

100
TÜRKİYE CUMHURİYETİNİN YÜZÜNCÜ YILI

Endodontide

Güncel Uygulamalar

Editör
Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU



BİDGE Yayınları

Endodontide Güncel Uygulamalar

Editör: Prof. Dr. Hesna SAZAK ÖVEÇOĞLU

ISBN: 978-625-372-350-7

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 14.12.2024

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltpe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



İçindekiler

Fotodinamik Terapinin Endodontide Kullanımı	4
Merve GÖKYAR	4
Endodontide Biyoseramik Patlara Güncel Bakış	22
Gülsüm KUTLU BASMACI.....	22
Endodontik Tedavide Postoperatif Ağrı ile Etkili Mücadele: Güncel Perspektifler	42
Parla Meva DURMAZPINAR	42
Endodontik Ağrı: Analjezik Kullanımı ve Tedavi Protokolleri.....	69
Ayşe KARADAYI	69
Periapikal Lezyonların Değerlendirilmesinde Güncel Bir Yaklaşım: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal Hacim İndeksi	89
Selin GÖKER KAMALI	89
Rehberli Endodontide Teknik Başarı	103
İdil ÖZDEN	103

BÖLÜM I

Fotodinamik Terapinin Endodontide Kullanımı

Merve GÖKYAR¹

Giriş

Endodontik tedavinin temel amacı, mekanik aletler ve kimyasal ajanlarla gerçekleştirilen irrigasyon protokollerini birleştirerek kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların etkin bir şekilde uzaklaştırılmasıdır (Xu & ark., 2009). Ancak, özellikle kanalların karmaşık anatomik yapısı nedeniyle, bakterilerin kanaldan tamamen uzaklaştırılmasının son derece güç olduğu bilinmektedir (Bonsor & ark., 2006). Ayrıca, uygulanan enstrümantasyon tekniğinden bağımsız olarak, kanal duvarlarının belirli bölgeleri dokunulmadan kalır, bu durum ise kontamine dentin tabakasının en derin katmanlarının yeterince temizlenememesine yol açar (Rios & ark., 2011). Enfekte kanallardan tüm bakterilerin tamamen temizlenememesi nedeniyle, birçok dişin başarılı bir

¹ Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Uzm. Dt. ORCID ID: 0000-0002-2735-156X; mervegokyar@gmail.com

şekilde tedavi edilebilmesi için retreatment ve/veya periradiküler cerrahi gerekebilmektedir (Xu & ark., 2009). Bu nedenle, antimikrobiyal yardımcı tedavilerin kullanımı, kök kanal sistemindeki residual mikroorganizmalara etkili bir şekilde ulaşmayı amaçlayan yöntemlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Rios & ark., 2011). Bu bağlamda, fotodinamik terapi, geleneksel endodontik tedaviye yardımcı bir yöntem olarak önerilmiştir (Rios & ark., 2011; Trindade & ark., 2015).

Fotodinamik terapi, "ışık kullanılarak hücrelerin, mikroorganizmaların veya moleküllerin inaktive edilmesi" olarak tanımlanmaktadır (Gursoy & ark., 2013). Tanıtılmasından bu yana, fotodinamik terapi için çeşitli terimler önerilmiştir. Bunlar arasında antimikrobiyal fotodinamik tedavi, fotodinamik antimikrobiyal kemoterapi ve fotodinamik dezenfeksiyon yer almaktadır (Rossoni & ark., 2010).

Fotodinamik terapi, 1960'lı yıllardan bu yana çeşitli tıbbi alanlarda hızla gelişen bir tedavi yöntemi olmuştur. Bunun nedeni, fotodinamik terapinin farklı hastalık türleri için selektif, non-invaziv veya en azından minimal invaziv bir yaklaşım sunmasıdır (Soukos & Goodson, 2011). İlk olarak tümörler ve premalign hastalıkların tedavisinde kullanılmak üzere geliştirilmiş olan fotodinamik terapi; bakteriler, mantarlar ve virüsler karşısında son derece umut verici bir alternatif tedavi seçeneği sunmaktadır (Wainwright, 1998).

Fotodinamik Terapinin Etki Mekanizması ve Fotosensitizerler

Klasik fotodinamik terapi; ışığa duyarlı bir kimyasal ajan (fotosensitizer), belirli bir fotoaktif dalga boyunda ışık ve oksijenin bir arada kullanıldığı, iki aşamalı bir tedavi yöntemidir. Bu tekniğin ilk aşamasında, fotosensitizer hedef hücrelere yönlendirilir. İkinci aşamada ise, ışık uygulaması ile fotosensitizer aktive edilir.

Fotosensitizer, aldığı enerji ile oksijen veya diğer serbest radikaller ile reaksiyona girer, bu süreçte elektronik olarak uyarılmış tekli oksijen türevleri ve serbest radikaller oluşur. Bu bileşikler, hücrenin vital fonksiyonlarına zarar vererek hedef hücrenin canlılığını kaybetmesine neden olur (Konopka & Goslinski, 2007).

Yıllar içinde, fotosensitizerlerin geliştirilmesi ve daha karmaşık metodolojilerle evrimleşmesi sayesinde; kanser tedavisi (Shi & ark., 2019), otoimmün hastalık komplikasyonlarının hafifletilmesi (Gallardo-Villagrán & ark., 2019), yara iyileşmesinin artırılması (Tardivo & ark., 2014; Oyama & ark., 2020) ve planktonik ya da biyofilm formundaki viral, fungal ve bakteriyel enfeksiyonların kontrolü veya ortadan kaldırılması (Hu & ark., 2018) gibi alanlarda devrim niteliğinde tedavi sonuçları elde edilmiştir.

İstenilen fotodinamik reaksiyonun mekanizması, üç ana bileşene dayanır: ışık, ışığa duyarlı bir ajan (fotosensitizer) ve ortamda bulunan oksijen molekülleri (Robertson, Evans & Abrahamse, 2009). Birçok doğal ve sentetik fotoaktif bileşik, fotosensitizer etkisi gösterirken, her biri farklı dalga boylarında aktive olmaktadır (Gursoy & ark., 2013).

Fotosensitizer moleküllerinin in vivo kullanım için güvenliği ve onayı, önemli bir değerlendirme kriteridir. Klinik kullanım için bir fotosensitizerin uygunluğu, çeşitli açılardan incelenebilir:

- Toksikite
- Eliminasyon süresi
- Seçicilik (Sadece tedavi edilmesi amaçlanan vücut bölgelerinde birikmeli ve normal vücut hücreleri

yerine mikroorganizmaları veya hedeflenen tümör hücrelerini spesifik olarak hedef almalıdır)

- Uygun ışınlama dalga boyu (Uygun ışık dalga boylarına (optik pencere aralığı 600–800 nm) tepki vermelidir)
- Kolay klinik uygulama
- Biyokimya (Sirkülasyon sisteminde kolayca taşınabilmesi için yeterli su çözünürlüğüne sahip olmalıdır)
- Erişilebilirlik (Allison & ark., 2004; Konopka & Goslinski, 2007; Sperandio, Huang & Hamblin, 2013; Kwiatkowski & ark., 2018).

Endodontik enfeksiyonların tedavisinde yaygın olarak kullanılan fotosensitizerler arasında hematoporfirin türevleri, toluidin mavisi, metilen mavisi, siyanin, ftalosiyanın ve fototerapötik ajanlar yer almaktadır (Meisel & Kocher, 2005; Sigusch & ark., 2005; Pinheiro & ark., 2009).

Fotodinamik Terapinin Klinik Uygulaması

Klinik uygulamada, kanal preperasyonu tamamlandıktan sonra kanal, fotosensitizer çözeltisi ile inoküle edilir ve çözeltinin bakterilerle temas edip biyofilm yapıları içinde difüze olabilmesi için belirli bir süre (60 saniye) kanalda bırakılır. Ardından, ışık kaynağı kök kanalına yerleştirilir ve her kanalda 30 saniye süreyle ışınlama yapılır. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalarda, bu uygulamanın kök kanallarında yaygın olarak bulunan yüksek bakteriyel konsantrasyonları düşürdüğü gösterilmiştir (Williams, Pearson & Colles, 2006; Pourhajibagher & Bahador, 2018).

Kanal içerisinde maksimum ıslaklık sağlanmasına özen gösterilmelidir, çünkü çözeltilerin bakterilerle teması kritik öneme sahiptir; aksi takdirde, fotosensitizasyon süreci gerçekleşmez (Bonsor & ark., 2006b). Kosarieh ve ark. (2016), %17 EDTA ile 2 dakikalık irrigasyonun, fotosensitizerin dentin tübüllerine nüfuz etmesini artırdığını bildirmiştir. Bu durumda, fotosensitizerlerin kök kanal duvarının daha derin bölgelerinde lokalize olan bakterilere ulaşma olasılığı artmaktadır.

Fotodinamik Terapinin Endodontide Kullanımının Avantajları

Mekanik dekontaminasyon ve kimyasal irrigasyon yöntemleri, özellikle aksesuar kanallar, anastomozlar ve kök kanalının karmaşık anatomisi gibi sınırlamalar göz önünde bulundurulduğunda, bakteriyel kontaminasyonu tamamen ortadan kaldırmada yetersiz kalabilir. Fotodinamik terapinin kullanımı, endodontik dezenfeksiyon açısından umut verici bir alternatif tedavi yöntemi olarak öne çıkmıştır (Abdelkarim-Elafifi, Parada-Avendano & Arnabat-Dominguez, 2021). Genel olarak, fotodinamik terapinin geniş etki spektrumu ve düşük düzeydeki yan etkileri, araştırmacıları, enfeksiyonları tedavi etmek için geleneksel yöntemlere alternatif olabilecek fotodinamik terapinin antimikrobiyal etkilerini keşfetmeye teşvik etmiştir (Hoiby, 2017).

Fotodinamik terapi kök kanal tedavisinde, in vivo (Bonsor & ark., 2006a; Garcez & ark., 2008, 2010; Rabello & ark., 2017), in vitro (Foschi & ark., 2007; Fimple & ark., 2008; Asnaashari & ark., 2016; Soares & ark., 2016; Durmazpınar & ark., 2020) ve ex vivo (Ng & ark., 2011) çalışmalarda bakteriyel yük azaltımı açısından test edilmiştir ve bu çalışmalarda umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Endodontik tedavide fotodinamik terapinin en büyük avantajı, çevre dokulardaki hücrelere zarar vermeden zararlı mikroorganizmaları ortadan kaldırabilmesi ve birçok ilaca karşı direnç geliştirmiş

bakterilere karşı dahi etkinlik göstermesidir (Garcez & ark., 2010). Son yıllarda, fotodinamik terapinin endikasyonları genişlemiştir. Fotodinamik terapi günümüzde antibiyotiklere karşı gelişen bakteriyel dirençle mücadele etmek için potansiyel bir alternatif sunmaktadır. Çünkü bu yöntemle karşı direnç gelişmesi olasılığı son derece düşüktür (Wainwright & Crossley, 2004).

Yapılan çalışmalar, antimikrobiyal fotodinamik terapinin, antibiyotiklere dirençli mikroorganizmalar da dahil olmak üzere, bakteriyel eliminasyon açısından etkin bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Birçok in vitro çalışma, antimikrobiyal fotodinamik terapinin geleneksel irrigasyon tekniklerine eklenmesinin *Enterococcus faecalis* oranında önemli bir azalma sağladığını doğrulamıştır (Ghorbanzadeh & ark., 2018; Asnaashari & ark., 2020). Antimikrobiyal fotodinamik terapinin *Enterococcus faecalis* üzerindeki bakterisit etkisi, hem primer endodontik tedavilerde hem de retreatment tedavilerinde umut verici bulgular sunmaktadır (Tennert & ark., 2014; Siddiqui, Awan & Javed, 2013).

Fimpe ve ark. (2008), metilen mavisinin *Actinomyces israelii*, *Fusobacterium nucleatum*, *Porphyromonas gingivalis* ve *Porphyromonas intermedia* üzerindeki fotodinamik etkilerini, enfekte edilmiş kök kanallarına sahip çekilmiş dişlerde incelemiştir. Araştırmanın sonucunda, koloni formasyon birimi (CFU) sayılarında %80'e kadar azalma gözlemlenmiştir. Bazı çalışmalar, yüksek dozda fotodinamik terapinin *Enterococcus faecalis* (Pourhajibagher & ark., 2016a) ve *Porphyromonas gingivalis* (Pourhajibagher & ark., 2016b) biyofilmlerine karşı antimetabolik ve antibiyofilm özellikler sergilediğini rapor etmiştir. Özellikle indosiyanin yeşili kullanıldığında, bu terapötik etkinlik *Enterococcus faecalis* biyofilminde %42,8'e kadar bir azalma sağlamıştır. Buna karşın, metilen mavisi ve toluidin mavisi

kullanıldığında, bu etkinlik daha düşük seviyelerde kalmıştır. Fotodinamik terapinin ana dezenfeksiyon protokolü olarak kullanımı da çeşitli çalışmalarda değerlendirilmiştir. Bonsor ve ark. (2006a), fotodinamik terapinin, %2,25 sodyum hipoklorit ile %20 sitrik asit irrigasyonunun birleşimiyle eşit derecede etkili olduğunu ortaya koymuşlardır.

Fotodinamik terapinin endo-perio lezyonlarının tedavisindeki kullanımı değerlendirilmiş ve bu tedavinin biyofilm oluşumunda belirgin bir azalma sağladığı gösterilmiştir (Pourhajibagher & ark., 2016a). Firmino ve ark. (2016), metilen mavisi ile fotodinamik terapi uygulamasının, daimi dişlerde periapikal hastalık varlığında kemik onarımını artırarak, periapikal lezyonların iyileşme sürecini hızlandırdığını bildirmiştir.

De Miranda ve ark. (2018), nekrotik dişleri antimikrobiyal fotodinamik terapi ile tedavi ettikten sonra, 6 aylık takip süresinde iyileşme oranının arttığını ve periapikal indeks skorlarının düştüğünü gözlemlemişlerdir. Juric ve ark. (2014) ise, kronik apikal periodontitisli hastalarda antimikrobiyal fotodinamik terapinin etkinliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada, konvansiyonel endodontik tedaviye antimikrobiyal fotodinamik terapinin eklenmesinin, kanal içi mikroorganizma yükünde önemli bir ek azalma sağladığı sonucuna varılmıştır.

Fotodinamik Terapinin Limitasyonları

Fotodinamik terapinin önemli avantajları bulunmakla birlikte, potansiyel olumsuz etkiler de rapor edilmiştir. Metilen mavisi fotosensitizer olarak kullanıldığında, kök kanal tedavisinde fotodinamik terapi uygulamasının ardından diş lekelenmesi ve renk değişikliği gibi olumsuz etkiler görülebilir (Carvalho Edos & ark., 2011; Ramalho & ark., 2017). Figueiredo ve ark. (2014) tarafından

yapılan bir çalışmada, 10 dakikalık ön ışınlama süresinin, 5 dakikalık ön ışınlama süresine kıyasla diş yapısında daha belirgin bir renk değişikliğine yol açtığı bildirilmiştir. Daha uzun ışınlama süresi, fotosensitizerlerin dentin dokusuna daha derin nüfuz etmesine ve dentin–mine arayüzüne daha yakın olmasına olanak sağlamış, bu da renk değişikliğinin daha şiddetli hale gelmesine neden olmuştur.

Bir diğer dezavantaj ise, fotosensitizerin yoğun bir madde olması ve dentin yüzeyine önemli ölçüde nüfuz etmesidir. Bu durum, kimyasal bir smear tabakasının oluşmasına neden olabilir ve bu da dentin tübüllerinin tıkanmasına yol açabilir. Sonuç olarak, mikrosızıntılara ve kanal dolgu materyallerinin dentine bağlanma gücünde azalmaya sebep olabilir (Shahravan & ark., 2007). Bu nedenle, fotodinamik terapi sonrasında fotosensitizerin kök kanal duvarlarından etkili bir şekilde uzaklaştırılabilmesi için son bir irrigasyonun kullanılması gereklidir (Souza & ark., 2017).

Bir diğer endişe, fotodinamik terapinin olası sitotoksik etkileridir. Fotodinamik terapinin klinik uygulamalarındaki güvenlik profilini incelemek amacıyla in vitro ve ex vivo çalışmalar yapılmıştır (George & Kishen, 2007; Xu & ark., 2009). Araştırmacılar, fotodinamik terapinin klinik uygulamalarının güvenli olduğunu ortaya koymuşlardır (Xu & ark., 2009). Diğer çalışmalarda, fotodinamik terapinin kök kanal dezenfeksiyonunda kullanılan sodyum hipoklorite kıyasla sitotoksik etkilerinin belirgin şekilde daha düşük olduğu bildirilmiştir (George & Kishen, 2007; Gomes-Filho & ark., 2016). Fotosensitizerin, hem ışıkla aktive edilmiş hem de aktive edilmemiş hallerindeki toksisitesi, yaygın endodontik irrigasyon çözeltilerine benzer seviyelerde olduğu için, genellikle irrigasyon çözeltileri için önerilen güvenlik önlemleri

doğrultusunda klinik kullanımı tavsiye edilmiştir (Gambarini & ark., 2011).

Sonuç

Fotodinamik terapi, kök kanal sistemindeki mikroorganizmaların eliminasyonunda, geleneksel kök kanal tedavisine ek olarak kanıtlanmış ve minimal invaziv bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Silva & ark., 2012). Antimikrobiyal fotodinamik terapinin kök kanal tedavisinde kullanımıyla ilgili sınırlı bilgi ve bazen çelişkili veriler bulunmaktadır. Ancak in vitro çalışmalar bu tedavi seçeneğinin, geleneksel kimyasal-mekanik debridmanın ardından residual bakterilerin daha fazla azaltılması için umut verici bir yardımcı tedavi olduğunu ortaya koymaktadır (Ng & ark., 2011; GURSOY & ark., 2013). Fotodinamik terapinin endodontideki kullanımına dair daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için daha fazla in vivo çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır (GURSOY & ark., 2013).

Kaynaklar

Abdelkarim-Elafifi, H., Parada-Avenidaño, I., & Arnabat-Dominguez, J. (2021). Photodynamic therapy in Endodontics: a helpful tool to combat antibiotic resistance? A literature review. *Antibiotics*, 10(9):1106. doi:10.3390/antibiotics10091106

Allison, R. R., Downie, G. H., Cuenca, R., Hu, X.-H., Childs, C. J., & Sibata, C. H. (2004). Photosensitizers in clinical PDT. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 1(1):27–42. doi: 10.1016/S1572-1000(04)00007-9

Asnaashari, M., Kooshki, N., Salehi, M. M., Azari-Marhabi, S., & Amin Moghadassi, H. (2020). Comparison of antibacterial effects of photodynamic therapy and an irrigation activation system on root canals infected with *Enterococcus faecalis*: an in vitro study. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 11(3), 243–248. doi:10.34172/jlms.2020.41

Asnaashari, M., Mojahedi, S.M., Asadi, Z., Azari-Marhabi, S., Maleki, A. (2016). A comparison of the antibacterial activity of the two methods of photodynamic therapy (using diode laser 810 nm and LED lamp 630 nm) against *Enterococcus faecalis* in extracted human anterior teeth. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13:233-237. doi: 10.1016/j.pdpdt.2015.07.171

Bonsor, S.J., Nichol, R., Reid, T.M.S., Pearson, G.J. (2006a). An alternative regimen for root canal disinfection. *British Dental Journal*, 201(2):101–5. discussion 198; quiz 120. doi: 10.1038/sj.bdj.4813819

Bonsor, S.J., Nichol, R., Reid, T.M.S., Pearson, G.J. (2006b). Microbiological evaluation of photo-activated disinfection in endodontics (an in vivo study). *British Dental Journal*, 200(6):337-41. doi: 10.1038/sj.bdj.4813371

Carvalho, E. S., Mello, I., Albergaria, S.J., Habitante, S.M., Lage- Marques J.L., Raldi, D.P. (2011). Effect of chemical substances in removing methylene blue after photodynamic therapy in root canal treatment. *Photomedicine and Laser Surgery*, 29(8):559–63. doi: 10.1089/pho.2010.2922

de Miranda, R.G., & Colombo, A.P.V. (2018). Clinical and microbiological effectiveness of photodynamic therapy on primary endodontic infections: a 6-month randomized clinical trial. *Clinical Oral Investigations*, 22(4),1751–1761. doi: 10.1007/s00784-017-2270-4

Durmazpınar, P.M., Günday, M., Uygun Can, B., Peker, S., Kadir, T. (2020). Antimicrobial Effectiveness of Photon-Induced Photoacoustic Streaming, Photoactivated Disinfection and Sodium Hypochlorite Irrigation in Infected Root Canals. *J Dent Fac Atatürk Uni*, 30(2):188-195. doi:10.17567/ataunidfd.651638

Figueiredo, R.A., Anami, L.C., Mello, I., Carvalho, E.S., Habitante, S.M., Raldi, D.P. (2014). Tooth discoloration induced by endodontic phenothiazine dyes in photodynamic therapy. *Photomedicine and Laser Surgery*, 32(8): 458–62. doi: 10.1089/pho.2014.3722

Fimpe, J.L., Fontana, C.R., Foschi, F. et al. (2008). Photodynamic treatment of endodontic polymicrobial infection in vitro. *Journal of Endodontics*, 34(6),728–34. doi: 10.1016/j.joen.2008.03.011

Firmino, R.T., Brandt, L.M., Ribeiro, G.L., Dos Santos, K.S.A., Catao M.H.C.V., Gomes, D.Q.C. (2016). Endodontic treatment associated with photodynamic therapy: Case report. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 15.105–8. doi: 10.1016/j.pdpdt.2016.06.001

Foschi, F., Fontana, C.R., Ruggiero K. et al. (2007). Photodynamic inactivation of *Enterococcus faecalis* in dental root canals in vitro. *Lasers in Surgery and Medicine*, 39(10):782–7. doi:10.1002/lsm.20579

Gallardo-Villagrán, M., Leger, D.Y., Liagre, B., Therrien, B. (2019). Photosensitizers used in the photodynamic therapy of rheumatoid arthritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(13):3339. doi: 10.3390/ijms20133339

Gambarini, G., Plotino, G., Grande, N.M. et al. (2011). In vitro evaluation of the cytotoxicity of FotoSan light-activated disinfection on human fibroblasts. *Medical Science Monitor*, 17(3): MT21–5. doi: 10.12659/msm.881435

Garcez, A.S., Nunez, S.C., Hamblin, M.R., Ribeiro, M.S. (2008). Antimicrobial effects of photodynamic therapy on patients with necrotic pulps and periapical lesion. *Journal of Endodontics*, 34(2):138–42. doi:10.1016/j.joen.2007.10.020

Garcez, A.S., Nunez, S.C., Hamblin, M.R., Suzuki, H., Ribeiro, M.S. (2010). Photodynamic therapy associated with conventional endodontic treatment in patients with antibiotic-resistant microflora: a preliminary report. *Journal of Endodontics*, 36(9):1463- 1466. doi:10.1016/j.joen.2010.06.001

George, S. & Kishen, A. (2007). Advanced noninvasive light- activated disinfection: assessment of cytotoxicity on fibroblast versus antimicrobial activity against *Enterococcus faecalis*. *Journal of Endodontics*, 33(5):599–602. doi:10.1016/j.joen.2007.01.018

Ghorbanzadeh, A., Fekrazad, R., Bahador, A., Ayar, R., Tabatabai, S., Asefi, S. (2018). Evaluation of the antibacterial efficacy of various root canal disinfection methods against

Enterococcus faecalis biofilm. An ex-vivo study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 24:44–51. doi:10.1016/j.pdpdt.2018.08.010

Gomes-Filho, J.E., Sivieri-Araujo, G., Sipert, C.R. et al. (2016). Evaluation of photodynamic therapy on fibroblast viability and cytokine production. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13:97–100. doi:10.1016/j.pdpdt.2016.01.007

Gursoy, H., Ozcakir-Tomruk, C., Tanalp, J., Yilmaz, S. (2013). Photodynamic therapy in dentistry: a literature review. *Clinical Oral Investigations*, 17(4):1113–25. doi:10.1007/s00784-012-0845-7

Høiby, N. (2017). A short history of microbial biofilms and biofilm infections. *APMIS*, 125(4):272–275. doi:10.1111/apm.12686

Hu, X., Huang, Y.Y., Wang, Y., Wang, X., Hamblin, M. R. (2018). Antimicrobial photodynamic therapy to control clinically relevant biofilm infections. *Frontiers in Microbiology*, 27:9:1299. doi:10.3389/fmicb.2018.01299

Jurič, I.B., Plečko, V., Pandurić, D.G., Anić, I. (2014). The antimicrobial effectiveness of photodynamic therapy used as an addition to the conventional endodontic re-treatment: a clinical study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 11(4):549–555. doi:10.1016/j.pdpdt.2014.10.004

Konopka, K. & Goslinski, T. (2007). Photodynamic therapy in dentistry. *Journal of Dental Research*, 86(8):694-707. doi:10.1177/154405910708600803

Kosarieh, E., Khavas, S.S., Rahimi, A., Chiniforush, N., Gutknecht, N. (2016). The comparison of penetration depth of two

different photosensitizers in root canals with and without smear layer: an in vitro study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13:10–14. doi:10.1016/j.pdpdt.2015.11.005

Kwiatkowski, S., Knap, B., Przystupski, D., et al. (2018). Photodynamic therapy - mechanisms, photosensitizers and combinations. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 106:1098–1107. doi:10.1016/j.biopha.2018.07.049

Meisel, P. & Kocher, T. (2005). Photodynamic therapy for periodontal diseases: state of the art. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 13;79(2):159–170. doi:10.1016/j.jphotobiol.2004.11.023

Ng, R., Singh, F., Papamanou, D.A. et al. (2011). Endodontic photodynamic therapy ex vivo. *Journal of Endodontics*, 37(2):217–22. doi:10.1016/j.joen.2010.10.008

Oyama, J., Fernandes Herculano Ramos-Milaré, Á.C., Lopes Lera-Nonose, D.S.S., et al. (2020). Photodynamic therapy in wound healing in vivo: a systematic review. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 30:101682. doi:10.1016/j.pdpdt.2020.101682

Pinheiro, S.L., Segatti, B., Pucca, D.S., Dutra, P.T. (2019). Dental acid etchant as a sensitizing agent in photodynamic therapy to reduce *S. mutans* in dentinal carious lesions. *Lasers in Medical Science*, 34(2):305–309. doi:10.1007/s10103-018-2590-x

Pourhajibagher, M. & Bahador, A. (2018). An in vivo evaluation of microbial diversity before and after the photo-activated disinfection in primary endodontic infections: traditional phenotypic and molecular approaches. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 22:19–25. doi:10.1016/j.pdpdt.2018.02.016

Pourhajibagher, M., Chiniforush, N., Raoofian, R., Ghorbanzadeh, R., Shahabi, S., Bahador, A. (2016a). Effects of sub-lethal doses of photo-activated disinfection against *Porphyromonas gingivalis* for pharmaceutical treatment of periodontal-endodontic lesions. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 16:50–53. doi:10.1016/j.pdpdt.2016.08.013

Pourhajibagher, M., Chiniforush, N., Raoofian, R. et al. (2016b). Evaluation of photo-activated disinfection effectiveness with methylene blue against *Porphyromonas gingivalis* involved in endodontic infection: an in vitro study. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 16:132–135. doi:10.1016/j.pdpdt.2016.09.008

Rabello, D.G.D., Corazza, B.J.M., Ferreira, L.L., Santamaria, M.P., Gomes, A.P.M., Martinho, F.C. (2017). Does supplemental photodynamic therapy optimize the disinfection of bacteria and endotoxins in one-visit and two-visit root canal therapy? A randomized clinical trial. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 19:205–211. doi:10.1016/j.pdpdt.2017.06.005

Ramalho, K.M., Cunha, S.R., Mayer-Santos, E. et al. (2017). In vitro evaluation of methylene blue removal from root canal after Photodynamic Therapy. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 20:248–252. doi:10.1016/j.pdpdt.2017.10.024

Rios, A., He, J., Glickman, G.N., Spears, R., Schneiderman, E.D., Honeyman, A.L. (2011). Evaluation of photodynamic therapy using a light-emitting diode lamp against *Enterococcus faecalis* in extracted human teeth. *Journal of Endodontics*, 37(6):856-9. doi: 10.1016/j.joen.2011.03.014

Robertson, C.A., Evans, D.H., Abrahamse, H. (2009). Photodynamic therapy (PDT): a short review on cellular

mechanisms and cancer research applications for PDT. *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 96(1):1–8. doi:10.1016/j.jphotobiol.2009.04.001

Rossoni, R.D., Junqueira, J.C., Santos, E.L., Costa, A.C., Jorge, A.O. (2010). Comparison of the efficacy of Rose Bengal and erythrosin in photodynamic therapy against *Enterobacteriaceae*. *Lasers in Medical Science*, 25(4):581–6. doi:10.1007/s10103-010-0765-1

Shahravan, A., Haghdoost, A.A., Adl, A., Rahimi, H., Shadifar, F. (2007). Effect of smear layer on sealing ability of canal obturation: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Endodontics*, 33(2):96–105. doi:10.1016/j.joen.2006.10.007

Shi, X., Zhang, C. Y., Gao, J., Wang, Z. (2019). Recent advances in photodynamic therapy for cancer and infectious diseases. *Wiley Interdisciplinary Reviews. Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 11(5):e1560. doi:10.1002/wnan.1560

Siddiqui, S.H., Awan, K.H., Javed, F. (2013). Bactericidal efficacy of photodynamic therapy against *Enterococcus faecalis* in infected root canals: a systematic literature review. *Photo-diagnosis and Photodynamic Therapy*, 10(4):632–43. doi:10.1016/j.pdpdt.2013.07.006

Sigusch, B.W., Pfitzner, A., Albrecht, V., Glockmann, E. (2005). Efficacy of photodynamic therapy on inflammatory signs and two selected periodontopathogenic species in a beagle dog model. *Journal of Periodontology*, 76(7):1100–1105. doi:10.1902/jop.2005.76.7.1100.

Silva, L.A., Novaes, A.B., de Oliveira, R.R., Nelson-Filho, P., Santamaria, M., Silva, R.A.B. (2012). Antimicrobial photodynamic therapy for the treatment of teeth with apical periodontitis: a

histopathological evaluation. *Journal of Endodontics*, 38:360–366. doi:10.1016/j.joen.2011.12.023

Soares, J.A., Santos Soares, S.M.C., Santos Cesar, C.A. et al. (2016). Monitoring the effectiveness of photodynamic therapy with periodic renewal of the photosensitizer on intracanal *Enterococcus faecalis* biofilms. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 13:123–127. doi:10.1016/j.pdpdt.2016.01.002

Soukos, N.S. & Goodson, J.M. (2011). Photodynamic therapy in the control of oral biofilms. *Periodontology 2000*, 55(1):143–66. doi:10.1111/j.1600-0757.2010.00346.x

Souza, M.A., Pazinato, B., Bischoff, K.F., Palhano, H.S., Cecchin, D., de Figueiredo, J.A.P. (2017). Influence of ultrasonic activation over final irrigants in the removal of photosensitizer from root canal walls after photodynamic therapy. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 17:216–220. doi:10.1016/j.pdpdt.2016.12.011

Sperandio, F.F., Huang, Y.Y., Hamblin, M.R. (2013). Antimicrobial photodynamic therapy to kill gram-negative bacteria. *Recent Patents Anti-infective Drug Discovery*, 8(2):108–120. doi:10.2174/1574891x113089990012

Tardivo, J.P., Adami, F., Correa, J.A., Pinhal, M.A., Baptista, M.S. (2014). A clinical trial testing the efficacy of PDT in preventing amputation in diabetic patients. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 11(3):342–350. doi:10.1016/j.pdpdt.2014.04.007

Tennert, C., Feldmann, K., Haamann, E., et al. (2014). Effect of photodynamic therapy (PDT) on *Enterococcus faecalis* biofilm in experimental primary and secondary endodontic infections. *BMC Oral Health*, 4:14:132. doi:10.1186/1472-6831-14-132

Trindade, A.C., De Figueiredo, J.A.P., Steier, L., Weber, J.B.B. (2015). Photodynamic therapy in endodontics: a literature review. *Photomedicine and Laser Surgery*, 33(3):175-82. doi:10.1089/pho.2014.3776

Xu, Y., Young, M.J., Battaglino, R.A., et al. (2009). Endodontic antimicrobial photodynamic therapy: safety assessment in mammalian cell cultures. *Journal of Endodontics*, 35(11):1567-1572. doi:10.1016/j.joen.2009.08.002

Wainwright, M. (1998). Photodynamic antimicrobial chemotherapy (PACT). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 42(1):13–28. doi:10.1093/jac/42.1.13

Wainwright, M. & Crossley, K. (2004). Photosensitizing agents circumventing resistance and breaking down biofilms: a review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 53(2): 119–126. doi:10.1016/j.ibiod.2003.11.006

Williams, J.A., Pearson, G.J., Colles, M.J. (2006). Antibacterial action of photoactivated disinfection PAD used on endodontic bacteria in planktonic suspension and in artificial and human root canals. *Journal of Dentistry*, 34(6):363–71. doi:10.1016/j.jdent.2005.08.002

BÖLÜM II

Endodontide Biyoseramik Patlara Güncel Bakış

Gülsüm KUTLU BASMACI¹

Giriş

Kök kanal sisteminin doldurulması, endodontik tedavinin önemli bir aşamasıdır. Bu işlem, hem ana kök kanalının hem de aksesuar dallarının sızdırmazlığını sağlar, böylece mikroorganizmaların kök kanalı ile çevresindeki dokular arasında geçişini engeller (Kishen & ark., 2016). Kök kanallarını doldurmak için en yaygın olarak kullanılan materyaller, kök kanal patlarıyla birlikte gutaperkadır (Kapralos & ark., 2021). Kök kanal patlarının asıl işlevi, gutaperka konları ve kök kanal duvarları arasındaki boşlukları doldurarak homojen bir kök kanal dolgusu sağlamak ve kemomekanik preparasyonla kök kanallarından uzaklaştırılamayan reziduel mikroorganizmaların aktif olmasını engellemektir. İdeal kök kanal patlarının sahip olması beklenen özellikleri şunlardır (Grossman, 1982):

¹ Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi, Orcid: 0000-0001-9394-0699, gulsum.kutlu@marmara.edu.tr

1. Biyouyumlu olmalıdır.
2. Radyopak olmalıdır.
3. Biyoaktif olmalıdır.
4. Kullanımı kolay olmalıdır.
5. Antimikrobiyal etki göstermelidir.
6. Sertleşme sırasında büzülme göstermemelidir.
7. Doku sıvılarında çözünmemelidir.
8. Gerektiğinde kök kanallarından uzaklaştırılabilmelidir.
9. Kendisi ile kanal duvarı arasında iyi bir adezyon sağlamalıdır.

Bu kriterlerin tamamını karşılayan bir kök kanal patı hala bulunmamaktadır (Haapasalo & ark., 2015).

Kök kanal patları bileşimlerine göre çinko-oksit öjenol bazlı, kalsiyum-hidroksit bazlı, reçine bazlı, cam-iyonomer bazlı, silikon bazlı ve biyoseramik bazlı olarak sınıflandırılabilir (Debelian & Trope, 2016).

Biyoseramik Esaslı Kanal Patları

Biyoseramikler, tıp ve diş hekimliğinde kullanılmak üzere özel olarak geliştirilmiş seramik malzemelerdir. Biyoseramik esaslı patlar, endodontik tedavilerde yaygın olarak kullanılan ve nemle temas ederek sertleşen bir toz formundaki trikalsiyum silikat temelli MTA (Mineral Trioxide Aggregate) materyalinin elde ettiği klinik başarıdan esinlenerek geliştirilmiştir. Bu patlar, özellikle biyouyumluluk, sızdırmazlık ve doku yenilenmesini destekleme özellikleri sayesinde modern endodontide önemli bir yer edinmiştir (Kratchman, 2004). Biyoseramikler, alümina, zirkonya, biyoaktif

cam, cam-seramikler, hidroksiapatit ve kalsiyum fosfat gibi bileşenleri içermektedir.(Chitra & ark., 2023). Kalsiyum fosfat ve cam içeriği sayesinde çevre dokularla etkileşime girerek dokuların büyümesini indükler (Jitaru & ark., 2016). Zirkonya ve alümina gibi materyaller ise biyo-inert özellikleri sayesinde vücutta herhangi bir biyolojik reaksiyon oluşturmaz ve bu nedenle doku ile uyumlu bir şekilde uzun süre güvenle kullanılabilirler (Best & ark., 2008). Biyoseramikler; amputasyon, direkt kuafaj gibi vital tedaviler, apeksi kapanmamış dişlerde apikal tıkaç ve apikal rezeksiyon sonrası retrograd dolgu maddesi olarak sağladığı iyileşme kalitesi ile klinik kullanımda oldukça önemli yer bulmaktadır (Koch & Brave, 2019). Bu malzemeler, su ile karıştırıldığında, tri- ve dikalsiyum silikat tozları reaksiyona girerek, gömülü kalsiyum hidroksit ile birlikte hidratlanmış bir matris oluşturur (Gandolfi & ark., 2015). Sertleşme süreci tamamlandıktan sonra, kalsiyum ve hidroksit iyonları yaklaşık bir ay süreyle yavaşça salınmaya devam eder (Gandolfi & ark., 2015). Kök kanal sisteminin doldurulmasında hidrolik tipte sealer kullanımının amacı, inert materyallerle mümkün olan en hermetik dolguyu elde etmektir. Ek olarak, bu tür materyallerin biyoaktivite potansiyeli ve dentin yüzeyine adezyonu istenen özelliklerdir (Camilleri, 2017). Bu da oldukça inert bir materyal olan biyoseramik esaslı patların ideale en yakın kanal patları olduğu görüşünü öne çıkarmıştır.

Biyoseramik esaslı kök kanal patları, in vitro değerlendirmelerde bazı özellikleriyle geleneksel kök kanal patlarını geride bırakarak umut verici sonuçlar göstermektedir (Silva Almeida & ark., 2017). Biyoseramik bazlı kök kanal patları, özellikle kök rezorpsiyonu, açık apeksli dişler veya aşırı enstrümante kanallar gibi periodonsiyuma materyal ekstrüzyonu riski yüksek klinik durumlarda, biyolojik özellikleriyle öne çıkmaktadır (Aminoshariae & Kulild, 2020). 2007 yılında, kalsiyum-silikat bazlı bir kök kanal

patı geliştirilerek iRoot SP® (Innovate Bioceramix, Vancouver, BC, Kanada) ticari adı altında piyasaya sürülmüş ve biyoseramik bazlı kök kanal patı olarak sınıflandırılmıştır (Donnermeyer & ark., 2019). Bununla birlikte şu zamana kadar piyasaya sürülen biyoseramik kanal patları içeriklerine göre farklı sınıflandırmalara sahiptir.

Biyoseramik Esaslı Kök Kanal Patların Sınıflandırılması

1. Kalsiyum silikat bazlı patlar

- iRoot SP
- EndoSequence BC Sealer

2. Mineral Trioksit Agregat (MTA) içerenler

- ProRoot EndoSealer
- MTA Angelus
- Endo CPM Sealer
- MTA-Fillapex

3. Kalsiyum fosfat içerenler

- Sankin Apatite kök kanal patı
- Capseal

Biyoseramik Patların Biyouyumluluğu

Kanal patları için biyouyumluluk, materyalin kök kanal sistemindeki çevre dokular üzerinde zararlı etkilere neden olmadan canlı dokularla etkileşime girme yeteneğini ifade eder. Somut bir ifadeyle, kök kanal tedavisinde kullanılan bu materyallerin, iltihaplanma, toksisite veya bağışıklık tepkilerine yol açarak komplikasyonlara ya da tedavi başarısızlığına neden olmaması gerekmektedir (Ortega & ark., 2024). Yapılan çalışmalar, biyouyumluluk değerlendirmesi yaparken materyalin hücre sağ

kalımı üzerindeki etkisini temel alır ve bu değerlendirmeyi genellikle sitotoksisite düzeyine dayandırır (Schmalz, 1994). Bu tür analizler, materyalin canlı hücrelerle etkileşimindeki güvenliğini ve potansiyel zararlı etkilerini ortaya koymayı amaçlar. Biyoseramik esaslı kanal dolgu patlarının sitotoksisite düzeyi, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen in vitro çalışmalarla değerlendirilmiştir. Bu araştırmalarda fare ve insan osteoblast hücreleri (Loushine & ark., 2011; Salles & ark., 2012) ve insan periodontal bağ dokusu hücreleri (Bae & ark., 2010) kullanılarak materyalin hücre sel canlılık üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Biyoseramik esaslı kök kanal patlarının çoğunun biyoyumlu olduğu tespit edilmiştir. Bu biyoyumluluk, büyük ölçüde patların içerdiği kalsiyum fosfat bileşeninden kaynaklanmaktadır.

Güven ve ark. yaptıkları çalışmada, biyoseramik esaslı kök kanal dolgu patlarının insan diş germi hücreleri üzerindeki sitotoksik etkilerinin oldukça düşük olduğunu tespit etmişlerdir (Güven & ark., 2013). Çalışmalarında, bu materyallerin hücre sel canlılığı koruyarak biyoyumlu bir profil sergilediği ve sitotoksisite açısından güvenli olduğu sonucuna varmışlardır.

Kwak ve ark., 4 farklı biyoseramik esaslı pat (AH Plus Bioceramic Sealer, EndoSequence BC Sealer, TotalFill BC Sealer ve Bio-C Sealer) ve epoksi rezin içerikli AH Plus patının sitotoksisitesini kıyaslamak amacıyla insan periodontal ligament fibroblast hücrelerini kullanmışlar ve biyoseramik içerikli patların epoksi rezin içerikli pata göre daha yüksek biyoyumluluk gösterdiğini bildirmişlerdir (Kwak & ark., 2023).

Kandelwal ve ark. yaptıkları bir sitematik derlemede, periapikal lezyonların iyileşmesinin minimum 6 ay takip edildiği çalışmaları göz önüne almışlar ve periapikal lezyonların endodontik tedavi sonrasında pat tipinden bağımsız olarak belirgin iyileşme

gösterdiğini, ancak biyoseramik ve biyoaktif patların daha iyi sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir (Khandelwal & ark., 2022). Sonuç olarak, literatürde yer alan çalışmalar, pek çok biyoseramik patın kök kanal dolgusu uygulamaları veya kök perforasyonlarının onarımı sırasında apikal foramenin dışarıya sızması durumunda kemik rejenerasyonunu teşvik etme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Bae & ark., 2010; Bryan & ark., 2010). Bu biyoseramik materyaller, iyileşme süreçlerine katkı sağlayarak dokularla uyumlu bir şekilde çalışmakta ve klinik başarı oranlarını artırmaktadır.

Biyoseramik Patların Sertleşme ve Boyutsal Stabilitesi

Kök kanal tedavisinde kullanılan patların, diş hekimine yeterli bir çalışma süresi sağlaması ve tedavi süreci boyunca çevre dokularla uyumlu bir şekilde sertleşmesi önemlidir. Bu, hem işlemin doğru bir şekilde tamamlanabilmesi hem de biyoyumlu özellikler göstererek tedavi sonrası iyileşme sürecini desteklemesi açısından kritik bir faktördür. Patlar, sertleşme sırasında çevre dokulara zarar vermemeli ve biyolojik uyumluluğu sayesinde doku reaksiyonlarını minimize etmelidir. Biyoseramikler hidrofilik özellikleri sayesinde doku sıvıları (kan, dentin sıvısı, su, tükürük vb.) varlığında da sertleşebilmektedir (Prati & Gandolfi, 2015). Yapılan çalışmalarda biyoseramik patların çalışma süresi ile ilgili ideal olduğu görüşü bildirilmiştir, sertleşme süresi ile ilgili ise yaklaşık olarak 4 saat kadar olduğu söylenmiştir (Charland & ark., 2013). Ancak literatürde biyoseramik esaslı patların sertleşme süresi ile ilgili farklı veriler bulunmaktadır. Loushine ve ark. (Loushine & ark., 2011), EndoSequence BC Sealer'ın tamamen sertleşebilmesi için farklı nem koşulları altında en az 168 saat gerektiğini belirtirken, Zhou ve ark. (Zhou & ark., 2013) ise aynı materyalin yalnızca 2,7 saatlik bir süre

sonunda tam sertleştiğini rapor etmiştir. Bu bulgular, nem koşullarının ve çevresel faktörlerin materyalin sertleşme süresi üzerindeki önemli etkilerini göstermektedir (Hosoya & ark., 2000).

ADA standartlarına göre, endodontik patlardan beklenen bazı temel fiziksel özellikler bulunmaktadır. Bu standartlar, patların doğrusal büzülmesinin %1'den daha az olması ve uzunluk açısından %0,1'den daha az bir genişleme göstermesi gerektiğini belirtir (No, 2000). Bu özellikler, tedavi sırasında malzemenin güvenilirliğini ve dayanıklılığını artırarak başarılı bir kök kanal tedavisini destekler. Zordan-Bronzel ve ark. yaptıkları bir çalışmada, mikro bilgisayarlı tomografi kullanılarak yapılan incelemelerde, Bio-C Sealer (Angelus, PR, Brezilya) ve TotalFill BC FKG (Dentaire, La Chaux-des-Fonds, İsviçre) kök kanal patlarının hacimsel büzülmesinin %1 ile %2 arasında olduğu bildirilmiştir (Zordan-Bronzel & ark., 2019). Bu sonuç, her iki materyalin de kök kanal dolgusundaki hacimsel değişiklikler açısından benzer özellikler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Silva ve ark. gerçekleştirdiği bir çalışmada ise, boyutsal stabilite ve çözünürlük özelliklerinin aynı deneyde bir arada değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmış ve tutarlı sonuçlar elde edebilmek için materyal ve metodolojinin dikkatlice gözden geçirilmesi önerilmiştir (Silva & ark., 2021). Bu öneri, deneysel doğruluğun ve güvenilirliğin artırılmasına yönelik bir adım olarak önemli görülmektedir

Biyoseramik Patların Antimikrobiyal Etkisi

Literatürde yer alan bilgilere göre, biyoseramik esaslı kök kanal patlarının temel antimikrobiyal özellikleri, bu materyallerin alkali yapılarından ve kalsiyum iyonlarının salınımından kaynaklanmaktadır (Desai & Chandler, 2009). Alkali ortam, bakterilerin çoğalmasını engellerken, salınan kalsiyum iyonları da diş dokusuyla etkileşime girerek iyileşme sürecini destekler ve

antimikrobiyal etkiyi artırır. Böylelikle mineralize doku birikimi sağlanmış olup, onarım sağlanır (Tanomaru-Filho & ark., 2007).

Biyoseramik patların antimikrobiyal etkinliği belirlemek için yapılan doğrudan temas testlerine göre, bu patlar *E. Faecalis*'e karşı antimikrobiyal etkinliğinin olduğu bildirilmiştir (Candeiro & ark., 2012). Ancak literatürdeki çalışmalar, biyofilmlerdeki mikroorganizmaların, planktonik bakterilere kıyasla daha dirençli olduğunu ve bu nedenle biyoseramik patların etkinliğinin tam olarak anlaşılabilmesi için daha detaylı *in vitro* ve *in vivo* testlerin yapılması gerektiğini vurgulamaktadır (Candeiro & ark., 2012).

Biyoseramik Patların Adezyonu ve Sızdırmazlık Özelliği

Kök kanal patının adezyonu, patın kök dentini ile kor materyali arasında güçlü bir bağ oluşturabilme kapasitesi olarak tanımlanır (Sousa-Neto & ark., 2005). Bu bağlanma, kök kanal tedavisinin başarısı için kritik bir öneme sahiptir, çünkü hem mikroorganizmaların girişini engeller hem de kanal içindeki stabiliteyi artırır. Etkili bir adezyon, patın fizikokimyasal özelliklerine, uygulama sırasında kullanılan tekniklere ve dentin yüzeyinin durumu gibi faktörlere bağlıdır. Kök patlarının adezyon yeteneklerini değerlendirmek için yaygın olarak kabul edilmiş standart bir yöntem bulunmadığından, bu özellik genellikle mikrosızıntı ve bağlanma kuvveti testleri aracılığıyla incelenmektedir (Schwartz, 2006). Mikrosızıntı testleri, dolgu materyalinin kanal duvarlarına ne kadar etkili bir şekilde bağlandığını ve sızıntıyı önleyebildiğini değerlendirirken, bağlanma kuvveti testleri, materyalin kök dentini ile olan mekanik bağlanma kapasitesini ölçer. Aynı zamanda kök kanal dolgusunda hem pat ve gütaperka hem de pat ve kök dentini arasındaki oluşabilecek boşlukları değerlendirmek amacıyla Bilgisayarlı Mikro Tomografi (Micro CT) gibi yüksek görüntüleme yöntemlerinden de

yararlanılmaktadır (Öztürk & ark., 2024). Bu yöntemler, kök kanal dolgu patlarının performansını belirlemede dolaylı ancak değerli bilgiler sağlayarak, kullanılan materyallerin klinik başarısını öngörmeye önemli bir rol oynamaktadır.

Biyoseramik esaslı patlar, yüksek hidrofilik özellikleri ve düşük yüzey gerilimleri sayesinde kök kanal sistemi ve aksesuar kanallar boyunca kolayca yayılma yeteneğine sahiptir (Koch & Brave, 2019). Bu özellikleri, kanal duvarlarına daha etkili bir şekilde nüfuz ederek yüksek düzeyde bir örtücülük ve sızdırmazlık sağlamalarına olanak tanır.

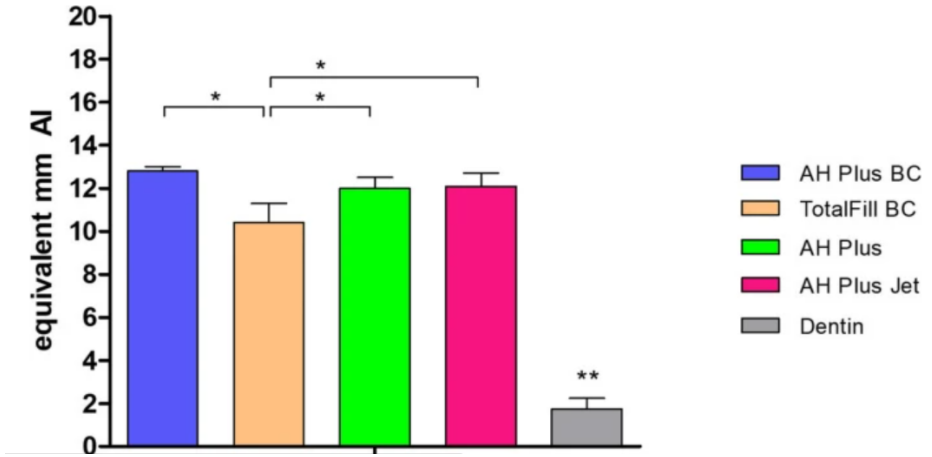
Bir kök kanal patının sızdırmazlık performansı öncelikli olarak çözünürlük düzeyine, ardından dentin ve kor materyaliyle olan bağlanma kapasitesine bağlıdır (Desai & Chandler, 2009). Rekha ve ark. yaptıkları bir metaanalizde, biyoseramik esaslı kanal patlarının adezyonunun tatmin edici olduğu ve diğer kanal patlarıyla karşılaştırılabilir olduğu bulunmuştur (Rekha & ark., 2023).

Biyoseramik Patların Radyoopasitesi

Kök kanal patlarının komşu anatomik yapılarla karışmaması için yeterli radyoopaklığa sahip olması gerekir (Carvalho-Junior & ark., 2007). Bu özellik, kök kanal dolgusunun radyografik olarak net bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır ve dolunun kalitesini doğru bir şekilde belirlemeyi sağlar. ISO (Uluslararası Standardizasyon Örgütü), kök kanal patlarının radyoopasite özellikleri ile ilgili belirli kriterler tanımlamaktadır. Bu standartlara göre, bir kök kanal patının radyoopasitesi, radyografik görüntülerde çevresindeki anatomik yapılardan ayırt edilebilmesi için yeterli olmalıdır. ISO 6876:2012 standardı, kök kanal dolgu materyallerinin radyoopasitesinin en az 3 mm alüminyum (Al) eşdeğeri olması gerektiğini belirtir (ISO, 2012). Biyoseramiklerin radyoopasite

değeri, 3.8 mm Al olarak tespit edilmiştir (Candeiro & ark., 2012). Bu yüksek radyoopasite, materyalin içeriğinde bulunan zirkonyum oksit, baryum sülfat ve kalsiyum tungstat gibi bileşenler sayesinde elde edilmektedir (Shinbori & ark., 2015).

Kandemir Demirci ve ark. 2023 yılında yaptıkları bir çalışmada, iki farklı epoksi rezin ve iki farklı biyoseramik patın radyoopasitesini kıyaslamışlar ve tüm materyallerin dentinden daha radyopak olduğunu bildirmişlerdir (Kandemir Demirci & ark., 2023). Bu çalışmadan elde edilen veriler Grafik 1’de gösterilmiştir.



Grafik 1: Test edilen kök kanal patlarının deneysel periyotlardaki standart hata ile birlikte radyoopasite değerleri (* $p < 0.05$, ** $p < 0.001$)

Kaynak: (Kandemir Demirci & ark., 2023)

Biyoseramiklerin yüksek radyoopasiteye sahip olması, kök kanal dolgularında kullanımını avantajlı hale getirmektedir. Bu özellik, kanal dolgu kalitesinin radyografik olarak doğru bir şekilde

değerlendirilmesine olanak tanıyarak hekimlere önemli bir klinik kolaylık sunar.

Biyoseramik Patların Sökülebilirliği

Kök kanal tedavisinin tekrarı, özellikle tekrarlayan apikal periodontitis gibi komplikasyonlar nedeniyle gerekli hale gelebilir (Aminoshariae & ark., 2022). Bunun yanı sıra, enfekte kök kanallarının tam olarak temizlenememesi, yetersiz dolgu veya sızıntı gibi teknik problemler de tedavinin yeniden yapılmasını gerektirebilir. Wilcox ve ark., kök kanal tedavisinin tekrarı sırasında, kök kanallarında kalan artıkların büyük bir kısmının kanal patı olduğunu tespit etmişlerdir (Wilcox & ark., 1987). Biyoseramik bazlı patların sertleşmelerini tamamladıktan sonra diğer kök kana dolgusu materyalleri gibi kloroform veya etanol gibi organik çözücülerde çözünmediği bildirilmiştir (Uzunoglu-Özyürek & ark., 2020). Biyoseramik bazlı patlar, dentin tübüllerine hidroksiapatit sentezleyerek kimyasal bağlanma sağlar (Yang & ark., 2021). Bu patların dentin tübüllerinden çıkarılması, içerdikleri çimento bileşenleri ve dentin tübüleriyle oluşturdukları güçlü bağ nedeniyle oldukça zorlaşmaktadır. Ancak, bu patların tamamen çıkarılmasının başarılı bir retreatment için zorunlu bir kriter olarak kabul edilmediği belirtilmektedir (Yang & ark., 2021). Bu durum, biyoseramik bazlı patların retreatment süreçlerinde tam olarak temizlenmelerinin gerekliliğinin henüz net bir standart haline gelmediğini göstermektedir.

Sonuç

Biyoseramik esaslı kök kanal patları, endodontik tedavilerde umut verici sonuçlar elde edilmesine olanak tanımaktadır. Bu patların yüksek biyoyumlulukları, antimikrobiyal özellikleri, güçlü dentin bağlanma kapasiteleri ve kullanım kolaylıkları, onları kök

kanal tedavisinde tercih edilen bir seçenek haline getirmektedir. Ancak, mevcut literatürdeki çalışmaların bulguları arasında belirli farklılıklar bulunmaktadır, bu da biyoseramik patların tüm klinik gereksinimleri her zaman karşılayamadığını göstermektedir. Aynı zamanda kullanımı göreceli olarak yeni olan bu patlar, endodonti pratiğinde oldukça süredir kullanılan ve altın standart olarak kabul edilen diğer patlar kadar takibi uzun çalışmalar barındırmamaktadır.

Bu nedenle, biyoseramik esaslı kanal patlarının klinik performansını daha iyi anlayabilmek için daha fazla ve kapsamlı araştırmaya ihtiyaç vardır. Geliştirilen yeni materyallerin ve tedavi yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmek, biyoseramik patların kök kanal tedavisindeki rolünü daha net bir şekilde ortaya koyacaktır. Böylece, klinik pratiğe daha güvenilir sonuçlar sağlayacak protokoller geliştirmek mümkün olacaktır.

Kaynaklar

Aminoshariae, A., & Kulild, J. C. (2020). The impact of sealer extrusion on endodontic outcome: A systematic review with meta-analysis. *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 46(1), 123–129. <https://doi.org/10.1111/aej.12370>

Aminoshariae, A., Primus, C., & Kulild, J. C. (2022). Tricalcium silicate cement sealers: Do the potential benefits of bioactivity justify the drawbacks? *Journal of the American Dental Association* (1939), 153(8), 750–760. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2022.01.004>

Bae, W.-J., Chang, S.-W., Lee, S.-I., Kum, K.-Y., Bae, K.-S., & Kim, E.-C. (2010). Human periodontal ligament cell response to a newly developed calcium phosphate-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 36(10), 1658–1663. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.06.022>

Best, S. M., Porter, A. E., Thian, E. S., & Huang, J. (2008). Bioceramics: Past, present and for the future. *Journal of the European Ceramic Society*, 28(7), 1319–1327. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2007.12.001>

Bryan, T. E., Khechen, K., Brackett, M. G., Messer, R. L. W., El-Awady, A., Primus, C. M., Gutmann, J. L., & Tay, F. R. (2010). In vitro osteogenic potential of an experimental calcium silicate-based root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 36(7), 1163–1169. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2010.03.034>

Camilleri, J. (2017). Will Bioceramics be the Future Root Canal Filling Materials? *Current Oral Health Reports*, 4(3), 228–238. <https://doi.org/10.1007/s40496-017-0147-x>

Candeiro, G. T. de M., Correia, F. C., Duarte, M. A. H., Ribeiro-Siqueira, D. C., & Gavini, G. (2012). Evaluation of

radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 38(6), 842–845. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.029>

Carvalho-Junior, J. R., Correr-Sobrinho, L., Correr, A. B., Sinhoreti, M. A. C., Consani, S., & Sousa-Neto, M. D. (2007). Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *International Endodontic Journal*, 40(7), 514–520. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01246.x>

Charland, T., Hartwell, G. R., Hirschberg, C., & Patel, R. (2013). An evaluation of setting time of mineral trioxide aggregate and EndoSequence root repair material in the presence of human blood and minimal essential media. *Journal of Endodontics*, 39(8), 1071–1072. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.04.041>

Chitra, S., Rajeshkumar, S., & Mathew, N. K. (2023). Bioceramics: From Concept to Clinic. *Advanced Bioceramics: Properties, Processing, and Applications*, 199–218. <https://doi.org/10.1201/9781003258353-11>

Debelian, G., & Trope, M. (2016). The use of premixed bioceramic materials in endodontics. *Giornale Italiano di Endodonzia*, 30(2), 70–80. <https://doi.org/10.1016/j.gien.2016.09.001>

Desai, S., & Chandler, N. (2009). Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. *Journal of Endodontics*, 35(4), 475–480. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.026>

Donnermeyer, D., Bürklein, S., Dammaschke, T., & Schäfer, E. (2019). Endodontic sealers based on calcium silicates: a systematic review. *Odontology*, 107(4), 421–436. <https://doi.org/10.1007/s10266-018-0400-3>

Gandolfi, M. G., Siboni, F., Botero, T., Bossù, M., Riccitiello, F., & Prati, C. (2015). Calcium silicate and calcium hydroxide materials for pulp capping: biointeractivity, porosity, solubility and bioactivity of current formulations. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials*, 13(1), 43–60. <https://doi.org/10.5301/jabfm.5000201>

Grossman, L. I. (1982). Obturation of root canal. *İçinde Endodontic Practice* (10th baskı, s. 297). 7, Lea and Febiger, Philadelphia, Pa, USA.

Güven, E. P., Taşlı, P. N., Yalvac, M. E., Sofiev, N., Kayahan, M. B., & Sahin, F. (2013). In vitro comparison of induction capacity and biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and a bioceramic root canal sealer. *International Endodontic Journal*, 46(12), 1173–1182. <https://doi.org/10.1111/iej.12115>

Haapasalo, M., Parhar, M., Huang, X., Wei, X., Lin, J. C.-Y., & Shen, Y. (2015). Clinical use of bioceramic materials. *Endodontic Topics*, 32, 97–117.

Hosoya, N., Nomura, M., Yoshikubo, A., Arai, T., Nakamura, J., & Cox, C. F. (2000). Effect of canal drying methods on the apical seal. *Journal of Endodontics*, 26(5), 292–294. <https://doi.org/10.1097/00004770-200005000-00011>

ISO, I. (2012). 6876: 2012 Dentistry—Root Canal Sealing Materials. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland.

Jitaru, S., Hodisan, I., Timis, L., Lucian, A., & Bud, M. (2016). The use of bioceramics in endodontics - literature review. *Clujul Medical* (1957), 89(4), 470–473. <https://doi.org/10.15386/cjmed-612>

Kandemir Demirci, G., Çöven, F. O., Güneri, P., Karavana, S. Y., Nalbantsoy, A., Köse, T., & Kaval, M. E. (2023). The solubility, pH value, chemical structure, radiopacity, and cytotoxicity of four different root canal sealers: an in vitro study. *Clinical Oral Investigations*, 27(9), 5413–5425. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05160-6>

Kapralos, V., Rukke, H. V., Ørstavik, D., Koutroulis, A., Camilleri, J., & Sunde, P. T. (2021). Antimicrobial and physicochemical characterization of endodontic sealers after exposure to chlorhexidine digluconate. *Dental Materials : Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 37(2), 249–263. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2020.11.011>

Khandelwal, A., Janani, K., Teja, K., Jose, J., Battineni, G., Riccitiello, F., Valletta, A., Palanivelu, A., & Spagnuolo, G. (2022). Periapical Healing following Root Canal Treatment Using Different Endodontic Sealers: A Systematic Review. *BioMed Research International*, 2022, 3569281. <https://doi.org/10.1155/2022/3569281>

Kishen, A., Peters, O. A., Zehnder, M., Diogenes, A. R., & Nair, M. K. (2016). Advances in endodontics: Potential applications in clinical practice. *Journal of Conservative Dentistry : JCD*, 19(3), 199–206. <https://doi.org/10.4103/0972-0707.181925>

Koch, D. K., & Brave, D. G. (2019). A review of bioceramic technology in endodontics.

Kratchman, S. I. (2004). Obturation of the root canal system. *Dental Clinics of North America*, 48(1), 203–215. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2003.12.004>

Kwak, S. W., Koo, J., Song, M., Jang, I. H., Gambarini, G., & Kim, H.-C. (2023). Physicochemical Properties and Biocompatibility of Various Bioceramic Root Canal Sealers: In

Vitro Study. *Journal of Endodontics*, 49(7), 871–879.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joen.2023.05.013>

Loushine, B. A., Bryan, T. E., Looney, S. W., Gillen, B. M., Loushine, R. J., Weller, R. N., Pashley, D. H., & Tay, F. R. (2011). Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *Journal of Endodontics*, 37(5), 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2011.01.003>

No, S. (2000). for Endodontic Sealing Material. ANSI/ADA.

Ortega, M. A., Rios, L., Fraile-Martinez, O., Boaru, D. L., Leon-Oliva, D. De, Barrena-Blázquez, S., Pereda-Cerquella, C., Garrido-Gil, M. J., Manteca, L., Buján, J., García-Honduvilla, N., García-Montero, C., & Rios-Parra, A. (2024). Bioceramic versus traditional biomaterials for endodontic sealers according to the ideal properties. *Histology and Histopathology*, 39(3), 279–292. <https://doi.org/10.14670/HH-18-664>

Öztürk, A., Haznedaroğlu, F., Keleş, A., & Kutlu Basmacı, G. (2024). Quality Assessment of Matching Single-Cone Obturation in Canals Shaped with Different NiTi Systems: A Micro-CT Study. *Odvotos International Journal of Dental Sciences*, 26(3), 151–160.

Prati, C., & Gandolfi, M. G. (2015). Calcium silicate bioactive cements: Biological perspectives and clinical applications. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 31(4), 351–370. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2015.01.004>

Rekha, R., Kavitha, R., Venkitachalam, R., Prabath, S. V., Deepthy, S., & Krishnan, V. (2023). Comparison of the sealing ability of bioceramic sealer against epoxy resin based sealer: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Oral Biology and*

Craniofacial Research, 13(1), 28–35.
<https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2022.10.006>

Salles, L. P., Gomes-Cornélio, A. L., Guimarães, F. C., Herrera, B. S., Bao, S. N., Rossa-Junior, C., Guerreiro-Tanomaru, J. M., & Tanomaru-Filho, M. (2012). Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblast-like cell culture. *Journal of Endodontics*, 38(7), 971–976. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2012.02.018>

Schmalz, G. (1994). Use of cell cultures for toxicity testing of dental materials--advantages and limitations. *Journal of Dentistry*, 22 Suppl 2, S6-11. [https://doi.org/10.1016/0300-5712\(94\)90032-9](https://doi.org/10.1016/0300-5712(94)90032-9)

Schwartz, R. S. (2006). Adhesive dentistry and endodontics. Part 2: bonding in the root canal system-the promise and the problems: a review. *Journal of Endodontics*, 32(12), 1125–1134. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2006.08.003>

Shinbori, N., Grama, A. M., Patel, Y., Woodmansey, K., & He, J. (2015). Clinical outcome of endodontic microsurgery that uses EndoSequence BC root repair material as the root-end filling material. *Journal of Endodontics*, 41(5), 607–612. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2014.12.028>

Silva Almeida, L. H., Moraes, R. R., Morgental, R. D., & Pappen, F. G. (2017). Are Premixed Calcium Silicate-based Endodontic Sealers Comparable to Conventional Materials? A Systematic Review of In Vitro Studies. *Journal of Endodontics*, 43(4), 527–535. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2016.11.019>

Silva, E. J. N. L., Cardoso, M. L., Rodrigues, J. P., De-Deus, G., & Fidalgo, T. K. da S. (2021). Solubility of bioceramic- and epoxy resin-based root canal sealers: A systematic review and meta-

analysis. *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc*, 47(3), 690–702. <https://doi.org/10.1111/aej.12487>

Sousa-Neto, M. D., Silva Coelho, F. I., Marchesan, M. A., Alfredo, E., & Silva-Sousa, Y. T. C. (2005). Ex vivo study of the adhesion of an epoxy-based sealer to human dentine submitted to irradiation with Er: YAG and Nd: YAG lasers. *International Endodontic Journal*, 38(12), 866–870. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2005.01027.x>

Tanomaru-Filho, M., Tanomaru, J. M. G., Barros, D. B., Watanabe, E., & Ito, I. Y. (2007). In vitro antimicrobial activity of endodontic sealers, MTA-based cements and Portland cement. *Journal of Oral Science*, 49(1), 41–45. <https://doi.org/10.2334/josnusd.49.41>

Uzunoglu-Özyürek, E., Askerbeyli-Örs, S., & Türker, S. A. (2020). Evaluation of the amount of remained sealer in the dentinal tubules following re-treatment with and without solvent. *Journal of Conservative Dentistry: JCD*, 23(4), 407–411. https://doi.org/10.4103/JCD.JCD_445_20

Wilcox, L. R., Krell, K. V., Madison, S., & Rittman, B. (1987). Endodontic retreatment: evaluation of gutta-percha and sealer removal and canal reinstrumentation. *Journal of Endodontics*, 13(9), 453–457. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(87\)80064-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(87)80064-X)

Yang, R., Tian, J., Huang, X., Lei, S., Cai, Y., Xu, Z., & Wei, X. (2021). A comparative study of dentinal tubule penetration and the retreatability of EndoSequence BC Sealer HiFlow, iRoot SP, and AH Plus with different obturation techniques. *Clinical Oral Investigations*, 25(6), 4163–4173. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03747-x>

Zhou, H., Shen, Y., Zheng, W., Li, L., Zheng, Y., & Haapasalo, M. (2013). Physical properties of 5 root canal sealers. *Journal of Endodontics*, 39(10), 1281–1286. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.06.012>

Zordan-Bronzel, C. L., Esteves Torres, F. F., Tanomaru-Filho, M., Chávez-Andrade, G. M., Bosso-Martelo, R., & Guerreiro-Tanomaru, J. M. (2019). Evaluation of Physicochemical Properties of a New Calcium Silicate-based Sealer, Bio-C Sealer. *Journal of Endodontics*, 45(10), 1248–1252. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2019.07.006>

BÖLÜM III

Endodontik Tedavide Postoperatif Ağrı ile Etkili Mücadele: Güncel Perspektifler

Parla Meva DURMAZPINAR¹

1.Giriş

Endodontik tedavileri takip eden postoperatif ağrı, kök kanal tedavisinin tamamlanmasından sonra yaşanan herhangi bir rahatsızlık veya ağrı olarak tanımlanır. Bu ağrının derecesi hafif, geçici bir rahatsızlıktan, ilave klinik yönetim gerektirecek düzeye kadar şiddetlenebilir. Postoperatif ağrı hem hasta memnuniyetini hem de tedavi sonuçlarını etkileyen çok yönlü bir klinik sorun olmakla birlikte, prevalansı oldukça değişkendir ve hasta demografisi, tedavi protokolü ve klinisyen beceri düzeyi gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı çalışmalarda %3 ile %58 arasında değiştiği bildirilmiştir (Sathorn & ark., 2008). Bu değişkenlik, postoperatif ağrının altında yatan mekanizmaların ve katkıda bulunan faktörlerin daha derinlemesine anlaşılması ihtiyacının altını çizmektedir.

¹ Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi, ORCID ID: 0000-0002-8088-5691, parla.meva@marmara.edu.tr.

Postoperatif ağrının etiyojisi karmaşık olmakla birlikte, hem biyolojik hem de prosedürel faktörleri içerir (Seltzer & Naidorf, 1985; Alamassi, 2017). İnatçı mikrobiyal enfeksiyon, taşkın enstrümantasyon, irrigasyon solüsyonları veya dolgu materyallerinin ekstrüzyonu ve artan enflamatuvar yanıtlar gibi konakçı ile ilgili faktörler postoperatif ağrı etiyojisini oluşturabilir (Alamassi, 2017). Bununla birlikte, hasta kaygısı ve ağrı algısı gibi psikolojik unsurlar da ağrı deneyimlerinin modüle edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Farias & ark., 2023). Klinisyenler için bu durum, yalnızca tedavi kaynaklı değil, aynı zamanda bireysel hasta faktörlerinden de kaynaklanabilecek ağrının yönetiminde ciddi bir zorluk teşkil etmektedir. Endodontik araştırma ve klinik uygulamalardaki son gelişmeler, postoperatif ağrının önlenmesi ve yönetimine ilişkin yeni bakış açıları sunmuştur (Boreak & Bhandi, 2022; Kumar & Tewari, 2023). Bu gelişme ve ilerlemelere rağmen, hastaya özgü ağrı tepkileri ve bireyselleştirilmiş ağrı yönetimi için en uygun stratejiler konusundaki anlayışta eksiklikler devam etmektedir. Bu bölüm, klinisyenlere endodontide postoperatif ağrıyı anlama ve yönetme konusunda pratik bir rehber sağlamayı amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra, güncel olarak kanıta dayalı stratejiler ve yeniliklere değinerek, hasta konforunu artıracak, tedavi sonuçlarını iyileştirebilecek ve endodonti klinik pratiğinde daha etkili ağrı yönetimi uygulamalarını teşvik edebilecek bilgilerin sunulması hedeflenmiştir.

2. Postoperatif ağrının etiyojisi ve mekanizmaları

2.1. Mikrobiyolojik faktörler

Mikroorganizmalar, genellikle kök kanal sistemi içindeki inatçı enfeksiyonlardan veya sekonder enfeksiyonlardan kaynaklanan postoperatif ağrının başlıca nedenlerinden biridir (Hancock & ark., 2001). *Enterococcus faecalis* endodontik

vakalarda, özellikle de dirençli enfeksiyonlarda sıklıkla izole edilen bir patojendir. Zorlu koşullarda hayatta kalma, biyofilm oluşturma ve antimikrobiyal ajanlara karşı direnç gösterme yeteneği, onu postoperatif ağrının devam etmesinde kritik bir faktör haline getirmektedir (Stuart & ark., 2006).

2.2. Konak cevabı ve enflamasyon

Postoperatif ağrı, özellikle periapikal enflamasyon vakalarında, konağın immün yanıtıyla yakından ilişkilidir. Mikroorganizmalar veya yan ürünleri periapikal dokulara ulaştığında hem doğal hem de adaptif bağışıklığı içeren inflamatuvar bir yanıt tetikler. Bu yanıt patojenleri ortadan kaldırmayı amaçlar ancak aynı zamanda doku hasarına neden olabilir ve ağrıyı şiddetlendirebilir (Shabbir & ark., 2021).

2.3. Hastaya bağlı faktörler ve psikolojik etkenler

Hastanın yaşı, cinsiyeti veya diş/çene grubunun alevlenme (flare-up) insidansı üzerindeki etkisinin önemsiz olduğunun bildirildiği bazı çalışmalar literatürde mevcuttur (Walton, R. & Fouad, 1992; Imura, N. & Zuolo, 1995). Buna karşın, Torabinejad ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği retrospektif bir çalışmada, 40-59 yaş arasındaki hastalar, kadınlar ve mandibular dişlerle alevlenme arasında anlamlı bir pozitif korelasyon bulunmuştur (Torabinejad & ark., 1994).

Endodontik tedaviyle ilişkili kaygı, ağrı algısını doğrudan etkileyebilir. Bazı çalışmalar, kaygının öngörülen ağrı ile pozitif bir korelasyona sahip olduğunu bildirmiştir (Watkins & ark., 2002; González & ark., 2012).

2.4. Mekanik ve kimyasal travmalar

Kök kanal tedavisi sırasında apikal foramenin ötesinde taşkın enstrümantasyon yapılması, endodontik post-operatif ağrının önemli iyatrojenik nedenlerinden biridir. Taşkın enstrümantasyon apikal foramenin genişlemesine ve kök kanalına daha fazla eksuda ve kan akışına neden olabilir (Seltzer, & Naidorf, 2004). Bu durumda kök kanalı içinde kalan bakterilerin besin kaynağını artacaktır. Ayrıca, taşkın enstrümantasyon sırasında periradiküler dokuya mekanik hasar verilmesine ek olarak, önemli miktarda enfekte debris dışarı atılacaktır (Siqueira, 2003).

İrrigasyon solüsyonları ve kanaliçi medikamentler, dentin duvarlarını temizlemek ve dezenfekte etmeye yardımcı olmak için kök kanalı içinde kullanılır. Bu materyallerin kök kanalı içinde tutulması amaçlansa da apekten yanlışlıkla ekstrüzyon yoluyla veya sızıntı yoluyla perapikal dokulara temas edebilir ve postoperatif ağrıya neden olabilirler (Hauman & Love, 2003).

3. Postoperatif ağrının önlenmesi

3.1. Endodontik tedavi öncesi önlemler

3.1.2. Hasta değerlendirmesi ve risk analizi

Bireyleri tedavi sonrası ağrıya yatkın hale getirebilecek faktörleri belirlemek için kapsamlı bir hasta değerlendirmesi şarttır. Bu kapsamda, tıbbi ve dental hikaye ve psikososyal faktörlerin tümü göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, diyabet veya kardiyovasküler hastalık gibi sistemik rahatsızlıkları olan hastaların inflamatuvar yanıtlarının değiştiği bilinmektedir ve bu durum postoperatif rahatsızlığa yatkınlıklarını artırabilir (Vernillo, 2003). Ayrıca, önceki dental deneyimler ve anksiyete seviyeleri ağrı algısını önemli ölçüde etkileyebilir, bu da psikolojik değerlendirmeyi preoperatif planlamanın ayrılmaz bir parçası haline getirir (Farias & ark., 2023).

Radyografik ve klinik değerlendirmeler, geniş periapikal lezyonların, kalsifiye kanalların veya olağandışı kök morfolojisinin varlığı gibi vakanın karmaşıklığını belirlemeye yardımcı olur. Bu faktörler prosedürel zorluğu ve sonuç olarak postoperatif ağrı riskini artırabilir. Klinisyenler bu riskleri erken tespit ederek, potansiyel komplikasyonları azaltmak için yaklaşımlarını uyarlayabilirler (AAE, 2018).

3.1.3. Profilaktik ilaç kullanımı

Kök kanal tedavisinden önce bazı ilaçların alınması, endodontik ağrının azaltılmasında etkili görülmektedir (Bassam & ark., 2021). Bu tür ilaçlar, endodontik tedaviden sonra ağrının kontrolünde eşit etki gösteren tek doz piroksikam, deksametazon veya deflazakort içerir (Siqueira, 2003; Blicher & Pryles, 2020). Tedaviden önce kullanıldığı takdirde ibuprofen, deksametazon veya diklofenak sodyum da postoperatif ağrının azaltılmasına yardımcı olabilir. Deksametazon ve tramadol submukozal enjeksiyonları postoperatif ağrıyı önemli ölçüde azaltabilir (Siqueira, 2003; Blicher & Pryles, 2020). Kaladi ve ark. irreversible pulpitisli hastalarda preoperatif olarak verilen ibuprofen (400 mg) veya ketorolak (20 mg) dozunun tedavi sonrası ağrıyı azalttığını ve ketorolak ile daha iyi sonuçlar elde edildiğini göstermiştir (Kaladi & ark., 2019).

Antibiyotikler, sistemik enfeksiyon bulguları olan veya bağışıklık sistemi baskılanmış hastalar veya konjenital kalp hastalıkları gibi özel endikasyonlar olmadıkça rutin profilaktik nlem olarak önerilmemektedir (Fouad et al.,2020). Sistematik bir derleme ve meta-analiz çalışması da nekrotik dişleri olan hastalarda profilaktik antibiyotik kullanımının, postoperatif endodontik semptomların önlenmesinde üstünlük sağlamadığını göstermiştir (Shamszadeh & ark., 2020).

3.2. Intraoperatif stratejiler

Endodontik post-operatif ağrıyı önleyen spesifik bir klinik prosedür veya farmakolojik bir ajan bulunmamasına rağmen, ağrı oluşma ihtimalini ve şiddetini en aza indirmek mümkündür. Kök kanal tedavisi sırasında uygun teknikler ve kanıta dayalı protokoller benimsenerek postoperatif ağrı önemli ölçüde azaltılabilir (Alamassi, 2017). Dikkat edilmesi gereken prosedürler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

a. Psikolojik hazırlık ve hasta eğitimi: Özellikle endodontik tedavi öncesi ağrısı olan hastaların psikolojik olarak hazırlanması, randevular arası semptomların hafifletilmesine yardımcı olacaktır. Hastanın bilinçli ve rahat bir şekilde tedaviye yaklaşımının, postoperatif şikayetleri azaltabileceği bildirilmiştir (Torabinejad & ark., 1994).

b. Aseptik şartların sağlanması: Özellikle enfekte nekrotik pulpa vakalarında veya vital dişlerde sekonder enfeksiyonların gelişimini önlemek için mutlak sterilite sağlanmalıdır. Sekonder enfeksiyonlar, primer enfeksiyonlara kıyasla daha karmaşık olabilir ve tedavisi genellikle daha zordur. Bu durum, alevlenmelere, kalıcı semptomlara ve kök kanal tedavisinin başarısızlığına yol açabilir. Tedavinin aseptik koşullarda yürütülmesi ile süreç boyunca mikrobiyal kontaminasyon riski en aza indirilir ve tedavi başarısı artırılabilir (Halonen & ark., 2018).

c. Uygun lokal anestezi kullanımı: Ağrı döngüsünün kırılması hem psikolojik hem de nörofizyolojik olarak önemli olup, analjeziklerle elde edilmesi zor olabilen duyuusal sinir blokajı gerektirir. Bu nedenle etidokain veya bupivakain gibi uzun etkili lokal anestezi kullanılabilir (Kaur, 2015).

c. Çalışma uzunluğu: Enstrümantasyon radyografik apeksten 1-2 mm daha kısa olacak şekilde yapılmalı ve elektronik apeks bulucularla çalışma uzunluğu teyit edilmelidir. Bu yaklaşım, periradiküler dokulara debris ekstrüzyonundan kaçınarak enfekte kanalların alevlenme riskini azaltabilir. Özellikle periapikal tutulum gösteren ve tedavi öncesi semptomatik olan vakalarda, bu durum daha çok önem taşır (Imura & Zuolo,1995; ElAyouti & ark., 2001; Arias & ark., 2009).

d. Biyomekanik preparasyon ve ilk seans tedavi: Kök kanal boşluğunun biyomekanik preparasyonu ilk seansta tamamlanarak, kök kanal sistemindeki iritanların maksimum ölçüde uzaklaştırılması sağlanmalıdır. Bu yöntem, kalan virülan mikroorganizmaların neden olduğu seanslar arası alevlenme riskini azaltabilir (Seltzer & Naidorf, 1985; Egea & Ortega, 2009). Rotary sistem eğeleri ile yapılan kök kanalı şekillendirmesi sonucunda oluşan postoperatif ağrının resiprokal sisteme göre daha az olduğu bildirilmiştir (Su & Hou B, 2017).

e. İrrigasyon: Postoperatif ağrıya neden olabilecek NaOCl kazalarını en aza indirmek için endodontik irrigasyon iğnesi çalışma uzunluğundan daha kısa yerleştirilmelidir. İğne kanal içinde sıkışmadan sürekli aşağı yukarı hareket ettirilmesi ve solüsyonun düşük akış hızında enjekte edilmesi daha etkili irrigasyon sağlar (Ehrich & ark., 1993; Hülsmann & Hahn 2000). Lazerle aktive veya ultrasonik gibi çeşitli irrigasyon aktivasyon tekniklerinin kullanılması daha etkili bir kanaliçi dezenfeksiyon sağlayacağından postoperatif ağrı riskini de azaltır (Liapi & ark., 2021).

f. Kanaliçi medikament kullanımı: Enfekte endodontik vakaların tedavisinde, seanslar arasında kalsiyum hidroksit gibi kanaliçi medikamentlerin kullanılması önerilir. Bu medikamentler

enfeksiyonun kontrol altına alınmasının yanısıra iyileşme sürecinin hızlanmasına da katkı sağlar (Ehrmann & ark., 2003).

g. Seanslar arası geçici koronal restorasyonun yapılması: Çok seansta yapılan endodontik tedavilerde seanslar arasında kök kanalını açık bırakmaktan kesinlikle kaçınılmalıdır. Kanalı açık bırakmak, daha önce yapılan girişimlerin etkisini azaltabileceği gibi, kök kanal sisteminin yeniden enfekte olmasına da yol açabilir. Bu durum, tedavi sürecini ve prognozunu olumsuz yönde etkileyebilir (Siqueira, 2003).

3.3. Tedavi sonrası stratejiler

3.3.1. Oklüzal redüksiyon yapılması

İşlem sonrası gelişen akut apikal apse, dişin soket içinde yükselmesine neden olarak çiğneme sırasında ağrıya ve perküsyonda hassasiyete yol açabilir. Bu tür vakalarda, dişin fonksiyonel tüberküllerinin ölçülü bir şekilde azaltılmasıyla oklüzal redüksiyon, hızlı ve etkili bir şekilde semptomların hafifletilmesini sağlayabilir (Sindhu & ark., 2015). Ahmed ve ark. yaptıkları bir çalışmada, semptomatik irreversible pulpitisli dişlerde, kök kanal tedavisini takiben uygulanan oklüzal redüksiyonun etkilerini incelemişlerdir (Ahmed & ark., 2020). Bu çalışmanın bulgularına göre, oklüzal redüksiyonun kök kanal dolumundan sonraki 12 saat ve 24 saat içinde postoperatif ağrının şiddetini anlamlı düzeyde azalttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, Alves ve ark. tarafından yürütülen 2021 tarihli bir metaanaliz çalışmasının sonuçlarına göre, oklüzal redüksiyonun endodontik tedavi sonrası postoperatif ağrı düzeyleri üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır (Alves & ark., 2021).

3.3.2. Tedavi sonrası analjezik kullanımı

Narkotik olmayan analjezikler, özellikle nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar (NSAİİ) ve asetaminofen, endodontik ağrılı hastaların tedavisinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Bu ilaçlar, hem iltihaplı dokular üzerinde periferik etkilerle hem de beynin ve omuriliğin belirli bölgelerinde analjezi oluşturarak ağrıyı hafifletirler (Sindhu & ark., 2015). Bununla birlikte, NSAİİ'lere veya aspirine duyarlılığı olduğu bilinen hastalarda, ya da NSAİİ'lerin renal etkilerine bağlı olarak gastrointestinal ülserasyon veya hipertansiyon geçmişi bulunan hastalarda, tedavi sonrası ağrı yönetimi için asetaminofen tercih edilmelidir (Jayakodi & ark., 2012).

Sistemik bir derleme steroid anti-inflamatuar ilaçlar, NSAİİ'lerin ve opioidlerin, endodontik ağrıyı gidermede 6 ila 24 saat arasında etkili olduğunu göstermiştir. Ayrıca Deksmetazon, prednizolon, parasetamol ve özellikle ibuprofenin postoperatif endodontik ağrıyı anlamlı derecede azalttığı belirtilmiştir (Matos & ark., 2024).

NSAİİ'ler ve asetaminofen ile kontrol altına alınamayan durumlarda, narkotik analjeziklerin kullanımı gerekebilir. Şiddetli ağrı atakları, özellikle NSAİİ'lere yanıt vermeyen vakalarda, pentazosin veya kodein gibi narkotik analjeziklerle tedavi edilebilir. Bu ilaçlar, daha etkili bir ağrı yönetimi sağlamak amacıyla NSAİİ'lerle kombine olarak da uygulanabilir (Jayakodi & ark., 2012).

4. Güncel ve yenilikçi yaklaşımlar

4.1.Düşük-seviye lazer terapisi

Kök kanal prosedürleri sırasında, lazer fotonik enerji optimum tedavi modalitelerine faydalı bir katkı olabilir. Ayrıca, bu

alanda ağrı modülasyonu için fotobiyomodülasyon potansiyelini keşfetmeye yönelik artan bir ilgi vardır (Anagnostaki & ark., 2020). Ağrı yönetiminde düşük seviyeli lazer tedavisinin (LLLT) kesin rolünü belirlemek için, lazer tedavisi ile tedavi edilen önemli sayıda vaka raporunun toplanması çok önemlidir. Bununla birlikte, ciltte hiperpigmentasyon da dahil olmak üzere lazerlerle ilişkili bazı yan etkilere dikkat etmek önemlidir (Huang & ark., 2023). Ayrıca, randomize kontrollü klinik çalışmaların sistematik bir incelemesi, fototerapinin kök kanal tedavisi sonrası postoperatif ağrıyı azaltmadaki etkinliğinin tartışmalı olduğu sonucuna varmıştır (Anagnostaki & ark., 2020). Özellikle bir çalışmada, LLLT'nin tedavi sonrası ağrıyı yönetmek için uygun bir alternatif olabileceğini doğrulamıştır (Guerreiro & ark., 2021).

4.2. Kriyoterapi

Kriyoterapi, Terim, Yunanca "soğuk" anlamına gelen "cryos" ve "tedavi" anlamına gelen "therapeia" kelimelerinden türetilmiş olup, terapötik amaçlarla doku sıcaklığının düşürülmesi anlamına gelir (Modabber & ark., 2013). Kriyoterapi kavramı aslında hedef dokunun soğutulmasını değil, daha yüksek sıcaklıktaki dokudan daha düşük sıcaklığa sahip bir ortama ısının çekilmesini ifade eder (Belitsky & ark., 1987). Kriyoterapi, tıp ve diğer diş hekimliği alanlarında sıklıkla uygulanmıştır (Gundogdu & Arslan, 2018). Soğuk uygulaması sonrasında dokularda üç temel fizyolojik yanıt meydana gelir: lokal kan akışı azalır, deri ve deri altı dokulardaki sinir reseptörlerinin aktivitesi baskılanır ve metabolik faaliyetler yavaşlar (Knight,1995). Diş hekimliğinde kullanılan kriyoterapinin, periodontal cerrahiler, diş çekimleri ve implant cerrahileri sonrasında ağrıyı azalttığı gösterilmiştir. 2015 yılında, endodontik alanda postoperatif endodontik ağrıyı azaltmada başarılı bir yöntem olarak intrakanal kriyoterapi uygulanmaya başlanmıştır

(Vera & ark., 2015). Vera ve ark., yaptıkları çalışmada 2,5°C'lik salin solüsyonunu son irrigasyon olarak 5 dakika boyunca Endovac cihazı (Kerr Endo, Orange County, CA) ile aktive ederek uygulamışlardır. Daha sonra, çekilmiş dişlerin dış kök yüzeylerinde meydana gelen sıcaklık değişimlerini hassas ölçümlerle değerlendirmişlerdir. Çalışmalarında, kriyoterapi protokolü ile sağlanan ve dış kök yüzey sıcaklığında 4 dakika boyunca 10°C'nin üzerinde bir düşüşün, periradiküler dokularda lokalize anti-enflamatuar etkiler oluşturmak için yeterli olabileceğini önermişlerdir. Bu çalışma, kriyoterapinin nekrotik pulpa ve semptomatik apikal periodontitis nedeniyle kök kanal tedavisi gören hastalarda postoperatif ağrı ve ilaç kullanımını önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Vera & ark., 2015). Keskin ve arkadaşları da kriyoterapinin endodonti alanında analjezik potansiyelini ortaya koymuşlardır. Araştırmalarında, vital dişlerin tek seansta kök kanal tedavilerinde, 31-gauge NaviTip iğnesi kullanılarak 2,5°C'lik soğuk salin ile yapılan son irrigasyonun etkinliğini değerlendirmişlerdir. Kriyoterapinin etkisini izole edebilmek için negatif apikal basınç yöntemi yerine pozitif basınç tekniğini tercih etmişlerdir. Bulguları, kriyoterapinin canlı dişlerde ağrıyı azaltıcı etkisini doğrulamış ve bu yöntemin tek seans kök kanal tedavilerinde postoperatif ağrı yönetimi için kullanılabileceğini öne sürmüştür (Keskin & ark., 2017). Başka bir çalışmada ise kök kanal içine aşırı soğuk uygulanmasını içeren intrakanal kriyoterapinin negatif basınçlı irrigasyonla birleştirilmesinin, tek seanslık kök kanal tedavilerinden sonra postoperatif ağrıyı etkili bir şekilde ortadan kaldırdığını göstermiştir (Nahlawi& ark., 2016). Almasoud ve ark., kök kanal tedavisinde kullanılan son irrigasyonda soğuk salin (2.5–4°C) ile oda sıcaklığındaki salin (25°C) ve oklüzal redüksiyon yöntemlerinin postoperatif ağrı üzerindeki etkileri karşılaştırmıştır. Kriyoterapi grubu, kontrol grubuna kıyasla 24. saatte istatistiksel olarak anlamlı

derecede daha düşük ağrı skorları göstermiştir. Bu çalışma, kriyoterapinin postoperatif ağrıyı kısa vadede azaltmada etkili olabileceğini, ancak uzun vadeli etkilerde diğer yöntemlerle benzer sonuçlar verdiğini göstermektedir (Almasoud & ark., 2024). Elsherbeny ve ark., başka bir randomize klinik araştırmada, mandibular birinci molar dişlerde semptomatik irreversibl pulpitis tedavisinde intrakanal kriyoterapi ve ultrasonik aktive irrigasyonun postoperatif ağrı üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir (Elsherbeny & ark., 2024). Çalışmadan elde edilen bulgular, ultrasonik aktivasyonun ilk 24 saat içinde ağrı insidansı ve şiddetini en düşük düzeye indirdiğini, kriyoterapinin ise ağrıyı 48 saate kadar azalttığını göstermiştir. Araştırmacılar, ultrasonik aktivasyon ve kriyoterapinin postoperatif ağrı yönetiminde etkili yöntemler olduğunu, ancak kriyoterapinin daha uzun süreli rahatlama sağlayabileceğini bildirmiştir (Elsherbeny & ark., 2024).

4.3.GABAergic Sinyalizasyon

γ -Aminobütirik asit (GABA), enflamasyon olmuş insan dental pulpasında yüksek seviyelerde bulunan inhibitör bir nörotransmitterdir. Pek çok araştırmada, GABA'nın ve reseptörlerinin dental pulpada ifade edilmesini ve dental ağrı iletimindeki rolünü incelenmiştir (Sivakumar & Ramli, 2022). Bir çalışmada, GTP γ 35S bağlanma testi kullanılarak dental pulpanın fonksiyonel GABA reseptörleri içerdiği hipotezi öne sürülmüştür. Bu bulgu, endodontik ağrının başlatılması ve yönetilmesindeki potansiyel rolü nedeniyle bu sisteme olan ilgiyi artırmıştır (Wurm & ark., 2001). Bu araştırmalar, endodontik prosedürler sırasında ağrıyı yönetmek için umut verici bir yöntem olarak dikkat çekmiş ve gelecekteki uygulamalar için önemli bir potansiyel sunmuştur. GABAerjik tedavilerin diş hekimliğinde uygulanabilirliğini ve uzun vadeli etkinliğini belirlemek için daha fazla araştırma yapılması

büyük önem taşımaktadır (Falatah & ark., 2023).

4.4. Akupunktur

Akupunktur, Çin'de uzun yıllardır ağrıyı hafifletmek ve iyileşmeyi desteklemek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır (Yang & ark., 2011). Endodontide postoperatif ağrıyı hafifletme konusundaki etkinliğini incelemek üzere yapılan bir randomize kontrollü çalışmada, semptomatik apikal periodontitis kaynaklı ağrıyı yönetmek veya hafifletmek için tedavi öncesi akupunktur uygulanmıştır. Çalışma sonuçları, akupunktur grubunda plasebo grubuna kıyasla gün boyunca tüm zaman dilimlerinde daha belirgin bir ağrı azalması sağladığını göstermiştir (Arslan & ark., 2019). Başka bir çalışmada ise, akupunkturun etkinliği ibuprofen ile karşılaştırılmış ve akupunkturun postoperatif ağrı yönetiminde daha güvenli bir seçenek olduğu bulunmuştur (Murugesan & ark., 2017).

Farmakolojik olmayan bir tedavi yaklaşımı sunan akupunktur, endodontik tedavilerdeki potansiyel faydaları nedeniyle giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bazı araştırmalar, akupunkturun lokal anesteziyle birlikte kullanıldığında sinir bloğu etkisini artırabildiğini ve lokal anestezinin etkinliğini geliştirebileceğini göstermiştir. Ayrıca, akupunktur hastaların endişelerini azaltarak onları sakinleştirmiş ve oral analjeziklere olan ihtiyacı en aza indirerek diğer yan etkilerin önlenmesine de katkıda bulunmuştur (Kumar, G., & Tewari 2023).

Akupunktur endodontik ağrı yönetiminde umut vadeden sonuçlar göstermesine rağmen, diş hekimliğinde daha yaygın bir şekilde kullanılmasını engelleyen önemli zorluk ve kısıtlılıklar bulunmaktadır. Bu zorlukların başında, bireysel yanıtların değişkenliği nedeniyle akupunkturun etkinliğinin her hastada öngörülebilir olmaması ve bu tekniğin uygulanabilmesi için diş

hekimlerinin özel bir eğitim alması gerektiğinden, erişilebilirliğinin sınırlı olmasıdır (Falatah & ark., 2023).

4.5. In silico modülasyonu

Orta ve şiddetli endodontik pulpit ile ilişkili ağrıyı hafifletmenin yeni yollarını araştırmak için yapılan bir çalışmada, enflame olmuş periapikal dokularda bulunan interlökin-8'in (IL-8) inhibe edilmesine odaklanılmıştır. Bu çalışmada amaç, IL-8'i inhibe etmek için ZINC14613097 adı verilen küçük bir molekül kullanarak endodontik ağrıya karşı terapötik etkiler sağlayabilecek bir ilaç geliştirmektir. Bu molekül, IL-8 inhibitörü olarak da potansiyel bir klinik uygulama alanına sahip olabilir (Boreak & Bhandi, 2022). Küçük moleküller (örneğin ZINC14613097) kullanarak IL-8'i inhibe etmeye yönelik in silico yaklaşımı, endodontik ağrı için yeni ve umut verici bir yol sunmaktadır. Ancak, bu yöntem ile ilgili temel zorluklardan biri, in silico bulguların etkili klinik tedavilere dönüştürülmesidir. Hesaplamalı modellemeden klinik uygulamaya kadar geçen ilaç geliştirme süreci oldukça karmaşık ve uzun olup, insan denemelerinde etkinlik ve güvenlik açısından beklenmeyen engellerle karşılaşabilir. Ayrıca, bu tür moleküllerin IL-8'i hedef alırken diğer hayati biyolojik süreçleri etkilememesi için gerekli olan özgüllük sağlanması büyük bir zorluk oluşturmaktadır. Bunun yanında, öngörülemeyen yan etkilerin ortaya çıkma ihtimali de bulunmaktadır ve bu durum, güvenliği sağlamak için kapsamlı klinik çalışmaları gerektirir (Falatah & ark., 2023).

4.6. Trombositten zengin fibrin (PRF)

Trombositten zengin fibrin (PRF), 2001 yılında Choukroun ve ekibi tarafından geliştirilen ikinci nesil trombosit konsantresidir. Birinci nesil trombosit konsantrelerinden farklı olarak, PRF hazırlanırken kanın biyokimyasal olarak işlenmesine ihtiyaç

duyulmaz. Bu özellik, PRF'nin hazırlanmasını daha hızlı, ekonomik ve basit bir hale getirir (Choukroun & ark., 2006). PRF, hücre göçü, bağlanması, çoğalması ve farklılaşması için gerekli olan büyüme faktörlerini içerir ve hem sert hem de yumuşak dokuların iyileşmesini destekler (Monga & ark., 2016).

Bazı çalışmalarda PRF kullanımının periapikal cerrahi sonrası postoperatif ağrıya etkileri incelenmiştir (Meschi & ark., 2018; Peñaloza & ark., 2020). Peñaloza ve ark. postoperatif ağrıyı Görsel Analog Skala (VAS) kullanarak ilk 7 gün boyunca günlük olarak değerlendirmiş ve test bölgelerinde ortalama değerleri, kontrol bölgelerindekinden daha düşük bulmuştur (Peñaloza & ark., 2020). Bu sonuçlar Meschi ve arkadaşlarının (Meschi & ark., 2018) yapmış olduğu benzer bir çalışmanın sonuçlarıyla uyum göstermektedir. Sinha ve arkadaşlarının yaptığı sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasının sonuçları, PRF'nin periapikal cerrahiler sonrasında postoperatif ağrının önemli ölçüde azaltılmasıyla ilişkili olduğunu göstermiştir (Sinha & ark., 2023).

5. Sonuç

Endodontide postoperatif ağrı, klinisyenler için önemli bir sorun olmaya devam etmekte, hasta memnuniyetini ve tedavi sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bölümde, NSAİİ'ler, kortikosteroidler ve lokal anestezipler gibi geleneksel farmakolojik yaklaşımlardan PRF, kriyoterapi, akupunktur, GABAerjik modülasyon, in silico ilaç geliştirme ve LLLT gibi yenilikçi tedavilere kadar çok çeşitli ağrı yönetimi stratejileri incelenmiştir. Bu teknikler, diş ağrısının karmaşıklığının ve kişiselleştirilmiş, hasta merkezli bakımın gerekliliğinin altını çizmektedir.

Klinisyenler postoperatif ağrıyı daha etkili bir şekilde yönetmek için kanıta dayalı ve yenilikçi çözümlerden oluşan

yaklaşımları günlük uygulamaya entegre ederek hasta konforunu artırabilir, tedavi sonuçlarını iyileştirebilir. Yeni gelişmeler, klinik stratejileri iyileştirmek için heyecan verici fırsatlar sunmakla birlikte, devam eden klinik deney ve uzun dönem çalışmalar, bu yöntemleri doğrulamak ve optimize etmek ve postoperatif ağrının çok yönlü doğasını etkili bir şekilde ele almalarını sağlamada yarar sağlayacaktır.

Kaynaklar

Sathorn, C., Parashos, P. & Messer, H. (2008). The prevalence of postoperative pain and flare-up in single- and multiple-visit endodontic treatment: A systematic review. *International Endodontic Journal*, 41 (2), 91–99. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2007.01316.x>

Farias, Z. B. B. M. D., Campello, C. P., da Silveira, M. M. F., Moraes, S. L. D., do Egito Vasconcelos, B. C. & Pellizzer, E. P. (2023). The influence of anxiety on pain perception and its repercussion on endodontic treatment: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 27 (10), 5709-5718. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05181>

Seltzer, S. & Naidorf, I. J. (1985). Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of endodontics*, 11 (11), 472-478. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(85\)80220-X](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(85)80220-X)

Alamassi, B.Y. (2017). Endodontic postoperative pain: etiology and related factors—an update. *International Journal of Dental Sciences and Research*, 5 (2), 13-21. <https://doi.org/10.12691/ijdsr-5-2-1>

El Geziry, A., Toble, Y., Al Kadhi, F., Pervaiz, M. & Al Nobani, M. (2018). Non-pharmacological pain management. Pain management in special circumstances, 1-14. <https://doi.org/10.5772/intechopen.79689>

Hancock III, H. H., Sigurdsson, A., Trope, M., & Moiseiwitsch, J. (2001). Bacteria isolated after unsuccessful endodontic treatment in a North American population. *Oral surgery, oral medicine, oral Pathology, oral Radiology, and endodontology*, 91 (5), 579-586. <https://doi.org/10.1067/moe.2001.113110>

Stuart, C. H., Schwartz, S. A., Beeson, T. J. & Owatz, C. B. (2006). *Enterococcus faecalis*: its role in root canal treatment failure

and current concepts in retreatment. *Journal of endodontics*, 32 (2), 93-98. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2005.10.049>

Shabbir, J., Khurshid, Z., Qazi, F., Sarwar, H., Afaq, H., Salman, S. & Adanir, N. (2021). Effect of different host-related factors on postoperative endodontic pain in necrotic teeth dressed with interappointment intracanal medicaments: a multicomparison study. *European Journal of Dentistry*, 15 (01), 152-157. <https://doi.org/0.1055/s-0040-1721909>

Walton, R. & Fouad, A. (1992). Endodontic interappointment flare-ups: a prospective study of incidence and related factors. *Journal of endodontics*, 18 (4), 172-177. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81413-5](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81413-5)

Imura, N. & Zuolo, M. L. (1995). Factors associated with endodontic flare-ups: a prospective study. *International endodontic journal*, 28 (5), 261-265. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.1995.tb00307.x>

Torabinejad, M., Cymerman, J. J., Frankson, M., Lemon, R. R., Maggio, J. D. & Schilder, H. (1994). Effectiveness of various medications on postoperative pain following complete instrumentation. *Journal of Endodontics*, 20 (7), 345-354. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00631.x>.

Watkins, C. A., Logan, H. L. & Kirchner, H. L. (2002). Anticipated and experienced pain associated with endodontic therapy. *The Journal of the American Dental Association*, 133 (1), 45-54. <https://doi.org/10.14219/jada.archi.ve.2002.0020>

Martín-González, J., Echevarría-Pérez, M., Sánchez-Domínguez, B., Tarilonte-Delgado, M. L., Castellanos-Cosano, L., López-Frías, F. J. & Segura-Egea, J. J. (2012). Influence of root canal instrumentation and obturation techniques on intra-operative

pain during endodontic therapy. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal*, 17 (5), e912. <https://doi.org/10.4317/medor.al.18234>

Seltzer, S. & Naidorf, I. J. (2004). Flare-ups in endodontics: I. Etiological factors. *Journal of endodontics*, 30 (7), 476-481. <https://doi.org/10.1097/00004770-200407000-00005>

Siqueira Jr, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal*, 36 (7), 453-463. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00671.x>

Hauman, C. H. J., & Love, R. M. (2003). Biocompatibility of dental materials used in contemporary endodontic therapy: a review. Part 1. Intracanal drugs and substances. *International endodontic journal*, 36 (2), 75-85. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)80098-1](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80098-1)

Farias, Z. B. B. M. D., Campello, C. P., da Silveira, M. M. F., Moraes, S. L. D., do Egito Vasconcelos, B. C. & Pellizzer, E. P. (2023). The influence of anxiety on pain perception and its repercussion on endodontic treatment: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 27 (10), 5709-5718. <https://doi.org/10.1007/s00784-023-05181-1>

American Association of Endodontists. (2018). Endodontic standards of practice: A white paper. Retrieved from https://www.aae.org/specialty/wpcontent/uploads/sites/2/2018/04/TreatmentStandards_Whitepaper.pdf

Vernillo, A. T. (2003). Dental considerations for the treatment of patients with diabetes mellitus. *The Journal of the American Dental Association*, 134, 24S-33S. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2003.0366>

Bassam, S., El-Ahmar, R., Salloum, S., & Ayoub, S. (2021). Endodontic postoperative flare-up: An update. *The Saudi dental journal*, 33 (7), 386-394. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2021.05.005>

Siqueira Jr, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal*, 36 (7), 453-463. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00671.x>

Blicher, B., & Pryles, R. L. (2020). Endodontic Pain Management: Preoperative, Perioperative, and Postoperative Strategies. *Compendium of Continuing Education in Dentistry* (15488578), 41 (4).

Kaladi, S. R., Tegginmani, V., Manoosha, M., Mitta, S., Chigadani, P., & Viswanadhan, A. (2019). Effectiveness of pre-operative oral medication of ibuprofen and ketorolac on anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block with irreversible pulpitis: randomized controlled trial. *Cureus*, 11 (12). <https://doi.org/10.7759/cureus.6461>

Shamszadeh, S., Asgary, S., Shirvani, A., & Eghbal, M. J. (2021). Effects of antibiotic administration on post-operative endodontic symptoms in patients with pulpal necrosis: A systematic review and meta-analysis. *Journal of oral rehabilitation*, 48 (3), 332-342. <https://doi.org/10.1111/joor.13125>

Fouad, A. F., Byrne, B. E., Diogenes, A. R., Sedgley, C. M. & Cha, B. Y. (2020). AAE guidance on the use of systemic antibiotics in endodontics, AAE position statement. 2017. https://www.aae.org/specialty/wp-content/uploads/sites/2/2017/06/aae_systemic-antibiotics.pdf

Halonen, H., Nissinen, J., Lehtiniemi, H., Salo, T., Riipinen, P. & Miettunen, J. (2018). The association between dental anxiety

and psychiatric disorders and symptoms: a systematic review. *Clinical practice and epidemiology in mental health: CP & EMH*, 14, 207-222. <https://doi.org/10.2174/1745017901814010207>

Kaur, P. (2015). Endodontic flare ups: A proposal for etiopathogenesis and psychological management. *Int J Health*, 42, 41-46. <https://doi.org/10.14419/ijh.v3i2.5145>

ElAyouti, A., Weiger, R. & Löst, C. (2001). Frequency of overinstrumentation with an acceptable radiographic working length. *Journal of Endodontics*, 27 (1), 49-52. <https://doi.org/10.1097/00004770-200101000-00018>

Arias, A., Azabal, M., Hidalgo, J. J., & de la Macorra, J. C. (2009). Relationship between postendodontic pain, tooth diagnostic factors, and apical patency. *Journal of endodontics*, 35 (2), 189-192. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.11.014>

Segura-Egea, J. J., Cisneros-Cabello, R., Llamas-Carreras, J. M. & Velasco-Ortega, E. (2009). Pain associated with root canal treatment. *International endodontic journal*, 42 (7), 614-620. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01559.x>

Hou, X. M., Su, Z. & Hou, B. X. (2017). Post endodontic pain following single-visit root canal preparation with rotary vs reciprocating instruments: a meta-analysis of randomized clinical trials. *BMC Oral Health*, 17, 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12903-017-0355-8>

Hülsmann, M., & Hahn, W. (2000). Complications during root canal irrigation—literature review and case reports. *International endodontic journal* 33 (3), 186-193. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2000.00303.x>

Ehrich, D. G., Brian, J. D., & Walker, W. A. (1993). Sodium hypochlorite accident: inadvertent injection into the maxillary sinus. *Journal of endodontics* 19 (4), 180-182. [https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(06\)81261-2](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)81261-2)

Liapis, D., De Bruyne, M. A. A., De Moor, R. J. G., & Meire, M. A. (2021). Postoperative pain after ultrasonically and laser-activated irrigation during root canal treatment: a randomized clinical trial. *International Endodontic Journal* 54 (7), 1037-1050. <https://doi.org/10.1111/iej.13500>

Ehrmann, E. H., Messer, H. H., & Adams, G. G. (2003). The relationship of intracanal medicaments to postoperative pain in endodontics. *International endodontic journal* 36 (12), 868-875. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2003.00735.x>

Siqueira Jr, J. F. (2003). Microbial causes of endodontic flare-ups. *International endodontic journal* 36 (7), 453-463. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2591.2003.00671.x>

Sindhu, S., Nadig, R. R., Pai, V. S. & Nair, S. (2015). Endodontic Flare Ups-An Overview. *Int. J. Contemp. Med. Res*, 2, 220-225.

Ahmed, Y. E., Emara, R. S., Sarhan, S. M., El Boghdadi, R. M., El-Bayoumi, M. A. A., El-Far, H. M. M., ... & Amin, S. A. W. (2020). Post-treatment endodontic pain following occlusal reduction in mandibular posterior teeth with symptomatic irreversible pulpitis and sensitivity to percussion: a single-centre randomized controlled trial. *International Endodontic Journal*, 53 (9), 1170-1180. <https://doi.org/10.1111/iej.13328>

Chagas Carvalho Alves, N., Raiane Mamede Veloso, S., de Andrade Silva, S., de Almeida, A. C., Tavares Velozo Telles, C., Romeiro, K., ... & de Albuquerque, D. S. (2021). Influence of

occlusal reduction on pain after endodontic treatment: a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 11 (1), 14019. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93119-6>

Jayakodi, H., Kailasam, S., Kumaravadeivel, K., Thangavelu, B., & Mathew, S. (2012). Clinical and pharmacological management of endodontic flare-up. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, 4 (2), 294-298. <https://doi.org/10.4103/0975-7406.100277>

Matos, F. D. S., Rocha, L. E., Lima, M. D. C., Dantas, M. V. D. B., Jesuino, R. D., Ribeiro, J. M. D. C., ... & Paranhos, L. R. (2024). Efficacy of preoperative and postoperative medications in reducing pain after non-surgical root canal treatment: an umbrella review. *Clinical Oral Investigations*, 28 (9), 485. <https://doi.org/10.1007/s00784-024-05876-z>

Anagnostaki, E., Mylona, V., Parker, S., Lynch, E., & Grootveld, M. (2020). Systematic review on the role of lasers in endodontic therapy: valuable adjunct treatment? *Dentistry Journal*, 8 (3), 63. <https://doi.org/10.3390/dj8030063>

Huang, Q., Li, Z., Lyu, P., Zhou, X., & Fan, Y. (2023). Current applications and future directions of lasers in endodontics: a narrative review. *Bioengineering*, 10 (3), 296. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10030296>

Guerreiro, M. Y. R., Monteiro, L. P. B., de Castro, R. F., Magno, M. B., Maia, L. C., & da Silva Brandão, J. M. (2021). Effect of low-level laser therapy on postoperative endodontic pain: An updated systematic review. *Complementary therapies in medicine*, 57, 102638. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2020.102638>

Modabber, A., Rana, M., Ghassemi, A., Gerressen, M., Gellrich, N. C., Hölzle, F. & Rana, M. (2013). Three-dimensional evaluation of postoperative swelling in treatment of zygomatic bone

fractures using two different cooling therapy methods: a randomized, observer-blind, prospective study. *Trials*, 14, 1-10. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-14-238>

Belitsky, R. B., Odam, S. J., & Hubley-Kozey, C. (1987). Evaluation of the effectiveness of wet ice, dry ice, and cryogen packs in reducing skin temperature. *Physical Therapy*, 67 (7), 1080-1084. <https://doi.org/10.1093/ptj/67.7.1080>

Gundogdu, E. C., & Arslan, H. (2018). Effects of various cryotherapy applications on postoperative pain in molar teeth with symptomatic apical periodontitis: a preliminary randomized prospective clinical trial. *Journal of endodontics*, 44 (3), 349-354. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2017.10.017>

Knight KL. (1995). *Cryotherapy in Sport Injury Management*, 1st ed. Campaign, IL: Human Kinetics.

Vera, J., Ochoa-Rivera, J., Vazquez-Carcaño, M., Romero, M., Arias, A., & Sleiman, P. (2015). Effect of intracanal cryotherapy on reducing root surface temperature. *Journal of endodontics*, 41 (11), 1884-1887. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2015.08.009>

Keskin, C., Özdemir, Ö., Uzun, İ., & Güler, B. (2017). Effect of intracanal cryotherapy on pain after single-visit root canal treatment. *Australian endodontic journal* 43 (2), 83-88. <https://doi.org/10.1111/aej.12175>

Al-Nahlawi, T., Hatab, T. A., Alrazak, M. A., & Al-Abdullah, A. (2016). Effect of Intracanal Cryotherapy and Negative Irrigation Technique on Postendodontic Pain. *The journal of contemporary dental practice*, 17 (12), 990-996.

Almasoud, L., Elsewify, T., Elemam, R., & Eid, B. (2024). Effect of Cryotherapy and Occlusal Reduction on Postoperative

Endodontic Pain in Mandibular First Molars with Symptomatic Apical Periodontitis: A Prospective, Parallel, Double-Blinded Randomized Controlled Trial. *European Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1055/s-0044-1791219>

Elsherbeny, M. M. H., & Naguib, E. A. H. N. E. (2024). Effect of Using Intracanal Cryotherapy Versus Ultrasonic Activated Irrigation on Post-Operative Pain in Single Visit Endodontic Treatment of Teeth with Symptomatic Irreversible Pulpitis “Randomized Clinical Trial”. *Future*, 10 (1), 1-7.

Sivakumar, D., & Ramli, R. (2022). GABAergic signalling in modulation of dental pain. *European Journal of Pharmacology*, 924, 174958. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2022.174958>

Wurm, C., Richardson, J. D., Bowles, W., & Hargreaves, K. M. (2001). Evaluation of functional GABAB receptors in dental pulp. *Journal of endodontics*, 27 (10), 620-623. <https://doi.org/10.1097/00004770-200110000-00005>.

Falatah, A. M., Almalki, R. S., Al-Qahtani, A. S., Aljumaah, B. O., Almihdar, W. K., & Almutairi, A. S. (2023). Comprehensive strategies in endodontic pain management: an integrative narrative review. *Cureus*, 15 (12). <https://doi.org/10.7759/cureus.50371>

Yang, E. S., Li, P. W., Nilius, B., & Li, G. (2011). Ancient Chinese medicine and mechanistic evidence of acupuncture physiology. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology* 462, 645-653. <https://doi.org/10.1007/s00424-011-1017-3>

Arslan, H., Ahmed, H. M. A., Yıldız, E. D., Gündoğdu, E. C., Seçkin, F., & Arslan, S. (2019). Acupuncture reduces the postoperative pain in teeth with symptomatic apical periodontitis: a preliminary randomized placebo-controlled prospective clinical

trial. *Quintessence International* 50 (4), 270-277.
<https://doi.org/10.3290/j.qi.a42153>

Murugesan, H., Venkatappan, S., Renganathan, S. K., Narasimhan, S., & Sekar, M. (2017). Comparison of acupuncture with ibuprofen for pain management in patients with symptomatic irreversible pulpitis: A randomized double-blind clinical trial. *Journal of acupuncture and meridian studies* 10 (6), 396-401.
<https://doi.org/10.1016/j.jams.2017.09.002>

Kumar, G., & Tewari, S. (2023). Acupuncture for management of endodontic emergencies: a review. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies* 16 (1), 1-10.
<https://doi.org/10.51507/j.jams.2023.16.1.1>

Boreak, N., & Bhandi, S. (2022). In-Silico modulation of Interleukin-8 (IL8) for the therapeutic management of endodontic pulpitis. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29 (2), 905-910.
<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.015>

Choukroun, J., Diss, A., Simonpieri, A., Girard, M. O., Schoeffler, C., Dohan, S. L., ... & Dohan, D. M. (2006). Platelet-rich fibrin (PRF): a second-generation platelet concentrate. Part V: histologic evaluations of PRF effects on bone allograft maturation in sinus lift. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 101 (3), 299-303.
<https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2005.07.012>

Monga, P., Grover, R., Mahajan, P., Keshav, V., Singh, N., & Singh, G. (2016). A comparative clinical study to evaluate the healing of large periapical lesions using platelet-rich fibrin and hydroxyapatite. *Endodontology* 28 (1), 27-31.
<https://doi.org/10.4103/0970-7212.184336>

Meschi, N., Fieuws, S., Vanhoenacker, A., Strijbos, O., Van der Veken, D., Politis, C., & Lambrechts, P. (2018). Root-end surgery with leucocyte-and platelet-rich fibrin and an occlusive membrane: a randomized controlled clinical trial on patients' quality of life. *Clinical oral investigations*, 22, 2401-2411. <https://doi.org/10.1007/s00784-018-2343-z>

Soto-Peñaloza, D., Peñarrocha-Diago, M., Cervera-Ballester, J., Peñarrocha-Diago, M., Tarazona-Alvarez, B., & Peñarrocha-Oltra, D. (2020). Pain and quality of life after endodontic surgery with or without advanced platelet-rich fibrin membrane application: a randomized clinical trial. *Clinical oral investigations*, 24, 1727-1738. <https://doi.org/10.1007/s00784-019-03088-0>

Sinha, A., Jain, A. K., Rao, R. D., Sivasailam, S., & Jain, R. (2023). Effect of platelet-rich fibrin on periapical healing and resolution of clinical symptoms in patients following periapical surgery: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics* 26 (4), 366-376. https://doi.org/10.4103/jcd.jcd_195_23

BÖLÜM IV

Endodontik Ağrı: Analjezik Kullanımı ve Tedavi Protokolleri

Ayşe KARADAYI¹

1.Narkotik olmayan analjezikler

Endodontik ağrının yönetimi, birçok faktörün bir araya geldiği karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte, hem endodontik prosedürler hem de farmakoterapi kullanılarak hiperaljezi ve allodinin periferik ve santral bileşenlerinin azaltılması hedeflenir. Endodontik ağrının kontrolünde en sık başvurulanan narkotik olmayan analjezikler nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ'ler) ve asetaminofendir.

NSAİİ'lerin, enflamasyona bağlı ağrının yönetiminde son derece etkili olduğu kanıtlanmıştır (Bowles ve ark., 2003; Dionne, 1999; Hargreaves & Keiser, 2004). Bu ilaçlar, plazma proteinlerine bağlanarak inflamasyonlu dokulara daha fazla taşınabilir ve böylelikle etkinliklerini artırabilirler (Bowles ve ark., 2003; Dionne, 1999; Hargreaves & Keiser, 2004). Geleneksel olarak periferik mekanizmalar üzerinden analjezi sağladıkları düşünülse de, merkezi

¹ Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi, ORCID ID: 0000-0001-8176-6056, ayse.karadayi@marmara.edu.tr.

sinir sisteminin (MSS) de NSAİİ'ler için önemli bir etki alanı olduğu ortaya konmuştur (Malmberg & Yaksh, 1992; Svensson & Yaksh, 2002).

NSAİİ'ler, siklooksijenaz (COX) enzimini inhibe ederek prostaglandin (PG) sentezini engeller. COX enzimi, COX-1 ve COX-2 olmak üzere iki bilinen izoforma sahiptir. Bazı araştırmalar, COX-1'in bir alt varyantı olan COX-3'ün özellikle MSS'de eksprese edildiğini ve asetaminofenin bu bölgede etki gösterdiğini öne sürmüştür (Chandrasekharan ve ark., 2002; Kis ve ark., 2004; Nusstein & Beck, 2003; Schwab ve ark., 2003).

Buna karşın, asetaminofenin analjezik ve antipiretik etkilerinin COX-3 inhibisyonu ile doğrudan ilişkili olmadığını gösteren araştırmalar da mevcuttur (Hersh ve ark., 2005). Aksine, bu etkilerin MSS'deki kannabinoid reseptörleri üzerinden aktif bir metabolitin etki etmesiyle oluştuğu düşünülmektedir. Ayrıca, bu metabolitin kalsiyum kanallarını bloke ederek analjezik etkinlik sağladığı gösterilmiştir (Kerckhove ve ark., 2014).

1.1.NSAİİ

Ağrı ve enflamasyon tedavisinde kullanılabilir çok sayıda NSAİİ mevcuttur. İbuprofen, etkinliği ve güvenliği kanıtlanmış olması nedeniyle genellikle modern NSAİİ'lerin prototipi olarak kabul edilmektedir (Dionne, 1986). Yeni formülasyonlar arasında ibuprofen sodyum dihidrat, ibuprofen asitten daha hızlı etki gösteren güçlü bir analjeziktir.

Bazı NSAİİ'ler, ibuprofene göre belirli avantajlar sağlayabilir. Örneğin, etodolak gastrointestinal irritasyon riskini azaltırken (Arnold ve ark., 1985), ketoprofen bazı çalışmalarda ibuprofenden daha üstün bir analjezik etki göstermektedir (Cooper ve ark., 1988). Ketorolak'ın intranazal formülasyonu olan ketorolak

trometamin, uygulamadan sonraki 30 dakika içinde endodontik ağrısı olan hastalarda belirgin bir ağrı kontrolü sağlar (Turner ve ark., 2011; Brkovic ve ark., 2010). Yapılan araştırmalarda, ketorolak ve diklofenak gibi NSAİİ'lerin, COX inhibisyonunun yanı sıra periferik N-metil-D-aspartat (NMDA) reseptörleri üzerinden de analjezik etki gösterdiği ortaya koyulmuştur (Cairns ve ark., 2012; Dong ve ark., 2009).

NSAİİ'lerin en önemli avantajlarından biri, inflamatuvar ağrı üzerinde kanıtlanmış güçlü analjezik etkinlikleridir. Birçok NSAİİ'nin, asetaminofen ve kodein gibi geleneksel opioid kombinasyonlarından daha etkili olduğu gösterilmiştir (Cooper, 1995; Dionne, 1999; Troullos ve ark., 1986).

Ketorolak için değişen prospektüs talimatı, bu ilacın yalnızca enjeksiyon formundan tablete geçiş için kullanılmasını ve toplam tedavi süresinin 5 günü geçmemesi gerektiğini belirtmektedir. İntranazal ketorolak prospektüsünde ise 65 yaş ve üzeri bireylerde, böbrek yetmezliği olan hastalarda ve 50 kg'dan daha hafif hastalarda dozun 15.75 mg ile sınırlandırılması ve maksimum günlük dozun 63 mg'ı aşmaması gerektiği ifade edilmektedir (Turner ve ark., 2011).

2002 yılında yayınlanan bir çalışma, oral NSAİİ'leri değerlendiren endodontik ağrı çalışmalarını karşılaştıran ilk sistematik inceleme olma özelliğini taşımaktadır (Holstein ve ark., 2002). Bu incelemenin sonuçlarına göre, NSAİİ'lerin tramadol veya flurbiprofen gibi ilaçlarla kombinasyonunun yanı sıra, tedavi öncesi ve sonrası kullanımının ağrı kontrolünde etkili olduğu belirlenmiştir (Doroshak ve ark., 1999).

COX-2'nin selektif inhibitörleri, hem analjezik hem de antiinflamatuvar etkileriyle gastrointestinal (GI) tahrişi azaltma potansiyeli sunmalarına rağmen, çoğu ilaç protrombik yan etkileri

nedeniyle piyasadan kaldırılmıştır. Günümüzde yalnızca celecoxib kullanılabilir durumdadır; ancak bu ilaç, akut inflamatuvar ağrı tedavisi için FDA tarafından onaylanmamıştır (Dionne, 1999; Khan & Dionne, 2002). Bunun yanı sıra, COX-2 inhibitörlerinin, daha önce gastrointestinal hastalık öyküsü olan bireylerde tahrişe yol açabileceğine dair endişeler devam etmektedir (Wallace, 1999).

Bir diğer önemli endişe, COX-2 inhibitörlerinin bilinen protrombik yan etkileridir. Yapılan meta-analizler, COX-2 inhibitörlerinin kardiyovasküler (KV) olay riskini artırdığını ortaya koymuştur. Kearney ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği 138 randomize çalışmanın meta-analizinde, COX-2 ile ilişkili KV olaylar için rölatif risk 1,42 (%95 GA, 1,64 ila 2,91) olarak tahmin edilmiştir (Kearney ve ark., 2006). Benzer şekilde, McGettigan ve Henry'nin 23 kontrollü gözlemsel çalışmayı içeren meta-analizi de bu bulguları desteklemiştir (McGettigan & Henry, 2006). Buna karşın naproksenin her iki meta-analizde de kardiyovasküler sistem üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı gösterilmiştir.

Diklofenak, COX-2 seçiciliği açısından celecoxibe benzer özellikler taşıırken, artmış kardiyovasküler olay riskiyle ilişkilendirilmiştir (Kearney ve ark., 2006; McGettigan & Henry, 2006). Yüksek doz ibuprofen kullanımı da benzer şekilde kardiyovasküler risk oluşturmaktadır. Bu bulgular doğrultusunda FDA, reçeteli NSAİİ'lerin etiketlerinde ciddi kardiyovasküler ve gastrointestinal yan etkilere yönelik uyarıların yer almasını, yakın zamanda koroner arter bypass ameliyatı geçiren hastalarda kullanımın kontrendike olmasını ve hastaların bu ilaçların kullanımı konusunda bilgilendirilmesini talep etmiştir (Dionne, 1999).

Mevcut veriler, reçetesiz NSAİİ'lerin kısa süreli ve düşük doz kullanımında ciddi kardiyovasküler olay riskinin artmadığını göstermektedir. Ancak, FDA bu ilaçların güvenli kullanımı için ek

düzenlemeler yaparak etiketleme değişiklikleri getirmiştir (Wallace, 1999.) Bu bağlamda, mevcut veriler ve alternatif NSAİİ'ler göz önüne alındığında, rutin endodontik ağrı tedavisinde COX-2 inhibitörlerinin kullanılmaması önerilmektedir (Dionne ve ark., 1999).

1.1.1.Sınırlamalar ve İlaç Etkileşimleri

Klinisyenler, narkotik olmayan analjeziklerin yalnızca etkinliği değil, aynı zamanda sınırlamaları ve diğer ilaçlarla etkileşimleri hakkında da bilgi sahibi olmalıdır. NSAİİ'ler belirli bir noktaya kadar analjezik etki gösterir ve bu etki bir tavan noktasına ulaşır. Bununla birlikte, gastrointestinal sistem (%3 ila %11 insidans) ve merkezi sinir sistemi (%1 ila %9 insidans; baş dönmesi ve baş ağrısı gibi) üzerinde yan etkilere neden olabilirler. NSAİİ'ler özellikle ülser hastalığı ve aspirin aşırı duyarlılığı olan hastalarda kontrendikedir ve ciddi gastrointestinal komplikasyonlarla ilişkilendirilmektedir (Arnold ve ark., 1985; Dionne & Berthold, 2000). Bu tür yan etki riskleri, ilacın yaşam boyu biriken dozunun artmasıyla ve eş zamanlı aspirin, steroid veya kumadin kullanımıyla daha da yükselmektedir (Laine ve ark., 2002; Wolf ve ark., 1999).

NSAİİ'lerle ilişkili gastrointestinal kanamayı önlemek için proton pompası inhibitörü (PPI) kullanımı stratejik bir çözüm olarak önerilmektedir. Örneğin, naproksen ile esomeprazol magnezyum kombinasyonu kullanılabilir. Bu yaklaşım uygun maliyetli olsa da alt gastrointestinal kanal üzerindeki koruyucu etkisi sınırlıdır (Spiegel ve ark., 2005). Alternatif olarak, bir histamin H2 reseptör antagonistinin PPI ile birlikte kullanımı da önerilen stratejiler arasında yer almaktadır (Laine ve ark., 2002).

1.1.2. NSAİİ ilaçlar için güncel yaklaşımlar

NSAİİ'lerin gelecekteki yönelimleri, COX inhibe edici nitrik oksit (NO) donatörleri (CINODs) gibi yenilikçi ilaçlarla şekillenmektedir. NO-NSAİİ olarak da adlandırılan bu ilaçlar, salınan nitrik oksitin vasküler tonusu ve mukozal kan akışını iyileştirerek NSAİİ'lerin gastrointestinal mukozaya ve kan basıncına olan olumsuz etkilerini azaltacağı düşüncesiyle geliştirilmiştir (Wallace, 1999; Schwab ve ark., 2003). CINOD'lar, henüz FDA onayı almamış olsa da, yakın gelecekte klinik kullanıma sunulabilecek potansiyele sahiptir.

Ağrı yönetimi süreci, ilaçların uygulama sonrası emilim, hedef bölgelerine dağılımı, metabolizması ve atılımı gibi birçok aşamayı kapsar. Bu süreç, çevresel ve genetik faktörlerden büyük ölçüde etkilenir. Özellikle farmakogenomik, bireyin genomunun analjezik ilaçların etkinliğini nasıl etkileyebileceğini inceleyerek, gelecekte ağrı tedavisinde kişiselleştirilmiş yaklaşımlar sunmayı hedeflemektedir (Rollason ve ark., 2008).

Diş hekimliğinde farmakogenomik uygulamalara dair önemli bir örnek, kodeinin metabolizması üzerindeki genetik farklılıklardır. Kodein, etkili analjezi sağlamak için morfine dönüşen bir ön ilaçtır ve bu süreç, CYP2D6 enzimi tarafından katalizlenir. Ancak, Kafkas nüfusunun yaklaşık %6 ila %7'sinde işlevsel olmayan CYP2D6 mutant aleli bulunmaktadır ve bu bireylerde kodein morfine metabolize edilemediği için etkisiz kalmaktadır (Diogenes ve ark., 2007). Böyle hastalar geçmiş deneyimlerine dayanarak farklı ve genellikle daha güçlü bir analjezik talep edebilir. Ancak, klinisyen bu durumu ilaç arama davranışı olarak yanlış yorumlayabilir. Gelecekte, hızlı genomik değerlendirmeler, hasta bazlı spesifik analjezik reçetelerinin oluşturulmasını sağlayarak klinik karar mekanizmasını büyük ölçüde iyileştirebilir.

1.2.Asetaminofen

Asetaminofen (N-asetil p-aminofenol), en yaygın kullanılan analjezik ve antipiretik ilaçlardan biridir. Tek başına asetaminofen, orta ila şiddetli ağrının giderilmesinde ibuprofen kadar etkili değildir. Ancak, ibuprofen ve asetaminofen kombinasyonu, sistematik incelemelerde kanıtlandığı üzere, tek başına her iki ilaçtan daha güçlü bir analjezi sağlamaktadır (Moore & Hersh, 2013). Randomize çift kör plasebo kontrollü bir çalışmada, pulpektomi uygulanan hastalara asetaminofen (1000 mg) ve ibuprofen (600 mg) kombinasyonu ya da tek başına ibuprofen (600 mg) verilmiştir. Sonuçlar, kombinasyon tedavisinin, tedavi sonrası erken dönemde (8 saat) tek başına ibuprofene kıyasla daha etkili ağrı kontrolü sağladığını göstermiştir (Menhinick ve ark., 2003).

Asetaminofen, soğuk algınlığı ve grip semptomlarının tedavisinde kullanılan kombinasyon ürünlerinde yaygın olarak bulunur. Normal dozlarda güvenli kabul edilse de yüksek dozlarda karaciğer toksisitesine neden olabilir ve Amerika Birleşik Devletleri'nde karaciğer yetmezliğinin önemli bir nedenidir (Larson ve ark., 2005). Asetaminofen karaciğerde konjuge edilerek inaktif metabolitler oluşturur. Küçük bir kısmı ise sitokrom P450 sistemi tarafından toksik bir metabolit olan N-asetil-p-benzokinon imin (NAPQI) oluşturur. Normalde glutatyon tarafından detoksifiye edilen bu metabolit, yüksek doz alımında birikir ve karaciğer hasarına yol açar. Bu nedenle sağlıklı yetişkinlerde 24 saat içinde 3 gramdan (3000 mg) fazla asetaminofen kullanımı önerilmemektedir (www.tylenolprofessional.com).

2. Opioid analjezikler

Opioidler, güçlü analjeziklerdir ve diş hekimliğinde genellikle asetaminofen, aspirin veya ibuprofen ile birlikte

reçetelendirilirler. Opioidlerin etki mekanizması, beyinde ve afferent nöronlardaki mu opioid reseptörlerini aktive etmeleridir. Çalışmalar, opioidlerin pulpadaki periferik opioid reseptörlerini de aktive ederek, inflamatuvar ağrıyı önemli ölçüde azalttığını göstermektedir (Dionne ve ark., 2001; Hargreaves & Joris, 1993). Ayrıca, kappa opioid agonistlerine karşı cinsiyete bağlı farklılıklar gözlemlenmiştir. Randomize kontrollü bir çalışmada, pentazosin ve nalokson kombinasyonu alan kadınlarda, erkeklere kıyasla anlamlı derecede daha az postoperatif endodontik ağrı bildirilmiştir (Gear ve ark., 1996; Ryan ve ark., 2008).

Opioidler orta ila şiddetli ağrılarda etkilidir, ancak anti-enflamatuvar özellikleri bulunmamaktadır. Bu nedenle, iltihaplı periapikal dokular üzerinde doğrudan etkileri yoktur. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde devam eden opioid salgını, opioidlerin kötüye kullanımı, bağımlılık ve opioid kullanım bozukluğu risklerini ortaya koymaktadır (Dionne & Berthold, 2000). Yan etkileri arasında bulantı, kusma, baş dönmesi, uyuşukluk, solunum depresyonu ve kabızlık yer alır. Yan etkiler doza bağlı olduğu için, opioidler genellikle kombinasyon ilaçları şeklinde reçete edilir. Bu formülasyonlar, daha düşük dozda opioid kullanımına olanak tanır ve yan etki risklerini azaltır (Beaver, 1966; Cooper, 1983).

Kodein genellikle ağızdan alınabilen kombinasyon ilaçları için prototip opioid olarak kabul edilir. Çoğu çalışma 60 mg kodein dozunun plasebodan önemli ölçüde daha fazla analjezi sağladığı, ancak genellikle aspirin 650 mg veya asetaminofen 600 mg'dan daha az analjezi sağladığını bulmuştur (Cooper, 1995; Dionne ve ark., 1999). Genel olarak, sadece 30 mg kodein alan hastalar plasebo alanlar kadar analjezi bildirmektedir (Cooper, 1983; Dionne ve ark., 1999).

4. Preoperatif analjezik kullanımı

İşlem öncesinde bir NSAİİ ile tedavinin, hepsinde olmasa da birçok çalışmada (Dionne, 1986; Jackson, Moore & Hargreaves, 1989), önemli bir faydası olduğu gösterilmiştir (Niv, 1996). Ön tedavinin amacı, periferik nosiseptörlerden gelen girdiyi azaltarak hiperaljezi gelişimini engellemektir. NSAİİ alamayan hastalar için asetaminofen ile ön tedavinin de operasyon sonrası ağrıyı azalttığı gösterilmiştir (Dionne, 1986; Jackson, Moore & Hargreaves, 1989; Moore, Werther & Seldin, 1986).

Hastalara işlemden 30 dakika önce bir NSAİİ (örn. ibuprofen 400 mg veya flurbiprofen 100 mg) veya asetaminofen 1000 mg ile ön tedavi uygulanabilir (Dionne, 1986; Moore, Werther & Seldin, 1986).

5. Postoperatif ağrı yönetimi

Postoperatif ağrı yönetiminde esnek reçete planı, hem ağrı kontrolünü sağlamada hem de olası yan etkileri azaltmada etkili bir strateji olarak öne çıkar. Bu plan, iki ana yaklaşıma dayanır: Birincisi, narkotik olmayan analjeziklerin (NSAİİ'ler veya NSAİİ kullanamayan hastalarda asetaminofen gibi alternatifler) maksimum etkili dozlarına ulaşmak; ikincisi ise, hastanın hala orta ila şiddetli ağrı hissettiği durumlarda, NSAİİ analjezisini artıracak ek ilaçların değerlendirilmesidir Keiser ve Hargreaves, 2003; Hargreaves ve ark., 2004.

Özellikle tedavi öncesi ağrı veya mekanik allodini varlığı, bu tür kombine farmakoterapi ihtiyacını işaret edebilir. Yapılan araştırmalar, ibuprofen ve asetaminofen kombinasyonunun tek başına her iki ilaçtan daha etkili olduğunu göstermektedir. Örneğin, bir çalışmada ibuprofen 600 mg ile asetaminofen 1000 mg kombinasyonu, hem ibuprofenin tek başına kullanımına hem de

plasebo grubuna kıyasla, postoperatif dönemde önemli derecede ağrı kontrolü sağlamıştır (Breivik ve ark., 1999; Menhinick ve ark., 2003). Ancak, yapılan bir başka çalışmada bu kombinasyonun tek başına asetaminofene kıyasla belirgin bir üstünlük göstermediği bildirilmiştir (Wells ve ark., 2011).

Bununla birlikte, bazı nadir durumlarda, NSAİİ'lerin analjezik etkisini artırmak için opioid ilaçlar eklenebilir. Örneğin, ibuprofen ile hidrokodon kombinasyonu, analjezik etkinliği artırırken yan etki insidansını artırmadan etkili sonuçlar vermektedir (Dionne, 1986; Wideman ve ark., 1999). Aynı şekilde flurbiprofen ve tramadol kombinasyonunun kısa vadeli faydaları da gösterilmiştir (Doroshak ve ark., 1999). Ancak, çoğu klinik çalışma, NSAİİ'lerin ve asetaminofen ile kombine NSAİİ'lerin kullanımının opioid kombinasyonlarına kıyasla yeterli olabileceğini ve bu nedenle opioidlerin yalnızca nadiren gerekli olduğunu vurgulamaktadır (Cooper, 1995; Dionne ve ark., 1999).

Sonuç olarak, esnek reçete planının temel avantajı, hastanın ihtiyacına yönelik bir tedavi yaklaşımı sunmasıdır. Klinisyenler, ağrı kontrolünün yetersiz kaldığı nadir durumlar için hazırlıklı olmalı, ancak her durumda ilaçların maksimum günlük dozajını aşmamaya özen göstermelidir (Keiser & Hargreaves, 2003; Hargreaves ve ark., 2004). Bu strateji, hem hastaların ağrı düzeylerini etkin bir şekilde azaltırken hem de olası yan etkileri en aza indirmeyi amaçlar.

6.Kombine anajjezik tedavileri

Çalışmalar, bir NSAİİ ile asetaminofen kombinasyonunun, yalnızca NSAİİ'ye göre yaklaşık iki kat daha fazla analjezik yanıt sağladığını göstermektedir (Breivik, Barkvoll & Skovlund, 1999; Cooper, 1986; Menhinick, Gutmann & Regan, 2003; Wells, Drum & Nusstein, 2011). Örneğin, 600 mg ibuprofen ile 1000 mg

asetaminofen kombinasyonu, tedavi sonrası endodontik ağrı kontrolünde, tek başına ibuprofen veya plaseboya kıyasla anlamlı bir iyileşme sağlamıştır. Çalışmalar, kombinasyon tedavisinin ağrı yoğunluğunu anlamlı ölçüde azalttığını ortaya koymuştur.

Bununla birlikte, 600 mg ibuprofen ve 1000 mg asetaminofen kombinasyonunun etkisinin, tek başına asetaminofen ile benzer olduğunu gösteren çalışmalar da mevcuttur (Wells, Drum & Nusstein, 2011).

Ayrıca, NSAİİ ve asetaminofen-opiyat kombinasyonunun eşzamanlı uygulanmasının, tek başına bir NSAİİ'ye kıyasla daha etkili ağrı kontrolü sağladığı gösterilmiştir (Breivik, Barkvoll & Skovlund, 1999; Menhinick, Gutmann & Regan, 2003). Asetaminofen ve NSAİİ kombinasyonunun birlikte uygulanması, yan etkilerde artışa veya farmakokinetikte değişime yol açmadan iyi tolere edilmektedir (Breivik, Barkvoll & Skovlund, 1999; Lanza, Royer & Nelson, 1986; Menhinick, Gutmann & Regan, 2003; Wright ve ark., 1983)

7. Esnek Analjezik Stratejisi

Bir diğer farmakolojik yaklaşım ise, analjeziklerin reçetelenmesinde kişiye özel, esnek bir plan kullanılmasıdır (Cooper, 1995; Hargreaves, 2000; Hargreaves, Troullos & Dionne, 1987; Hargreaves & Keiser, 2004; Keiser, 2003; Keiser & Hargreaves, 2003; Troullos, Freeman & Dionne, 1986).

Bu esnek reçete planı, ameliyat sonrası ağrı kontrolünü optimize etmeyi ve yan etkileri en aza indirmeyi amaçlar. Bu bağlamda klinisyenin stratejisi iki yönlüdür:

Narkotik olmayan analjeziklerin maksimum etkili dozuna ulaşmak (örneğin, NSAİİ veya NSAİİ kullanamayan hastalarda asetaminofen),

Hastanın hâlâ orta ila şiddetli ağrı yaşadığı nadir durumlarda, NSAİİ'nin analjezik etkisini artırmak için ek ilaçlar kullanmayı değerlendirmek.

Tedavi öncesi ağrı varlığı veya mekanik allodini, bu tür NSAİİ kombinasyonlarının gerekli olabileceğine dair öngörücü bir gösterge olabilir.

Aspirin benzeri ilaçlar endike olduğu durumlarda:

Hafif ağrı: 200-400 mg ibuprofen veya 650 mg aspirin. Yetersiz kontrol sağlanırsa, 600-800 mg ibuprofen.

Orta şiddette ağrı: 600 mg ibuprofen + 1000 mg asetaminofen. Yetersiz kontrol sağlanırsa, kombinasyon değerlendirilir.

Şiddetli ağrı: 600 mg ibuprofen + asetaminofen/opioid kombinasyonu (10 mg oksikodona eşdeğer).

Aspirin benzeri ilaçlar kontrendike olduğu durumlarda:

Hafif ağrı: 650-1000 mg asetaminofen. Yetersiz kontrol sağlanırsa, doz artırımı.

Orta şiddette ağrı: 650-1000 mg asetaminofen + opioid (60 mg kodeine eşdeğer).

Şiddetli ağrı: 1000 mg asetaminofen + opioid kombinasyonu (10 mg oksikodona eşdeğer).

8. Sonuç

Endodontik tedavilerde ağrı yönetimi, hastanın konforunu artırmak ve tedavi başarısını desteklemek için kritik bir öneme sahiptir. Günümüzde analjezik seçeneklerinin doğru ve etkin kullanımı, preoperatif ve postoperatif süreçlerde ağrı kontrolünde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Narkotik olmayan analjezikler,

özellikle non-steroidal anti-inflamatuar ilaçlar (NSAİİ) ve asetaminofen, ilk basamak tedavide etkinlikleri ve düşük yan etki profilleri ile öne çıkmaktadır. NSAİİ'lerin anti-inflamatuar etkisi, ağrının kaynağına doğrudan müdahale ederken, asetaminofen ile kombinasyonu, analjezik etkinliği artırarak opioid ihtiyacını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Opioid analjezikler ise şiddetli ağrı durumlarında etkili olsa da, yan etki profili ve bağımlılık potansiyeli nedeniyle dikkatli kullanılması gereken bir seçenek olarak değerlendirilmelidir. Hastaya özgü ağrı yönetiminde esnek analjezik stratejileri, ağrı şiddeti ve klinik duruma göre ilaç seçimini yönlendiren önemli bir yaklaşımdır. Multimodal tedavi protokolleri, ağrı kontrolünü optimize ederken, ilaç etkileşimleri ve yan etki risklerini de en aza indirmektedir. Ayrıca preoperatif analjezik kullanımı, postoperatif ağrı şiddetini azaltmada etkili bir strateji olarak desteklenmiştir.

Sonuç olarak, endodontik ağrı yönetimi, bilimsel kanıtlara dayalı, hasta odaklı ve multidisipliner bir yaklaşım gerektirir. NSAİİ'ler, asetaminofen ve gerektiğinde opioid kombinasyonları, klinisyenlerin bireyselleştirilmiş ağrı protokolleri oluşturmasına olanak tanır. Gelecekteki çalışmalar, yeni analjezik formülasyonlar ve uygulama tekniklerinin geliştirilmesiyle, ağrı yönetiminde daha güvenli ve etkili çözümler sunacaktır. Bu doğrultuda, klinisyenlerin güncel kılavuzlar ve kanıta dayalı uygulamaları takip ederek, hastalarının yaşam kalitesini en üst düzeye çıkarması hedeflenmelidir.

Kaynaklar

Asarch, T., Allen, K., Petersen, B., & et al. (1999). Efficacy of a computerized local anesthesia device in pediatric dentistry. *Pediatric Dentistry*, 21(7), 421.

Bosco, D. A., Haas, D. A., Young, E. R., & et al. (1993). An anaphylactoid reaction following local anesthesia: A case report. *Anesthesia and Pain Control in Dentistry*, 2(2), 87.

Breivik, E., Barkvoll, P., & Skovlund, E. (1999). Combining diclofenac with acetaminophen or acetaminophen-codeine after oral surgery: A randomized, double-blind, single oral dose study. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 66(6), 625.

Byrne, B. (2004). Drug interactions: A review and update. *Endodontic Topics*, 4(1), 9.

Cairns, B. E., Dong, X. D., Wong, H., & et al. (2012). Intramuscular ketorolac inhibits activation of rat peripheral NMDA receptors. *Journal of Neurophysiology*, 107(12), 3308.

Chandrasekharan, N. V., Dai, H., Roos, K. L., & et al. (2002). COX-3, a cyclooxygenase-1 variant inhibited by acetaminophen and other analgesic/antipyretic drugs: Cloning, structure, and expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 99(21), 13926.

Cooper, S., Berrie, R., & Cohn, P. (1988). The analgesic efficacy of ketoprofen compared to ibuprofen and placebo. *Advances in Therapy*, 5(1), 43.

Cooper, S. (1983). New peripherally acting oral analgesics. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 23(1), 617.

Cooper, S. (1995). Treating acute dental pain. *Postgraduate Dentistry*, 2(4), 7.

Cooper, S. A. (1986). The relative efficacy of ibuprofen in dental pain. *Compendium of Continuing Education in Dentistry*, 7(3), 580.

Dionne, R. (1999). COX-2 inhibitors: Better than ibuprofen for dental pain? *Compendium*, 20(5), 518.

Dionne, R. (1986). Suppression of dental pain by the preoperative administration of flurbiprofen. *American Journal of Medical Sciences*, 80(2), 41.

Dionne, R. A., & Berthold, C. (2000). Therapeutic uses of non-steroidal anti-inflammatory drugs in dentistry. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 12(4), 315.

Dionne, R. A., Lepinski, A. M., Gordon, S. M., et al. (2001). Analgesic effects of peripherally administered opioids in clinical models of acute and chronic inflammation. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 70(1), 66.

Dionne, R. A. (1999). Additive analgesic effects of oxycodone and ibuprofen in the oral surgery model. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 57(6), 673.

Dong, X. D., Svensson, P., & Cairns, B. E. (2009). The analgesic action of topical diclofenac may be mediated through peripheral NMDA receptor antagonism. *Pain*, 15(4), 36.

Fehrenbacher, J., Sun, X. X., Locke, E., et al. (2009). Capsaicin-evoked iCGRP release from human dental pulp: A model system for the study of peripheral neuropeptide secretion in normal healthy tissue. *Pain*, 144(3), 253.

Gage, T., & Pickett, F. (2000). *Mosby's dental drug reference* (4th ed.). St. Louis, MO: Mosby.

Gear, R. W., Miaskowski, C., Gordon, N. C., et al. (1996). Kappa-opioids produce significantly greater analgesia in women than in men. *Nature Medicine*, 2(11), 1248.

Hargreaves, K., & Joris, J. (1993). The peripheral analgesic effects of opioids. *APS Journal*, 2(2), 51.

Hargreaves, K., Troullos, E., & Dionne, R. (1987). Pharmacologic rationale for the treatment of acute pain. *Dental Clinics of North America*, 31(4), 675.

Hargreaves, K. (2000). Neurochemical factors in injury and inflammation in orofacial tissues. In J. P. Lund, G. J. Lavigne, & R. Dubner (Eds.), *Orofacial pain: Basic sciences to clinical management*. Chicago, IL: Quintessence.

Hargreaves, K. M., & Keiser, K. (2004). New advances in the management of endodontic pain emergencies. *Journal of the California Dental Association*, 32(6), 469.

Hersh, E. V., Lally, E. T., & Moore, P. A. (2005). Update on cyclooxygenase inhibitors: Has a third COX isoform entered the fray? *Current Medical Research and Opinion*, 21(8), 1217.

Holstein, A., Hargreaves, K. M., & Niederman, R. (2002). Evaluation of NSAIDs for treating post-endodontic pain. *Endodontic Topics*, 3(1), 3.

Keenan, J. V., Farman, A., Fedorowicz, Z., et al. (2006). A Cochrane systematic review finds no evidence to support the use of antibiotics for pain relief in irreversible pulpitis. *Journal of Endodontics*, 32(2), 87.

Keiser, K., & Hargreaves, K. M. (2003). Strategies for managing the endodontic pain patient. *Journal of the Tennessee Dental Association*, 83(4), 24.

Keiser, K. (2003). Strategies for managing the endodontic pain patient. *Texas Dental Journal*, 120(3), 250.

Kerckhove, N., Mallet, C., François, A., et al. (2014). Cav3.2 calcium channels: The key protagonist in the supraspinal effect of paracetamol. *Pain*, 155(4), 764.

Khan, A. A., & Dionne, R. A. (2002). The COX-2 inhibitors: New analgesic and anti-inflammatory drugs. *Dental Clinics of North America*, 46(4), 679.

Kis, B., Snipes, A., Bari, F., et al. (2004). Regional distribution of cyclooxygenase-3 mRNA in the rat central nervous system. *Brain Research Molecular Brain Research*, 126(2), 78.

Laine, L., Bombardier, C., Hawkey, C. J., et al. (2002). Stratifying the risk of NSAID-related upper gastrointestinal clinical events: Results of a double-blind outcomes study in patients with rheumatoid arthritis. *Gastroenterology*, 123(4), 1006.

Lanza, F. L., Royer, G. L., Nelson, R. S., et al. (1986). Effect of acetaminophen on human gastric mucosal injury caused by ibuprofen. *Gut*, 27(4), 440.

Larson, A. M., Polson, J., Fontana, R. J., et al. (2005). Acute liver failure study group: Acetaminophen-induced acute liver failure: Results of a United States multicenter, prospective study. *Hepatology*, 42(6), 1364.

Malmberg, A., & Yaksh, T. (1992). Antinociceptive actions of spinal nonsteroidal anti-inflammatory agents on the formalin test in rats. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*, 263(1), 136.

McGettigan, P., & Henry, D. (2006). Cardiovascular risk and inhibition of cyclooxygenase: A systematic review of the observational studies of selective and nonselective inhibitors of cyclooxygenase 2. *JAMA*, 296(13), 1633.

Menhinick, K., Gutmann, J., Regan, J., et al. (2003). The efficacy of pain control following nonsurgical root canal treatment using ibuprofen or a combination of ibuprofen and acetaminophen in a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *International Endodontic Journal*, 37(8), 531.

Moore, P., Werther, J. R., Seldin, E. B., et al. (1986). Analgesic regimens for third molar surgery: Pharmacologic and behavioral considerations. *Journal of the American Dental Association*, 113(5), 739.

Moore, P. A., & Hersh, E. V. (2013). Combining ibuprofen and acetaminophen for acute pain management after third-molar extractions: Translating clinical research to dental practice. *Journal of the American Dental Association*, 144(8), 898.

Niv, D. (1996). Intraoperative treatment of postoperative pain. In J. N. Campbell (Ed.), *Pain 1996: An updated review* (pp. xx-xx). Seattle, WA: IASP Press.

Nusstein, J. M., & Beck, M. (2003). Effectiveness of 20% benzocaine as a topical anesthetic for intraoral injections. *Anesthesia Progress*, 50(4), 159.

Ryan, J. F., Jureidini, B., Hodges, J. S., et al. (2008). Gender differences in analgesia for endodontic pain. *Journal of Endodontics*, 34(5), 552.

Schwab, J. M., Schluesener, H. J., Meyermann, R., et al. (2003). COX-3 the enzyme and the concept: Steps towards highly

specialized pathways and precision therapeutics? *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 69(4), 339.

Spiegel, B. M., Chiou, C. F., & Ofman, J. J. (2005). Minimizing complications from nonsteroidal antiinflammatory drugs: Cost-effectiveness of competing strategies in varying risk groups. *Arthritis & Rheumatism*, 53(2), 185.

Svensson, C. I., & Yaksh, T. L. (2002). The spinal phospholipase-cyclooxygenase-prostanoid cascade in nociceptive processing. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 42(1), 553.

Taggar, T. J., Wu, D., & Khan, A. A. (2017). A randomized clinical trial comparing two ibuprofen formulations in patients with acute odontogenic pain. *Journal of Endodontics*, 43(5), 674.

Troullos, E., Freeman, R., & Dionne, R. (1986). The scientific basis for analgesic use in dentistry. *Anesthesia Progress*, 33(3), 123.

Turner, C. L., Eggleston, G. W., Lunos, S., et al. (2011). Sniffing out endodontic pain: Use of an intranasal analgesic in a randomized clinical trial. *Journal of Endodontics*, 37(4), 439.

Wallace, J. (1999). Selective COX-2 inhibitors: Is the water becoming muddy? *Trends in Pharmacological Sciences*, 20(1), 4.

Wells, L. K., Drum, M., Nusstein, J., et al. (2011). Efficacy of ibuprofen and ibuprofen/acetaminophen on postoperative pain in symptomatic patients with a pulpal diagnosis of necrosis. *Journal of Endodontics*, 37(12), 1608.

Wolf, M., Lichtenstein, D., & Singh, G. (1999). Gastrointestinal toxicity of nonsteroidal antiinflammatory drugs. *New England Journal of Medicine*, 340(24), 1888.

Wright, C., Antal, E. J., Gillespie, W. R., et al. (1983). Ibuprofen and acetaminophen kinetics when taken concurrently. *Clinical Pharmacology and Therapeutics*, 34(6), 707.

Wynn, R., Meiller, T., & Crossley, H. (2000). *Drug information handbook for dentistry*. Hudson, OH: Lexi-Comp.

BÖLÜM V

Periapikal Lezyonların Değerlendirilmesinde Güncel Bir Yaklaşım: Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal Hacim İndeksi

Selin GÖKER KAMALI¹

Giriş

Periapikal lezyonlar, kök kanal sisteminin bakteriyel enfeksiyonundan kaynaklanan apikal periodontitis ile ilişkili inflamatuvar durumlardır. Periapikal inflamasyon sırasında salınan sitokinler periradiküler dokularda yıkıma ve radyografilerde radyolusensiye neden olur (Nair, 2004). Apikal periodontitis, asemptomatik (kronik) veya semptomatik (akut) lezyonlar olarak ortaya çıkabilir ve en yaygın histolojik tipleri periapikal granülomlar ve radiküler kistlerdir (Nair, 1998; Ricucci & ark., 2020). Bu lezyonların zamanında ve doğru teşhisi, etkili endodontik tedavi ve prognoz için kritik öneme sahiptir.

¹ Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi, ORCID: 0000-0002-3995-8019, dtselingsoker@gmail.com

Periapikal ve panoramik radyografiler gibi geleneksel görüntüleme yöntemleri diş hekimliği pratiğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle periapikal görüntüleme kolay erişilebilir olması, kullanımının kolay olması ve düşük radyasyon dozuna sahip olması nedeniyle endodontide en sık kullanılan intraoral görüntüleme tekniğidir (Yılmaz & ark., 2016). Ancak konvansiyonel görüntüleme teknikleri karmaşık üç boyutlu yapıların iki boyutlu görüntülerini sağlar. Bu nedenle uzamsal bilgi kaybı, anatomik süperimpozisyon, çevre anatomiden kaynaklanan gürültü, geometrik distorsiyon, açılama hataları ve çevreleyen kemik yoğunluğu gibi faktörler periapikal lezyonların gerçek boyutunu ve şeklini görmeyi zorlaştırabilir (Molven, Halse & Fristad, 2002; Huuomonen & Ørstavik, 2002). Bu sınırlamalar, özellikle küçük olduklarında veya zorlu anatomik alanlarda bulduklarında, lezyonların gözden kaçmasına veya yanlış teşhis edilmesine neden olur (Estrela & ark., 2008a; Low & ark., 2008; George & ark., 2016) Buna karşılık, üç boyutlu bir görüntüleme tekniği olan konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) dişlerin ve ilişkili patolojilerin aksiyel, sagittal ve koronal düzlemlerde kesitler halinde görüntülenmesine olanak tanır ve süperimpozisyon sorununu ortadan kaldırarak ayrıntılı üç boyutlu görüntüler üretir (Haridas & ark., 2016).

CBCT, periapikal lezyonların saptanmasında konvansiyonel radyografiye kıyasla önemli avantajlar sunar (Haridas & ark., 2016). Yapılan çalışmalar, CBCT'nin periapikal lezyonların tespitinde konvansiyonel görüntüleme tekniklerine göre daha yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olduğunu göstermiştir (Lofthag-Hansen & ark., 2007; Low & ark., 2008; Liang & ark., 2014). Periapikal radyografiler süngerimsi kemik içinde sınırlı lezyonları saptamakta başarısız olabilirken, CBCT 3 boyutlu görüntüleme yeteneği sayesinde lezyonları daha erken aşamalarda saptayabilir (Estrela & ark., 2008). Lofthag-Hansen ve arkadaşları, CBCT'nin

periapikal radyografilere kıyasla yaklaşık %30 daha fazla periapikal lezyon saptadığını bildirmiştir (Lofthag-Hansen & ark., 2007). Benzer şekilde, Liang ve arkadaşları CBCT'nin mandibuladaki periapikal lezyonları tespit etmede periapikal radyografilere göre daha etkili olduğunu ve periapikal radyografilerde lezyon tespitinin lezyon şekline göre ziyade lezyon hacmi ve diş pozisyonundan büyük ölçüde etkilendiğini bildirmiştir (Liang & ark., 2014). Periapikal lezyonların gerçek şekil ve boyutlarında görüntülenmesine olanak tanıyan CBCT daha doğru teşhis ve etkili tedavi planlaması sağlar. Ayrıca CBCT, erken evre lezyonların teşhisi ve iyileşmenin kalıcı patolojiden ayırt edilmesi için kritik öneme sahip olan kemik yoğunluğu ve trabeküler desendeki ince değişiklikleri tespit etmeye yardımcı olur. Bu gelişmiş teşhis yeteneği klinisyenlerin yanlış tanı ve gereksiz tedavilerden kaçınmasını sağlar (Estrela & ark., 2008a).

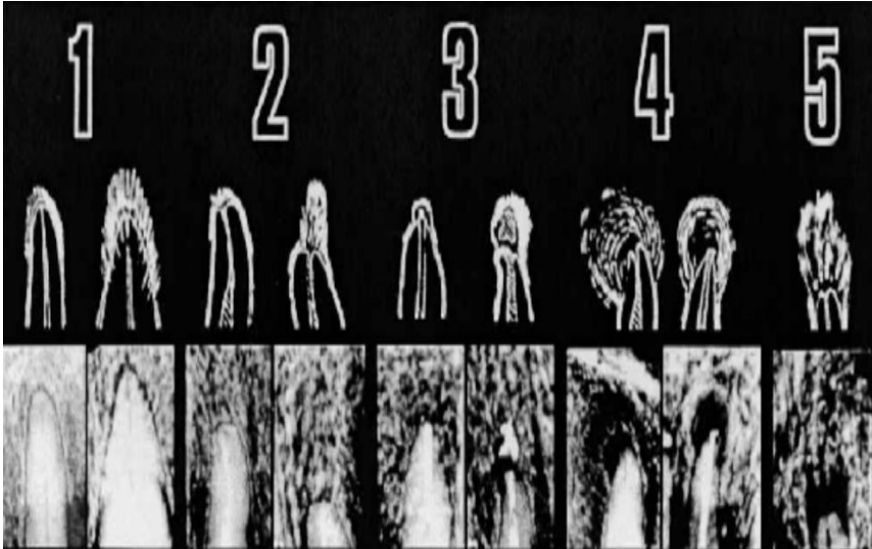
Periapikal lezyonların sınıflandırılmasında kullanılan indeksler, radyografik bulguları karşılaştırmak için nesnel bir çerçeve sunarak tanı ve tedavi planlamasında tutarlılık ve doğruluk sağlar. Bu indeksler, klinisyenlerin lezyon boyutunu, ilerlemesini ve iyileşmesini zaman içinde tutarlı bir şekilde ölçmelerine olanak tanır. Ayrıca, periapikal patolojiyi raporlamak ve yorumlamak için ortak bir dil sunarak klinisyenler ve araştırmacılar arasında iletişimi kolaylaştırır. Standartlaştırılmış indeksler olmadan, lezyon şiddetinin değerlendirilmesi uygulayıcılar arasında önemli ölçüde farklılık gösterebilir ve bu da yanlış tanıya veya tutarsız tedavi yaklaşımlarına yol açabilir.

1. Periapikal İndeks (PAI)

Konvansiyonel radyografilerde gözlemlenen periapikal durumların değerlendirilmesini standardize etmek için en yaygın kullanılan indeks, Ørstavik ve arkadaşları tarafından 1986 yılında epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmak üzere geliştirilen

Periapikal İndeks'tir (PAI) (Ørstavik, Kerekes & Eriksen, 1986). Bu sistem, konvansiyonel radyografilerdeki dişlerin periapikal durumlarını 1 (sağlıklı) ile 5 (şiddetli kemik yıkımı) arasında bir ölçekte kategorize eder (Ørstavik, Kerekes & Eriksen, 1986) (Şekil 1):

- **1:** Normal, sağlıklı periapikal doku.
- **2:** Kemik yapısında küçük değişiklikler vardır ancak apikal periodontitis teşhisi için yeterli radyografik görüntü yoktur.
- **3:** Apikal periodontitise özgü, mineral kaybı ile gözlenen, kemikteki yapısal değişiklikler.
- **4:** Belirgin ve sınırları kesin bir radyolusensi.
- **5:** Kemikte şiddetli yıkım ile karakterize radyolusensi.



Şekil 1: Periapikal indeks

Kaynak: Ørstavik, Kerekes & Eriksen, 1986

Referans görüntüleme dayalı bu sistem, periapikal lezyonların değerlendirilmesinde objektif bir yöntem sunarak klinik uygulamalarda ve araştırmalarda tutarlı sonuçlar sağlar. PAI, kolay kullanım imkânı sunduğu için farklı deneyim seviyelerindeki klinisyenler tarafından uygulanabilir. Ayrıca, lezyonların ilerlemesini ve iyileşmesini takip ederek tedavi etkinliğinin değerlendirilmesine yardımcı olur. Ancak iki boyutlu görüntülemeye dayandığı için lezyonların derinliği ve hacmi hakkında sınırlı bilgi verir. Süperimpozisyon ve geometrik distorsiyon nedeniyle lezyon sınırlarının doğru bir şekilde değerlendirilmesini zorlaştırabilir. Ayrıca radyografik duyarlılığın sınırlı olması nedeniyle erken dönem lezyonların tespiti her zaman mümkün olmayabilir. Bu nedenlerle gerektiğinde CBCT gibi üç boyutlu görüntüleme teknikleriyle desteklenmesi önerilmektedir (Estrela & ark., 2008a).

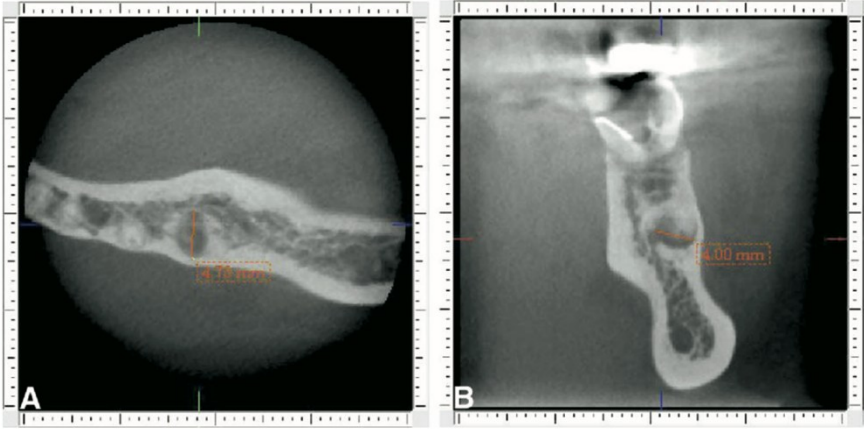
2. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal İndeksi (CBCTPAI)

İki boyutlu görüntü sağlayan geleneksel görüntüleme tekniklerini kullanarak periapikal lezyonların boyutunu, derinliğini ve kapsamını kesin olarak belirlemek zordur. Bu durum tutarsız tanımlara ve yanlış negatif sonuçlara neden olabilir (Estrela & ark., 2008a). Bu sınırlamalar, üç boyutlu görüntüleme tabanlı bir indekse ihtiyaç duyulmasına yol açmıştır.

Periapikal lezyonların değerlendirilmesinde konvansiyonel görüntüleme tekniklerinin limitasyonlarının üstesinden gelmek için Estrela ve arkadaşları 2008'de Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal İndeksi'ni (CBCTPAI) geliştirmiştir (Estrela & ark., 2008b). CBCT görüntülerine dayalı olarak geliştirilen bu indekste, periapikal lezyonlar bukkopalatal, meziodistal ve diyagonal düzlemlerde değerlendirilerek lezyonun en büyük çapı skorum için

kullanılır (Şekil 2). CBCTPAI, kortikal kemik genişlemesi ve yıkımını dikkate alarak periapikal lezyonları 0 (sağlıklı) ile 5 (şiddetli kemik kaybı) arasında bir ölçekte skorlar (Estrela & ark., 2008b):

- **0:** Periapikal kemik yapıları sağlıklıdır.
- **1:** Periapikal radyolusensinin çapı 0,5-1 mm arasındadır.
- **2:** Periapikal radyolusensinin çapı 1-2 mm arasındadır.
- **3:** Periapikal radyolusensinin çapı 2-4 mm arasındadır.
- **4:** Periapikal radyolusensinin çapı 4-8 mm arasındadır.
- **5:** Periapikal radyolusensinin çapı 8 mm'den büyüktür.
- **D:** Kortikal kemikte yıkım mevcuttur.
- **E:** Kortikal kemikte genişleme vardır.



Şekil 2: Periapikal lezyonun en geniş çapının belirlenmesi.

Kaynak: Estrela & ark., 2008

PAI ile karşılaştırıldığında CBCTPAI, üç boyutlu görüntüleme kullanarak periapikal lezyonların daha doğru ve detaylı değerlendirilmesini sağlar ve lezyon boyutunu daha hassas bir şekilde sınıflandırır. Yanlış negatif tanı riskini ve gözlemci değişkenliğini azaltarak klinik ve epidemiyolojik çalışmaların güvenilirliğini artırır. Ancak CBCTPAI lezyonları 3 boyuttaki maksimum çapına göre değerlendirir, lezyonun gerçek hacmini dikkate almaz (Estrela & ark., 2008b). Bu sınırlama, sınıflandırmada ve tedavi sonuçlarının tahmininde önemli farklılıklara yol açabilir. Benzer maksimum çaplara sahip lezyonlar farklı hacimlere sahip olabilir (Boubaris & ark., 2021). Bu durum klinik karar verme sürecini ve iyileşme sürecinin değerlendirilmesini etkileyebilir. CBCTPAI, lezyon şiddetini hızlı bir şekilde değerlendirmek için yararlıdır. Ancak düzensiz şekilli veya uzunlamasına lezyonların gerçek kapsamını yakalayamayabilir (Kazemipoor, Sabaghzadegan, & Ardakani, 2019; Sukegawa & ark., 2020).

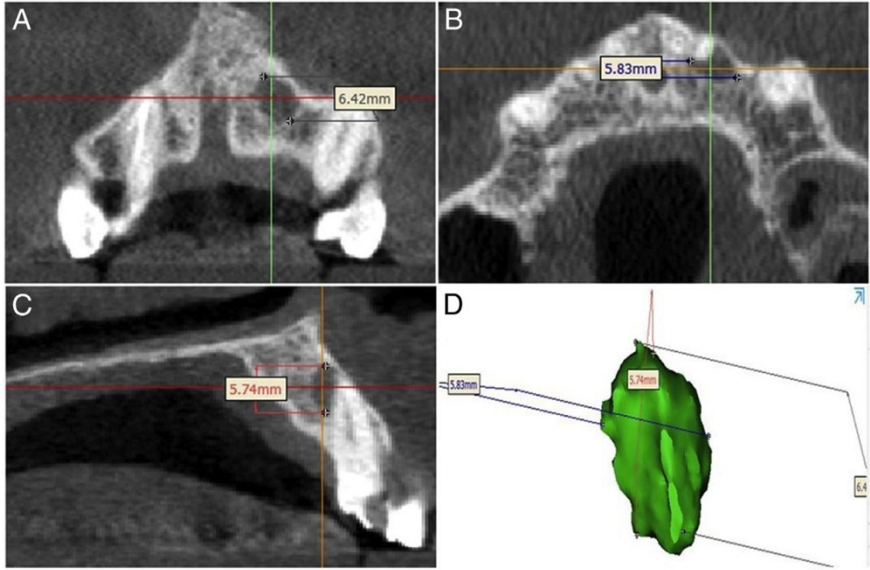
3. Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal Hacim İndeksi (CBCTPAVI)

Periapikal iyileşmeyi değerlendirmek için lezyon hacmindeki değişikliklere odaklanan çalışmalarla birlikte (van der Borden & ark., 2013; Metska & ark., 2013; Zhang & ark., 2015; Cardoso & ark., 2015; Kim & ark., 2016), CBCTPAI periapikal lezyonların gerçek hacmini hesaba katmadığı için, lezyonları hacimlerine göre sınıflandırmak önemli hale gelmiştir. Boubaris ve arkadaşları tarafından 2021 yılında CBCTPAI'nin limitasyonlarını gidermek için Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal Hacim İndeksi (CBCTPAVI) tanıtılmıştır (Boubaris & ark., 2021).

Bu hacim tabanlı 3 boyutlu görüntüleme indeksi oluşturulurken öncelikle CBCT görüntülerindeki periapikal lezyonların hacimleri, özel görüntüleme yazılımı olan Mimics'in

(Mimics Research v21.0.0.406; Materialise NV, Leuven, Belgium) yarı otomatik segmentasyon tekniği kullanılarak ölçölmüştür (Şekil 3). Hacimleri ölçölen lezyonları gruplara ayırmak için ise makine öğrenimi yaklaşımının bir parçası olan bölüm sınıflandırma analizi kullanılmıştır. Bu yöntem, optimum hacim eşiklerini belirleyerek yeni sınıflandırma kuralları oluşturmuştur. Hassasiyeti ve tutarlılığı geliştirmek için eklenen kategoriler sonucunda CBCTPAVI ortaya çıkmıştır (Boubaris & ark., 2021). CBCTPAVI, lezyonları hacimlerine göre 0'dan 6'ya kadar skorlamaktadır (Boubaris & ark., 2021):

- **0:** Periapikal kemik yapıları sağlıklıdır.
- **1:** Periapikal lezyonun hacmi 0,01-0,20 mm³ arasındadır.
- **2:** Periapikal lezyonun hacmi 0,21-0,70 mm³ arasındadır.
- **3:** Periapikal lezyonun hacmi 0,71-8,00 mm³ arasındadır.
- **4:** Periapikal lezyonun hacmi 8,01-70,00 mm³ arasındadır.
- **5:** Periapikal lezyonun hacmi 70,01-100,00 mm³ arasındadır.
- **6:** Periapikal lezyonun hacmi 100,00 mm³'den büyüktür.



Şekil 3: Periapikal lezyonun hacminin hesaplanması. (A) Koronal görünüm, (B) Aksiyel görünüm, (C) Sagittal görünüm ve (D) Lezyonun 3 boyutlu gösterimi.

Kaynak: Boubaris & ark., 2021

Periapikal lezyonların yayıldıkça daireselliğini korumadığı, bunun yerine kemikte en az dirençli yolu izlediği gösterilmiştir (Kazemipoor, Sabaghzadegan, & Ardakani, 2019; Sukegawa & ark., 2020). Boubaris ve arkadaşları CBCTPAVI indeksini oluştururken hacimler ve CBCTPAI puanları arasında büyük farklar bularak bu sonucu doğrulamıştır (Boubaris & ark., 2021). CBCT görüntüleri kullanılarak lezyonların 3 boyutlu olarak incelenip skorlanması esasına dayanan CBCTPAI ve CBCTPAVI arasındaki farklar Tablo 1'de gösterilmektedir (Estrela & ark., 2008b; Boubaris & ark., 2021).

Tablo 1: CBCTPAI ve CBCTPAVI Arasındaki Farklar

	CBCTPAI	CBCTPAVI
Ölçüm Temeli	Periapikal lezyonlar bukkopalatal, meziodistal ve diyagonal düzlemlerde değerlendirilerek lezyonun en geniş doğrusal çapı ölçülür.	Lezyonun gerçek 3 boyutlu hacmi ölçülür ve lezyon boyutunun daha kapsamlı değerlendirilmesini sağlar.
Doğruluk	Lezyon boyutunun hızlı bir tahminini sağlar ancak düzensiz veya uzunlamasına lezyonları doğru bir şekilde yansıtmayabilir.	Lezyonun gerçek boyutunu ve şeklini daha doğru bir şekilde temsil eder.
Klinik Kullanım	Lezyon şiddetinin ilk tanısı ve sınıflandırılması için faydalıdır.	Tedavi sonuçlarını değerlendirmek ve iyileşme sırasında hacimsel değişiklikleri izlemek için idealdir.

Sonuç

Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi Periapikal Hacim İndeksi (CBCTPAVI), periapikal lezyonların değerlendirilmesinde güncel ve hassas bir yaklaşım sunmaktadır. Bu yeni üç boyutlu hacim temelli indeks, önceki indekslerin eksikliklerini gidererek daha doğru sınıflandırma yapılmasına ve tedavi sonuçlarının daha iyi öngörülmesine olanak tanımaktadır. CBCTPAVI, periapikal patolojilerin üç boyutlu değerlendirmesinin standardize edilmesinde

ve klinisyenler arasında tutarlı iletişimin sağlanmasında önemli bir adım olup, yüksek duyarlılık ve doğruluk oranlarıyla klinisyenlerin lezyon iyileşmesini daha etkin bir şekilde izlemelerine ve tedavi planlamalarını iyileştirmelerine katkıda bulunacaktır.

Kaynaklar

Boubaris, M., Chan, K. L., Zhao, W., Cameron, A., Sun, J., Love, R., & George, R. (2021). A novel volume-based cone-beam computed tomographic periapical index. *Journal of endodontics*, 47(8), 1308-1313.

Cardoso, F. G., Ferreira, N. S., Martinho, F. C., Nascimento, G. G., Manhães Jr, L. R., Rocco, M. A., Carvalho, C. A. T., & Valera, M. C. (2015). Correlation between volume of apical periodontitis determined by cone-beam computed tomography analysis and endotoxin levels found in primary root canal infection. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1015-1019.

Estrela, C., Bueno, M. R., Leles, C. R., Azevedo, B., & Azevedo, J. R. (2008a). Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *Journal of endodontics*, 34(3), 273-279.

Estrela, C., Bueno, M. R., Azevedo, B. C., Azevedo, J. R., & Pécora, J. D. (2008b). A new periapical index based on cone beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 34(11), 1325-1331.

George, R., Nair, R. G., Manakil, J., & Cosson, J. (2016). Are we missing something? Imaging challenge-A case report. *Endodontic Practice Today*, 10(1).

Haridas, H., Mohan, A., Papisetti, S., & Ealla, K. K. (2016). Computed tomography: will the slices reveal the truth. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 6(Suppl 2), 85-92.

Huumonen, S., & Ørstavik, D. (2002). Radiological aspects of apical periodontitis. *Endodontic topics*, 1(1), 3-25.

Kazemipoor, M., Sabaghzadegan, F., & Ardakani, F. E. (2019). Pattern of endodontic periapical lesion extension in anterior

teeth: A CBCT study in an Iranian population. *Iranian Endodontic Journal*, 14(4), 259.

Kim, D., Ku, H., Nam, T., Yoon, T. C., Lee, C. Y., & Kim, E. (2016). Influence of size and volume of periapical lesions on the outcome of endodontic microsurgery: 3-dimensional analysis using cone-beam computed tomography. *Journal of endodontics*, 42(8), 1196-1201.

Liang, Y. H., Jiang, L., Gao, X. J., Shemesh, H., Wesselink, P. R., & Wu, M. K. (2014). Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *International endodontic journal*, 47(4), 332-338.

Lofthag-Hansen, S., Huumonen, S., Gröndahl, K., & Gröndahl, H. G. (2007). Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 103(1), 114-119.

Low, K. M., Dula, K., Bürgin, W., & von Arx, T. (2008). Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *Journal of endodontics*, 34(5), 557-562.

Metska, M. E., Parsa, A., Aartman, I. H. A., Wesselink, P. R., & Ozok, A. R. (2013). Volumetric changes in apical radiolucencies of endodontically treated teeth assessed by cone-beam computed tomography 1 year after orthograde retreatment. *Journal of Endodontics*, 39(12), 1504-1509.

Molven, O., Halse, A., & Fristad, I. (2002). Long-term reliability and observer comparisons in the radiographic diagnosis of periapical disease. *International Endodontic Journal*, 35(2), 142-147.

Nair, P. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15(6), 348-381.

Nair, P.N. (1998) New perspectives on radicular cysts: do they heal? *International Endodontic Journal*, 31(3), 155–160.

Ørstavik, D., Kerekes, K., & Eriksen, H. M. (1986). The periapical index: a scoring system for radiographic assessment of apical periodontitis. *Dental Traumatology*, 2(1), 20-34.

Ricucci, D., Rôças, I.N., Hernández, S. & Siqueira, J.F., Jr. (2020) “True” Versus “Bay” apical cysts: clinical, radiographic, histopathologic, and histobacteriologic features. *Journal of Endodontics*, 46(9), 1217–1227.

Sukegawa, S., Matsuzaki, H., Katase, N., Kawai, H., Kanno, T., Asami, J. I., & Furuki, Y. (2020). Morphological characteristics of radicular cysts using computed tomography. *Odontology*, 108, 74-83.

van der Borden, W. G., Wang, X., Wu, M. K., & Shemesh, H. (2013). Area and 3-dimensional volumetric changes of periapical lesions after root canal treatments. *Journal of endodontics*, 39(10), 1245-1249.

Yılmaz, F., Kamburoglu, K., Yeta, N. Y., & Öztan, M. D. (2016). Cone beam computed tomography aided diagnosis and treatment of endodontic cases: Critical analysis. *World Journal of Radiology*, 8(7), 716.

Zhang, M. M., Liang, Y. H., Gao, X. J., Jiang, L., van der Sluis, L., & Wu, M. K. (2015). Management of apical periodontitis: healing of post-treatment periapical lesions present 1 year after endodontic treatment. *Journal of Endodontics*, 41(7), 1020-1025.

BÖLÜM VI

Rehberli Endodontide Teknik Başarı

İdil ÖZDEN¹

Giriş

Tarih boyunca cerrahi alanlarda kullanılan teknolojiler, beyin cerrahisi gibi hassas ve karmaşık disiplinlerin başarılarını artırmada kritik bir rol oynamıştır. Beyin cerrahisinin derin yapılarda ince müdahaleler yapmayı mümkün kılan "rehberli cerrahi" teknikleri, ilk kez 1980'lerde nöroşirurjide kullanılarak tıp dünyasında devrim yaratmıştır. Bu teknolojinin sağladığı kesinlik ve güvenilirlik, zamanla diğer cerrahi alanlara da adapte edilmiştir. Ortopedi alanında rehberli cerrahinin kullanımı, 20. yüzyılın ortalarında başlamıştır. Özellikle travma cerrahisinde rehber kullanımı yaygınlaşmıştır. Başlangıçta manuel yöntemlerle yapılan kemik kırığı tespiti ve yerleştirme işlemleri, bilgisayar destekli navigasyon sistemlerinin ortopedik cerrahiye entegre edilmesiyle, protez yerleştirme ve omurga cerrahisi gibi karmaşık operasyonlarda doğruluğu ve güvenliği artırmıştır. Kulak burun boğaz alanında

¹ Marmara Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Endodonti Anabilim Dalı, Dr. Öğr. Üyesi, ORCID ID: 0000-0003-0838-4355; idil.akman94@gmail.com

rehberli cerrahi, özellikle sinüs cerrahisi ile 1990'lı yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. Sinüs ameliyatlarında anatomik yapıların karmaşıklığı ve sinirlerin yakınlığı nedeniyle, cerrahların hatasız bir şekilde çalışabilmesi için bilgisayar destekli cerrahi rehberlik sistemleri geliştirilmiştir. İlk başta endoskopik sinüs cerrahisinde kullanılan bu teknolojiler, zamanla tümör çıkarılması ve kafa tabanı cerrahisi gibi daha kompleks operasyonlara da uygulanmıştır.

Diş hekimliği alanında rehberli cerrahinin ilk kullanımı, 2000'li yılların başında, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve CAD/CAM sistemleri gibi dijital görüntüleme teknolojilerinin gelişmesiyle implantoloji alanında olmuştur. Dijital planlama ve 3D yazıcıyla üretilen cerrahi kılavuzlar kullanılarak, dental implantların yerleştirilmesinde hassasiyet ve öngörülebilirlik sağlanmıştır.

Rehberli endodonti, rehberli implantolojiden ilham alarak geliştirilen ve ilk kez 2016 yılında Krastl ve arkadaşları ile Zehnder ve arkadaşları tarafından tanıtılan yenilikçi bir kavramdır (Zehnder ve ark., 2016; Krastl ve ark., 2016). Bu yöntem, CBCT görüntüleri ve ağız içi taramaların bir kombinasyonu kullanılarak üç boyutlu bir model oluşturulması esasına dayanır. Bu model üzerinde, kök kanal boşluğuna erişim sağlayacak bir şablon hazırlanır. Şablonun 3D yazıcı ile üretimi gerçekleştirildikten sonra, ağız içi uyumu sağlanarak uygun frezler ile giriş yapılması hedeflenir.

Rehber plaklar, özellikle kanal obliterasyonu olan dişlerde önemli avantajlar sunmaktadır. Çalışmalarda, bu yöntem ile kalsifiye dişlerde büyük miktarda diş dokusu kaldırmaya gerek kalmadan konservatif bir erişim sağlanabileceği ve daha öngörülebilir, etkili ve güvenli bir yaklaşım sunarak tedavi başarısızlık oranlarının azaltılabileceği gösterilmiştir (Hildebrand ve

ark. 2023; Peña-Bengoa ve ark. 2023; Pujol ve ark. 2021; Pires ve ark. 2023).

Rehberli Endodonti Sistemleri

Rehberli endodontide kullanılan iki ayrı yöntem bulunmaktadır. Bunlar statik yönlendirme ve dinamik navigasyon şeklinde sıralanabilir. Her iki sistemin kendi içerisinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Connert, Weiger, and Krastl 2022).

Statik yönlendirme, CBCT tabanlı planlamanın bir yüzey taraması ile birleştirilmesi ve yönlendirilmiş giriş kavitesi için bir şablonun 3D yazıcı ile üretilmesi prensibine dayanır. Avantajları:

- İatrojenik hata riskini azaltması
- Hasta başında geçen süreyi kısaltması
- Minimal invaziv yaklaşım sağlaması
- Öğrenme ve uygulamasının nispeten kolay olması

Dezavantajları

- Tedavi sırasında doğrudan görüşün engellenmesi
- Sınırlı su soğutma alanı nedeniyle düzgün bir şekilde soğutmanın zorlaşması (cerrahi uygulamalarında dezavantaj olmakla birlikte endodonti alanında dezavantaj oluşturmaz.)
- Dikey alan yetersizliği (özellikle posterior dişlerin tedavisinde veya ağız açma kısıtlılığı olan hastalarda sorun olabilir.)

Dinamik navigasyon, nispeten daha yeni bir dijital diş hekimliği alanıdır. Ancak giderek daha sık kullanıma gireceği düşünülmektedir (Kinariwala, Antal, and Kiscsatári 2021)/ Sistem

CBCT verilerine operasyon sırasında bir görsel işaretleyici entegre edilmesi prensibine dayanır. Yüzey taramalarına gerek kalmadan, bu işaretleyici bir harici kamera tarafından algılanarak CBCT verilerinin üst üste bindirilmesiyle, işlemin eş zamanlı olarak plan doğrultusunda yönlendirilmesini sağlar.

Avantajları

- Prosedür alanının görünür kalması
- Uygun soğutma sağlanması
- Kavite yıkama ve lastik örtü yerleştirilmesi mümkün
- Planlamada değişiklik yapabilmeye imkânı

Dezavantajları

- Profesyonel ekipman gerekliliği
- Ekran üzerinden çalışma zorunluluğu
- El-göz koordinasyonunun gelişmesi için uzun öğrenme süresi



Şekil 1: Statik Yönlendirme ile Hazırlanan Rehber Plak Uygulaması



Şekil 2a: Rehber Plak Görüntüsü(Çoklu Diş)



Şekil 3b: Rehber Plak Görüntüsü (Tek Diş)

Teknik Başarıyı Etkileyen Faktörler

Rehberli endodontide (statik yönlendirme) başarıyı etkileyebilecek 3 ana faktör bulunmaktadır. Bunlar CBCT görüntüleme, ağız içi tarama ve 3D üretim olarak sıralanabilir.

CBCT taraması yapılırken optimal bir görüntü elde etmek için dikkat edilmesi gereken çeşitli faktörler bulunmaktadır (Hatamikia ve ark. 2020). Bunlardan ilki doğru konumlamadır. Hangi çeneden görüntü alınıyorsa o çenenin okluzal düzlemi yere paralel olmalıdır. Ayrıca dil dudak gibi yumuşak dokuların oklüzyondan uzak ve dişler arasının açık olması gerekmektedir. Cerrahi yorumlamalar için önerilen voksel boyutu ve çözünürlük

0.2- 0.4 mm olmakla birlikte endodonti için daha yüksek bir çözünürlük sağlamak amacıyla 0.1 mm gibi daha düşük voksel boyutları kullanılabilir. Mümkün olan en küçük FOV alanı tercih edilmeli ve dilim kalınlığı hiçbir kritik verinin gözden kaçmasına izin vermeyecek bir rekonstrüksiyon için dilim kalınlığı 0.25-0.1 mm arasında olmalıdır. Ek olarak artefaktların önüne geçilebilmesi için hastanın hareketsiz durması gerekmektedir (Yan ve ark. 2012).

Bir diğer teknik basamak ise ağız içi taramada hassasiyettir. Ağız içi tarayıcıların hassasiyetine etki eden çeşitli faktörler:

- Cihaz Teknolojisi ve Stratejisi
- Taranan Bölgenin Büyüklüğü
- Tarama Mesafesi
- Ortam Aydınlatması
- Biyolojik Faktörler şeklinde sıralanabilir.

Kaliteli bir veri elde etmek için mümkün olan en güncel teknoloji ile, üretici talimatlarına uygun aydınlatmada ve kan, tükürük gibi biyolojik faktörlerin görüntüyü etkilemesine izin vermeden çalışmakta fayda vardır (Joensahakij, Serichetaphongse, and Chengprapakorn 2024).

Son teknik aşama ise 3D üretim basamağıdır. Üç boyutlu yazıcılar ekleme prosedürü ile çalışmaları için; tasarımın üretici yazılıma yüklenmesinde kullanılan açı üretimin kalitesini etkileyebilmektedir (Piedra-Cascón ve ark. 2021). 0°, 45°, veya 90° yerleştirme ile üretim yapmak mümkündür. 0° yerleştirme durumunda üretim daha hızlı gerçekleşirken, 90° yerleştirme durumunda daha fazla katman ekleneceği için üretimin daha dayanıklı olacağı belirtilmektedir. Ek olarak plağın üretileceği

reçineni seçimi de işlem sırasında fark yaratabilmektedir. Mat reçine kullanımında giriş aksının kontrolünü çürük boyayıcı ajanlarla yapmak gerekirken; şeffaf plaklarda girişi ve uyumu görsel olarak kontrol etmek mümkündür. Literatürde; pek çok kompleks vakada rehberli endodonti teknikleri kullanımının avantajları gösterilmiştir (Peña-Bengoa ve ark. 2023; Pujol ve ark. 2021; Krastl ve ark. 2016; Zehnder ve ark. 2016). Araştırmacılar; kalsifiye kanalların tedavisi, MTA uzaklaştırması ve kanal içerisinden fiber post sökümü gibi pek çok kompleks vakanın başarılı tedavisini sunmuştur (Ali and Arslan 2021; Maia ve ark. 2020; Gonçalves ve ark. 2021). Ancak rehber plak kullanımına rağmen başarısız olan vakalar da bulunmaktadır (Tavares ve ark. 2022). Araştırmacılar bu vakalarda başarısızlığın olası sebeplerini

- CBCT yanlış yorumlamaları,
- Plak tasarım hataları veya
- Tarama verilerinin yetersiz doğruluğu olabileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç

Sonuç olarak kalsifiye kanallı veya kompleks anatomili dişlerin kanal tedavisinde, iatrojenik hata riskini minimize etmesi ve tedavi sürecini kısaltması, rehberli endodonti kullanımının en büyük avantajlarındanıdır. Ağız içi tarama ve CBCT yorumlama gerekliliği başlangıçta zorlayıcı gözükse de, gelişen teknoloji ile bu süreçler operatör tecrübesinden bağımsız hale gelecektir. Rehberli endodonti, kalsifiye kanallı dişlerin tedavisinde umut vaat etmekle birlikte, doğruluk oranının %93.6 ila %96 olduğu unutulmamalıdır.

Kaynaklar

Ali, Afzal, and Hakan Arslan. 2021. 'Effectiveness of the static-guided endodontic technique for accessing the root canal through MTA and its effect on fracture strength', *Clinical oral investigations*, 25: 1989-95.

Connert, Thomas, Roland Weiger, and Gabriel Krastl. 2022. 'Present status and future directions—Guided endodontics', *International endodontic journal*, 55: 995-1002.

Gonçalves, Wesley Fernandes, Lucas da Fonseca Roberti Garcia, Daniela Peressoni Vieira-Schuldt, Eduardo Antunes Bortoluzzi, Luiz Carlos de Lima Dias-Júnior, and Cleonice da Silveira Teixeira. 2021. 'Guided endodontics in root canals with complex access: two case reports', *Brazilian dental journal*, 32: 115-23.

Hatamikia, Sepideh, Ander Biguri, Gernot Kronreif, Joachim Kettenbach, Tom Russ, Hugo Furtado, Lalith Kumar Shiyam Sundar, Martin Buschmann, Ewald Unger, and Michael Figl. 2020. 'Optimization for customized trajectories in cone beam computed tomography', *Medical physics*, 47: 4786-99.

Hildebrand, Hauke, Wadim Leontiev, Gabriel Krastl, Roland Weiger, Dorothea Dagassan-Berndt, Sebastian Bürklein, and Thomas Connert. 2023. 'Guided endodontics versus conventional access cavity preparation: an ex vivo comparative study of substance loss', *BMC Oral Health*, 23: 713.

Joensahakij, Nitchakul, Pravej Serichetaphongse, and Wareeratn Chengprapakorn. 2024. 'The accuracy of conventional versus digital (intraoral scanner or photogrammetry) impression techniques in full-arch implant-supported prostheses: a systematic review', *Evidence-Based Dentistry*: 1-8.

Kinariwala, Niraj, Mark Adam Antal, and Ramóna Kiscsatári. 2021. 'Dynamic navigation in endodontics', *Guided Endodontics*: 193-202.

Krastl, Gabriel, Marc S Zehnder, Thomas Connert, Roland Weiger, and Sebastian Kühl. 2016. 'Guided endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology', *Dental traumatology*, 32: 240-46.

Maia, Lucas Moreira, Kênia Maria Toubes, Gil Moreira Júnior, Stephanie Quadros Tonelli, Vinicius de Carvalho Machado, Frank Ferreira Silveira, and Eduardo Nunes. 2020. 'Guided endodontics in nonsurgical retreatment of a mandibular first molar: a new approach and case report', *Iranian Endodontic Journal*, 15: 111.

Peña-Bengoá, F, M Valenzuela, MJ Flores, N Dufey, KP Pinto, and EJNL Silva. 2023. 'Effectiveness of guided endodontics in locating calcified root canals: a systematic review', *Clinical oral investigations*, 27: 2359-74.

Piedra-Cascón, Wenceslao, Vinayak R Krishnamurthy, Wael Att, and Marta Revilla-León. 2021. '3D printing parameters, supporting structures, slicing, and post-processing procedures of vat-polymerization additive manufacturing technologies: A narrative review', *Journal of Dentistry*, 109: 103630.

Pires, Cassiano Ricardo Ferreira, Aline Evangelista Souza-Gabriel, Laís Lima Pelozo, Antônio Miranda Cruz-Filho, Manoel Damião Sousa-Neto, and Ricardo Gariba Silva. 2023. 'Guided endodontics of calcified canals: The drilling path of rotary systems and intracanal dentin wear', *Australian Endodontic Journal*, 49: 64-70.

Pujol, Marc Llaquet, Carlos Vidal, Montse Mercadé, Miguel Muñoz, and Sebastian Ortolani-Seltenerich. 2021. 'Guided endodontics for managing severely calcified canals', *Journal of Endodontics*, 47: 315-21.

Tavares, Warley Luciano Fonseca, Natália de Oliveira Murta Pedrosa, Raphael Alves Moreira, Tiago Braga, Vinícius de Carvalho Machado, Antônio Paulino Ribeiro Sobrinho, and Rodrigo Rodrigues Amaral. 2022. 'Limitations and management of static-guided endodontics failure', *Journal of Endodontics*, 48: 273-79.

Yan, Hao, Laura Cervino, Xun Jia, and Steve B Jiang. 2012. 'A comprehensive study on the relationship between the image quality and imaging dose in low-dose cone beam CT', *Physics in Medicine & Biology*, 57: 2063.

Zehnder, MS, T Connert, R Weiger, G Krastl, and S Köhl. 2016. 'Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location', *International endodontic journal*, 49: 966-72.

