692. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000692>
- Babayiğit, O., Tastan Eroglu, Z., Ozkan Sen, D., & Ucan Yarkac, F. (2023). Potential Use of ChatGPT for Patient Information in Periodontology: A Descriptive Pilot Study. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.48518>
- Chang, H.-J., Lee, S.-J., Yong, T.-H., Shin, N.-Y., Jang, B.-G., Kim, J.-E., ... Yi, W.-J. (2020). Deep Learning Hybrid Method to Automatically Diagnose Periodontal Bone Loss and Stage Periodontitis. *Scientific Reports*, 10(1), 7531. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64509-z>
- Chatzopoulos, G. S., Koidou, V. P., Tsalikis, L., & Kaklamanos, E. G. (2025). Large language models in periodontology: Assessing their performance in clinically relevant questions. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 134(6), 2328–2336. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2024.10.020>
- Daghrery, A., Soares, I. P. M., dos Reis-Prado, A. H., de Souza Araújo, I. J., Dal-Fabbro, R., & Bottino, M. C. (2026). Advances in 3D Printed Scaffolds for Periodontal Regeneration. *Current Oral Health Reports*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s40496-025-00421-7>

- Dai, Y., Wang, P., Mishra, A., You, K., Zong, Y., Lu, W. F., ... Sriram, G. (2025). 3D Bioprinting and Artificial Intelligence-Assisted Biofabrication of Personalized Oral Soft Tissue Constructs. *Advanced Healthcare Materials*, 14(13). <https://doi.org/10.1002/adhm.202402727>
- Dawood, E. A., Abumaylih, R., Elgarba, B. M., Fontenele, R. C., & Jacobs, R. (2026). Advances in artificial intelligence enhanced robotics for dental implant placement: A scoping review. *Journal of Dentistry*, 169, 106628. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2026.106628>
- Deng, K., Zonta, F., Yang, H., Pelekos, G., & Tonetti, M. S. (2024). Development of a machine learning multiclass screening tool for periodontal health status based on non-clinical parameters and salivary biomarkers. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(12), 1547–1560. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13856>
- Elgarba, B. M., Fontenele, R. C., Du, X., Mureşanu, S., Tarce, M., Meeus, J., & Jacobs, R. (2025). Artificial Intelligence Versus Human Intelligence in Presurgical Implant Planning: A Preclinical Validation. *Clinical Oral Implants Research*, 36(7), 835–845. <https://doi.org/10.1111/clr.14429>
- Feher, B., de Souza Oliveira, E. H., Mendes Duarte, P., Werdich, A. A., Giannobile, W. V., & Feres, M. (2025). Machine learning-assisted prediction of clinical responses to periodontal treatment. *Journal of Periodontology*, 96(11), 1199–1212. <https://doi.org/10.1002/JPER.24-0737>
- Furquim, C. P., Caruth, L., Chandrasekaran, G., Cucchiara, A., Kallan, M. J., Martin, L., ... Teles, F. (2025). Developing Predictive Models for Periodontitis Progression Using Artificial Intelligence: A Longitudinal Cohort Study.

Journal of Clinical Periodontology, 52(10), 1478–1490.
<https://doi.org/10.1111/jcpe.14194>

- Hasan, M. T., Islam, M. R., Alqhtani, N. R., Robaian, A., Alqahtani, A. S., Alqahtani, F., ... Alam, M. K. (2025). Discovering periodontitis biomarkers and therapeutic targets through bioinformatics and ensemble learning analysis. *Scientific Reports*, 15(1), 34572. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-18017-7>
- Jafer, M., Ibraheem, W., Dawood, T., Abbas, A., Hakami, K., Khurayzi, T., ... Maganur, P. C. (2025). The Application and Performance of Artificial Intelligence (AI) Models in the Diagnosis, Classification, and Prediction of Periodontal Diseases: A Systematic Review. *Diagnostics*, 15(24), 3247. <https://doi.org/10.3390/diagnostics15243247>
- Jeon, S., Kim, S. H., Heo, G., Heo, H. J., Chae, S. Y., Kwon, Y. W., ... Hong, S. W. (2025). A Wearable Electrochemical Biosensor for Salivary Detection of Periodontal Inflammation Biomarkers: Molecularly Imprinted Polymer Sensor with Deep Learning Integration. *Advanced Science*, 12(40). <https://doi.org/10.1002/advs.202509658>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243. <https://doi.org/10.1136/svn-2017-000101>
- Kurt-Bayrakdar, S., Bayrakdar, İ. Ş., Yavuz, M. B., Sali, N., Çelik, Ö., Köse, O., ... Orhan, K. (2024). Detection of periodontal bone loss patterns and furcation defects from panoramic radiographs using deep learning algorithm: a retrospective study. *BMC Oral Health*, 24(1), 155. <https://doi.org/10.1186/s12903-024-03896-5>

- Lee, C., Kabir, T., Nelson, J., Sheng, S., Meng, H., Van Dyke, T. E., ... Shams, S. (2022). Use of the deep learning approach to measure alveolar bone level. *Journal of Clinical Periodontology*, 49(3), 260–269. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13574>
- Lee, W.-F., Day, M.-Y., Fang, C.-Y., Nataraj, V., Wen, S.-C., Chang, W.-J., & Teng, N.-C. (2024). Establishing a novel deep learning model for detecting peri-implantitis. *Journal of Dental Sciences*, 19(2), 1165–1173. <https://doi.org/10.1016/j.jds.2023.11.017>
- Li, H., Li, Y., Tan, M., Cui, Z., Shen, D., Roccuzzo, A., & Tonetti, M. S. (2026). Exploring the Potential of the <scp>PerioAI</scp> System to Support Periodontal Clinical Decision Making: A Proof-of-Principle Study. *Journal of Clinical Periodontology*, 53(7), 1056–1067. <https://doi.org/10.1111/jcpe.70138>
- Li, Y., Wu, X., Liu, M., Deng, K., Tullini, A., Zhang, X., ... Tonetti, M. S. (2024). Enhanced control of periodontitis by an artificial intelligence-enabled multimodal-sensing toothbrush and targeted <scp>mHealth</scp> micromessages: A randomized trial. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(12), 1632–1643. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13987>
- Mameno, T., Wada, M., Nozaki, K., Takahashi, T., Tsujioka, Y., Akema, S., ... Ikebe, K. (2021). Predictive modeling for peri-implantitis by using machine learning techniques. *Scientific Reports*, 11(1), 11090. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90642-4>
- Mao, K., Thu, K. M., Hung, K. F., Yu, O. Y., Hsung, R. T.-C., & Lam, W. Y.-H. (2025). Artificial Intelligence in Detecting Periodontal Disease From Intraoral Photographs: A

- Systematic Review. *International Dental Journal*, 75(5), 100883. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2025.100883>
- Rebeiz, T., Lawand, G., Martin, W., Gonzaga, L., Revilla-León, M., Khalaf, S., & Megarbané, J.-M. (2025). Development of an artificial intelligence model for assisting periodontal therapy decision-making: A retrospective longitudinal cohort study. *Journal of Dentistry*, 159, 105780. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105780>
- Riberti, N., Radunovic, M., Milinkovic, I., & Piattelli, A. (2026). Machine learning approach for staging and grading of periodontal diseases. *Journal of Dentistry*, 167, 106355. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2026.106355>
- Santamaria, P., Troiano, G., Serroni, M., Araùjo, T. G., Ravidà, A., & Nibali, L. (2024). Exploring the accuracy of tooth loss prediction between a clinical periodontal prognostic system and a machine learning prognostic model. *Journal of Clinical Periodontology*, 51(10), 1333–1341. <https://doi.org/10.1111/jcpe.14023>
- Sitaras, S., Tsolakis, I. A., Gelsini, M., Tsolakis, A. I., Schwendicke, F., Wolf, T. G., & Perlea, P. (2025). Applications of Artificial Intelligence in Dental Medicine: A Critical Review. *International Dental Journal*, 75(2), 474–486. <https://doi.org/10.1016/j.identj.2024.11.009>
- Swinckels, L., de Keijzer, A., Loos, B. G., Applegate, R. J., Kookal, K. K., Kalenderian, E., ... Bruers, J. (2025). A personalized periodontitis risk based on nonimage electronic dental records by machine learning. *Journal of Dentistry*, 153, 105469. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2024.105469>
- Tichy, A., Werner, N., Dujic, H., Wetzels, C., Pitchika, V., Bumm, C. V., ... Schwendicke, F. (2026). Artificial Intelligence in

Periodontology: A Systematic Review. *Journal of Periodontal Research*, 61(6), 639–661.
<https://doi.org/10.1111/jre.70107>

World Health Organization. (2021). *Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health : WHO Guidance*. World Health Organization.

Zaww, K., Abbas, H., Vanegas Sáenz, J. R., & Hong, G. (2026). AI-driven innovations for dental implant treatment planning: A systematic review. *Journal of Prosthodontic Research*, 70(2), JPR_D_24_00338.
https://doi.org/10.2186/jpr.JPR_D_24_00338

Zhang, J., Deng, S., Zou, T., Jin, Z., & Jiang, S. (2025). Artificial intelligence models for periodontitis classification: A systematic review. *Journal of Dentistry*, 156, 105690.
<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2025.105690>

D VİTAMİNİ EKSİKLİĞİ VE ERKEN İMPLANT BAŞARISIZLIĞI

Dicle ALTINDAL¹

Eylem Ayhan ALKAN²

1. GİRİŞ

D vitamini, besinlerle alınabilen veya deride ultraviyole B ışınları (UVB) aracılığıyla endojen olarak sentezlenebilen yağda çözünen sekosteroid bir hormondur. Başlıca iki formu D2 vitamini (ergokalsiferol) ve D3 vitamini (kolekalsiferol). D2 bitkisel kaynaklardan elde edilirken D3, UVB maruziyeti sonrasında deride sentezlenmektedir. İnsanlarda endojen olarak üretilen ve biyolojik aktivitenin başlıca kaynağını oluşturan form D3 vitamini (Christakos ve ark. 2016, Kumar ve ark. 2011).

D vitamini eksikliği, özellikle kış aylarında veya hava kirliliğinin yüksek olduğu bölgelerde, güneş ışığına daha az maruz kalan popülasyonlarda yaygın olarak görülmektedir. Kapalı ortamlarda geçirilen sürenin fazla olması da eksikliğin önemli nedenlerinden biridir.

Serum D vitamini düzeyleri şu şekilde sınıflandırılmıştır (Javed ve ark. 2016):

- Eksiklik: <10 ng/mL
- Yetersizlik: 10–30 ng/mL
- Yeterlilik: >30 ng/mL

¹ Doçent Doktor, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-6127-373X.

² Profesör Doktor, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Periodontoloji Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0003-1280-464X.

D vitamini, kalsiyum homeostazı ve iskelet bütünlüğü için gerekli olan yağda çözünen bir sekosteroid olması nedeniyle kemik iyileşmesi ve dental implant başarısı açısından özellikle önemlidir. Hem hayvan hem de insan çalışmalarından elde edilen kanıtlar, D vitamini eksikliğinin yeni kemik oluşumunu ve osseointegrasyonu olumsuz etkilediğini göstermektedir. Çalışmalarda D vitamini eksikliği periodontitis ile güçlü biçimde ilişkilendirilmiştir. Düşük D vitamini düzeylerinin artmış periodontal cep derinliği, gingival inflamasyon ve alveoler kemik kaybı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Saaleh ve ark. 2024, Wathwa ve ark 2024, Dhulipalla ve ark. 2023). Bunun yanında D vitamini desteğinin gingival inflamasyonu azaltabildiği, klinik ataşman düzeylerini iyileştirebildiği ve cerrahi olmayan periodontal tedavinin sonuçlarını geliştirebildiği bildirilmiştir (Srivastava ve ark 2023, Govindharajulu ve ark. 2024, Ramaprabha ve ark. 2023, Ribeiro ve ark. 2023).

Osseointegrasyon, bilindiği üzere kemik ile implant arasında doğrudan bir ara yüzey oluşmasıdır ve implant stabilitesi uzun dönem başarının temelini oluşturmaktadır. Bu süreç; cerrahi teknik, implant ve hastayla ilişkili faktörler, kemik hacmi ve kalitesi, konağın immün yanıtı ve genel sağlık durumu gibi lokal ve sistemik faktörlerden etkilenmektedir (Huang ve ark. 2023). Literatüre bakıldığında implant ile ilgili yapılan çalışmaların çoğunun cerrahi teknik ve implantla ilişkili faktörlere odaklanmış olduğu, hastaya bağlı faktörlere ise daha az önem verildiği görülmektedir. Son zamanlarda D vitamininin kemik metabolizması ve immün düzenleme üzerindeki rolünün öneminin anlaşılması üzerine, çalışmalarda D vitamin düzeylerinin dental implantların osseointegrasyonundaki rolünün araştırılması giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bazı çalışmalarda, D vitamini eksikliğinin osseointegrasyonu olumsuz etkileyebileceğini ve erken implant başarısızlığına katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Gonzales ve ark. 2016).

Bu kitap bölümünün amacı, D vitamini eksikliği ile erken implant başarısızlığı arasındaki olası ilişkiyi incelemektir.

1.1. D Vitamini Eksikliğinin İmmün Fonksiyon Üzerindeki Etkisi

D vitamininin klasik işlevleri kemik ve kalsiyum metabolizması; klasik olmayan işlevleri ise anjiyogenez, hücre proliferasyonu ve immün modülasyon olarak bildirilmiştir (Mendes ve ark 2020). D vitamini eksikliği ve yetersizliğinin küresel prevalansı %30–60 arasında değişmektedir. Bu eksiklik; bağışıklık sisteminin bozulması, yorgunluk, depresyon gibi duyu durum bozuklukları, dermatolojik sorunlar ve iskelet sağlığının bozulması gibi çok çeşitli sistemik etkilerle ilişkilendirilmiştir (Woo ve ark. 2019). D vitamini eksikliği gecikmiş yara iyileşmesi, bozulmuş immün yanıt ve yetersiz kemik remodelasyonu ile ilişkili bulunmuştur. Bunların tamamı implant başarısı açısından kritik süreçlerdir. Hücre düzeyinde D vitamininin osteoblast farklılaşmasını arttırdığı ve RANKL ekspresyonunu uyarak osteoklast öncüllerini ve kemiğin yeniden yapılanmasını desteklediği bildirilmiştir. Ayrıca osteoid matriksin mineralizasyon hızını artırarak kemiğin biyomekanik bütünlüğüne katkıda bulunduğu rapor edilmiştir (Hakim ve ark 2021).

Kemik biyolojisinin yanı sıra D vitamini immün yanıtların düzenlenmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. D vitamini B hücrelerinin proliferasyonunu ve immünoglobulin üretimini baskılamakta ve böylece otoimmüniteye karşı koruyucu olabilecek immünsüpresif bir etki de göstermektedir (Chen ve ark. 2007).

Giderek artan kanıtlar, yetersiz serum D vitamini düzeylerinin kemik-implant temasını azaltabileceğini, iyileşmeyi geciktirebileceğini ve osseointegrasyonun erken aşamalarında biyomekanik stabiliteyi düşürebileceğini göstermektedir (Kim ve

ark. 2018). Bununla birlikte bazı çalışmalar erken implant başarısızlığı ile D vitamini eksikliği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki ortaya koyamamıştır. Bu farklılıkların hasta popülasyonları, metodolojik tasarım, kullanılan D vitamini eşik değerleri, ilaç kullanımı ve sistemik hastalıklar gibi faktörlerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür (Kim ve ark. 2018, Choukroun ve ark. 2014). D vitamininin kemik metabolizması, immün modülasyon ve inflamasyonun çözülmesindeki iyi bilinen rolü dikkate alındığında, D vitamini eksikliği osseointegrasyonun bozulması açısından değiştirilebilir bir predispozan faktör olarak düşünülebilir.

1.2. D Vitamini Eksikliği ile İmplant Sağkalımı ve Kemik Seviyesi İlişkisi

Peri-implant marjinal kemik kaybı (MKK), uzun dönem implant stabilitesi ve başarısının önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Prospektif bir çalışmada serum D vitamini düzeyleri farklı olan hastalarda peri-implant bölgelerdeki marjinal kemik değişimleri incelenmiştir. MKK implant yerleştirilmesinden 3 ay sonra gerçekleşen ilk fonksiyonel yükleme ile implant yerleştirilmesinden 12 ay sonraki yükleme sonrası dönem karşılaştırılarak radyografik olarak ölçülmüştür. D vitamini eksikliği ve yetersizliği bulunan hastalarda, D vitamini yeterli olan hastalara kıyasla marjinal kemik kaybının anlamlı şekilde daha fazla olduğu gösterilmiştir (Kwiatek ve ark. 2021).

D vitamini eksikliği ve erken implant başarısızlığını inceleyen güncel bir derlemede 27 insan çalışmasının 22'si (%81,5) D vitamini düzeyleri ile implantla ilişkili klinik sonuçlar arasında pozitif ilişki göstermiştir (Miron ve ark. 2025). Bir çalışmada implant yerleştirilmesinden önce D vitamini eksikliğinin düzeltilmesi, D vitamini yeterli olan hastalara benzer implant sonuçları sağlamıştır (Piccolotto ve ark. 2019). Başka bir randomize kontrollü çalışmada D vitamini eksikliği bulunan

hastalara D vitamini verilmesi, implant yerleştirilmesinden 3 ay sonra marjinal kemik kaybını anlamlı şekilde azaltmıştır (Garg ve ark. 2020). Kwiatek ve arkadaşlarının (2021) çalışmalarında ise cerrahi günü yeterli 25-hidroksikolekalsiferol düzeyine ulaşılması, cerrahiden 3 ve 6 ay sonra kemik seviyelerinde anlamlı iyileşme sağlamıştır.

Bu konuda yapılan çalışmalarda D vitamini eksikliği ile erken implant başarısızlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunmuştur (Francis ve ark. 2024, Mohsen ve ark. 2024). Dolayısıyla yeterli D vitamini düzeyleri yalnızca optimal kemik yoğunluğunun korunması için değil, aynı zamanda peri-implant kemik rejenerasyonu ve erken implant iyileşmesinin desteklenmesi için de önemlidir.

Guido Mangano ve arkadaşlarının (2018) çalışmalarında D vitamini eksikliği olan grupta erken implant başarısızlığı oranı %11.1 iken yeterli D vitamini bulunan grupta ise %2.9 olarak bildirilmiştir. Ancak fark istatistiksel anlamlılığa ulaşamamıştır. (Guido ve ark. 2018) Peri-implant krestal kemik seviyelerini inceleyen çalışmalarda (Thim ve ark. 2018, Wach ve ark. 2024) ve implant stabilitesini değerlendiren çalışmalarda (Bhandage ve ark. 2022, Mohsen ve ark. 2024, Toy ve Sabancı. 2024) D vitamini düzeyleri ile anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

D vitamini peri-implant kemik oluşumunun osteojenik farklılaşma, ekstrasellüler matriks üretimi ve mineral birikimi gibi birçok aşamasını etkilediği bilindiğinden ve konu ile alakalı çalışmaların tamamı birlikte değerlendirildiğinde D vitamininin özellikle tıbbi açıdan riskli veya beslenme yetersizliği bulunan hastalarda osseointegrasyonu iyileştirme açısından terapötik potansiyel taşıdığı görülmektedir. D vitamini düzeylerinin değerlendirilmesi, özellikle sistemik risk faktörleri bulunan hastalarda kişiye özgü ve kanıta dayalı implant tedavi planlamasının bir parçası olarak değerlendirilebilir.

1.3. D Vitamini Eksikliği ve Peri-implantitis

Peri-implant oluk sıvısındaki D vitamini düzeylerinin incelendiği bir çalışmada peri-implantitis grubunda 25(OH)D3 düzeylerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı derecede daha düşük olduğu gösterilmiştir (Acıpinar ve ark. 2019). D vitamini yetersizliği bulunan hastalarda peri-implant oluk sıvısı RANKL ve IL-10 düzeylerinin anlamlı şekilde yükseldiği bildirilmiştir (Toy ve Sabancı. 2024). Bu durum inflamatuvar bir yanıtın varlığına işaret edebilir. Peri-implantitis ile D vitamini arasındaki ilişkiyi doğrudan inceleyen iki çalışmanın her ikisinde de etkilenen hastalarda lokal ve sistemik D vitamini düzeyleri daha düşük bulunmuştur (Ustaoglu ve Erdal. 2020, Acipinar ve ark. 2019). Ustaoglu ve Erdal (2020) çalışmalarında peri-implantitis hastalarının ortalama D vitamini düzeyi yalnızca 13.8 ng/mL olarak bildirilmiştir.

D vitamini eksikliği bulunan bireylerdeki erken implant başarısızlıklarının destek tedavisinden sonra düzeldiğini gösteren çalışmalarda yeterli D vitamini düzeyinin başarılı osseointegrasyon için bir ön koşul olabileceği bildirilmiştir (Flanagan ve ark. 2015, Fretwurst ve ark. 2016). Retrospektif bir çalışmada D vitamini eksikliği bulunan hastalarda erken implant başarısızlığında yaklaşık 4 kat artış bildirilmiştir. Ancak örneklem büyüklüğünün sınırlı olması nedeniyle fark istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır (Guido Mangano ve ark. 2018).

2. SONUÇ

Çalışmalar D vitamini ile implant başarısı arasındaki çok yönlü ve klinik açıdan önemli ilişkiyi ortaya koymaktadır. Genel olarak hem hayvan hem de insan çalışmalarının çoğu, yeterli D vitamini düzeyinin daha iyi osseointegrasyon ve implant parametreleri ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle sistemik hastalıkları bulunan hastalarda ameliyat öncesi D

vitamini taraması ve gerektiğinde destek tedavisinin uygulanması hem başlangıç osseointegrasyonunu hem de uzun dönem implant sağkalımını iyileştirebilir. Bununla birlikte dental implantoloji açısından optimal serum D vitamini düzeylerinin, uygun doz ve destek tedavisinin zamanlamasının belirlenmesi için prospektif klinik çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Acipinar, S., Karsiyaka Hendek, M., Olgun, E., & Kisa, U. (2019). Evaluation of FGF-23 and 25(OH)D3 levels in peri-implant sulcus fluid in peri-implant health and diseases. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(5), 1106–1112.
- Bhandage, S., Harish Kumar, A., & Nayana, R. (2022). Evaluation of Correlation between Vitamin D Levels and Implant Stability in Indian Population: A Prospective Study in Bangalore. *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery*, 21(3), 808–814.
- Chen, S., Sims, G. P., Chen, X. X., Gu, Y. Y., Chen, S., & Lipsky, P. E. (2007). Modulatory effects of 1,25-dihydroxyvitamin D3 on human B cell differentiation. *Journal of Immunology* (Baltimore, Md.: 1950), 179(3), 1634–1647.
- Choukroun, J., Khoury, G., Khoury, F., Russe, P., Testori, T., Komiyama, Y., Sammartino, G., Palacci, P., Tunali, M., & Choukroun, E. (2014). Two neglected biologic risk factors in bone grafting and implantology: high low-density lipoprotein cholesterol and low serum vitamin D. *The Journal of Oral Implantology*, 40(1), 110–114.
- Christakos, S., Dhawan, P., Verstuyf, A., Verlinden, L., & Carmeliet, G. (2016). Vitamin D: Metabolism, Molecular Mechanism of Action, and Pleiotropic Effects. *Physiological Reviews*, 96(1), 365–408.
- Dhulipalla, R., Sowjanya, C. L., Kolaparthi, L., Boyapati, R., Adurty, C., & Marella, Y. (2023). Estimation of Serum 1,25-Dihydroxycholecalciferol and Tumor Necrosis Factor- α Levels in Chronic Periodontitis. *Cureus*, 15(9), e45896.

- Flanagan, D., & Mancini, M. (2015). Bimaxillary full arch fixed dental implant supported treatment for a patient with renal failure and secondary hyperparathyroidism and osteodystrophy. *The Journal of Oral Implantology*, 41(2), e36–e43.
- Francis, J. R., Barber, H. D., Beals, D., & Siu, T. (2024). The Relationship of Low-Serum Vitamin D and Early Dental Implant Failure. *The Journal of Oral Implantology*, 50(3), 215–218.
- Fretwurst, T., Grunert, S., Woelber, J. P., Nelson, K., & Semper-Hogg, W. (2016). Vitamin D deficiency in early implant failure: two case reports. *International Journal Of Implant Dentistry*, 2(1), 24.
- Garg, P., Ghalaut, P., Dahiya, K., Ravi, R., Sharma, A., & Wakure, P. (2020). Comparative evaluation of crestal bone level in patients having low level of Vitamin D treated with dental implant with or without Vitamin D3 supplements. *National Journal of Maxillofacial Surgery*, 11(2), 199–206.
- González Maglio, D. H., Paz, M. L., & Leoni, J. (2016). Sunlight Effects on Immune System: Is There Something Else in addition to UV-Induced Immunosuppression? *Biomed Research International*, 2016, 1934518.
- Govindharajulu R, Syed NK, Sukumaran B, Seshadri PR, Mathivanan S, & Ramkumar N (2024). Assessment of the antibacterial effect of vitamin D3 against red complex periodontal pathogens: A microbiological assay. *The Journal Contemporary Dental Practice*, 25, 114-117.
- Guido Mangano, F., Ghertasi Oskouei, S., Paz, A., Mangano, N., & Mangano, C. (2018). Low serum vitamin D and early dental implant failure: Is there a connection? A

- retrospective clinical study on 1740 implants placed in 885 patients. *Journal Of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*, 12(3), 174–182.
- Hakim LK, Ghasemi T, Bashar S, & Dortaj D (2021). The possible role of vitamin D deficiency in early implant failure. *Biomed Research International*. 4, 1-7
- Huang, Y. C., Huang, Y. C., & Ding, S. J. (2023). Primary stability of implant placement and loading related to dental implant materials and designs: A literature review. *Journal of Dental Sciences*, 18(4), 1467–1476.
- Javed, F., Malmstrom, H., Kellesarian, S. V., Al-Kheraif, A. A., Vohra, F., & Romanos, G. E. (2016). Efficacy of Vitamin D3 Supplementation on Osseointegration of Implants. *Implant Dentistry*, 25(2), 281–287.
- Kim, H. S., Zheng, M., Kim, D. K., Lee, W. P., Yu, S. J., & Kim, B. O. (2018). Effects of 1,25-dihydroxyvitamin D3 on the differentiation of MC3T3-E1 osteoblast-like cells. *Journal of Periodontal & Implant Science*, 48(1), 34–46.
- Kumar, P. T., Antony, S., Nandhu, M. S., Sadanandan, J., Naijil, G., & Paulose, C. S. (2011). Vitamin D3 restores altered cholinergic and insulin receptor expression in the cerebral cortex and muscarinic M3 receptor expression in pancreatic islets of streptozotocin induced diabetic rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 22(5), 418–425.
- Kwiatek, J., Jaroń, A., & Trybek, G. (2021). Impact of the 25-Hydroxycholecalciferol Concentration and Vitamin D Deficiency Treatment on Changes in the Bone Level at the Implant Site during the Process of Osseointegration: A Prospective, Randomized, Controlled Clinical Trial. *Journal of Clinical Medicine*, 10(3), 526.

- Miron, R. J., Estrin, N. E., Paz, A., Gruber, R., Farshidfar, N., Zhang, Y., Sculean, A., Wiedemann, T. G., & Ahmad, P. (2025). Relationship between vitamin D deficiency and early implant failure and osseointegration. *Periodontology 2000*, 10.1111/prd.70017. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/prd.70017>
- Mendes M, Charlton K, Thakur S, Ribeiro H, Lanham- New SA (2020). Future perspectives in addressing the global issue of vitamin D deficiency. *Proceedings of The Nutrition Society*, 79:246-251.
- Mohsen, K.A., Abdel-Raouf, M.N., Makram, K., Elkassaby, M.A., Khairy, M.A., Abdelaziz, M.M., El-Messiry, H., & Gaber, R.M. (2024). Is Vitamin D Deficiency a Risk Factor for Osseointegration of Dental Implants - A Prospective Study. *Annals of Maxillofacial Surgery*, 14, 21 - 26.
- Piccolotto A, Toyama G, Busato M, & Togashi AY (2019). Effect of Vitamin D Supplementation on Clinical and Radiographic Evaluation of Oral Rehabilitation with Osseointegrated Implants. *Insights of Biomedical Research*, 3(1):518-522.
- Ramaprabha, G., Khan, N. S., Kunusoth, R., Kakati, I., Hussain Qadri, S. S., & Seshadri, P. R. (2023). Assessment of Outcome of Oral Supplementation of Vitamin D3 as an Adjunct to Scaling and Root Planing in Chronic Periodontitis Patients with Type II Diabetes Mellitus - A Randomized Controlled Clinical Trial. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 15(Suppl 1), S346–S349.
- Ribeiro, L. S. F. E., Araujo, N. S., Zilli Vieira, C. L., Dos Santos, J. N., & Cury, P. R. (2023). Impact of serum vitamin D levels on periodontal healing outcomes: A preliminary

- cohort study. *International Journal of Dental Hygiene*, 21(2), 291–297.
- Saleh, W., Ata, F., Nosser, N. A., & Mowafey, B. (2024). Correlation of serum vitamin D and IL-8 to stages of periodontitis: a case-control analysis. *Clinical Oral Investigations*, 28(12), 645.
- Srivastava, R., Raza, H., Kabra, P., Arya, A., Purushothaman, A., & Thomas, P. A. (2023). A Study to Assess Anti-Inflammatory Effect of Vitamin D on Gingivitis: A Dose Dependent Randomised Controlled Trial. *Journal of Pharmacy & Bioallied Sciences*, 15(Suppl 2), S1182–S1184.
- Thim, T., Scholz, K. J., Hiller, K. A., Buchalla, W., Kirschneck, C., Fleiner, J., Woelber, J. P., & Cieplik, F. (2022). Radiographic Bone Loss and Its Relation to Patient-Specific Risk Factors, LDL Cholesterol, and Vitamin D: A Cross-Sectional Study. *Nutrients*, 14(4), 864.
- Toy, V. E., & Sabancı, A. (2024). Resonance frequency analysis of dental implants in patients with vitamin D deficiency. *Clinical Oral Investigations*, 28(12), 682.
- Ustaoğlu, G., & Erdal, E. (2020). Relationship between risk markers for cardiovascular disease and peri-implant diseases. *International Journal of Implant Dentistry*, 6(1), 73.
- Wach, T., Szymor, P., Trybek, G., Sikora, M., Michcik, A., & Kozakiewicz, M. (2024). Bone Metabolism and Dental Implant Insertion as a Correlation Affecting on Marginal Bone Remodeling: Texture Analysis and the New Corticalization Index, Predictor of Marginal Bone Loss-3 Months of Follow-Up. *Journal of Clinical Medicine*, 13(11), 3212.

- Wadhwa, S., Saurav, K., Arora, S. A., Kalsi, R., Gupta, G., Mishra, S., & Gupta, R. (2024). Correlation of Serum Calcium and Vitamin D Levels in Patients with and without Periodontitis before and after Nonsurgical Periodontal Therapy. *The Journal of Contemporary Dental Practice*, 25(11), 1034–1038.
- Woo, Y. S., Kim, S., Jeong, J. H., Jung, Y. E., Kim, M. D., & Bahk, W. M. (2019). Vitamin D Deficiency/Insufficiency among Inpatients with Depressive Symptoms. *Clinical psychopharmacology and neuroscience: the official scientific journal of the Korean College of Neuropsychopharmacology*, 17(1), 121–124.

PERİODONTOLOJİ ALANINDA GÜNCEL KONULAR VE
AKADEMİK DEĞERLENDİRMELER

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com