

Güncel Diş Hekimliği Araştırmaları-I

Current Dentistry Research-I

Editör: Doç. Dr. Ömer Hatipoğlu



ÖZGÜR
YAYINLARI

Güncel Diş Hekimliği Araştırmaları-I

Editör

Doç. Dr. Ömer Hatipoğlu



Published by

Özgür Yayın-Dağıtım Co. Ltd.

Certificate Number: 45503

📍 15 Temmuz Mah. 148136. Sk. No: 9 Şehitkamil/Gaziantep

☎ +90.850 260 09 97

📞 +90.532 289 82 15

🌐 www.ozguryayinlari.com

✉ info@ozguryayinlari.com

Güncel Diş Hekimliği Araştırmaları-I

Current Dentistry Research-I

Editör: Doç. Dr. Ömer Hatipoğlu

Language: Turkish-English

Publication Date: 2023

Cover design by Mehmet Çakır

Cover design and image licensed under CC BY-NC 4.0

Print and digital versions typeset by Çizgi Medya Co. Ltd.

ISBN (PDF): 978-975-447-646-0

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub127>



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0). To view a copy of this license, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>
This license allows for copying any part of the work for personal use, not commercial use, providing author attribution is clearly stated.

Suggested citation:

Hatipoğlu, Ö. (ed) (2023). *Güncel Diş Hekimliği Araştırmaları-I*. Özgür Publications.

DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub127>. License: CC-BY-NC 4.0

The full text of this book has been peer-reviewed to ensure high academic standards. For full review policies, see <https://www.ozguryayinlari.com/>



Ön Söz

Değerli okuyucular,

Diş hekimliği alanında önemli mesafeler kat etmiş değerli meslektaşlarımızın olağanüstü katkılarını ortaya koyan son kitabımızın heyecan verici haberini sizlerle paylaşmaktan mutluluk duyuyoruz. Diş hekimliği disiplinler arası araştırma ve işbirliği gerektiren çok yönlü bir alandır ve kitabımız radyoterapi ve kemoterapi alan hastalarda dental uygulamalar, temporomandibular eklem rahatsızlıkları ve güncel tedavi yaklaşımları, gümüş diamin florürün çocuk diş hekimliğinde kullanımı, çocuk diş hekimliğinde güncel anestezi uygulamaları, dental beyazlatma işlemleri, diş hekimliğinde yeni dönem dijital çağ: CAI/CAD/CAM teknolojisi ve ileri imkanlar, tek renk universal kompozitler, post-endodontik restorasyonlar ve sonlu elemanlar analizi gibi diş hekimliğinde geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır.

Bu kitabın ortaya çıkmasında gösterdikleri sarsılmaz destek ve özveri için yazarlarımıza ve yayın ekibimize içten şükranlarımızı sunmak istiyoruz. Bu kitabın, insanlığın geleceği için diş hekimliği literatürünü geliştirmek için yorulmadan çalışan bilim adamlarımıza ilham vermesi ve onları aydınlatması ümidimizdir.

Saygılarımla,

Doç. Dr. Ömer Hatipoğlu

Preface

Esteemed readers,

We are delighted to share with you the exciting news of our latest book release, which showcases the exceptional contributions of our esteemed colleagues who have made significant strides in the field of dentistry. Dentistry is a multifaceted field that requires interdisciplinary research and collaboration, and our book covers a wide range of topics in dentistry, including dental applications in patients receiving radiotherapy and chemotherapy, temporomandibular joint disorders and current treatment approaches, use of silver diamine fluoride in pediatric dentistry, current anesthesia applications in pediatric dentistry, dental whitening procedures, new era digital age in dentistry: CAI/CAD/CAM technology and advanced opportunities, single color universal composites, post-endodontic restorations, and finite element analysis.

We want to express our sincere gratitude to our exceptional writers and publishing team for their unwavering support and dedication in bringing this book to fruition. It is our hope that this book will inspire and enlighten our fellow scientists who are tirelessly working to advance the field of dentistry for the betterment of humanity.

Sincerely,

Assoc. Prof. Dr. Ömer Hatipoğlu

İçindekiler

Ön Söz	iii
Preface	v

Bölüm 1

Radyoterapi ve Kemoterapi alan Hastalarda Dental Uygulamalar	1
<i>Katibe Tuğçe Temur</i>	
<i>Nida Geçkil</i>	

Bölüm 2

Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları ve Güncel Tedavi Yaklaşımları	15
<i>Nida Geçkil</i>	
<i>Katibe Tuğçe Temur</i>	

Bölüm 3

Gümüş Diamin Florürün Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanımı	33
<i>Fatma Yanık Şilbir</i>	
<i>Ayça Kurt</i>	

Bölüm 4

Çocuk Diş Hekimliğinde Güncel Anestezi Uygulamaları	45
<i>Kader Özbozkurt</i>	
<i>Ayça Kurt</i>	

Bölüm 5

Dental Beyazlatma İşlemleri	67
<i>Özge Başar</i>	
<i>Abter Şanal Çıkman</i>	

Bölüm 6

Diş Hekimliğinde Yeni Dönem Dijital Çağ: CAI/CAD/CAM Teknolojisi	81
<i>Münir Demirel</i>	

Bölüm 7

Tek Renk Universal Kompozitler	99
<i>Serra Kutlu Katırcıoğlu</i>	

Bölüm 8

Post-endodontik Restorasyonlar ve Sonlu Elemanlar Analizi	111
<i>Edanur Maraş</i>	

Radyoterapi ve Kemoterapi alan Hastalarda Dental Uygulamalar

Katibe Tuğçe Temur¹
Nida Geçkil²

Özet

Baş ve boyun kanserleri radyoterapi, kemoterapi veya cerrahi uygulamalar ile tedavi edilir. Bu tedavilere maruz kalan hastalarda çeşitli oral komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır. Bu hastalarda oraya çıkan komplikasyonlar geçici olduğu gibi kalıcı da olabilir. Baş ve boyun bölgesinde kanser tedavisi alan hastalarda kandida enfeksiyonu, tat alma bozukluğu, radyasyon çürükleri, osteoradyonekroz, yumuşak doku nekrozu ve kserostomi gibi komplikasyonlar görülebilmektedir. Bu hastaların tedavisi radyasyon onkolojisi, tıbbi onkoloji, plastik cerrahi, diş hekimi gibi branşlarla multidisipliner olarak yürütülmektedir. Özellikle onkologların radyoterapi ve kemoterapi öncesi hastaları diş hekimlerine yönlendirmelidir. Diş hekimleri olası radyoterapi ve kemoterapi ile tedavi edilecek hastalarda oluşabilecek komplikasyonların farkında olmalı ve diş hekimliği uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

1. Giriş

Baş ve boyun kanseri ağız boşluğu, yutak, gırtlak, tükürük bezleri, paranasal sinüsler ve burun boşluğu malignitelerini içerir. Bu karsinomların çoğu bu bölgedeki skuamöz epitelinden türemiştir. Tedavisinde tek başına radyoterapi veya kemoterapi veya cerrahi ile kombine bir şekilde yaygın olarak kullanılan bir tedavi yöntemidir [1, 2]. Baş ve boyun kanserlerinde tedavi planlaması baş boyun cerrahisi, radyasyon onkolojisi, tıbbi onkoloji, plastik ve rekonstrüktif cerrahi, diş hekimliği, konuşma ve yutma terapisi, beslenme, patoloji ve tanısal/girişimsel radyoloji alanlarının dahil olduğu multidisipliner yaklaşım gerekir [3].

- 1 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Niğde, Türkiye
- 2 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Ana Bilim Dalı, Niğde, Türkiye.

1.1. Radyoterapi ve Kemoterapi Tedavisi alan Hastalarda Oral Komplikasyonlar

Kemoterapi baş ve boyun kanserlerinde endike olan kimyasal ilaçların kullanıldığı bir tedavi yöntemidir [4]. Baş ve boyun bölgesinde adenokistik karsinom, lenfoepitelyoma ve skuamöz hücreli karsinom hastalarında çeşitli kemoterapötik ilaçlar kullanılır [5, 6]. Baş ve boyun kanserlerinde radyoterapi ile eş zamanlı olarak uygulanan kemoterapinin hastaların sağ kalımını artığı bildirilmiştir [7]. Özellikle ileri evre hastalıklarda radyoterapi ve eş zamanlı kemoterapi ile organın korunması ileri evre baş boyun kanserlerinde kabul görmüş bir tedavi yöntemi haline gelmiştir [8]. Birçok hastada kemoterapötik ilaçlar oral mukozit, ağrı, enfeksiyon, kanama, ağız kuruluğu ve nörolojik ve beslenme sorunları gibi oral komplikasyona neden olabilir [9]. Ayrıca kemoterapi alan hastalarda oral likenoid lezyonlar, osteoradyonekroz, kanama, nörotoksisite, çocuklarda dental anomaliler, oral hiperpigmentasyon, epidermal nekroliz gibi yan etkilerde görülebilir [10].

Radyoterapi radyasyon ile normal hücreleri korurken neoplastik hücreleri yok etme kabiliyetine dayanan bir tedavi yöntemidir. Ancak pratikte istenmeyen durum olsa da normal dokular bazı istenmeyen etkilere maruz kalır [11]. Radyoterapi ayrıca ilerlemiş ve tedavi edilemeyen baş ve boyun kanserli hastalarda semptomların hafifletilmesinde önemli bir rol oynar, tümörlerin küçülmesini, ülserasyonun, kanamanın önlenmesini ve ağrı kontrolünü sağlar [12]. Radyoterapi, haftada 5 gün boyunca günlük 2 Gray (Gy) radyasyon fraksiyonu içerir ve 6-7 hafta devam eder. Radikal radyoterapi uygulamalarında kümülatif doz 60 ila 70 Gy arasındadır [2]. İyonlaştırıcı radyasyonlar, nükleer DNA üzerinde etki ederek ölüme neden olurken üreme kapasitesinin de kaybına yol açar. Yüksek derecede mitotik aktiviteye sahip hücreler, düşük mitotik hızlı hücrelere göre radyosensitiftir. Radyasyon etkisi doğrudan veya dolaylı olabilir. Doğrudan etki üzerine, DNA moleküllü bölünür ve çoğaltma sürecine müdahale eder. Dolaylı etki ise suyun iki elementine etki eder. Su hücre içeriğinin büyük bir kısmını temsil ettiğinden, dolaylı etki orantılı olarak doğrudan olandan daha önemlidir [13].

Baş ve boyun kanserleri için tedavi gören hastalar genellikle tedaviye bağlı oral komplikasyonlar görülür. Bu komplikasyonların ciddiyeti, tümörün yeri ve yaygınlığının yanı sıra tedavinin türü ve kapsamına bağlıdır. Bazı komplikasyonlar geçici iken bazıları kalıcıdır [14]. Kemoterapi gören hastaların yaklaşık %40'ında ve baş boyun kanseri için radyasyon tedavisi gören hemen hemen tüm hastalarda oral komplikasyonlar görüldüğü bildirilir.

Baş ve boyun bölgesinde geniş alanlara uygulanan yüksek dozda radyasyon kanda enfeksiyonu, tat alma bozukluğu, radyasyon çürükleri, osteoradyonekroz, yumuşak doku nekrozu ve kserostomi gibi komplikasyonlara neden olur [15]. Diğer yandan radyoterapinin ağıza etkileri erken ve uzun dönem etkiler olarak sınıflandırılır. Erken dönem etkileri oral mukozit, tat alma bozukluğu, ağız kuruluğudur. Uzun dönem etkileri arasında periodontal hastalık riskinde artış, radyasyon çürüğü, trismus, osteoradyonekrozdur [16-18]. Radyoterapi uygulamasından 6 ay sonrasına kadar yapılan hasta takipleri sonucunda tedavi sırasında ortaya çıkan ağız kuruluğu, tükürük ve tat alma duyusu ile ilgili değişikliklerin azaldığı bildirilmiştir [19]. Ayrıca radyoterapinin mine, dentin mine birleşimi ve dentinin özelliklerindeki değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir [20]. Diğer yandan radyoterapinin mine ve dentinin morfolojik yüzeyini değişikliklere neden olmasının yanı sıra ve adezivlerin bağlantıyı zayıflattığı gösterilmiştir [21]. Çocuklarda da kanser tedavisi sonucu oral komplikasyonlar oluştuğu ve bu komplikasyonlar için palyatif bakım ve tedavi önerilir. Ayrıca bu çocuklarda kanser tedavisi çocuğun yaşına bağlı olarak kraniofasiyal ve dental anomalilere neden olabileceği bildirilir [22].

Bu hastalara ortaya çıkan komplikasyondan biri olan trismus, kısıtlı ağız açıklığı olarak tanımlanır. Ağız açıklığının trismus olarak tanımlanması için sınır 35 mm ve altıdır. Çiğneme kaslarına veya temporomandibular eklemeye yakın büyük tümörlerin tedavilerinde trismus olasılığını artırır [23]. Trismus gelişimi genellikle kademeli bir süreçtir ve radyoterapiden yaklaşık 2 ay sonra ortaya çıkması beklenir. İnsizal açıklıktaki azalma oranı ayda yaklaşık %2-4 civarındadır ve sonraki 9 ay boyunca devam eder. Radyoterapinin tamamlanmasından 4 yıl sonra ağız açıklığında %32'lik bir azalma kaydedildiği bildirilmiştir [24]. Trismus tedavisinin primer amacı, hareket aralığını eski haline getirmek ve ağrı, fonksiyon bozukluğunu hafifletmektir. Trismus yönetiminde erken müdahale gerekir. Aktif ve pasif hareket egzersizleri, eklem ve kas mobilizasyonunu içeren manuel terapi gibi fizik tedaviler, ödemi en aza indirmek, fibrozu gidermek ve açıklık artırmak için yapılır [25].

Mukozitin ilk belirtisi tedavinin yaklaşık ikinci haftasında görünür hale gelir ve tedavinin sonuna doğru ilerler. Şiddetli vakalarda, oral fonksiyonlar tehlikeye girer ve çiğneme ve yutma güçleşir, bu da gıda alımının azalmasına ve kilo kaybına yol açar. Hastalar diyet değişikliğine gider. Hastalarda kırılabilir ve iltihaplı ağız mukozası nedeniyle ağız hijyeni bakımı yetersizdir [26]. Ağız bakımı prosedürleri, mukozal tahriş edici faktörlerin ortadan kaldırılmasına, ağrı ve iltihaplanmanın giderilmesine ve enfeksiyon kaynağının önlenmesine veya tedavisine yöneliktir. Ağızda yumuşak doku sağlığı, ağız

mukozasının temizlenmesi, ağız hijyeni önlemlerinin alınması, periodontal tedavi ve protezlerin gece takılmasından kaçınılması ile sağlanabilir [2].

Ağız kuruluğu derecesi, radyasyon alanına dahil olan ana bezlerin sayısına göre ortaya çıkar. Sadece tek taraf ışınlanırsa, kalan bezlerin telafi edici hipertrofisi meydana gelir. Ağız kuruluğu yönetiminde hastalara ağız kuruluğunu hafifletmek için gerektiğinde su içmeleri tavsiye edilir. Ayrıca ağız dokularını temizlemek ve ağız ortamını tamponlamak için günde birkaç kez bir bardak ılık suda yarım çay kaşığı karbonat çözeltisi ile çalkalanılması önerilir [27]. Ayrıca çalışmalar pilokarpin gibi sistemik ajanların radyoterapi sırasında kullanımının radyoterapiye bağlı gelişen ağız kuruluğu tedavisinde etkili olduğunu göstermektedir [28].

Radyoterapi sonrası tat almada azalma olmaktadır ancak radyoterapi tedavi sonrası birkaç ay içinde düzelme beklenir [17]. Radyoterapinin bir başka olası sonucu rezidüel malignite olmaksızın, ışınlanan dokuda yerleşen ülser olarak tanımlanabilecek yumuşak doku nekrozudur. Yumuşak doku nekrozu oluşumu ışınlanan bezin dozu, süresi ve hacmi ile ilişkilidir. Yumuşak doku nekrozu normalde ağrılı bir durumdur ve ağrı kesici kullanımı ile birlikte iyi bir ağız hijyeni ve çoğu zaman durumu yönetmek için antibiyotikler gereklidir [29].

Radyasyon çürüğü dişin mine-sement bileşkesi boyunca dağılımı ile karakterize edilir, bu da diş eti seviyesinde ciddi kuron tahribatına yol açar. Dişin düz yüzeylerinde ve tüberküller normal dışı görünümüne sahiptir. [30]. Radyasyon çürüklerin oluşmasında ana faktör tükürük miktarının azalması ve niteliğinin değişmesi olduğu bildirilir [29]. Baş boyun kanserlerinde sık uygulanan tedavi yöntemleri biri de cerrahi tedavidir. Hastada cerrahi tedavi sonrası estetik ve fonksiyonu etkileyen cerrahi defektler oluşabilmektedir. Ameliyat öncesi hastalarda dişlerin ve çevre dokuların prognozunu değerlendirilmesi tavsiye edilir [27].

1.2. Radyoterapi ve kemoterapi alan hastalarda dental uygulamalar

Radyoterapi ve kemoterapi öncesi hastalara diş bakımı, diş tedavisi, florürlü diş macunlu, antibakteriyal ağız gargarlarının kullanımı gibi koruyucu nitelikte önerilerde bulunulmalıdır. Bu hastalara ayrıca dudaklardaki kuruma ve çatlama için lanolinli bakım kremleri önerilir [31]. Radyoterapi ve kemoterapi sonrası hastalarda kontrol grubuna göre periodontal ve gingival indekslerin daha yüksek olduğu görülmüştür. Vaka grubunda diş çürüğü sıklığının arttığı ve bu hastalarda florürlü ürünlerin ve klorheksidin kullanılması önerilmiştir [32] Güncel bir makalede çeşitli tedaviler alan baş ve boyun kanseri hastalarda ağız kuruluğu, mukozit, tat alma bozukluğu, dişlerde aşı-

rı duyarlılık, candida enfeksiyonları, ülserasyon gibi çok çeşitli yan etkiler yaşayabileceği gösterilmiştir. Bu hastalarda dişeti kanaması, trismus, ağrı, tükürük akışının azalması ve hareketli protez kullanamama gibi durumlar görülebileceği bildirilmiştir. Tüm bu yan etkilerin oral rehabilitasyon sürecinde dikkate alınması gerekir [27]. Kemoterapi alan hastalarda tedavi ile birlikte ilk haftalarda nötropeni, anemi veya trombositopeni şeklinde kendini gösteren myelosupresyon gelişir [33]. Bu durum dikkate alındığında diş tedavilerinin kemoterapi öncesi yapılması gerekir.

Literatürde diş çekiminin radyoterapi öncesi yapıldığında osteoradyonekroz riskini artırdığı bildirilir [34]. Osteoradyonekroz riski ile ilk diş tedavi süresi arasında ilişki vardır. Ayrıca radyoterapi öncesi endodontik tedavi ve radyoterapi sonrası diş taşı temizliği veya subgingiva küretajda osteoradyonekroz riskini önemli ölçüde artırabilir [35]. Osteoradyonekroz riskinin azaltmak için radyoterapiden 3 ay öncesi ve radyoterapi sonrası 6 aya kadar oral cerrahiden kaçınılması önerilir [36]. Eğer radyoterapi sonrası diş çekimi yapılacaksa atravmatik teknik kullanılmasına, kemiğin keskin kenarlarının düzeltilmesine özen gösterilmelidir [37]. Sistemik bir derlemede radyoterapi alan hastalarda diş çekiminden sonra osteoradyonekrozun görülme insidansının %7 olduğu bildirilir. Diş çekimi öncesi profilaktik olarak hiperbarik oksijen uygulandığında insidans %4 e düşerken, antibiyotiklerle birlikte insidans %6 olduğu bildirilmiştir [38]. Diş çekiminin osteoradyonekroz riskini artırması dikkate alındığında özenle yapılacak kök kanal tedavisi yapılması tavsiye edilir [35].

Radyoterapi, kemoterapi ve kök hücre nakli gerektiren kanser hastalarında oral tedaviler tedavi öncesi, tedavi sırası ve tedavi sonrası olacak şekilde planlanır. Tedavi öncesi oral hijyen uygulamalarının anlatılması ve uygulanması, dişlerdeki restorasyonlarının ve protezlerin iyileştirilmesi, obturatör ihtiyacı olacak hastalarda ölçülerin alınması şeklindedir [16]. Yine tedavi öncesinde özellikle radyasyon alanında olan kötü prognozlu dişlerin (restore edilemeyen ve/veya periodontal olarak dahil olan dişler) radyoterapi tedavisinden önce çekilmesi önerilir [39]. Tedavi sırasında ortaya çıkan komplikasyonlardan biri olan oral mukozitler hastaları protezler kullanımında rahatsız edebilir. Tedavi sürecinde kullanılmayan protezlerde bir süre sonra stabilite sorunlarıyla karşılaşılabilir de dikkate alınmalıdır [40]. Tedavi sonrası hastalar tedavi ile ortaya çıkan yan etkiler açısından takip edilmelidir ve yüksek florürlü diş macunu gibi ağız sağlığı tavsiyelerinde bulunulmalıdır [16]. Radyoterapinin osseointegrasyon üzerinde olumsuz etkisi olması nedeni ile tedavi sonrası 6 ila 12 ay kadar beklenilmesi önerilir [41]. Radyoterapi sonrası hastalarda dental implant sağ kalımlarını değerlendirdikleri çalışmaların-

da maksillada implant başarısızlığının daha yüksek olduğu ve hiperbarik oksijen tedavisinin implant sağkalımını iyileştirmediği belirlenmiştir [42, 43]. Kemoterapi alan hastalarda diş çekiminden ve diğer invaziv uygulamalardan en az 1 yıl kaçınılmalıdır. Ancak işlemler ertelenmiyorsa antibiyotik tedavisi altında işlem yapılması önerilir. Hastaya antibiyotik tedavisi işlemden 48 saat önce başlamalı ve 7-15 gün devam etmesi önerilmelidir. Ayrıca diş çekimi öncesi ve sonrası hiperbarik oksijen önerilir [10, 44]. Radyoterapi ve kemoterapi sonrası protez yapımının 4-6 ay ertelenmesi önerilir [10, 45, 46].

Sonuç olarak kanser hastaları tedavi öncesi diş hekimlerine yönlendirilmesi önem arz eder. Tedavi öncesinde diş çekimi gibi invaziv prosedürlere ihtiyacı önlemek diş hekimleri ağız değerlendirmeli ve olası enfeksiyon odakları ve diş çürüklerine erken müdahale etmelidir. Ayrıca diş hekimleri tedavi sırasında ve sonrasında komplikasyonların farkında olmalı ve yönetmelidir.

Kaynaklar

1. Kawashita Y, Soutome S, Umeda M, Saito T: **Oral management strategies for radiotherapy of head and neck cancer.** *The Japanese dental science review* 2020, **56**(1):62-67.
2. Bhandari S, Soni BW, Bahl A, Ghoshal S: **Radiotherapy-induced oral morbidities in head and neck cancer patients.** *Special Care in Dentistry* 2020, **40**(3):238-250.
3. Pfister DG, Spencer S, Adelstein D, Adkins D, Anzai Y, Brizel DM, Bruce JY, Busse PM, Caudell JJ, Cmelak AJ: **Head and neck cancers, version 2.2020, NCCN clinical practice guidelines in oncology.** *Journal of the National Comprehensive Cancer Network* 2020, **18**(7):873-898.
4. DeVita VT, Jr., Chu E: **A History of Cancer Chemotherapy.** *Cancer Research* 2008, **68**(21):8643-8653.
5. Bertino JR, Mosher MB, Deconti RC: **Chemotherapy of cancer of the head and neck.** *Cancer* 1973, **31**(5):1141-1149.
6. Holoye PY, Byers RM, Gard DA, Goepfert H, Guillaumondegui OM, Jesse RH: **Combination chemotherapy of head and neck cancer.** *Cancer* 1978, **42**(4):1661-1669.
7. Munro A: **An overview of randomised controlled trials of adjuvant chemotherapy in head and neck cancer.** *British journal of cancer* 1995, **71**(1):83-91.
8. van der Molen L, van Rossum MA, Burkhead LM, Smeele LE, Hilgers FJM: **Functional outcomes and rehabilitation strategies in patients treated with chemoradiotherapy for advanced head and neck cancer: a systematic review.** *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology* 2009, **266**(6):889-900.
9. Toscano N, Holtzclaw D, Hargitai IA, Shumaker N, Richardson H, Naylor G, Marx R: **JIACD Continuing Education Oral Implications of Cancer Chemotherapy.** *Ridge Reconstruction for Implant Placement*:51.
10. Athanasios P, Petros P, Dimitrios A: **Chemotherapy: oral side effects and dental interventions -a review of the literature.** *Chemotherapy: oral side effects and dental interventions -a review of the literature* 2017, **1**:35-49.
11. Ill EE: **Management of the patient undergoing radiotherapy or chemotherapy.** 2013.
12. Porceddu SV, Rosser B, Burmeister BH, Jones M, Hickey B, Baumann K, Gogna K, Pullar A, Poulsen M, Holt T: **Hypofractionated radiotherapy for the palliation of advanced head and neck cancer in patients unsuitable for curative treatment—"Hypo Trial".** *Radiotherapy and Oncology* 2007, **85**(3):456-462.

13. Murad AM, Katz A: **Oncologia: bases clínicas do tratamento.** In: *Oncologia: bases clínicas do tratamento.* edn.; 1996: 435-435.
14. Fischer DJ, Epstein JB: **Management of Patients Who Have Undergone Head and Neck Cancer Therapy.** *Dental Clinics of North America* 2008, **52**(1):39-60.
15. Jham BC, da Silva Freire AR: **Oral complications of radiotherapy in the head and neck.** *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 2006, **72**(5):704-708.
16. Abed H: **Dental considerations for head and neck cancer: A clinical review.** *The Saudi Dental Journal* 2023.
17. Sonis ST, Fey EG: **Oral complications of cancer therapy.** *Oncology (Williston Park, NY)* 2002, **16**(5):680-686; discussion 686, 691.
18. Buglione M, Cavagnini R, Di Rosario F, Sottocornola L, Maddalo M, Vassalli L, Grisanti S, Salgarello S, Orlandi E, Paganelli C *et al*: **Oral toxicity management in head and neck cancer patients treated with chemotherapy and radiation: Dental pathologies and osteoradionecrosis (Part 1) literature review and consensus statement.** *Critical Reviews in Oncology/Hematology* 2016, **97**:131-142.
19. Lalla R, Treister N, Sollecito T, Schmidt B, Patton L, Mohammadi K, Hodges J, Brennan M, Group ftOS: **Oral complications at 6 months after radiation therapy for head and neck cancer.** *Oral diseases* 2017, **23**(8):1134-1143.
20. Lieshout H, Bots C: **The effect of radiotherapy on dental hard tissue—a systematic review.** *Clin Oral Investig* 2014, **18**:17-24.
21. Arid J, Palma-Dibb RG, de Oliveira HF, Nelson-Filho P, de Carvalho FK, da Silva LAB, de Siqueira Mellara T, da Silva RAB, Faraoni JJ, de Queiroz AM: **Radiotherapy impairs adhesive bonding in permanent teeth.** *Supportive Care in Cancer* 2020, **28**(1):239-247.
22. Ritwik P, Chrisentery-Singleton TE: **Oral and dental considerations in pediatric cancers.** *Cancer and Metastasis Reviews* 2020, **39**:43-53.
23. Astradsson T, Laurell G, Ahlberg A, Nikolaidis P, Johansson H, Ehrsson YT: **Trismus in patients with head and neck cancer and 5-year overall survival.** *Acta Oto-Laryngologica* 2018, **138**(12):1123-1127.
24. Wang CJ, Huang EY, Hsu HC, Chen HC, Fang FM, Hsiung CY: **The degree and time-course assessment of radiation-induced trismus occurring after radiotherapy for nasopharyngeal cancer.** *The Laryngoscope* 2005, **115**(8):1458-1460.
25. Shao C-H, Chiang C-C, Huang TW: **Exercise therapy for cancer treatment-induced trismus in patients with head and neck cancer: a sys-**

- tematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Radiotherapy and Oncology* 2020, **151**:249-255.
26. Popa E, Pauna M, Stratul S-I, Ionita S: **Cancer Therapy-Induced Oral Mucositis. A Review of Epidemiology, Patophysiology and Treatment.** *Timisoara Med J* 2008, **58**(1-2):104-107.
 27. Nair AH, Patel T, Nair AR, Krishnan NA, Balasubramanian D, Iyer S, Thankappan K: **Oral Management of Patients Undergoing Head and Neck Cancer Treatment.** *Journal of Maxillofacial and Oral Surgery* 2023:1-10.
 28. Davies A, Singer J: **A comparison of artificial saliva and pilocarpine in radiation induced xerostomia.** *The Journal of Laryngology & Otology* 1994, **108**(8):663-665.
 29. Silverman Jr S: **Oral cancer: complications of therapy.** *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 1999, **88**(2):122-126.
 30. Palmier NR, Migliorati CA, Prado-Ribeiro AC, de Oliveira MCQ, Vechiato Filho AJ, de Goes MF, Brandao TB, Lopes MA, Santos-Silva AR: **Radiation-related caries: current diagnostic, prognostic, and management paradigms.** *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology* 2020, **130**(1):52-62.
 31. Devi S, Singh N: **Dental care during and after radiotherapy in head and neck cancer.** *National journal of maxillofacial surgery* 2014, **5**(2):117-125.
 32. Hong CH, Napeñas JJ, Hodgson BD, Stokman MA, Mathers-Stauffer V, Elting LS, Spijkervet FK, Brennan MT, Dental Disease Section OCSG, Multi-national Association of Supportive Care in Cancer /International Society of Oral Oncology: **A systematic review of dental disease in patients undergoing cancer therapy.** *Supportive care in cancer* 2010, **18**:1007-1021.
 33. Epstein RS, Weerasinghe RK, Parrish AS, Krenitsky J, Sanborn RE, Salimi T: **Real-world burden of chemotherapy-induced myelosuppression in patients with small cell lung cancer: a retrospective analysis of electronic medical data from community cancer care providers.** *Journal of Medical Economics* 2022, **25**(1):108-118.
 34. Sulaiman F, Huryn JM, Zlotolow IM: **Dental extractions in the irradiated head and neck patient: a retrospective analysis of Memorial Sloan-Kettering Cancer Center protocols, criteria, and end results.** *Journal of oral and maxillofacial surgery* 2003, **61**(10):1123-1131.
 35. de Araújo DA, da Mota Martins V, Carvalho BF: **Tratamento Endodôntico em Pacientes Submetidos a Radioterapia: Revisão de Literatura.** *Research, Society and Development* 2021, **10**(7):e1010716127-e1010716127.

36. Huang Y-F, Liu S-P, Muo C-H, Tsai C-H, Chang C-T: **The association between dental therapy timelines and osteoradionecrosis: a nationwide population-based cohort study.** *Clin Oral Investig* 2020, **24**:455-463.
37. Murdoch-Kinch CA, Zwetchkenbaum S: **Dental management of the head and neck cancer patient treated with radiation therapy.** *J Mich Dent Assoc* 2011, **93**(7):28-37.
38. Nabil S, Samman N: **Incidence and prevention of osteoradionecrosis after dental extraction in irradiated patients: a systematic review.** *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2011, **40**(3):229-243.
39. Kumar N, Brooke A, Burke M, John R, O'Donnell A, Soldani F: **The Oral Management of Oncology Patients Requiring Radiotherapy, Chemotherapy and/or Bone Marrow Transplantation: Clinical Guidelines.** *R Coll Surg Engl/Br Soc Disabil Oral Heal* 2018:3-80.
40. Kumar N: **Updated clinical guidelines on the oral management of oncology patients.** *Faculty Dental Journal* 2019, **10**(2):62-65.
41. Visch LL, Scholtemeijer M, Denissen HW, Kalk W, Levendag PC: **Use of implants for prosthetic rehabilitation after cancer treatment: clinical experiences.** *Journal of investigative surgery : the official journal of the Academy of Surgical Research* 1994, **7**(4):291-303.
42. Chambrone L, Mandia J, Shibli JA, Romito GA, Abrahao M: **Dental Implants Installed in Irradiated Jaws: A Systematic Review.** *Journal of dental research* 2013, **92**(12_suppl):119S-130S.
43. Shaw RJ, Sutton AF, Cawood JI, Howell RA, Lowe D, Brown JS, Rogers SN, Vaughan ED: **Oral rehabilitation after treatment for head and neck malignancy.** *Head & Neck* 2005, **27**(6):459-470.
44. Caribé-Gomes F, Chimenos-Küstner E, López-López J, Finestres-Zubeldia F, Guix-Melcior B: **Dental management of the complications of radio and chemotherapy in oral cancer.** *Medicina oral : organo oficial de la Sociedad Espanola de Medicina Oral y de la Academia Iberoamericana de Patologia y Medicina Bucal* 2003, **8**(3):178-187.
45. McCaul LK: **Oral and dental management for head and neck cancer patients treated by chemotherapy and radiotherapy.** *Dent Update* 2012, **39**(2):135-138, 140.
46. YALÇIN ED: **Radyoterapi ve Kemoterapi Öncesi ve Sonrası Dental Yaklaşımlar.**

Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları ve Güncel Tedavi Yaklaşımları

Nida Geçkil¹

Katibe Tuğçe Temur²

Özet

Temporomandibular eklem (TME), anatomik ve fizyolojik yapısı kişiden kişiye değişkenlik gösterebilen karmaşık yapıda bir eklemdir. Bu nedenle teşhis ve tedavinin doğru yapılabilmesi adına anatomisindeki istisnalar ve detayların bilinmesi, klinisyenler için önem arz etmektedir. Çiğneme kasları, temporomandibular eklem ve eklem komşu dokuların çoğunlukla ağrılı, fizyolojik ve fonksiyonel bozuklukları temporomandibular rahatsızlık olarak adlandırılmaktadır. Tani ve tedaviye yönelik özellikle de görüntüleme tekniklerindeki ilerlemeler TME anatomisi ve fonksiyonlarını daha iyi değerlendirmemizi sağlamıştır. Tedavilerin de çeşitli kişiye özgü olması sebebiyle hastalar kendilerine en uygun tedavi alternatifi konusunda arayışı içindedir. Bu sebeple güncel bilgiler ışığında TME rahatsızlıkları konusunda farklı tedavi türleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır, halen de araştırma konusudur.

1. Temporomandibular Eklem (TME) Anatomisi

TME, fonksiyonel ve anatomik olarak vücudumuzdaki en karmaşık eklemlerden bir tanesidir. Temporal kemiğin skuamoz bölümünü, mandibuler kondili, özelleşmiş yoğun fibröz bağ dokusu yapısını, eklem diskini, ligamentleri ve ilişkili kasları içeren TME diartroidal eklem sınıfındadır. Kemik yapılar fibröz bir kapsülle çevrelenmiştir ve kalınlığı homojen olmayan bir disk aracılığıyla birbirleriyle eklem yaparlar (1). Disk artiküler kapsüle ve kondilin lateral marjinlerine ligamentler ile bağlanmıştır. Eklem kavitesi disk aracılığıyla alt ve üst eklem kompartmanlarına ayrılmıştır. Sinovial membran ise artiküler yüzeyler hariç eklem boşluğunun bütün iç yüzeyini kaplar. Eklem kompartmanlarını dolduran sinovial sıvı bu membran tarafından üretilir(2).

1 Dr Öğretim Üyesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, nidayesil@hotmail.com, Orcid: 0000-0003-3252-8398

2 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ağız Diş ve Çene Radyolojisi, Niğde, Türkiye

Sinovial sıvının görevi eklemde metabolik ihtiyaçlarını karşılamak ve yoğun vizkozitesiyle eklem yüzeylerini kayganlaştırarak hareketi kolaylaştırmaktır. TME'nin bağları kollojen bağ dokusu olduğundan gerilmeye karşı duyarlıdır. Eklemde hareketi esnasında kısıtlayıcı rol oynarlar(3).

2. TME' nin Fonksiyonel Anatomisi

TME' nin dinlenme pozisyonu; ağız hafif aralık, dişlerin birbirine temas etmediği, dilin sert damakla belli miktarda temasta olduğu pozisyonudur. Bu pozisyonda, artiküler eminenslerin posterior eğimlerine karşı artiküler fossalarda kondiller en üst–en ön konumdadır (4).

TME, çiğneme kasları ve ilgili çevre yumuşak dokular “stomatognatik sistemi” oluşturur. Bu sistemin yapıları şunlardır:

2.1. Kas ve Yumuşak Dokular: Çenenin önemli kasları; TME' yi kapatan masseter, temporal, medial ve lateral pterigoid ve TME' yi açan suprahoid, infrahyoid ve lateral pterigoid kaslarıdır. Servikal bölge kaslarının başın pozisyonunu sağlamak ve çene eklem hareketleri sırasında boynu stabilize etme görevleri bulunur.

2.2.Eklemler: TME, diş alveolleri ve paravertebral eklemler yer alır.

2.3. Kemik Yapılar: Kranium, servikal ve üst dorsal vertebralar, mandibula ve sternum yer alır.

2.4. Dişler: Hemen her türlü diş patolojisi doğal olarak eklem fonksiyonlarını etkileyebilir.

3. TME Biyomekaniği

TME' nin temel hareketleri, rotasyon (mentşe) ve translasyon (kayma) olarak 2 grupta incelenir. Rotasyon hareketi, ağzın ilk açıldığı esnada kondil ile diskin alt yüzü arasındaki eklemde alt kompartmanda gerçekleşir. Açma hareketi devam ettirildiğinde diskin üst yüzeyi ile artiküler eminens arasındaki üst kompartmanda translasyon hareketi gerçekleşir. Translasyon, sağ ve sol eklemde birbirinden bağımsız olarak gerçekleşir.

Alt kompartmanda gerçekleşen rotasyon hareketiyle yalnızca açma- kapama hareketi yapılır. Translasyon ile protrüzyon, retrüzyon ve mandibulanın lateral kayma hareketleri yapılabilir. Lateral hareket her iki eklemde simetrik gerçekleşmez. Bu karmaşık yapı ve hareket sistemi, üst kompartmanda fonksiyona bağlı eklem rahatsızlıkları için etiyolojik faktördür (5).

4. TME Rahatsızlıklarının Etyopatogenezi

Etiyoloji birçok faktörü içerir. Bunlar:

4.1.Stres: Anksiyete, stres ve diğer duygusal ya da psikolojik bozukluklar TME rahatsızlıklarını tetikleyebilir veya artırabilir.

4.2.Oklüzal nedenler: Maloklüzyon, gıdaların sertliği, oklüzal bazı müdahaleler tetikleyici olabilir.

4.3.Parafonksiyonel alışkanlıklar: Sakız çiğneme, diş sıkma, diş gıcırdatma gibi parafonksiyonel alışkanlıklar TME’ de inflamasyona veya çiğneme kaslarında hiperaktiviteye neden olur.

4.4.Diğer nedenler: Whiplash sendromu, IL-1beta ve TNF-alfa gibi sitokinlerle oluşan inflamasyon, kadın cinsiyet, genetik ve hormonal faktörler de etyolojide rol oynayabilir (6).

5. TME Hastalıkları

Toplumun %2’ sinin TME ilgili farklı semptomlarla rahatsızlığı bulunmakla beraber yıllar içinde bu insidans artmaktadır (7). Günümüz şartlarına bağlı olarak toplumda sıklıkla görülen psikolojik etkilere bağlı hiperfonksiyon ve parafonksiyon, TME yapısında dejenerasyona sebep olabilmektedir. Ortodontik tedavi ya da ortognatik cerrahi de eklemle ilgili mevcut olan semptomları ağırlaştırabilmektedir. Bununla birlikte, bilimsel çalışmalarda TME rahatsızlıklarına yol açan hiçbir faktörün kesin bir şekilde ifade edilemediğine dikkat çekmek gerekir (8).

TME rahatsızlıklarını sebep- sonuç ilişkisi içinde irdeleyebilmek ve tedavi alternatifleri geliştirebilmek adına Amerikan Orofasiyal Ağrı Akademisi ve Uluslararası Başağrısı Derneği’ nin (American Academy of Orofacial Pain and International Headache Society) birlikte yapmış olduğu sınıflama tablo 1’de gösterilmiştir (5).

Tablo 1. TME rahatsızlıklarının sınıflandırılması

Çiğneme Kaslarına Ait Rahatsızlıklar	TME Rahatsızlıkları	Kronik Mandibuler Hipomobilité	Gelişim Bozuklukları
Koruyucu ko-kontraksiyon	Kondil- disk kompleksinde düzensizlik	Ankiloz	Konjenital ve gelişimsel kemik rahatsızlıkları

Çiğneme Kaslarına Ait Rahatsızlıklar	TME Rahatsızlıkları	Kronik Mandibuler Hipomobilitate	Gelişim Bozuklukları
Lokal kas ağrısı	1.Disk deplasmanı	1.Fibröz	1.Agenezi
Miyofasiyal ağrı	2.Redüksiyonlu disk dislokasyonu	2.Kemiksel	2.Hipoplazi
Miyospazm	3.Redüksiyonsuz disk dislokasyonu	Kas kontraktürleri	3.Hiperplazi
Miyozit ve diğerleri	Eklem yüzeylelerinin yapısal uyumsuzluğu	1.Miyostatik	4.Neoplazi
	1.Şekil değişiklikleri	2.Miyofibrotik	Konjenital ve gelişimsel kas rahatsızlıkları
	2.Adezyonlar	Koronoid impedans	1.Hipotrofi
	TME' nin inflamatuvar hastalıkları		2.Hipertrofi
	1.Kapsülit		3.Neoplazi
	2.Retrodiskit		
	3.Artritler		
	a.Osteoartrit		
	b.Poliartrit		

5.1.Çiğneme Kaslarına Ait Rahatsızlıklar

Çiğneme kaslarının kronik bir şekilde fazla kullanılması (sakız çiğneme, dudak ısırma, parafonksiyonel hareketler,esneme vb), bunun yanında uzun süren dental tedaviler sonucunda kaslarda koruyucu ko- kontraksiyon gelişir. İstemsiz ve hipertonic bir durumdur. Kasta kısalma ya da yapısal değişiklik görülmez. Klinik bulgusu lokal kas ağrısıdır (miyalji). İlgili kasın kullanımı ile ağrı artar.

Miyofasiyal ağrı sendromu (MAS), çok açıklanamamış bir ağrı çeşidi olmamakla beraber kaslardaki hipersensitif noktalardan meydana geldiği düşünülmektedir. Bu noktalar çoğu zaman palpasyonda gergin bantlar olarak teşhis edilebilmektedir. Hasta derin ve sürekli devam eden bir ağrıdan yakınıdır. Semptomlar yalnızca etkilenen taraftadır. Kaslara aşırı kuvvet iletilmesi, emosyonel stres ya da organik bir sebep bulunması etiyojik faktörleri oluşturur.

Santral sinir sistemi tarafından indüklenen istemsiz kas kasılmaları, miyospazm olarak değerlendirilir. Uzun splint süreleri, orofasiyal ağrılar ya da emosyonel stres kaynaklı gelişebilir. Ağrı 2-3 gün süre devam edebilir. Kas boyu kısaldığı için, ağız açmada ciddi bir güçlük vardır.

Kas dokusunun enflamatuar yanıtına miyozit adı verilir. Uzayan miyospazm sonucu gelişebileceği gibi, çevre dokulardan yayılan enfeksiyon sonucu da ortaya çıkabilir. Parotis bezi enfeksiyonu ya da enjeksiyona bağlı enfeksiyonlar etiyojide akla gelmelidir. Sürekli devam eden kas ağrısı mevcuttur, fonksiyona bağlı ağrı artar. Kaslar palpasyonda hassastır, sebep enfeksiyon ise tabloya ödem de eşlik edebilir (9).

5.2.TME Rahatsızlıkları

Eklemin rahat hareketine engel olan ve klik (tek fazlı bir ses), popping (ani ve yüksek bir ses) ve kilitlemeye sebep olan kondil ve disk arasında anatomik ya da fizyolojik bozukluklar; kondil-disk kompleksinde düzensizlik olarak adlandırılır. Genel nüfusun %30-50'sinde TME kliğinden yakınıdır. TME kliği olan hastalarda değişik derecelerde disk deplasmanı olabilir ancak ağrı her zaman eşlik etmez. Disk, kondil üzerinde rotasyon yapar. Kondil-disk kompleksindeki düzensizlik olduğunda, diskin kondil üzerindeki normal rotasyon yapamaz. Bu normal disk hareketinin kaybı, ligamentlerin dejenerasyonu ile olur. En yaygın sebep, kondil-disk kompleksine olan makro ya da mikro travmadır (5).

Kondil-disk kompleksinin 3 tip düzensizliği vardır (5);

5.2.1.Disk Deplasmanı: Diskin normal pozisyonunun dışına çıkması deplasman olarak adlandırılır. Bu durumun teşhisi için öncelikle diskin normal konumunun kavranması gerekir. Diskin normal durumu hakkında günümüzde kabul gören fikir; diskin posterior bandının kondilin üstünde yaklaşık saat 12 (\pm 10 derece) pozisyonunda, intermediate zone'un ise articular eminens'in posterior kısmı ile kondilin anterior prominensi arasında konumlanmış olmasıdır (10). Genel olarak disk deplasmanları anterior yönde olmaktadır (5). Disk deplasmanı sadece ağız açma esnasında (tek klik)

veya hem ağız açma hem de kapama esnasında (resiprokal klik) duyulabilir. Resiprokal klik varlığı, disk deplasmanının erken evreleri için patogonomiktir (9).

5.2.2. Redüksiyonlu disk dislokasyonu: Alt retrodiskal lamina ve diskal ligaman çok gerilir ve eklem diskinin posterioru incelerse, eklem diski tamamen öne doğru kayar. Sentrik ilişkide kondil ve disk arasında ilişki kalmadığı için bu durum disk dislokasyonu olarak tanımlanır. Diskin ağız kapalıyken kondil anterioruna atlayıp ağız açıkken normal pozisyonuna gelmesi redüksiyonlu disk dislokasyonu olarak tanımlanır. Hastalarda genellikle uzun zamandır var olan klik öyküsü, ağrı ve ağız açıklığında kısıtlanma vardır. Hastalar mandibulanın lateral hareketleriyle rahatlama hissi olduğunu belirtirler (9).

5.2.3. Redüksiyonsuz disk dislokasyonu: Superior retrodiskal ligamanın elastikiyeti kayb olduğunda diski artık yakalayamaz. Disk redükte olmadığından, ağız açıklığının her safhasında kondilin önünde konumlanır. Hastaların hikayesinde sert bir cisim ısırma (erik vb.) veya diş sıkma vardır. Ağız kapanınca akut bir tablo gelişir ve tekrar açılmaz. Mandibula açılmaya zorlandığında ağrı duruma eşlik eder. Eklemde klik sesi alınmaz. Mandibulanın maksimum açıklığı kısıtlanmıştır. Tek taraflı olduğunda etkilenen taraftaki hareketler kısıtlı olduğundan, mandibula orta hattın etkilenmiş tarafa kayar. Eğer bu tablo kronik bir hal alırsa ligamentlerin kollajen lifleri gerginliğini kaybeder, mandibuler hipermobilité izlenir. Bu evrede disk perforasyonundan kaynaklanan krepatasyon sesi alınır (11).

Eklem yüzeylerinin yapısal uyumsuzluğu, yüzeylerin düzenli ve uyumlu olmaması anlamına gelir. Artiküler yüzey bozukluklarının sebebi çoğunlukla travmalardır. Bu travma, bruksizm ya da akut bir travma olabilir (12).

Eklem yüzeylerindeki uyumsuzluğun bir diğer çeşidi ise adezyonlardır. Adezyon, disk ile artiküler eminens arasında (üst eklem boşluğu), ya da disk ile mandibular kondil arasında (alt eklem boşluğu) olabilir. Etiyolojisi genellikle kronik travmadır ve bruksizm hastalarında sıklıkla izlenir. Diş sıkma ile eklem sıvısının lubrikasyon yeteneği azalır. Böylece disk, immobil hale gelir ve fonksiyonel hareketini gerçekleştiremez. Bu sürtünme, inflamasyon ve çene hareketlerinin kısıtlanmasıyla sonuçlanır.

TME'nin inflamatuvar hastalıkları, fonksiyonla artan derin bir ağrı ile karakterizedir. Ağrının sürekli olması, yansıyan ağrılara ve buna bağlı olarak yanlış teşhislere sebep olabilir. Dokunmaya karşı aşırı duyarlılık (hiperaljezi) ve kas spazmı tabloya eşlik edebilir.

5.2.4.Kapsülit: Kapsüller ligamanın inflamasyonudur. Kondilin lateral ucunun palpasyonunda hassasiyet izlenebilir. Sürekli ağrı izlenebilir ancak ağrı hareketle artar.

5.2.5.Retrodiskit: Eklem retrodiskal dokuları iyi innerve ve vaskülarize olduklarından aşırı kuvvetleri tolere edemezler. Bölgenin inflamasyonu çok ağrılı seyrederek ve genellikle travma öyküsüyle ortaya çıkar.

5.2.6.Artrit: Eklem osseöz dokularının inflamasyonudur. Krepitasyon sesi ile birlikte ağrı, klinik tabloda gözlenebilir. Travma ya da enfeksiyon sonrası osteoartrit tablosu gelişirse, TME'nin sert doku elemanlarında yapısal değişiklik beklenir. Poliartirit ise romatoid artrit ve hiperürisemi gibi sistemik hastalıklarla ortaya çıkmakta olup tüm eklemlerde dejenerasyon yaratır (12).

5.3.Kronik Mandibuler Hipomobilité

Mandibula hareketlerinin uzun süre kısıtlandığı ağrısız durum, kronik mandibuler hipomobilité olarak adlandırılır. Hareket kısıtlanmasının sebeplerinden birisi ankilozdur (13).

5.3.1.Fibröz ankiloz: Genellikle travma sonucu meydana gelen, eklem içinde fibröz adeziv bir doku oluşması durumudur. Eklem içi kanama sonucu oluşan doku, kapsül içinde hapsolür ve hareketleri kısıtlar. Uzayan mandibuler splint süreleri, özellikle çocuklarda etiyojik faktördür.

5.3.2.Osseöz ankiloz: Kemik yüzeylerin enfeksiyon ya da enflamasyon sonucu kaynaşmasıyla ortaya çıkan hipomobilité tablosudur. Mandibula kuvvetle açılmaz. Nadiren genetik ya da gelişimsel olabilir (12).

Kasın uzunluğunun azaldığı ancak kasılma kabiliyetinde değişiklik olmayan klinik tablo, kas kontraktürü olarak adlandırılır. 2 şekilde karşımıza çıkabilir:

5.3.3.Miyostatik kas kontraktürü: Kasın uzayan sürelerde dinlenme durumuna geçememesi sonucu ortaya çıkar. Kas gevşediğinde ağrı ortaya çıkıyorsa, istemsiz olarak kasılı tutulur ve liflerin boyu kısalır.

5.3.4.Miyofibrotik kası kontraktürü: Kasın ya da etrafındaki zar yapının adezyonu sonucu kasın normal fonksiyonunu sürdürmemesidir.

Kronik mandibuler hipomobilitenin bir diğer sebebi de, koronoid prosesin uzun olmasıdır. Bazen anatomik olarak kemik yapı uzun olmayıp, bölgede fibrotik bağ dokusu da mandibulanın hareketini kısıtlayabilir. Koronoid prosesin gelişimsel olarak fazla uzun olması net bir etiyojik faktörle açıklanmamıştır. Travma, enflamasyon, temporal kasın hiperaktivitesi, disk dislokasyonu, enfeksiyon etiyojik faktör olabilir (13).

5.4.Gelişim Bozuklukları

Gelişim bozuklukları, konjenital ya da gelişimsel olabilir. Konjenital deformiteler prenatal yaralanma ya da genetik faktörlerle oluşabilir. Postnatal dönemde, travma ve beslenme bozuklukları kemiksel ya da kassal gelişim bozukluğu etiolojisinde rol oynar.

Kemiksel gelişim bozuklukları; kemiğin hiç oluşmaması (agenezi), gelişimin eksik olması (hipoplazi), ve gelişimin fazla olması (hiperplazi) olarak sınıflandırılır. Kassal gelişim bozuklukları ise; kas liflerinin fazla gelişmiş olması (hipertrofi), az gelişmiş olması (hipotrofi) olarak karşımıza çıkar. Neoplaziler TME bölgesinde oldukça nadir görülür ancak teşhis edilmediğinde agresif karakter kazanabilir.

5.4.1.Kondiler agenezi: Genellikle baş- boyun bölgesini içeren sendromlarla beraber görülür. Tek taraflı ise etkilenen tarafa mandibulanın deplasmanı sebebiyle fasiyal asimetri ortaya çıkar. Kondiler agenezi ile birlikte dış kulak yolu, iç kulak yolu, ve temporal kemik segmentlerinin eksikliği de görülür. Tek taraflı agenezi durumunda mandibula deviasyonu sebebiyle oklüzyon ve alveol kemik yapısı bozulur.

5.4.2.Kondiler hipoplazi: Mandibuler kondilin gelişiminin yetersizliğiyle ortaya çıkan bu defekt, tek taraflı ya da iki taraflı olabilir.

5.4.3.Kondiler hiperplazi: Kondildeki büyüme merkezinin aşırı stimülasyonu ile ortaya çıkar. Genellikle konjenital olup ergenlik çağlarında hastalar tarafından fark edilir. Yüzde aşimetrik görüntü olup, alt çene etkilenmemiş tarafa doğru deviye olur. Etkilenmiş tarafta dişlerde temas kaybı olduğu için çiğneme sırasında deviasyon olur. Bu durum kas yapısı ve eklemde inflamasyon yarattığında ağrı ve ağız açıklığında kısıtlanma gerçekleşir (13).

Kas hacimlerinin büyümesi, hipertrofi olarak adlandırılır ve genellikle bruksizm öyküsü ile beraber masseter kasında görülür. Geri dönüşebilir bir klinik tablo olup, alışkanlık bırakıldığında kas eski hacmine kavuşur. Gelişimsel bozukluklar, travma, otoimmün hastalık gibi durumlar kas kullanımını etkilediğinde ise kas hipotrofisi gerçekleşir (14).

6.TME Rahatsızlıklarının Tedavisi

6.1.Konservatif Tedaviler

6.1.1.Farmakolojik Tedavi:

TME rahatsızlıklarının farmakolojik tedavisinde antienflamatuvar ilaçlar, antidepresan ilaçlar, kas gevşeticiler, analjezikler kullanılabilir. Farma-

kolojik ajanlar tek başına veya fizyoterapi, okluzal splint, sıcak uygulama, cerrahi müdahale gibi yaklaşımlarla birlikte kullanılabilir (15). Temporomandibular eklem bozukluklarında (TMB) kıkırdak dejenerasyonunun sonucu ağrı gözlenir. Bu nedenle eklem rahatsızlıklarında ilk seçenek olarak nonsteroidal anti-inflamatuar ilaçlar (NSAİ) reçete edilmektedir. Yaygın olarak reçete edilen NSAİ ilaçlar arasında naproksen, diklofenak, ibuprofen ve piroksikam bulunmaktadır. NSAİ'lerin uzun süreli kullanımı sonucu gastrointestinal sistem problemleri ortaya çıkabilir. Bu durumda orta ve şiddetli ağrı tedavisinde opioid analjezikler tedavi seçeneği olabilmektedir. Bu amaçla oksikodon ve kodein reçete edilebilir.

Kortikosteroidler de kuvvetli anti-inflamatuar etkileriyle orta şiddetli TMB tedavisinde kullanım yeri bulur. Kortikosteroidler TMB olan hastalar için topikal uygulama, fonoforez, iyontoforez ve artrosentez enjeksiyonu ile lokal olarak uygulanabilir. TMB bozukluk tanısında tek başına ya da diğer farmakolojik ajanlarla birlikte kas gevşetici ilaçlar reçete edilebilir. En yaygın reçete edilen kas gevşetici ilaçlar klorzoksazon, siklobenzaprin, karisoprodol, metaksalon ve metokarbamol'dür (16).

Özellikle nöropatik ağrıyı tedavi etmek için trisiklik antidepresanlar (TCA'lar) de çok düşük dozlarda reçete edilmektedir. Bu endikasyon altında amitriptilin ve SSRI ajanlar tercih edilebilir. Antikonvülsanlar da nörolojik tedavide yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ajanların nöronal uyarımı engelleyerek ağrı kontrolünü sağladığı düşünülmektedir. Pregabalin ve gabapentin TMB tedavisinde tercih edilen antikonvülsanlardır.

Servikal bölge ve çiğneme kaslarından kaynaklı ağrılara topikal olarak diklofenak sodyum, kapsaisin, ketoprofen ve metil salisilat uygulanması düşünülebilir. Bu ajanlar kullanıldıkları süre boyunca geçici olarak tesir ederler.

Clostridyum botulinum bakterisinden salınan bir ekzotoksin olan Botulinum toksin (BTX) TMB tedavisinde parafonksiyonel hareketleri ve temporal ve masseter kas ağrısını azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu tedavide alışkanlığın unutulması amaçlanmakta olup, kalıcı etki beklenmez (16).

6.1.2. Psikiyatrik tedavi destekleri

Emosyonel faktörler, TMB etiyojisinde ön plana çıkan faktörlerdendir. Bu hastalarda emosyonel faktörlerin tedavi edilmesi çoğunlukla TMB tedavisine eşdeğerdir. Bu amaçla psikanaliz ve farmakolojik tedavi yöntemleri uygulanabilir.

Gün içinde gerçekleşen parafonksiyonel alışkanlıkların, stresin, kaygının, öfkenin, depresyonun, katastrofinin, ağrıyla ilgili inançların, kaygıların TMB

semptomlarını artırdığı bilinmektedir. Bazı şiddetli olgularda konservatif TME tedavileri de sonuçsuz kalabilir. Bilişsel-davranışsal müdahaleler; böylesi durumlarda psikososyal faktörleri azaltmaya yardımcı olabilir(17).

6.1.3.Fizik tedavi

TMB tedavisinde sıcak uygulama, soğuk uygulama, elektriksel stimülasyon, düşük seviyeli lazer tedavisi, akupunktur, biofeedback, ultrason kullanarak gevşeme egzersizleri ya da manuel terapi alternatifleri uygulanabilir. Bu yöntemler daha iyi sonuç almak için genellikle rehabilitasyon protokolleri ile birleştirilir (18).

6.1.3.1.Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimulasyonu (TENS)

TENS, ağrı kontrolü için kullanılan en güvenli ve en ucuz yöntemlerden birisidir. Tedavi, periferik sinir dağılımı boyunca sağlam deri üzerine elektrotlar yerleştirilerek gerçekleştirilir. Tedavi sonucunda istirahat halinde kas aktivitesinin azalması beklenir (18).

6.1.3.2.Sıcak-soğuk uygulaması

Sıcak uygulama iskemik ağrıyı azaltır, dokuların vizkoelastik özelliklerini değiştirir, dokunma refleksini uyarır, metabolik mediatörleri uzaklaştırır, endorfin salınımını artırarak kas spazmını giderir. Bunun sonucunda sinir uçlarındaki gerilim, baskı ve hipoksi gibi etkileri azaltır, ağrı eşliğini yükseltir ve sedasyon oluşturarak analjezi sağlar. Isının nemli olarak uygulanması daha etkilidir. Isıtılmış pedler, nemli sıcak havlu kullanılabilir ancak cilt hasarını engellemek için uygulama 20 dakika ile sınırlı tutulmalıdır.

Soğuk uygulaması ödem ve kas spazmını ortadan kaldırmanın yanısıra periferik sinirlerde ağrı iletimini de yavaşlatır. Sıcak uygulamaya kıyasla daha uzun süreli analjezik etki yaratır. Uygulama süresi 5-7 dakika ile sınırlandırılmalıdır (19).

6.1.3.3.Ultrason

Ultrason (US); düşük yoğunlukta kullanıldığında bağ dokusunun elastikiyetini ve doku rejenerasyonunu artırır, iskemik dokularda anjiyojenik faktörlerin salınımıyla kan akışı hızlanır. US, uygun frekans aralığında kullanıldığında derin dokularda da esnekliği ve uzayabilirliği artırabilir. Bu yolla şişlik, ağrı ve hareket kısıtlılığını azaltır (20).

6.1.3.4.Fonoforez

İlaçların lokal ya da sistemik kullanımlarından doğan yan etkileri azaltmak için kullanılabilir. Bununla birlikte, oral yolla ilaç alamayan TMB hastaları için de iyi bir alternatiftir. Ultrason cihazıyla deri üzerine lokal ilaç uygulanması işlemidir. Sistemik yan etkilerinin az olup kolay uygulanması avantajları olarak sayılabilir (19).

6.1.3.5.İyontoforez

İyontoforez yönteminde ilaçlı bir ped uygun doku bölgesine yerleştirilir. Daha sonra ped içerisinden düşük dozda elektrik akımı geçirilir. Bu yöntemle ve antiinflamatuvar ilaçlar ve lokal anestezipler sistemik yan etkiler olmaksızın uygulanabilir (20).

6.1.3.6.Akupunktur

Akupunktur, vücudun duyarlı noktalarına genellikle gümüşten yapılmış küçük iğnelerin yerleştirildiği bir tedavi yöntemidir. Geleneksel Çin tıbbına dayandığı bilinmektedir. Akupunktur vücudun kendi antinosisepatif sistemini kullanarak fayda sağlar. Temporomandibular eklem ağrı tedavisinde, diğer vücut bölgeleri gibi kullanım yeri vardır (20).

6.1.3.7.Düşük seviyeli lazer tedavisi (DSLTL)

DSLTL, noninvaziv ve uygun maliyetli bir tedavi yaklaşımıdır. Ağrıyı azaltır, ödemi azaltır, yara iyileşmesini stimüle eder ve anti-inflamatuvar etki yaratır. DSLTL, PGE2 oluşumunu inhibe eder ve siklooksijenaz 2'nin de baskılanması ile inflamasyonu azaltır (21).

6.1.3.8.Fotobiyomodülasyon (FBM)

FBM tedavisinde görünür ışık ile ($\lambda=400$ nm) kızılötesi ışınlar ($\lambda = 1.064$ nm) arasında farklı dalga boylarına sahip lazer veya ışık yayan diyodlar (LED) kullanılır. FBM ödemi azaltmak, analjezi ve doku rejenerasyon kabiliyetini artırmak amacıyla TMB'lerde kullanılmaktadır (21).

6.1.3.9.Manuel Terapi

Manuel terapiler (MT) disfonksiyonun azaltılması için uygulanan terapiler olup fizyoterapistler tarafından yapılmalıdır. MT, TMB tedavisinde kas aktivitesinin azaltılmasıyla ağrının giderilmesini sağlayacak olan trigger noktalarını tetikler. Tedavi amacı normal hareket aralığını düzeltmek, fibröz birleşmeleri yok etmek, lokal iskemiye azaltmak, propriosepsiyonu uyarmak, sinoviyal sıvı dengesini sağlamak ve ağrıyı azaltmaktır (20).

6.1.3.9. Biofeedback

Elektronik cihazlarla kişiyi minimal de olsa rahatsız edecek düzeyde işitsel veya görsel uyarılar oluşturarak kişinin parafonksiyonel hareketlerinin farkında olmasını ve bunları istemli olarak değiştirebilmesini sağlayan bir tedavi metodudur. Uygulama seanslar halinde yapılıp, elektrotlar frontal ya da maseter kasa yerleştirilir. Bu sayede kişinin parafonksiyonel hareketleri kontrol altına alması sağlanır (18).

6.1.3.10. Okluzal tedavi

TME fonksiyonu geliştirmek, stabilizasyon sağlamak, dişleri okluzal travmalardan korumak için tercih edilir. Okluzal splintlerin etki mekanizması, diskal dokulara gelen basıncın azaltılması, intrakapsüller dokulara gelecek basıncın azaltılması, aşırı kas aktivitesinin azaltılması ve mandibulanın anatomik pozisyonunda konumlanması görüşlerine dayanmaktadır. TMB'lerin tedavisi için tek tip okluzal splint kullanılmaz. Stabilizasyon splinti kas gevşetici etkisiyle ağrıyı azaltır. Anterior repozisyon splinti, mandibulanın kafatasına göre pozisyonunu değiştirir. Ön ısırma düzlemi posterior dişler arasındaki teması yok ederek çığneme sisteminin yükünü azaltır. Arka ısırma düzlemi, mandibulaya uygulanan ve vertikal boyut kazanımı sağlayan splintlerdir. Yumuşak splintler ise dişler arasındaki teması keser. Yumuşak splintler travma, bruksizm durumlarında dişlerin hassasiyetini gidermek ve kuvveti azaltmak için kullanılır (5).

6.2. Cerrahi Tedaviler

TMB'lerde spesifik yapısal bozukluklar olduğunda, ankiloz varlığında ya da konservatif tedavilerden yanıt alınamadığında cerrahi tedavi tercih edilmektedir (5).

6.2.1. Eklem içi enjeksiyonlar

TME içi enjeksiyonu myofasiyal ağrı sendromu, TME osteoartriti (OA), redüksiyonsuz disk deplasmanları, masseter hipertrofisi, orofasiyal distoni, bruksizm, trigeminal nevralsi ve TME tutulumlu enflamatuvar hastalıklar (romatoid artrit) tedavisinde uygulanır.

TME osteoartriti varlığında krepitasyon şeklinde çok fazlı eklem seslerinin duyulması tablonun ciddileştiğini gösterir. Bu gibi durumlarda hasta eğitimi, fizik tedavi, izometrik güçlendirme egzersizleri, NSAİ'ler, eklem açıklığı egzersizleri, ve eklem içi hyaluronik asit (HA), kortikosterooid ve BTX enjeksiyon uygulaması yapılabilir (22).

HA, glukozaminglikan ailesinden bir polisakkarittir. HA sinoviyal sıvının yoğunluğunu artırır ve eklem boşluğunu doldurur, hidrostatik ve osmotik basınçlar arasında denge sağlar, kayganlığı artırır.

TME'nin eklem içi enjeksiyonlarında kortikosteroidler de kullanım yeri bulur. Eklem boşluğunda özellikle lavaj sonrası steroid enjeksiyonu yapılması şiddetli ağrısı olan hastalarda başarılı sonuçlar sağlar. TME'ye kısa sürede tekrarlayan enjeksiyonlar yapıldığında kondiller dejenerasyona neden olabileceği için genel olarak yılda iki enjeksiyon sınırı geçilmemelidir.

Plateletten zengin plazma (PRP), otolog kandan elde edilen, rejeneratif dokulardan zengin, trombosit yoğunluğu yüksek başka bir preparattır. Transforme edici büyüme faktörü b1(TGF b1), vasküler endotelial büyüme faktörü (VEGF) ve trombosit türevli büyüme faktörü (PGF) salgılanmasını sağlayarak doku onarımına yardımcı olur (22).

Proloterapi, iritan bir maddenin eklem boşluğuna enjekte edilmesidir. Hipertonik dekstroz solüsyonu tercih edilir. Bu sayede fibro-osseöz bağlan-tıların proliferasyonu uyarılır. Proloterapi TME subluksasyonu, eklem hiper-mobilitesi ve ağrı tedavisinde olumlu sonuçlarla ön plana çıkmaktadır (23).

TME içi enjeksiyonlarında eklem boşluğuna girmek için en uygun lokalizasyon anatomik olarak kulak aurikulasının 1 cm önüdür. Ağız açıp kapattırılarak eklem boşluğu palpe edilmelidir. Steril örtü örtülüp eklem bölgesinde antisepsi sağlandıktan sonra, ağız maksimum açıklıkta iken palpe edilen superior eklem boşluğuna girilmeye çalışılır. Bunun için 22 gauge'luk iğne, temporal kemiğin mandibular fossasının kenarı ile aurikula tarafında mandibular fossaya en yakın noktadan dik olarak iletilir. Kemik teması alındığında aspirasyon yapılır ve lokal anestezik madde yavaşça enjekte edilir. Ardından en fazla 1 ml olacak şekilde istenen ajan enjekte edilir (23).

6.2.2. Artrosentez

TMB'li hastalarda özellikle ağrı ve ağız açıklığı kısıtlanması semptomlarının giderilmesi için uygulanır. Eklem efüzyonunun giderilmesini ve enflamatuvar ürünlerin uzaklaştırılmasını sağlayan minimal invaziv bir metottur. Artiküler eminens ankilozunda kontrendikedir. Sık görülen komplikasyonları ise dış kulak yolu perforasyonu, enjeksiyona bağlı enfeksiyon, enjeksiyon bölgesinde amfizem, okluzyon değişiklikleri, TME kıkırdağının hasarlanması, hematom ve geçici fasiyal paralizidir (23).

TME artrosentezi yapılacak hasta yarı dik otururken baş işlem uygulanmayacak tarafa döndürülür. Bölge etrafı steril örtüyle örtülerek işlem bölgesi antiseptik ajanla silinir. Artrosentez işlemi için tragusun ortasından gözün

dış kantusuna uzanan Holmund çizgisi referans alınır. Öncelikle aurikulo-temporal sinirin anestezisi için angulus mandibula bölgesinden giriş yapıp yukarı yönde ilerlenir ve kemik teması alınarak 2 ml anestezi solüsyon verilir. Ardından ikinci bir steril enjeksiyon iğnesi ile eklem kapsülü içerisine ulaşılarak 2 ml anestezi solüsyon aspire ederek uygulanır. Eklem boşluğu konumu, anatomik olarak tarif edilebilse de en güvenilir yöntemle ağız açık iken tragusun önündeki boşluğun palpasyonu ile belirlenir. Bu nokta genellikle anatomik olarak tarif edilen tragusun 1 cm önü, Holmlund çizgisinin 2-3 mm aşağısında bir noktadır. 20 gauge'luk iğne giriş noktasından yukarı ve öne doğru ilerletilerek üst eklem boşluğuna ulaşılır. İkinci enjektör tragusun 2 cm önü ve Holmlund çizgisinin 1 cm aşağısından ya da ilk enjektörün herhangi bir yönde 2 mm uzağına da yerleştirilebilir. Serum fizyolojik basınçlı olarak enjekte edilir ve sıvının negatif aspirasyonu ile üst eklem boşluğuna girildiği doğrulanır. Enjeksiyon sırasında basınç hissedilince ikinci iğnenin girişi yapılır. İşlem esnasında sürekli olarak maksimum ağız açıklığı sağlanmalıdır. Uygulamanın en az 40 kPa basınçla yapılması eklem adezyonlarını gidermek için önerilmektedir. Artrosentezi takiben eklem içi ilaç ya da sıvı enjeksiyonu yapılacaksa iğneler çıkarılmadan yapılır ve ardından iğneler spanç baskısı ile çıkarılır. Artrosentez için farklı yöntemler de tanımlanmıştır ancak en sık kullanılan yöntem bu şekildedir (24).

6.2.3. Artroskopi

Artroskopi hem tanı hem tedavi amacıyla yapılan eklem boşluğu endoskopisidir. Bu yöntem ile eklem tüm yapıları çıplak gözle incelenebilir. Artroskopi TME'de osteoartrit, artrit, psödotümörler, internal düzensizlik tedavilerinde uygulanır. Artrit hastalarında doğrudan gözlem yapılabildiğinden tanı için tek yoldur. Kemik ankilozu, glenoid fossa rezorpsiyonu, eklem yüzeyi enflamasyonu ve malignite durumlarında artroskopi uygulaması kesin kontrendikasyondur. Orta kulak ve fasiyal sinir hasarı uygulamada gelişebilecek komplikasyonlardır.

Artroskopi ile lizis, lateral kapsül serbestleme, lavaj, disk repozisyonu, debridman, eklem hiper mobilitesi, sinovektomi veya habitüel lüksasyonu için restriksiyon işlemleri yapılabilir (25).

6.2.4. Artrotomi

Eklem ankilozu, kondiler rezorpsiyon, travma, yabancı cisim varlığı, büyüme bozukluğu, neoplazi veya ciddi dejeneratif rahatsızlıklarda artrotomi yapılabilmektedir. Artroskopi ya da artrosentez tedavilerine yeterli yanıt ver-

meven hastalarda açık cerrahi endikasyonu söz konusudur. Disk dejenerasyonu ileri seviyede ise disk çıkarılmalıdır (26).

Artroplasti, otojen greftler, plastik veya metal materyaller kullanarak gerçekleştirilen, erken mobilizasyon sağlanabilen uygulamadır. İkinci bir cerrahi saha gerektirmez. Özellikle ankiloz vakalarında tek seçenek olabilir (26).

6.2.5.Ortognatik cerrahi

Ortognatik cerrahi, ortodontik tedavi ile beraber uygulandığında okluzyonu sağlayarak TME fonksiyonunu değiştirmektedir. Ortognatik cerrahiyi takiben TMB'ler düzelebildiği gibi, aynı kalması veya kötüye gitmesi de söz konusu olabilir. Ortognatik cerrahi endikasyonu bulunan tüm hastalar TMB yönünden değerlendirilmeli ve gerekli ise tedavi edildikten sonra cerrahi planlama yapılmalıdır (27).

KAYNAKLAR

1. Haskin CL, Milam SB, Cameron IL: Pathogenesis of degenerative joint disease in the human temporomandibular joint. *Crit Rev Oral Biol Med* 6: 248-270, 1995.
2. Molinari F, Manicone PF, Raffaelli L, Raffaelli R, Pirroni T, Bonomo L. Temporomandibular joint soft-tissue pathology, I: Disc abnormalities. *Semin Ultrasound CT MR*. 28: 192-204, 2007.
3. Orhan K. Manyetik Rezonans Görüntüleme Kullarılan Sirküler Tip Yüzeysel Koilin Homojen Olmayan Sensivitesinin Bilgisayar Programı Yardımıyla Düzeltılarak Temporomandibular Eklem ve Patolojilerinin İncelenmesi. Ankara Üniversitesi diş hekimliği fakültesi Oral Diagnoz ve Radyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi, 2003.
4. Aksoy C. Temporomandibular Ağrı ve Disfonksiyon. In: Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y, ed. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000;1391-1.
5. Okeson JP. Temporomandibular disorders and occlusion. St. Louis: Mosby, Inc. 319-335, 1995.
6. Buescher JJ. Temporomandibular joint disorders. *Am Fam Physician* 2007;76:1477-82.
7. Fernandes de Sena M, Mesquita K, Santos F. Prevalence of temporomandibular dysfunction in children and adolescents. *Rev Paul Pediatr* 2013;31(4):538-45.
8. DeBont L, Dijkgraaf L, Stegenga B. Epidemiology and natural progression of articular temporomandibular disorders. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1997;83:72-6.
9. Özcan B. Bruksizme eşlik eden miyofasyal ağrı sendromlu ve temporomandibular rahatsızlığı olan hastalarda oklüzal splint ve TENS tedavilerinin klinik ve ağrı eşiği üzerine olan etkinliklerinin karşılaştırılması. Uzmanlık tezi 2005.
10. Foucart JM, Carpentier P, Pajoni D, Marguelles-Bonnet R, Pharaboz C. MR of 732 TMJs: anterior, rotational, partial and sideway disc displacements. *Eur J Radiol*. 28: 86-94.
11. Manfredini D. Etiopathogenesis of disk displacement of the temporomandibular joint: A review of the mechanisms. *Indian J Dent Res* 2009;20:212-21.
12. Laskin DM. Temporomandibular joint pain. In: *Kelley's Textbook of Rheumatology*. 6th ed. Edit: Ruddy S, Harris ED, Sledge CB. 2001:557-67.
13. Milam SB, Schmitz JP. Molecular biology of temporomandibular joint disorders: proposed mechanisms of disease. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:1448- 54.

14. Darendeliler N. Kraniyomandibular Sistemde Oklüzyon, Temporomandibular Eklem Çiğneme Kas İlişkisi. *Türk Ortod Derg* 1999;12:52-9.
15. Kavuncu V. Temporomandibular Eklem Disfonksiyon Sendromu. Göksoy T, editor. *Romatizmal Hastalıkların Tanı ve Tedavisi*. İstanbul: Yüce Basımevi; 2002. p. 791-802.
16. Hersh EV, Balasubramaniam R, Pinto A. Pharmacologic management of temporomandibular disorders. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2008;20:197-210.
17. Lobo SL, Mehta N, Forgione AG, Melis M, Al-Badawi E, Ceneviz C, et al. Use of Theraflex-TMJ topical cream for the treatment of temporomandibular joint and muscle pain. *Cranio* 2004;22:137-44.
18. Wright EF. Cognitive-Behavioral Intervention. 2nd ed. Wright E.F, editor *Manual of temporomandibular disorders*. Ames,LA: Wiley-Blackwell; 2010. p. 239- 49.
19. Loeser JD. *Bonica's management of pain*. 3rd ed. USA: Lippincot Williams; 2001. p. 887- 902.
20. Van der Windt D, Van der Heijden G, Van den Berg S.G.M, Ter Riet G, de Winter A.F, Bouter LM. Ultrasound therapy for musculoskeletal disorders: a systematic review. *Pain* 1999;81:257-71.
21. Madani A, Ahrari F, Fallahrastegar A, Daghestani N. A randomized clinical trial comparing the efficacy of low-level laser therapy (LLLT) and laser acupuncture therapy (LAT) in patients with temporomandibular disorders. *Lasers Med Sci* 2020;35:181- 92.
22. Beyazova M, Kutsal YG. *Fiziksel tıp ve rehabilitasyon*. Ankara: Güneş Kitapevi; 2000. p.9-70.
23. Andre A, Kang J, Dym H. Pharmacologic Treatment for Temporomandibular and Temporomandibular Joint Disorders. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2022;34:49-59.
24. Şentürk MF. Temporomandibuler eklem artrosentez teknikleri: Literatür derlemesi. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Derg* 2014;5:114-7.
25. Durmuşlar MC. Temporomandibular Eklem Artroskopisi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi* 2012;6:1187-91.
26. Keklik B, Yazar M, Emekli U. Artrosentez, Artroskopik Değerlendirme ve Cerrahi Girişimler. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg* 2010;56:29-33.
27. Nale JC. Orthognathic surgery and the temporomandibular joint patient. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am* 2014;26:551-64.

Gümüş Diamin Florürün Çocuk Diş Hekimliğinde Kullanımı

Fatma Yanık Şılbır¹

Ayça Kurt²

Özet

Diş çürüğü çocukluk döneminde sık karşılaşılan kronik hastalıkların başında gelmektedir. Diş çürüğü çocuğun ve ailenin hayat kalitesini olumsuz etkilemekte ve bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilmektedir. Geleneksel restoratif tedavi yöntemlerini uygulayamadığımız non-koopere veya özel bakım gereksinimli hastalarda gümüş diamin florür (GDF) tercih edilebilmektedir. Bu yöntem, lokal anesteziye ihtiyaç duyulmadan tedavi imkanı sağlamaktadır. Uygulama prosedürü basit ve geleneksel tedavi yöntemlerine göre ucuzdur. Gümüş diamin florür çürük lezyonun kontrolünde non-invaziv ve ekonomik bir yöntemdir. Gümüş diamin florür aktif çürükleri durdurma, hassasiyeti azaltma özelliği olan, renksiz, flor salan bir solüsyondur. Solüsyonun stabilizasyonu amonyum tarafından sağlanmaktadır. Gümüş diamin florür içerisindeki flor iyonları remineralizasyonu sağlayıp çürüğün ilerlemesini engellemektedir. Gümüş iyonları ise antimikrobiyal role sahiptir. Bu bölümde çocuk diş hekimliğinde Gümüş diamin florür kullanımı hakkında bilgi verilmesi amaçlanmıştır.

1. Giriş

Diş çürüğü, çocukluk döneminde sık görülen kronik hastalıkların başında gelmektedir.¹ Bir halk sağlığı problemi olarak kabul edilen diş çürüğü, çocuğun ve ailenin hayat kalitesini olumsuz etkilemektedir.² Çürük lezyonlarının tedavisi geleneksel olarak enfekte diş dokusunu uzaklaştırmak için invaziv müdahaleyi ve ardından form ve işlevi eski haline getirmek için restoratif

1 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AnaBilim Dalı, fatma.yanik@erdogan.edu.tr, Orcid: 0009-0004-1641-0204

2 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AnaBilim Dalı, ayca.kurt@erdogan.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4762-7495

bir materyalin yerleştirilmesini gerektirmektedir, ancak geleneksel restoratif tedavinin önündeki engeller (yaşa bağlı davranış sorunları ve/veya sınırlı işbirliği, bakıma erişim güçlüğü, finansal kısıtlamalar vb.) diğer alternatif çürük yönetimi yöntemlerini gündeme getirmektedir. Başlangıç aşamasındaki çürüklerin tedavisi genellikle topikal flor, fissür örtücü ve rezin infiltrasyonu gibi invaziv olmayan restoratif tekniklerin kullanıldığı erken terapötik müdahaleyi içermektedir. %5'lik sodyum florür (NaF) verniğin restorasyon yapılmayan kavite kontrolündeki başarılı sonuçları, daha çok ebeveynlerin dental plağı düzenli ve titiz bir diş fırçalama ile mekanik olarak uzaklaştırmasına bağlanmaktadır. Gümüş diamin florür (GDF) uygulaması ise uygulamadan kısa bir süre sonra aktif dentin çürüklerini durdurmaktadır.³ Bu uygulamanın olumlu sonuçlanması, çocuğun bakımını yapan kişiden ziyade klinisyene bağlı olmaktadır. Flor; çürük atakları esnasında minenin demineralizasyonunu inhibe edip, başlangıç halindeki aktif çürük lezyonlarında mineral kaybını engelleyerek remineralizasyonu desteklemektedir. Florun topikal uygulamalarının çürük önleyici etkisi daha fazla olmaktadır. Diş hekimliğinde kullanılan topikal flor ajanları arasında GDF en yüksek flor içeriğine sahiptir. GDF solüsyonu piyasada %12, %30, %38 gibi farklı konsantrasyonlarda bulunmaktadır. En yaygın kullanılan %38' lik formudur.⁴ GDF, süt dişlerindeki kaviteye çürük lezyonlarını durdurmak için etkili ve ucuz bir yol olmaktadır.⁵

2. Gümüş Diamin Florürün İçeriği ve Mekanizması

Gümüş nitrat ve GDF gibi topikal gümüş ürünler, Japonya'da 40 yılı aşkın süredir çürükleri durdurmak, süt ve daimi dişlerde hassasiyeti azaltmak için kullanılmaktadır. Geçtiğimiz on yılda, Avustralya ve Çin gibi diğer birçok ülke bu materyalleri başarılı bir şekilde kullanmaktadır.^{6,7} GDF'nin 2014 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (U.S Food and Drug Administration, FDA) tarafından diş hassasiyetinin tedavisinde kullanımı onaylanmıştır.⁸ 2021 yılında Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, WHO) tarafından çürük durdurucu ilaç olarak kabul edilmiştir.⁹ Üreticiler içeriklerinin ayrıntılarını açıklamamış olsalar da, GDF ürünleri esas olarak gümüş, flor ve amonyak içermektedir.¹⁰ En yaygın olarak bulunabilen %38' lik GDF konsantrasyonu; %25 gümüş (253.900 ppm), %5 flor (44.800 ppm), %8 amonyak ve %62 su içermektedir. Gümüş diamin florür, pH değeri 9–10 olan renksiz bir alkali solüsyon olduğundan, bazı üreticiler kolay tanımlama için mavi bir boya kullanmaktadır.¹¹ Gümüş florür solüsyonu stabil olmadığından, üreticiler gümüş florürü amonyak solüsyonunda çözerek daha yüksek stabiliteye sahip olan diamin gümüş florür oluşturmaktadır. Ayrıca, GDF ışığa duyarlıdır ve ışık altında gümüş oksitler oluşturmak üzere kolayca

oksitlenen gümüşe ayrışmaktadır. Bu nedenle GDF, ışık geçirmez bir şişede saklanmalıdır.

Günümüzde GDF' nin mekanizması tam olarak anlaşılamamıştır. Flor iyonlarının esas olarak diş yapısı üzerinde etkili olduğu, diğer ağır metaller gibi gümüş iyonlarının ise antimikrobiyal olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, GDF' nin alkali bir ortamda hidroksiapatit ile reaksiyona girerek ana reaksiyon ürünleri olarak kalsiyum florür (CaF_2) ve gümüş fosfat oluşturduğu da belirtilmektedir. Kalsiyum florür, asidik bir ortamda hidroksiapatitten daha az çözünür olan florapatiti oluşturmak için yeterli floru sağlamaktadır.^{12,13}

Jabin ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada, %38'lik GDF'nin daha düşük konsantrasyondaki GDF ve flor vernik uygulamalarına göre süt dişlerinde çürüğü durdurmada daha etkili olduğu bildirilmiştir.¹⁴ Yee ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise yılda iki kez %38 GDF solüsyonu uygulamasının çürükleri %84 oranında durdurabildiği ve %38 GDF doz yanıt oranının %12 GDF solüsyonundan daha iyi olduğu belirtilmektedir.¹⁵ Bununla birlikte, çalışmalar sürekli olarak GDF' nin çürükleri durdurmak için flor vernikten daha etkili olduğu sonucuna varmaktadır.^{12,16-33} GDF' nin ayrıca köpüklerde, jellerde ve cilalarda yaygın olarak bulunan NaF, kalay florür veya asitleştirilmiş fosfat florürden (APF) yaklaşık iki ila üç kat daha fazla flor tuttuğu bildirilmektedir.³⁰

Gümüş diamin florürün ana dezavantajı, mine dokusundaki ve dentindeki çürük lezyonlarında kalıcı olarak oluşturduğu siyah renklenme sonucu ortaya çıkan kötü estetik görüntüdür. Ayrıca cilt ile temas etmesi durumunda kına görümlü bir dövme oluşturmaktadır. Gümüş, derinin dermis tabakasına nüfuz etmediğinden cilt pigmentasyonu geçici olmaktadır. Gümüş diamin florür ile yanlışlıkla temastan kaynaklanan mukozal tahriş/lezyonlar 48 saat içinde düzelmektedir.³¹ Gümüş diamin florür ayrıca temas ettiği çoğu cansız yüzeyi de (örn. tezgahlar, giysiler) kalıcı olarak boyamaktadır.

GDF' nin sebep olduğu siyah renklenmeyi engellemek için en efektif yolun, GDF uygulaması sonrası doymuş potasyum iyodür çözeltisi (KI) uygulaması olduğu bildirilmiştir.³⁴ Potasyum iyodür çözeltisi GDF uygulanan yüzeye uygulandığında; sarı-beyaz renkli katı bir gümüş iyodür (AgI) bileşiği oluşmaktadır. Bu reaksiyon dişlerde siyah lekelenmeye sebep olan GDF' deki serbest Ag miktarını azaltmaktadır. Böylelikle restorasyonun görünümüyle ilgili estetik endişe bir dereceye kadar azalmaktadır.³⁵

GDF solüsyonu metalik bir tada sahiptir. %38'lik GDF yüksek flor konsantrasyonuna (44,800 ppm) sahip olduğu için küçük yaş gruplarında aşırı miktarda kullanıldığında dental florozise sebep olabilmektedir. Tek seansta

kullanılan GDF miktarının $27,5 \mu\text{g}/\text{mm}^2$ olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan GDF miktarı az olmasına karşın küçük yaş gruplarında sık kullanımlardan uzak durulması gerektiği bildirilmiştir.³⁶ Gümüş bileşiklerine alerjisi olan hastalarda GDF kullanılmamalıdır.³⁷

Gümüş diamin florürden fayda görebilecek hasta grupları şunlardır;

- Yüksek çürük riskine sahip, aktif kaviteyonlu ön veya arka grup dişlerdeki çürük lezyonları olan,
- Davranışsal ya da tıbbi yönetim zorluklarına sahip kaviteyonlu çürük lezyonları ile başvuran,
- Tek seansta tedavinin mümkün olmadığı çok fazla kaviteyonlu çürük lezyonları olan,
- Diş bakımına erişimi kısıtlı ve zor hastalardır.

Diş seçimi için kriterler şunları içermektedir;

- Pulpal inflamasyonun klinik belirtilerinin veya spontan ağrının olmaması.
- Pulpaya yayılmayan kaviteyonlu çürük lezyonları. Mümkünse, çürük lezyonlarının derinliğini değerlendirmek için radyografler alınmalıdır.
- Gümüş diamin florürü uygulamak için bir fırça ile erişilebilir olduğu sürece herhangi bir yüzeydeki kaviteyonlu çürük lezyonları (ortodontik separatörler, proksimal lezyonlara erişim sağlamaya yardımcı olmak için kullanılabilir.)⁴¹

3. Gümüş Diamin Florürün Klinik Uygulaması

Gümüş diamin florürün diş çürüğü lezyonlarını durdurmadaki etkinliğine ilişkin tahminler, boşluğun boyutuna ve diş konumuna bağlı olarak tek seferlik uygulamada yüzde 47 ila 90 arasında değişmektedir. Ön grup dişlerde çürüğün inaktif olması, arka grup dişlere göre daha fazla bulunmuştur.³⁸ Bu durum, ilgili bölgenin, daha kolay temizlenebilirliğine veya gümüş iyonlarının daha fazla çökmesine sebep olan doğal ışığa daha fazla maruz kalmasına bağlı gerçekleşebilmektedir.³

Uygulama basamakları:

- Denatüre dentin ile daha iyi GDF teması sağlayabilmek için kaviteyondaki büyük artıklar giderilmelidir.

- Gümüş diamin florür uygulamasından önce çürük dentinin uzaklaştırılması gerekli değildir. Çürük dentinin uzaklaştırılması, siyahlaşan durdurulmuş çürük lezyonlarının oranını azaltabileceğinden estetik amaçlı olarak düşünülebilir.
- Gümüş diamin florürün yumuşak dokularla temas etmesi durumunda oluşabilecek geçici dövme görüntüsünü önlemek için dudaklara ve cilde koruyucu bir krem uygulanabilir.
- Tedavi edilecek alanlar, pamuk rulolar veya diğer izolasyon yöntemleri ile izole edilmelidir.
- Çevre diş eti dokularını korumak için kakao yağı veya başka bir ürün uygulanıyorsa, bunun çürük lezyonlarının yüzeylerine değmemesine özen gösterilmelidir.
- Kavitasyona uğramamış (beyaz nokta) lezyonları olan daimi ön dişlere bitişik olan süt dişlerine GDF uygulanırken yanlışlıkla lekelenmeyi önlemek için dikkatli olunmalıdır.
- Ağız içi ve ağız dışı yumuşak doku maruziyetini önlemek için aplikatör fırça ile dikkatli uygulama yeterli olmalıdır.
- Hafif basınçlı hava ile lezyon kurutulmalıdır.
- Aplikatör fırça GDF solüsyonuna batırılır ve uygulamadan önce fazla sıvıyı çıkarmak için plastik nemlendirme kabının kenarına hafifçe vurulur. Gümüş diamin florür doğrudan sadece etkilenen diş yüzeyine uygulanır. Sistemik absorpsiyonu en aza indirmek için fazla GDF gazlı pamuk rulo veya pamuk pelet ile silinmelidir.
- GDF solüsyonunu uygulama süresi mümkünse en az bir dakika olmalıdır.
- Solüsyon kuruyana kadar hafif basınçlı hava akışı uygulanmalıdır. Üç dakikaya kadar izolasyon sağlanmalıdır.
- Gümüş diamin florür ile tedavi edilmeyen bölgelerdeki çürüklerin önlenmesine yardımcı olmak için, GDF tedavisinden sonra %5 NaF₂ vernik tüm dişlere uygulanabilir.
- Tedavi edilen lezyonların durdurulmasını kontrol etmek için ilk tedaviden iki ila dört hafta sonra takip randevusu verilmelidir.
- Tedavi edilen lezyonlar hala aktif haldeyse ve kavitasyon sertleşmemişse GDF'nin yeniden uygulanması endike olabilir. Lezyonun ren-

gine ve sertliğine göre lezyon ilerlemesi değerlendirilip gerektiğinde kontrol randevularında ek GDF uygulamaları yapılabilir.⁴¹

Estetiği iyileştirmek için, çürük GDF ile kontrol altına alındığında ve hastanın koşulları izin verdiğinde, tedavi edilmiş ve artık durdurulmuş kaviteli çürük lezyonları restore edilebilir.³

GDF tedavisinden sonra da devam eden çürük lezyonları mevcutsa, yılda iki kez tekrar uygulama yapılabilir. Bu uygulamanın tek bir uygulamaya kıyasla daha yüksek çürük durdurma oranı gösterdiği belirtilmiştir.

4. Gümüş Diamin Florür ve Cam İyonomer Esaslı Restoratif Materyallerin Birlikte Kullanımı

Arka grup dişlerde rahatlıkla ulaşılamayan kavitelere, GDF uygulamasını takiben cam iyonomer siman (CIS) ile restore edilebilir. Bu birleştirilmiş tekniğe gümüş modifiye atravmatik restoratif tedavi (Silver Modified Atraumatic Restorative Treatment: SMART) denilmektedir.³⁹ Gümüş modifiye atravmatik restoratif tedavi (GMART) sonucu mikroorganizmaların artışı inhibe edilerek kavitedeki mikroorganizmaların besin kaynağı kaldırılmış olmaktadır. Bununla birlikte bu teknik kalan diğer diş dokularının korunmasını sağlamaktadır.⁴⁰

5. Gümüş Diamin Florürün Diğer Uygulama Alanları

5.1. Dentin Hassasiyetinde Kullanımı

GDF içerisindeki gümüş iyonları, dentin tübüllerindeki proteinlerin çökelmesine sebep olarak hassasiyet giderici ajan olarak kullanılmaktadır. Knight ve ark. yaptıkları çalışmada, GDF ve Potasyum İyodür (KI) kombinasyonlarının hassasiyeti azaltmakta etkili olduğunu bildirmişlerdir.⁴²

5.2. Kök Kanal Dezenfeksiyonu Olarak Kullanımı

%38' lik GDF çözeltisi kök kanallarının dezenfekte edilmesinde kullanılmıştır. Vinod ve ark. yaptıkları çalışmada, %38' lik GDF ve %2' lik klorheksidin çözeltilerinin kök kanallarındaki antibakteriyel etkinliklerini karşılaştırdıklarında, E. faecalis' in %38' lik GDF çözeltisinde 1 saat süreyle bekletildikten sonra tamamen etkisizleştiği gözlemlenmiştir.⁴³

5.3. Lazerler ile Birlikte Kullanımı

Dişlerin sert doku yüzeylerine topikal flor uygulandığında, flor alım miktarını arttırmak amacıyla dental lazerlerden yardım alınmaktadır. Mei ve ark. yaptıkları bir çalışmada GDF' nin farklı tür lazerler ile birlikte kullanımının

dentin üzerindeki flor salımını ve diş çürüğünü önleyici etkisini değerlendirmişlerdir. Yapılan araştırmaya göre, GDF çözeltisinin Er-YAG lazer ve karbondioksit (CO₂) lazer ile birlikte kullanımının, ND-YAG lazer ve diyet lazer ile kullanımına kıyasla daha başarılı olduğunu bulmuşlardır.⁴⁴

5.4. Kök Çürüğü Tedavisinde Kullanımı

GDF kullanımı geriatri hastalarında kök yüzey çürüklerinin engellenmesinde ve sınırlandırılmasında tavsiye edilmektedir. Li ve ark. yaptıkları çalışmada, %38' lik GDF solüsyonunun geriatri hastalarında kök çürüklerini durdurma yüzdesinin %90, GDF+potasyum iyodür (KI) kombinasyonlarının uygulanmasında ise %93 olduğunu rapor etmişlerdir.⁴⁵

Kaynakça

1. Baelum V, van Palenstein Helderman WH, Hugoson A, Yee R, Fejerskov O. A global perspective on changes in the burden of caries and periodontitis: implications for dentistry. *J Oral Rehabil.* 2007;34(12):872-906. doi:10.1111/j.1365-2842.2007.01799.x
2. Abanto J, Tsakos G, Paiva SM, Carvalho TS, Raggio DP, Bönecker M. Impact of dental caries and trauma on quality of life among 5- to 6-year-old children: perceptions of parents and children. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2014;42(5):385-94. doi:10.1111/cdoe.12099
3. Crystal YO, Niederman R. Silver diamine fluoride treatment considerations in children's caries management. *Pediatr Dent* 2016;38(7):466-71.
4. Gao S, Zhao I, Hiraishi N. Clinical Trials of Silver Diamine Fluoride in Arresting Caries among Children:A Systematic Review. *International & American Associations for Dental Research* 2016. 2016; 1: 201-10.
5. Romão DA, Fernández CE, Santos LdM. Commercial Silver Diamine Fluoride (SDF) Products on Caries Lesion Progression in Primary Enamel: An In Vitro Study. *Oral Health Prev Dent.* 2020;18: 1025-1029.
6. Mei ML, Zhao IS, Ito L, et al. Prevention of secondary caries by silver diamine fluoride. *Int Dent J* 2016;66 (2):71-7.
7. Zhao IS, Gao SS, Hiraishi N, et al. Mechanisms of silver diamine fluoride on arresting caries: A literature review. *Int Dent J* 2018;68(2):67-76.
8. Horst J, Tanzer J, Milgrom P. fluorides and other preventive strategies for tooth decay. *dent clin north am.* 2019; 62: 207-34.
9. World Health Organization. [Online]; 2021[2021 December-16]Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-MHPHS-EML-2021.03>.
10. Yan IG, Zheng FM, Gao SS, et al. Ion concentration of silver diamine fluoride solutions. *Int Dent J* 2022;72(6):779-84. doi: 10.1016/j.identj.2022.04.005.
11. Zheng FM, Yan IG, Duangthip D, et al. Silver diamine fluoride therapy for dental care. *Jpn Dent Sci Rev* 2022;58:249-57. doi: 10.1016/j.jdsr.2022.08.001
12. Fung MHT, Wong MCM, Lo ECM, Chu CH. Arresting early childhood caries with silver diamine fluoride- A literature review. *J Oral Hyg Health* 2013;1:117. Available at: "https://www.omicsonline.org/open-access/arresting-early-childhood-caries-with-silver-diaminefluoridea-literature-review-2332-0702.1000117.php?aid =21896". Accessed September 25, 2017.
13. Yamaga R, Nishino M, Yoshida S, Yokomizo I. Diammine silver fluoride and its clinical application. *J Osaka Univ Dent Sch* 1972;12:1-20.

14. Jabin Z, Vishnupriya , Agarwal N. Effect of 38% silver diamine fluoride on control of dental caries in primary dentition: A Systematic review. *J Family Med Prim Care*. 2020;9: 1302-1307.
15. Yee R et al. *J Dent Res* 2009 88:644. [PMID: 19641152]
16. Gao SS, Zhang S, Mei ML, Lo EC, Chu CH. Caries remineralisation and arresting effect in children by professionally applied fluoride treatment – A systematic review. *BMC Oral Health* 2016;16:12.
17. Duangthip D, Jiang M, Chu CH, Lo EC. Restorative approaches to treat dentin caries in preschool children: Systematic review. *Eur J Paediatr Dent* 2016;17(2): 113-21
18. Duangthip D, Chu CH, Lo EC. A randomized clinical trial on arresting dentine caries in preschool children by topical fluorides–18 month results. *J Dent* 2016;44: 57-63
19. Mattos-Silveira J, Floriano I, Ferreira FR, et al. Children’s discomfort may vary among different treatments for initial approximal caries lesions: Preliminary findings of a randomized controlled clinical trial. *Int J Paediatr Dent* 2015;25(4):300-4.
20. Duangthip D, Jiang M, Chu CH, Lo EC. Non-surgical treatment of dentin caries in preschool children– Systematic review. *BMC Oral Health* 2015;15:44.
21. Mattos-Silveira J, Floriano I, Ferreira FR, et al. New proposal of silver diamine fluoride use in arresting approximal caries: Study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 2014;15:448.
22. Shah S, Bhaskar V, Venkataraghavan K, et al. Efficacy of silver diamine fluoride as an antibacterial as well as antiplaque agent compared to fluoride varnish and acidulated phosphate fluoride gel: An in vivo study. *Indian J Dent Res* 2013;24(5):575-81.
23. Gluzman R, Katz RV, Frey BJ, McGowan R. Prevention of root caries: A literature review of primary and secondary preventive agents. *Spec Care Dentist* 2013;33 (3):133-40.
24. Zhi QH, Lo EC, Lin HC. Randomized clinical trial on effectiveness of silver diamine fluoride and glass ionomer in arresting dentine caries in preschool children. *J Dent* 2012;40(11):962-7.
25. Monse B, Heinrich-Weltzien R, Mulder J, et al. Caries preventive efficacy of silver diammine fluoride (SDF) and ART sealants in a school-based daily fluoride toothbrushing program in the Philippines. *BMC Oral Health* 2012;12:52.
26. Liu BY, Lo EC, Chu CH, Lin HC. Randomized trial on fluorides and sealants for fissure caries prevention. *J Dent Res* 2012;91(8):753-8.

27. Castillo JL, Rivera S, Aparicio T, et al. The short-term effects of diammine silver fluoride on tooth sensitivity: A randomized controlled trial. *J Dent Res* 2011;90(2): 203-8.
28. Tan HP, Lo EC, Dyson JE, Luo Y, Corbet EF. A randomized trial on root caries prevention in elders. *J Dent Res* 2010;89(10):1086-90.
29. Beltrán-Aguilar ED. Silver diamine fluoride (SDF) may be better than fluoride varnish and no treatment in arresting and preventing cavitated carious lesions. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10(2):122-4.
30. Chu CH, Lo EC, Lin HC. Effectiveness of silver diamine fluoride and sodium fluoride varnish in arresting dentin caries in Chinese pre-school children. *J Dent Res* 2002; 81(11):767-70.
31. Llodra JC, Rodriguez A, Ferrer B, et al. Efficacy of silver diamine fluoride for caries reduction in primary teeth and first permanent molars of school-children: 36-month clinical trial. *J Dent Res* 2005;84(8):721-4.
32. Lo EC, Chu CH, Lin HC. A community-based caries control program for pre-school children using topical fluorides: 18-month results. *J Dent Res* 2001;80(12): 2071-4.
33. Rosenblatt A, Stamford TC, Niederman R. Silver diamine fluoride: A caries “silver-fluoride bullet”. *J Dent Res* 2009;88(2):116-25.
34. Zhao I, Mei M, Burrow M, Lo E, Chu C. Effect of Silver Diamine Fluoride and Potassium Iodide Treatment on Secondary Caries Prevention and Tooth Discolouration in Cervical Glass Ionomer Cement Restoration. *International Journal of Molecular Sciences*. 2017; 18: 340-54.
35. Knight G, McIntyre J, Craig G. Inability to form a biofilm of *Streptococcus mutans* on silver fluoride and potassium iodide-treated demineralized dentin. *Quintessence International*. 2009; 40: 155- 161
36. Chu c, Lo E. Promoting Caries Arrest in Children with Silver Diamine Fluoride. *Oral Health Preventive Dentistry*. 2008; 6: 315-321.
37. Horst JA, Ellenikiotis H, Milgrom PL. UCSF protocol for caries arrest using silver diamine fluoride: Rationale, indications and consent. *J Calif Dent Assoc* 2016;44(1): 16-28.
38. Fung M, Duangthip D, Wong M, Lo E, Chu C. Gümüş diamin florürün farklı konsantrasyonu ve periyodikliği ile dentin çürüklerinin durdurulması. *JDR Clin Transl Res* 2016;1 (2):143-52.
39. Gotjamanos T. Safety Issues Related to the use of silver fluoride in pediatric dentistry. *Australia Dental Journal*. 1997;
40. Bau MEYER JC. Play it SMART:silver diamine fluorideplus ITR for dental caries. [Online].; 2018. Available from: <http://www.dentistryiq.com>.
41. “Chairside Guide: Silver Diamine Fluoride in the Management of Dental Caries Lesions.” *Pediatric dentistry* 39 6 (2017): 478-479 .

42. Craig G, Knight G, Melntyre J. Clinical evaluation of diamine silver fluoride/potassium iodide as a dentine desensitizing agent. A pilot study. *Australian DentalJournal*. 2012; 57: 308-11.
43. Law A, Messer H. An evidence-based analysis of the antibacterial effectiveness of intracanal medicaments. *Journal of Endodontics*. 2004; 30: 689-94
44. Mei M, Ito L, Zhang C, Lo E, Chu C. Effect of laser irradiation on the fluoride uptake of silver diamine fluoride treated dentine. *Lasers in Medical Science*. 2015; 30: 985-91.
45. Li R, Lo E, Liu B, Wong M, Chu C. Randomized clinical trial on arresting dental root caries through silver diammine fluoride applications in community-dwelling elders. *Journal of Dental Research Meeting Abstracts*. 2015;51: 15-20.

Çocuk Diş Hekimliğinde Güncel Anestezi Uygulamaları 8

Kader Özbozkurt¹

Ayça Kurt²

Özet

Ağrı korkusu, hastaların diş hekimlerine gitmelerini engelleyen en önemli faktördür. Muayenehanede gerçekleştirilen tüm prosedürler içerisinde hastaların en fazla ağrı ve endişe duyduğu prosedür lokal anestezi uygulamasıdır. Lokal anestezi; hastayla iş birliği sağlamak, sürdürmek ve ağrıyı gidermenin temel adımıdır. Son yıllarda geleneksel yöntemlere ek olarak; bilgisayar kontrollü lokal anestezi uygulamaları, elektronik dental anestezi, titreşimle lokal anestezi uygulamaları, intraoral lidokain bandı ve jet enjeksiyon yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemler arasında ağrısız lokal anestezi elde etmenin güncel bir yolu, bilgisayar destekli lokal anestezi uygulamalarıdır (BDLAU). Bu uygulama, solüsyonun kontrollü basınç ve hız ile enjekte edilmesine izin vererek hastanın kaygısının ve ağrısının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu sistemlerin çocuk diş hekimliğinde en çok uygulananı ise bilgisayar destekli intraosseöz anestezi uygulamalarıdır.

1. Giriş

Küçük çocuklarda ağrı, farklı tepkilerle ortaya konan öznel bir algıdır ¹. Bu öznel algı; biyolojik, psikolojik, sosyal ve kültürel birçok değişkenin etkileşimi sonucu oluşmaktadır ². Çocuklarda fiziksel, bilişsel ve emosyonel sistemlerin olgunlaşma düzeyi de ağrı eşliğini değiştirip düşürebilmektedir².

1 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AnaBilim Dalı, k.ozbozkurt13@gmail.com, Orcid::0009-0002-5896-3056

2 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Pedodonti AnaBilim Dalı, ayca.kurt@erdogan.edu.tr, Orcid:0000-0003-4762-7495

American Dental Association (ADA)'ya göre, ağrı korkusu hastaların diş hekimlerine gitmelerini engelleyen en önemli faktördür³. Muayenehanede gerçekleştirilen tüm prosedürler arasında, hastaların ağrı ile en çok ilişkilendirildiği ve buna bağlı olarak en fazla endişe yaratan prosedür lokal anestezi uygulamasıdır^{4,5}. Diğer taraftan diş hekimliği pratiğinde, klinik işlemler sırasında ağrı hissinden kaçınmak, hasta iş birliğini sağlamak ve sürdürmek için lokal anestezi temel bir adımdır⁶. Kısacası ağrıyı tedavi boyunca kontrol altına almak ve sonraki dental işlemlerin devamlılığı için lokal anesteziye ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat lokal anestezinin amacı dental işlemler sırasındaki ağrıyı ortadan kaldırmak olsa da anestezi yani enjeksiyon korkusu bu olumsuz davranışlar için önemli bir tetikleyicidir ve çocuklar tarafından dile getirilen diş hekimi korkusu nedenleri arasında en üst sıralarda yer almaktadır. Lokal anestezi ve ağrı duyusu arasında bu şekilde bir kısır döngü bulunmaktadır⁶. Bu kısır döngüyü hastanın lokal anesteziye baktığı pencereden değiştirmek başka bir deyişle lokal anesteziye olan korku, endişe kısmını iyileştirmek; dental işlemin kontrolüne hasta kooperasyonu ile birlikte başlangıçta hükmetmemizi sağlamaktadır. İşlemin başından itibaren elde ettiğimiz rahat bir anestezi hastanın güvenini kazanmamızı ve sonrasındaki ağrı duyusunun olmaması hekimin performansının artmasını sağlamaktadır. Böylelikle yapılan tedavinin kalitesiyle birlikte hastanın gelecekteki ağız bakımı ve diş hekimi ziyaretlerinin sıklığı pozitif yönde etkilenmektedir^{7,8}.

Klinik araştırmalar, çocukların erken yaşta ağrı duyusunu deneyimleyebildiklerini ve en önemlisi bu duyguyu ezberleyebildiklerini kanıtlamıştır⁹. Bu nedenle, diş hekimindeki olumsuz bir deneyim, çocuğun gelecekteki diş tedavisi için endişe duymasına sebebiyet verebilmekte, yetişkinliğe ulaştıktan sonra bile bireyin hafızasında varlığını sürdürebilmektedir¹⁰.

Şiddetli korku ve anksiyete ağrı algısını daha da artırabilmektedir¹¹. Diş enjeksiyonlarından korkan hastalar, korkmayan hastalara kıyasla enjeksiyonlar sırasında daha fazla ağrı bildirmektedir¹².

Özellikle, tedavi edilmemiş diş çürüğünün klinik sonuçlarının yaygınlığını ve diş çürüğü ile ilişkisini araştıran yeni bir çalışma; fazla diş korkusu olan çocukların, daha az korkusu olan çocuklara kıyasla tedavi edilmemiş çürük riskinin 2,05 katı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, ağrıyı azaltan tekniklerin geliştirilmesine önemli oranda ihtiyaç duyulmaktadır¹³.

Lokal anesteziye ile ağrı,; enjektörün girişi ve anestetik ajanın neden olduğu doku gerilmesi sırasında oluşan mekanik travmanın ve şırınga içeriğinin hızlı bir şekilde boşaltılmasının (en önemli nedeni) sonucu olabilmektedir¹⁴.

Geleneksel lokal anestezi uygulaması sırasında oluşan ağrı ve rahatsızlığın giderilmesi amacıyla çeşitli yöntemler uygulanmıştır, bunlar;

- Topikal anestezi kullanımı
- Anestezik solüsyonun vücut sıcaklığına getirilmesi
- Enjeksiyon süresinin artırılması yani yavaş enjeksiyon
- İnce, dar enjektör kullanımı
- Hastanın psikolojik hazırlığı (bunlardan en önemlisi davranış yönlendirme tekniklerinden olan dikkat dağıtma yöntemidir).
- Enjeksiyon sırasında titreşim (sinir liflerinin eş zamanlı aktivasyonuyla ağrının azaltılabileceği düşüncesine dayanan bir yöntem).
- Düşük seviyeli lazer uygulamasıdır^{15, 16}.

Son yıllarda geleneksel yöntemlere ek olarak; BDLAU, elektronik dental anestezi, titreşimle lokal anestezi uygulamaları, intraoral lidokain bandı ve jet enjeksiyon yöntemi kullanılmaya başlanmıştır.

Bu yöntemler arasında ağrısız lokal diş anestezisi elde etmenin güncel bir yolu, BDALU'dur¹⁷. Solüsyonun kontrollü basınç ve hız ile yerleştirilmesine izin vererek hastanın kaygısını ve ağrısını azaltmaktadır¹⁸.

1990'lı yılların ortalarında piyasaya çıkan BDLAU sistemler, Dinamik Basınç Algılama (DBA) teknolojisini kullanarak anestezik solüsyonu sabit hız ve basınçta verebilmekte ve kolay, etkili ve ağrısız bir enjeksiyon vaat etmektedir¹⁰. Çalışma prensibi, enjeksiyon hızını sabit tutup kontrol ederek ağrıyı azaltmaktır, bu da az miktarda anestezinin yavaş bir hızda sürekli olarak uygulanmasına izin vermektedir⁶. Ayrıca bu sistemler çocukların pek hoşlanmadığı ekstra oral yumuşak doku anestezisini de ortadan kaldırılabilmektedir¹⁹.

BDLAU'nin temel kavramları şunlardır:

- Anestezik enjeksiyonun hız kontrolü ile ağrı hissini azaltılması,
- Düşük hızda az miktarda anestezik sıvı verilmesi²⁰.

En popüler sistemlerden biri, lokal anesteziyi sabit bir hız ve basınçta uygulayan, yumuşak doku uyuşması olmaksızın tamamen ağrısız anesteziyeye izin veren, hem geleneksel infiltrasyon hem de intraosseöz uygulamada etkili olan bilgisayarlı bir sistem olan QuickSleeper'dir²¹.

Piyasada bulunan en yeni BDLAU sistemlerinden diğeri SleeperOne® (Dental Hi Tech, Messina, İtalya) tarafından temsil edilmektedir. Bu cihaz

bir elektronik kontrol ünitesi, bir pedal ve bir enjeksiyon kaleminden oluşmaktadır²². SleeperOne çok hafiftir ve kalem gibi olan tutacağı sayesinde anesteziyi etkili ve rahat bir şekilde gerçekleştirme imkanı sunmaktadır²³⁻²⁵.

Çocuk diş hekimliğinde en çok kullanılan anestezi uygulamaları; bölgesel sinir bloğu uygulamaları (inferior alveolar sinir bloğu, infraorbital sinir bloğu gibi...), lokal infiltrasyon (bukkal infiltrasyon gibi...), periodontal ligament enjeksiyonu, intraosseöz anestezi ve değişik tekniklerin kombinasyonudur²⁶. Bilgisayar destekli anestezi sistemiyle bu prosedürlerden bukkal infiltrasyon, intraligamenter enjeksiyon ve intraosseöz enjeksiyon prosedürleri yerine getirilebilmektedir²⁶.

Çocuk diş hekimliğindeki en popüler bilgisayar destekli sinir bloğu uygulaması, bilgisayar destekli anesteziyle yapılan intraosseos enjeksiyondur. Bundan dolayı teknikler içerisinde en çok yoğunlaşacağımız kısım bilgisayar destekli intraosseos anestezi olacaktır²⁷.

Çocuk diş hekimliğindeki güncel lokal anestezi uygulamalarını bir başlık altında toparlayacak olursak;

1.1. Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezi Uygulamaları

1.1.1. Wand Sistemi

1.1.2. Comfort Control Syringe Sistemi

1.1.3. QuickSleeper ve SleeperOne

1.1.4. Calaject

1.2. Elektronik Dental Anestezi (EDA)

1.3. Jet Enjeksiyon

1.4. İntrooral Anestezi Bantları

1.5. Titreşimle Lokal Anestezi(Vibrotaktıl Cihazlar)

1.1. Bilgisayar Kontrollü Lokal Anestezi Uygulamaları

1.1.1. Wand Sistemi

Bilgisayarlı anestezi uygulamaları ilk olarak 1997'de Wand (Milestone Scientific, Inc., Livingston, NJ.) sistemiyle piyasaya sürülmüştür¹⁸. Mantığı anestezinin dokulara akış hızı ve yaptığı basıncın bilgisayar sistemiyle kontrol edilmesidir¹⁸. Bu sistemler anestezik maddeyi sabit ve çok düşük hızla vererek dokulardaki basıncı ve enjeksiyon ağrısını en aza indirmektedir²⁶.

Damak ve periodontal ligament gibi esnek dokularda bile kontrollü, yüksek etkili ve rahat bir enjeksiyon sağlamaktadır²⁶.

Kullanım kolaylığı ve hassasiyeti açısından tek kullanımlık ultra hafif kalem şeklinde bir el aletinden oluşan ince bir uç parça, ayak pedalı ve bir bilgisayar kontrol sisteminden oluşur¹⁸. Uç parçası, çocukların göremeyeceği kadar incedir. El aparatı kalemi andırıp iğne imgelemesini ortadan kaldırdığından çocuklarda korkuyu azaltır.El aparatının uzunluğunu diş hekimi kolaylıkla ayarlayabilir,bu özelliği nonkoopere çocuklarda kolaylık sağlar.²⁸,²⁹.Bu sistem hekime sesli komut ve görsel uyarılar vererek rehberlik sağlar . Anestezi sırasında cihazdaki renkli ledler iğnenin karşılaştığı basıncı gösterir.Hedef noktaya ulaşıldığında cihaz sesli komut vermektedir. Böylece iğne doğru konumlandırılır.Kullanılacak olan anestezi tekniğine göre farklı hız ayarları vardır.Anestezi öncesi aspirasyon yapmaktadır¹⁸.

Wand sistemi genelde tek diş anestezisi için kullanılır fakat farklı boyutlarda iğneleri de vardır³⁰. Süt dişlenmede kullanılmasının sürekli diş germelerine zarar vermediği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir ³⁵.Anestezi yapılacak bölgede enfeksiyon varsa kullanılmamalıdır³⁰.

Sistemin en önemli avantajı, çocuklarda daha az ağrı ve rahatsızlık oluşturmalarıdır ^{20, 36, 37}.

Dezavantajlarından biri anestezik solüsyonun uygulama esnasında çocuğun ağızına damlayabilecek ve kötü bir tat yaratabilecek olmasıdır²⁶. Bu nedenle damlayan solüsyon aspire edilmelidir²⁶. Anestezik solüsyonun verilmesiyle ilgili ağrıyı azalttığı gösterilse de uygulanırken uzun zaman gerektirmesi ve diğer yöntemlere göre çok daha pahalı olması cihazın etkinliğini olumsuz yönde etkilemektedir³⁸.

Özel ekipman gerektirmesi bu sistemin dezavantajıdır. Başka firmaların benzer ürünleri de mevcuttur³⁹.

Şekil 1.Wand sistemi³³



1.1.2. Comfort Control Syringe

Comfort Control Syringe (CCS) (Dentsply International, York, PA, USA) şırınga ve ana bilgisayar ünitesinden oluşur. Anestezinin ve aspirasyonun kontrolü şırınga ile sağlanır. CCS sisteminde solüsyonun akım hızı ayarlanabilir. CCS sistemi önceden ayarlanabilen bir lokal anestezi sistemidir. Farklı anestezi uygulamaları için beş ayrı hız ayarı vardır³⁹. İlk olarak anestetik madde çok düşük bir hızda verilir, zamanla bu hız artar, on saniyenin sonunda seçtiğimiz tekniğe uygun hızla ulaşılır³³. Bu sistemde BDLAU sisteminden farklı olarak pedali yoktur³⁰.

Altı-14 yaş arası 50 hastada yapılan bir çalışmaya göre aynı çenenin bir tarafına geleneksel yöntemler ile lokal anestezi uygulanırken, diğer tarafa CCS

sistemi ile anestezi uygulanmıştır ve görsel analog skalası ile değerlendirilen sonuçlarda CCS kullanıldığı zaman değerlerin istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşük bulunduğu ortaya çıkmıştır^{39, 41}.

Şekil 2. CCS sistemi³³



1.1.3. Quicksleeper ve Sleeper One

Bu alt başlıkta öncelikle intraosseöz anestezi tekniği anlatılacak ve bu tekniği uygulamak için geliştirilen sistemlerden bahsedilecek, günümüzde özellikle pedodontide popülerlik kazanan bilgisayar destekli intraosseöz anestezi uygulaması yapan sistemlerden bahsedilecektir.

1.1.3.1 İntraosseöz Anestezi Tekniği

İntraosseöz anestezi tekniği, yirminci yüzyılın başlarında ortaya çıkan anestezi yapılacak dişe komşu kortikal kemiği delerek süngerimsi kemiğe doğrudan anestezinin uygulandığı tekniktir. Bu teknik ilk ortaya çıktığı zamanlarda frezler yardımıyla kemikte delik açılmakta ve açılan bu delikten solüsyon kemiğin medullasına depolanmaktaydı. Bu uygulamadaki temel mantık mandibulanın kalın kortikal tabakasından anestezinin yeterince difüze olamamasından ortaya çıkmaktaydı. Kalın kortikal tabakadan kaynaklanan bu engeli aşmak için kemik noktasal olarak perfore edilip anestezik solüs-

yon direk olarak süngerimsi kemiğe verilmiş; doğrudan ve hızlı bir anestezi elde edilmeye çalışılmıştır. Böylece difüzyondan kaynaklanan ve anestezide başarısızlığa yol açan bu etken ortadan kaldırılmıştır^{39, 42}. Yıllar içerisinde bu uygulama şekli modifiye edilmiş ve bunun için kullanılacak cihazlar geliştirilmiştir³⁹.

Stabident (Fairfax Dental, Miami, Florida) sistemi perforatör ve enjeksiyon iğnesinden oluşmaktadır. Öncelikle perforasyon alanında yüzeysel anestezi sağlanmakta sonra perforatörle kemik perfore edilmekte ve bu bölgeden solüsyon depolanmaktadır. Stabident sisteminin avantajı maliyetinin düşük olmasıdır. Dezavantajı, açılan deliğin kaybedilme riskidir, bundan dolayı perforasyon alanı yapışık dişetinde rahatça görebildiğimiz bir bölgede açılmalıdır. Alternative Stabident sistemi bu dezavantajı ortadan kaldırmak için geliştirilmiş ve bu sistemde konik bir rehber vardır geliştirilmiştir^{33, 39, 42, 43}.

Şekil 3.Stabident⁴⁴



Perforasyon alanını bulamamadaki soruna karşılık geliştirilen diğer bir intraosseöz anestezi sistemi X-Tip anestezi sistemidir. Perforatör üzerinde rehber bir parça vardır ve perforatör çıkarıldığında rehber parça yapışık dişeti üzerinde bir giriş çıkış oluşturmaktadır. İşlem bittikten sonra rehber parça hemostat yardımıyla alınabilmektedir. Rehber parçanın perforatörden ayrılması gibi durumlar olabilmektedir³⁹. Devamlı baskı yerine aralıklı ileri

geri manevralarla perforasyon yapılması önerilir. Eğer perforasyon 2-4 saniyeden uzun sürüyorsa kortikal tabaka kalın olarak değerlendirilmekte ve bu perforasyon için başka bir bölgenin seçilmesi gerekmektedir^{42, 43, 45}.

Şekil 4. X-Tip⁴⁶



İntraflow (Pro-Dex Incorporated, Santa Ana, CA, USA) el aleti ve buna bağlı bir enjeksiyon sisteminden meydana gelmektedir. Tek seferde perforasyon ve anestezi salanmaktadır. Enjeksiyonun tek aşamada yapılması görülmesi zor alanlarda çalışmayı kolaylaştırmaktadır. Anestezinin yapılacağı diş kökünün orta üçlüsüdür. Kortikal kemik çok kalınsa lingualden yaklaşım yapılabilir³⁹. Maliyetinin yüksek olması dezavantajdır^{42, 43}.

Şekil 5. İntraflow⁴⁷



Yıllar içerisinde BDLAU sistemler daha da gelişmiştir. Yeni nesil sistemlerde anestezinin dokuya akış hızı ve basıncı bilgisayar tarafından kontrol edilebilmekte ve sabit tutulabilmektedir. Bu sistemler genellikle kalem ben-

zeri bir uç parça, anestezinin akış ve aspirasyonunu kontrol eden bir pedal ve sistemin çalışmasını sağlayan bir ana üniteden oluşmaktadır²⁷.

Bu kategorideki popüler cihazlardan biri Quicksleeper (DHT, Cholet, France)'dır³³. Kalem benzer bir el aparatı ve kablolu pedaldan oluşur³³. Enjeksiyon hızı ayak pedalı tarafından kontrol edilmektedir⁴⁰. Dört adet önceden programlanmış enjeksiyon hızına sahip olan cihazın el ünitesinin üzerinden ne kadar solüsyon uygulandığı ve solüsyona gösterilen direnç miktarları izlenebilmektedir⁴⁰. Bu cihazla enjeksiyon üç adımda sağlanır. Birinci adımda periostun üzerine küçük bir anestezi yapılır. İkinci olarak anestezi sağlamak istediğimiz dişin apeksi hedef alınarak anestezi uygulanan periost bölgesinden perforasyon sağlanmaktadır. İğne bu sırada rotasyon hareketi yapmaktadır. Üçüncü aşamada solüsyon hedef bölgeye depo edilmektedir. İğneyi çıkarırken cihaz rotasyon hareketi yapmaz. Aynı üreticinin SleeperOne isimli benzer özellikte geliştirdiği bir cihazı daha mevcuttur. Sistemdeki enjektör rotasyon hareketi yapamamaktadır⁴⁸.

Şekil 6. Quicksleeper³³



Şekil 7. SleeperOne³³



İntraosseöz anestezi iki farklı teknikle uygulanabilmektedir. Bunlar; transkortikal teknik ve osteosantral tekniktir²⁷. İlk olarak kullanılan transkortikal tekniktir. Bu teknikte iğne ucu bukkaldeki diş etine 90° açıyla yerleştirilerek enjektörün kortikal kemik tabakasına ulaşması sağlanmakta ve anestezi bu şekilde gerçekleştirilmektedir⁴⁹. Bu teknik özellikle mandibular molar dişlerde uygulanması zor bir teknik olduğundan yeni teknikler geliştirilmeye çalışılmıştır⁵⁰.

Şekil 8. Transkortikal teknik⁴⁹



Geliştirilen osteosantral teknikte iğne ucunun kemik içine penetre olabilmesi için dişlerin uzun aksıyla 30-45° açı yapacak şekilde tutularak giriş yapılması gerekmektedir⁵¹. Böylece iğnenin dişlerin eksenine oluşturduğu açı transkortikal teknikten daha keskin hale gelmekte ve iğne kemiğe daha kolay nüfuz etmektedir⁵⁰. Osteosantral teknikte genellikle 30 gauge kalınlığında iki yüzeyi keskin enjeksiyon iğneleri kullanılmaktadır^{52, 53}. İki yüzü keskin

enjektör uçları sayesinde iğne ucu rotasyon yapabilmekle spongivöz kemiğe daha kolay penetre olabilmektedir⁵³.

Şekil 9. Osteosantral teknik²⁷



Bilgisayar destekli intraosseöz anestezi sistemlerinde sıklıkla karpül formundaki lokal anestetikler kullanılmaktadır. Sıklıkla tercih edilenler; 4%'lük artikain ve 2%'lik lidokaindir. Solüsyon seçimi yapılacak işleme göre değişiklik göstermektedir²⁷.

Bilgisayar destekli intraosseöz anestezi uygulamasında anestetik solüsyonun sabit hız ve basıçta verilmesi çocuklarda anestezi sırasında yaşanan ağrının azaltılmasında büyük rol oynamaktadır²¹. Enjeksiyon neredeyse ağrıya sebep olmamaktadır²¹. Aynı zamanda uygulayan hekim enjeksiyon boyunca basınca odaklanmadığı için kullanım kolaylığı sağlamaktadır²¹.

Anestetik solüsyon direkt olarak kemiğin medullasına verildiği için anestezi etkinliği hızlı başlamakta ve hızlı etkili olmaktadır²¹. Geleneksel yöntemlere kıyasla daha az anestetik solüsyon gerektirmektedir²¹. Görüntüsünün iğneye benzememesi çocukların tedavi başında korkmamasını sağlar²¹.

İntraosseöz anestezide yumuşak doku anestezisi olmadığı için çocuklarda geleneksel mandibular anestezi uygulamasının bir komplikasyonu olan yanak dudak ısırma meydana gelmemektedir⁵¹. Ayrıca bazı çocuklarda rahatsız edici olan yumuşak doku anestezisini de bertaraf edilmiş olmaktadır⁵¹.

Molar insizör hipoplazili (MIH) dişlerin anestezisinin sağlanmasında intraosseöz anestezi, geleneksel yöntemlere kıyasla oldukça başarılıdır²⁷. Dixit ve ark. 2018 yılında yaptıkları çalışmada 8-14 yaş arasındaki 25 çocuk hastanın MIH'li dişlerinde intraosseöz anestezi ile geleneksel yöntemlerle sağlanan anesteziyi kıyaslamışlardır. İntraosseöz anesteziyle elde edilen anestezi sonrası ağrının anlamlı derecede daha az olduğu ve restoratif işlemler sırasın-

da intraosseöz anestezi uygulana grubun % 89' u ağrı hissetmediğini belirtmiştir. Bu rakamın geleneksel anestezi uygulanan grupta % 63 seviyelerinde olduğu rapor edilmiştir^{27, 54}.

1.1.4. Calaject Bilgisayar Destekli Anestezi sistemi

Calaject® (Rønvig dental MFG, Daugaard, Danimarka) nispeten yakın zamanda piyasaya sürülmüştür⁵⁵. Üç program arasında seçim yapmak için yerleşik bir basınç göstergesi ve üç düğmeli bir ekrana sahip bir mobil ünite oluşmaktadır. Bu ünite enjektör görevi gören kartuş ve iğnenin yerleştirildiği kalem şeklindeki bir birime adapte edilmiştir. Anestezi kontrolü, ana üniteye bağlı, anestezi verilirken sesli mesajlar veren bir pedal ile sağlanmaktadır. İlk program sıvının yavaş uygulanmasından oluşmakta, ikinci program ilk 10 saniye yavaş uygulama ile başlamakta ve daha sonra daha hızlı uygulamaya geçilmektedir. Üçüncü program, anesteziyi daha hızlı uygulayarak ve çoğunlukla anesteziyi tamamlamak için kullanışlıdır¹⁸.

J. C. Abou Chedid ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada çocuklarda iki bilgisayar kontrollü lokal anestezi cihazı, WAND™ STA (Milestone Scientific Inc., Livingston, NJ, ABD) ve Calaject (Rønvig dental MFG, Daugaard, Danimarka) sistemleriyle uygulanan maksiller bukkal infiltrasyon anestezi sonrası ağrı algısı karşılaştırılmıştır. Calaject, küçük çocuklarda periapikal enjeksiyonla ilişkili ağrı algısını azaltmada STA'dan daha etkili bulunmuştur¹⁸.

Şekil 10. Calaject⁵⁶



1.2. Elektronik Dental Anestezi (EDA)

Elektronik dental anestezi (EDA) deri altı dokulardan elektrotlar üzerinden iletilen elektrik akımlarını üretebilen, pille çalışan taşınabilir bir cihazdan oluşmaktadır. Buradaki mantık transkutan elektronik sinir stimülasyonu (TENS) olarak adlandırılan sinir sistemine düşük voltajlı akım uygulamak ve böylelikle ağrı duyusu iletim yollarının bloke edilmesine dayanmaktadır⁵⁷,

⁵⁸. Elektrotların stabilizasyonunun zorluğu sebebiyle hasta kooperasyonu gerektirmesi en büyük dezavantajdır. Epilepsili, kanama bozukluğu bulunan, beyin tümörü olan ve kalp pili kullanan hastalarda bu sistem kullanılmamalıdır^{26, 28, 48, 59}.

Yirminci yüzyılın sonlarında her ne kadar alternatif bir teknik olarak görülse de elektronik dental anestezinin etkinliği geleneksel lokal anestezi teknikleri kadar güvenilir değildir⁶⁰.

Elektronik dental anestezi çocuklarda; iğnenin girişi sırasında oluşan ağrıyı azaltmada, kökleri aşırı rezorbe olmuş süt dişi çekiminde, pulpaya yakın olmayan restorasyonlarda, yer tutucu simantasyonunda kullanılabilir^{59, 61}.

1.3. Jet Enjeksiyon

Keskin uçlu herhangi bir parçası olmayan iğnesiz anestezi olarak da bilinen özel şiringalarla geleneksel lokal anestetik solüsyonların yüksek basınçla mukozaya püskürtülmesiyle anestezinin sağlandığı bir sistemdir. Jet enjeksiyon 1 cm derinliğinde infiltrasyon ve topikal anestezi arasında bir etkinlik sağlamaktadır⁶¹⁻⁶³. Püskürtme sırasında oluşan ses ve ağıza yayılan kötü tadı, görünümü çocuklarda kullanımını sınırlamaktadır. Rejyonel anestezide yetersiz oluşu, maliyeti ve yanlış bölgelerde veya dikkatsiz şekilde uygulanırsa periodontal dokulara hasar verme ihtimalinin olması diğer dezavantajlarıdır⁶¹. İnflamasyonlu ve açık yaranın olduğu bölgelere uygulanmamalıdır. İğne kullanılmaz ama tamamen ağrısız değildir, enjeksiyon sırasında bazı hastalar rahatsızlık duyabilmektedir⁶¹.

MadaJet (Mada Medical, Carlstadt, NJ, US), Comfort-in (ASTS Enterprises Burwood, Victoria, Australia), Injex (Rosch, AG, Germany) sistemleri jet enjeksiyon sistemlerine örnektir³⁹.

1.4. İntrooral Anestezi Bantları

Biyoadziv sistemin içerisine lidokain emdirilmiş bantlardır⁶⁴. Biyoadeziv matris sayesinde mukozaya tutunurlar. %10 ve %20 lik konsantrasyonda olan formları vardır. Topikal anestetiklerden daha fazla anestetik madde içerirler fakat Leopold ve arkadaşları (2002)'nin yaptığı bir çalışmada bu dozların toksik dozun altında olduğunu ve çocuk hastalarda güvenle kullanılabileceğini bildirmişlerdir⁶⁵.

Bantlar mukogingival birleşimin 2 mm yukarısına yerleştirilir ve en az 15 dakika tutulmalıdır. Topikal anestetik etki gösterirler ve iğnenin acısını azaltırlar⁶⁴. Kreider ve arkadaşları (2001), çocuklarda yaptığı bir çalışmada

topikal anestezi gel ve intraoral lidokain bandı enjeksiyon ağrısını azaltma bakımından karşılaştırdığı çalışmada intraoral lidokain bantın daha etkili olduğunu bulmuşlardır⁶⁶.

1.5. Titreşimle Lokal Anestezi (Vibrotaktil Cihazlar)

Bu sistemler 1965 yılında geliştirilen kapı kontrol teorisinin prensibine göre çalışmaktadırlar. A delta ve C sinir liflerinin kapı kontrol mekanizması kapatılarak ağrının azaltılması amaçlanmıştır. Anesteziden önce dokuya ters stimülasyonla titreşim hissi verilmiş ve enjeksiyon ağrısı giderilmeye çalışılmıştır²⁶. Kullanımı kolaydır ve genelde kablosuz cihazlardır. Bazı çalışmalar cihazların ağrı kontrolünde fark yaratmadığını göstermiştir³⁹.

DentalVibe (BING Innovations, Crystal Lake, IL, USA), Accupal (Hot Springs, AR, USA), VibraJect (Miltex Inc, York, PA) bu sistemle çalışan cihazlardır³⁹.

Kaynaklar

1. Ratson T and Peretz B. Ranking of dental and somatic pain sensations among paediatric dental patients. *Int J Paediatr Dent* 2013; 23: 259-265. 20120924. DOI: 10.1111/ipd.12001.
2. Kleinknecht RA, Klepac RK and Alexander LD. Origins and characteristics of fear of dentistry. *J Am Dent Assoc* 1973; 86: 842-848. DOI: 10.14219/jada.archive.1973.0165.
3. Yesilyurt C, Bulut G and Taşdemir T. Pain perception during inferior alveolar injection administered with the Wand or conventional syringe. *Br Dent J* 2008; 205: E10; discussion 258-259. DOI: 10.1038/sj.bdj.2008.757.
4. Furgała D, Markowicz K, Koczor-Rozmus A, et al. Causes and Severity of Dentophobia in Polish Adults-A Questionnaire Study. *Healthcare (Basel)* 2021; 9 20210628. DOI: 10.3390/healthcare9070819.
5. Schmoeckel J, Mustafa Ali M, Wolters P, et al. Pain perception during injection of local anesthesia in pedodontics. *Quintessence Int* 2021; 52: 706-712. DOI: 10.3290/j.qi.b1492035.
6. Vitale MC, Gallo S, Pascadopoli M, et al. Local anesthesia with Sleeper-One S4 computerized device vs traditional syringe and perceived pain in pediatric patients: a randomized clinical trial. *J Clin Pediatr Dent* 2023; 47: 82-90. 20230103. DOI: 10.22514/jocpd.2023.002.
7. Monteiro J, Tanday A, Ashley PE, et al. Interventions for increasing acceptance of local anaesthetic in children and adolescents having dental treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2020; 2: Cd011024. 20200227. DOI: 10.1002/14651858.CD011024.pub2.
8. Guinot F, Virolés M, Lluch C, et al. Spanish and Portuguese Parental Acceptance of Behavior Management Techniques in Pediatric Dentistry. *J Clin Pediatr Dent* 2021; 45: 247-252. DOI: 10.17796/1053-4625-45.4.5.
9. Kennedy RM, Luhmann J and Zempsky WT. Clinical implications of unmanaged needle-insertion pain and distress in children. *Pediatrics* 2008; 122 Suppl 3: S130-133. DOI: 10.1542/peds.2008-1055e.
10. El Hachem C, Kaloustian MK, Cerutti F, et al. Metallic syringe versus electronically assisted injection system: a comparative clinical study in children. *Eur J Paediatr Dent* 2019; 20: 320-324. DOI: 10.23804/ejpd.2019.20.04.12.
11. Kuscü OO and Akyuz S. Is it the injection device or the anxiety experienced that causes pain during dental local anaesthesia? *Int J Paediatr Dent* 2008; 18: 139-145. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2007.00875.x.

12. van Wijk AJ and Hoogstraten J. Anxiety and pain during dental injections. *J Dent* 2009; 37: 700-704. 20090527. DOI: 10.1016/j.jdent.2009.05.023.
13. Murthy AK, Pramila M and Ranganath S. Prevalence of clinical consequences of untreated dental caries and its relation to dental fear among 12-15-year-old schoolchildren in Bangalore city, India. *Eur Arch Paediatr Dent* 2014; 15: 45-49. 20130709. DOI: 10.1007/s40368-013-0064-1.
14. Meechan JG, Howlett PC and Smith BD. Factors influencing the discomfort of intraoral needle penetration. *Anesth Prog* 2005; 52: 91-94. DOI: 10.2344/0003-3006(2005)52[91:Fitdoi]2.0.Co;2.
15. Jälevik B and Klingberg G. Pain sensation and injection techniques in maxillary dento-alveolar surgery procedures in children--a comparison between conventional and computerized injection techniques (The Wand). *Swed Dent J* 2014; 38: 67-75.
16. Ghaderi F, Ghaderi R, Davarmanesh M, et al. Pain management during needle insertion with low level laser. *Eur J Paediatr Dent* 2016; 17: 151-154.
17. Romero-Galvez J, Berini-Aytés L, Figueiredo R, et al. A randomized split-mouth clinical trial comparing pain experienced during palatal injections with traditional syringe versus controlled-flow delivery Calject technique. *Quintessence Int* 2016; 47: 797-802. DOI: 10.3290/j.qi.a36566.
18. Abou Chedid JC, Salameh M, El Hindy C, et al. Comparative study of two different computer-controlled local anesthesia injection systems in children: a randomized clinical trial. *Eur Arch Paediatr Dent* 2023 20230318. DOI: 10.1007/s40368-023-00793-3.
19. Sivaramakrishnan G and Sridharan K. Local Anaesthetic Drug Administration in Dentistry Using Computer Assisted Anaesthetic Delivery System: A Systematic Review. *Open Dent J* 2016; 10: 454-459. 20160831. DOI: 10.2174/1874210601610010454.
20. Kwak EJ, Pang NS, Cho JH, et al. Computer-controlled local anesthetic delivery for painless anesthesia: a literature review. *J Dent Anesth Pain Med* 2016; 16: 81-88. 20160630. DOI: 10.17245/jdapm.2016.16.2.81.
21. Smail-Faugeron V, Muller-Bolla M, Sixou JL, et al. Evaluation of intraosseous computerized injection system (QuickSleeper™) vs conventional infiltration anaesthesia in paediatric oral health care: A multicentre, single-blind, combined split-mouth and parallel-arm randomized controlled trial. *Int J Paediatr Dent* 2019; 29: 573-584. 20190408. DOI: 10.1111/ipd.12494.

22. Saxena P, Gupta SK, Newaskar V, et al. Advances in dental local anesthesia techniques and devices: An update. *Natl J Maxillofac Surg* 2013; 4: 19-24. DOI: 10.4103/0975-5950.117873.
23. Nieuwenhuizen J, Hembrecht EJ, Aartman IH, et al. Comparison of two computerised anaesthesia delivery systems: pain and pain-related behaviour in children during a dental injection. *Eur Arch Paediatr Dent* 2013; 14: 9-13. 20130212. DOI: 10.1007/s40368-012-0007-2.
24. Hembrecht EJ, Nieuwenhuizen J, Aartman IH, et al. Pain-related behaviour in children: a randomised study during two sequential dental visits. *Eur Arch Paediatr Dent* 2013; 14: 3-8. 20130209. DOI: 10.1007/s40368-012-0003-6.
25. Badr N and Aps J. Efficacy of dental local anesthetics: A review. *J Dent Anesth Pain Med* 2018; 18: 319-332. 20181228. DOI: 10.17245/jdapm.2018.18.6.319.
26. Akçay HÇ and Gamze A. ÇOCUK HASTALARDA LOKAL ANESTEZİ UYGULAMASINDA KULLANILAN GÜNCEL TEKNİKLER. *Selcuk Dental Journal*; 8: 895-901.
27. Ateşçi AA. Computer Assisted Intraosseous Anesthesia Applications in Pediatric Dentistry 2021.
28. Ram D and Peretz B. Administering local anaesthesia to paediatric dental patients -- current status and prospects for the future. *Int J Paediatr Dent* 2002; 12: 80-89. DOI: 10.1046/j.1365-263x.2002.00343.x.
29. Ram D and Kassirer J. Assessment of a palatal approach-anterior superior alveolar (P-ASA) nerve block with the Wand in paediatric dental patients. *Int J Paediatr Dent* 2006; 16: 348-351. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2006.00752.x.
30. ALPAY B. ÇOCUKLARDA LOKAL ANESTEZİ UYGULAMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.
31. Friedman MJ and Hochman MN. The AMSA injection: a new concept for local anesthesia of maxillary teeth using a computer-controlled injection system. *Quintessence Int* 1998; 29: 297-303.
32. Friedman MJ and Hochman MN. P-ASA block injection: a new palatal technique to anesthetize maxillary anterior teeth. *J Esthet Dent* 1999; 11: 63-71. DOI: 10.1111/j.1708-8240.1999.tb00380.x.
33. <http://www.stabident.com/index.html>.
34. Ashkenazi M, Blumer S and Eli I. Effectiveness of computerized delivery of intrasulcular anesthetic in primary molars. *J Am Dent Assoc* 2005; 136: 1418-1425. DOI: 10.14219/jada.archive.2005.0056.
35. Ashkenazi M, Blumer S and Eli I. Effect of computerized delivery intraligamental injection in primary molars on their corresponding per-

- manent tooth buds. *Int J Paediatr Dent* 2010; 20: 270-275. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2010.01049.x.
36. Libonati A, Nardi R, Gallusi G, et al. Pain and anxiety associated with Computer-Controlled Local Anaesthesia: systematic review and meta-analysis of cross-over studies. *Eur J Paediatr Dent* 2018; 19: 324-332. DOI: 10.23804/ejpd.2018.19.04.14.
 37. Aggarwal K, Lamba AK, Faraz F, et al. Comparison of anxiety and pain perceived with conventional and computerized local anesthesia delivery systems for different stages of anesthesia delivery in maxillary and mandibular nerve blocks. *J Dent Anesth Pain Med* 2018; 18: 367-373. DOI: 10.17245/jdapm.2018.18.6.367.
 38. Kandiah P and Tahmassebi JE. Comparing the onset of maxillary infiltration local anaesthesia and pain experience using the conventional technique vs. the Wand in children. *Br Dent J* 2012; 213: E15. DOI: 10.1038/sj.bdj.2012.988.
 39. YAPICI CA. *YENİ NESİL DENTAL ANESTEZİ TEKNİKLERİ*. 2020.
 40. Al-Obaida MI, Haider M, Hashim R, et al. Comparison of perceived pain and patients' satisfaction with traditional local anesthesia and single tooth anesthesia: A randomized clinical trial. *World J Clin Cases* 2019; 7: 2986-2994. DOI: 10.12998/wjcc.v7.i19.2986.
 41. Langthasa M, Yeluri R, Jain AA, et al. Comparison of the pain perception in children using comfort control syringe and a conventional injection technique during pediatric dental procedures. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2012; 30: 323-328. DOI: 10.4103/0970-4388.108931.
 42. Clark TM and Yagiela JA. Advanced techniques and armamentarium for dental local anesthesia. *Dent Clin North Am* 2010; 54: 757-768. DOI: 10.1016/j.cden.2010.06.017.
 43. Anthony L. Horalek FR. A new approach to intraosseous anesthesia: the Intraflow™ HTPAnesthesia System. 2007.
 44. <http://www.stabident.com/index.html>.
 45. .
 46. <https://www.dentsply.com/content/dam/dentsply/pim/manufacture/Endodontics/Acce>.
 47. Anthony L. Horalek FR. Anew approach to intraosseous anesthesia: the Intraflow™ HTPAnesthesia System, roots, 53-60. 2007.
 48. Li C SZ, Glennly AM. Electronic Dental Anaesthesia For Managing Pain During Dental Procedures. 2018.
 49. Benito-Brotons R, Peñarrocha-Oltra D, Ata-Ali J, et al. Intraosseous anesthesia with solution injection controlled by a computerized system versus conventional oral anesthesia: a preliminary study. *Med Oral*

- Patol Oral Cir Bucal* 2012; 17: e426-429. 20120501. DOI: 10.4317/medoral.17543.
50. Vongsavan K, Samdrup T, Kijsamanmith K, et al. The effect of intraosseous local anesthesia of 4% articaine with 1:100,000 epinephrine on pulpal blood flow and pulpal anesthesia of mandibular molars and canines. *Clin Oral Investig* 2019; 23: 673-680. 20180510. DOI: 10.1007/s00784-018-2481-3.
 51. Sixou JL, Marie-Cousin A, Huet A, et al. Pain assessment by children and adolescents during intraosseous anaesthesia using a computerized system (QuickSleeper). *Int J Paediatr Dent* 2009; 19: 360-366. 20090414. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2009.00983.x.
 52. Gréaud PY PE, Villette A. Osteocentral anesthesia: a new technique in dental anesthesia. 2008.
 53. Özer S, Yaltirik M, Kirli I, et al. A comparative evaluation of pain and anxiety levels in 2 different anesthesia techniques: locoregional anesthesia using conventional syringe versus intraosseous anesthesia using a computer-controlled system (Quicksleeper). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2012; 114: S132-139. 20120506. DOI: 10.1016/j.oooo.2011.09.021.
 54. Dixit UB and Joshi AV. Efficacy of Intraosseous Local Anesthesia for Restorative Procedures in Molar Incisor Hypomineralization-Affected Teeth in Children. *Contemp Clin Dent* 2018; 9: S272-s277. DOI: 10.4103/ccd.ccd_252_18.
 55. Berrendero S, Hriptulova O, Salido MP, et al. "Comparative study of conventional anesthesia technique versus computerized system anesthesia: a randomized clinical trial". *Clinical Oral Investigations* 2021; 25: 2307-2315. DOI: 10.1007/s00784-020-03553-5.
 56. <https://www.calaject.co.uk/>.
 57. TÜLOĞLU DN and BAYRAK Ş. ÇOCUK DIŞ HEKİMLİĞİNDE KULLANILAN LOKAL ANESTEZİ TEKNİKLERİ VE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 2010; 2010: 53-61.
 58. Katch EM. Application of transcutaneous electrical nerve stimulation in dentistry. *Anesth Prog* 1986; 33: 156-160.
 59. TP C. Pain control for children using dental electronic anesthesia. *J Practical Hygiene* 1996.
 60. Guideline on Use of Local Anesthesia for Pediatric Dental Patients. *Pediatr Dent* 2015; 37: 71-77.
 61. Richard RW. Pediatric Dentistry, Oxford. 2005.

62. Sanghi DK TR. An Update: On Needle Free Injections. *Int J Pharm ChemBiol Sci* 2014.
63. Kale TR MM. Needle Free Injection Technology - An Overview. *Inov Pharm* 2014.
64. Hersh EV, Houpt MI, Cooper SA, et al. Analgesic efficacy and safety of an intraoral lidocaine patch. *J Am Dent Assoc* 1996; 127: 1626-1634; quiz 1665-1626. DOI: 10.14219/jada.archive.1996.0098.
65. Leopold A, Wilson S, Weaver JS, et al. Pharmacokinetics of lidocaine delivered from a transmucosal patch in children. *Anesth Prog* 2002; 49: 82-87.
66. Kreider KA, Stratmann RG, Milano M, et al. Reducing children's injection pain: lidocaine patches versus topical benzocaine gel. *Pediatr Dent* 2001; 23: 19-23.

Dental Beyazlatma İşlemleri

Özge Başar¹

Ahter Şanal Çıkman²

Özet

Günümüz diş hekimliği uygulamalarında renk değişikliğinin yönetimi hem estetik sonuç elde etmek hem de fonksiyonu koruyabilmek için bir dizi farklı protokol içermektedir. Diş renklenmelerinin tedavisi disiplinler arası olabilir ve bir veya birden çok diş kapsayabilir. Renklenme birçok sebeple meydana gelir. Mine ve dentin yapısal özellikleriyle ilgili intrinsek kaynaklı renklenmeler olabileceği gibi yiyecekler, boyar maddeler gibi eksternal kaynaklı renklenmeler de olabilir. Tedavi planlaması ilk olarak etyolojinin tespiti ile başlar. Sonrası için beyazlatıcı diş macunları, profesyonel leke çıkarma, mine mikroabrazyonu, vital diş beyazlatma, non-vital diş beyazlatma gibi minimal invaziv seçenekler mevcutken veneer kuronlar ve kaplamalar gibi daha invaziv yöntemler de dişlerin rengini iyileştirmek için kullanılmaktadır. Devital dişler için tercih edilenler arasında walking bleach, termokatalitik teknik, modifiye bleaching, internal power bleaching teknikleri bulunmaktadır. Beyazlatma işleminin olası komplikasyonları bulunsa da doğru endikasyon ve teknikle uygulandığında tedaviler güvenli ve etkilidir. Hastalar diş beyazlatma ile ilişkili süreç ve riskler konusunda bilgilendirilmeli, kullanılacak yöntem de diş veya dişlerin mevcut durumuna göre belirlenmelidir.

1. Giriş

Estetik diş hekimliği, özellikle insanların gülüşlerinin estetik görünümüne daha fazla önem vermesi nedeniyle son zamanlarda artan ilgi görmektedir. Bu durum sonucunda klinisyenlerin dikkati diş beyazlatma gibi konservatif ve minimal invaziv tedavilere yönelmiştir. Bu tedavilerle doğal diş renginin korunması veya taklit edilmesi istenmektedir [1]. Diş beyazlatma tedavisi, diş renklenmelerinin giderilmesinde hastalara estetik ve konservatif bir yaklaşım sunar. Renklenmenin etyolojisinin tam olarak anlaşılması ve uygun yöntemler kullanılması ile ilgili olarak hekimin bilgi birikimi ve deneyimi de büyük

1 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Rize, Türkiye. goren.ozge@hotmail.com , Orcid: 0000-0003-4514-8132

2 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Endodonti Anabilim Dalı, Rize, Türkiye. ahterdeha@hotmail.com, Orcid: 0000-0003-2145-5859

önem taşımaktadır. Diş renklenmelerinin tedavisinin başarı ile sonuçlanması hasta memnuniyetinin artmasını sağlayacaktır. Dişlerde renklenme birçok etyolojik faktöre bağlı olarak gelişebilir; intrinsek ve ekstrinsek faktörlerden veya bunların bir kombinasyonundan etkilenebilir.

2. Dişlerde Renklenme Tipleri

2.1.İntrensek renklenme

İntrensek renklenmeler, mine ve dentin yapısal özellikleriyle ilgilidir[2]. Dişin intrinsek renklenmesi genellikle pulpa obliterasyonu ve koyu renkli tersiyer dentin yapımı sonucu ortaya çıkar. Daimi dişlerin grimsi bir renk tonuna sahip olması pulpa nekrozunu düşündürürken, sarımsı bir renk tonu yaygın kalsifikasyonun meydana gelmiş olabileceğini gösterir. Sürmüş bir dişin akut travması, pulpa içi kanamaya neden olarak dişe kırmızımsı bir renk verebilir[1]. Pembe bir renklenme dişte rezorpsiyonu sürecinin işaretidir[4]. Sistemik bazı hastalıkların da dişler üzerinde etkileri bulunmaktadır; orak hücreli anemi(talasemi), amelogenesis imperfekta, dentinogenesis imperfekta vb. gibi. Yüksek oranda florür iyonuna maruz kalma, bazı ilaç tedavileri ve kimyasal maddelerin diş formasyonu aşamasında kullanılması da renklenmeye neden olur[5]. Yaygın intrinsek renklenme nedenlerinden bir diğeri de dental travma sonrası pulpa odasındaki endodontik tedavi artıkları veya dentin tübüllerinde biriken hemolitik ürünler nedeniyle dişlerin zamanla renk değiştirmesidir. Pulpa odasındaki endodontik materyaller (özellikle gümüş içeren patlar) ve nekrotik yan ürünler renklenmenin başlıca sebepleridir. Pulpektomiden sonra yetersiz irrigasyon ve kanal dolum malzemelerinin kaviteden temizlenmemesi en sık görülen iyatrojenik nedenlerdendir. Bu dişlerdeki renklenmeler genellikle asimetriktir ve tek dişi ilgilendirmektedir; ancak nadiren travma nedeniyle birden fazla dişte görülebilir[6].

2.2. Ekstresek Renklenme

Çay, kahve gibi renklendirici madde içeren içeceklerin, tütün ürünlerinin sebep olduğu renk değişiklikleri ekstrinsek (dış) kaynaklı renklenmeler olarak tanımlanmaktadır. Yiyecek ve içeceklerin kümülatif bir renk değiştirme etkisi vardır[7]. Bazı gargara ve ağız yıkama solüsyonları da renklenmeye sebep olur. Diş yüzeylerinde biriken plak ve diş taşları ekstrinsek renklenmede etkili olmaktadır. Özellikle ön bölgedeki renklenmeler, kolaylıkla ayırt edilebilmesi için tedavi edilmesi gereken kozmetik bir problemdir[8].

3. Beyazlatma Ajanları

Beyazlatma işlemi, diş sert dokularının inorganik tuzları arasındaki boşluklara oksitleyici materyallerin penetrasyonu ve organik bileşenler ile reaksiyon oluşturmasıyla gerçekleşmektedir. Beyazlatma uygulaması sırasında, ileri derece pigmente olmuş karbon halkalı moleküller açılır ve daha açık renkli zincirlere dönüşür. Örneğin karbon çift bağlı moleküllerin rengi genellikle sarıya yakındır ve alkol benzeri hidroksil gruplarına dönüştüklerinde renksiz bir hal alırlar. Bu süreç materyal tamamen beyazlayana dek devam eder[9].

Günümüzde pek çok farklı beyazlatma maddesi mevcuttur; en yaygın olarak kullanılanlar hidrojen peroksit, sodyum perborat ve karbamid peroksittir[10]. Aktif maddeler dışında seyrelticiler (karbopol), üre, taşıyıcılar, yüzey nemlendiriciler, koruyucu ve tatlandırıcılar, hassasiyet önleyiciler de beyazlatma malzemeleri içeriğinde bulunmaktadır. Son yıllarda tercih edilen bir diğer ajan da ozon gazıdır ve beyazlatma tedavisinde aktif olarak kullanılmaktadır[11].

3.1. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit, dentine nüfuz edebilen ve oksijeni serbest bırakabilen güçlü bir oksitleyici ajandır, bu da dentin tübüllerinin içindeki organik ve inorganik bileşiklerin çift bağlarını daha da kırarak diş rengini açar[12]. Çeşitli konsantrasyon seçenekleri olan güçlü bir yükseltgendir. Genellikle %30-35 konsantrasyonlu (süperoksil perhidrol) formu kullanılır. Hidrojen peroksit yapısal olarak ayrıştığında kuvvetli bir serbest oksijen radikali olan perhidroksil açığa çıkarmaktadır. Hidrojen peroksit güçlü ve etkili bir beyazlatma maddesi olmasına rağmen, güvenliği ve dişler üzerindeki olası olumsuz etkileri konusunda hala tartışmalar vardır[13]. Yüksek konsantrasyonlu hidrojen peroksidin düşük pH değeri, doku hasarına neden olan bir faktör olarak kabul edilebilir çünkü asidik bir ortam, kemik rezorpsiyonuyla sonuçlanan osteoklastik aktiviteyi desteklemektedir. Saklama koşulları materyalin yapısı ve etkinliği açısından büyük önem taşımaktadır. Hidrojen peroksidin ağız kapalı şekilde koyu renkli cam şişelerde buzdolabında saklanması önerilmektedir[14, 15].

3.2. Karbamid Peroksit

İntrakoronal beyazlatma için doğrudan hidrojen peroksit kullanılabilir gibi, kimyasal bozunma sonucu farklı oranlarda hidrojen peroksite parçalanan karbamid peroksit, sodyum perborat gibi materyaller de kullanılabilir. Bu beyazlatma maddeleri ayrı ayrı veya kombinasyon halinde kullanılabilir[6]. Karbamid peroksit, suyla temas ettiğinde parçalanarak hidrojen

peroksiti serbest bırakan kararlı bir komplekstir. Yani karbamid peroksit ile beyazlatmanın mekanizması da hidrojen peroksit ile benzerdir[16]. %35 karbamid peroksit, hidrojen peroksit konsantrasyonlarından daha düşük ekstraradiküler difüzyon seviyelerine sahiptir. Karbamid peroksit, azaltılmış aşındırma etkisine sahip amonyağa dönüştüğü için dişte alkali bir pH ile sonuçlanır. Karbamid peroksitin ayrışması, %12 hidrojen peroksit eşdeğeridir[13].

3.3. Sodyum Perborat

Peroksit içerikli beyazlatma ajanlarından bir diğeri de sodyum perborattır. Sodyum perborat mono-, tri- veya tetrahidrat karışımlarının beyazlatma etkisi farklı değildir. Perboratın ayrışması sırasında hidrojen peroksit açığa çıkar. Açığa çıkan hidrojen peroksit, pH değerine, ışık etkisine, sıcaklığa, yardımcı katalizörlerin ve metalik reaksiyonların varlığına bağlı olarak farklı radikaller veya iyonlar üretir. Böylece etkili beyazlatma maddeleri elde edilmiş olur[17]. Sodyum perboratın uygulanması, konsantre hidrojen peroksit solüsyonlarından daha kolay ve daha güvenlidir.

Bir in vitro çalışmada, sodyum perborat ve süperoksol kombinasyonlarının tek başına sodyum perborattan daha etkili olduğunu bildirilmiştir[18]. Ayrıca, sodyum perboratın %30 hidrojen peroksit ile karıştırılmasının suyla karıştırılmasından daha etkili olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır[19, 20]. Hatta Freccia ve arkadaşları, %30 hidrojen peroksit ve sodyum perborat ile walking bleach tekniğinin termokatalitik teknik kadar etkili olduğunu göstermiştir[21]. Bunlardan farklı olarak Rotstein ve ark.[22, 23] ve Weiger ve ark.[24] %3-%30 hidrojen peroksit ile karıştırılmış sodyum perborat ile sodyum perborat-damıtılmış su karışımı arasında etkinlik açısından anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir[25].

Yakın tarihli bir sistematik inceleme ve meta-analiz, karbamid peroksit, hidrojen peroksit ve sodyum perboratın hepsinin, renklenmiş dişler üzerinde önemli bir beyazlatma etkisine sahip olduğu sonucuna varmıştır[26].

3.4. Ozon

Son zamanlarda renklenmiş dişlerin beyazlatılması için önerilen bir diğ er ürün de ozondur[11]. Ozonun ayrışma ve oksijen radikali üretme etkisi renklenmiş dişleri beyazlatmak için alternatif olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir[27]. Ozon beyazlatıcı ajan olarak dişlerde önemli bir renk değişikliği oluşturmaya rağmen, hidrojen peroksit jelinin daha belirgin bir beyazlatma etkisi olduğu gösterilmiştir. Ayrıca ozon, hidrojen peroksit ile kombinasyon halinde sinerjistik bir etkiye sahip değildir[11].

4. Diş Renklenmelerinin Tedavisi

Diş renklenmelerini gidermek için beyazlatıcı diş macunları, profesyonel leke çıkarma, mine mikroabrazyonu, vital diş beyazlatma, non-vital diş beyazlatma, kuronlar ve kaplamalar gibi bir dizi yöntem mevcuttur[28]. Renklenmiş dişlere kimyasal ajanların uygulanması ile diş iç yüzeyindeki organik pigmentlerin okside edilerek diş renginin değiştirilmesi beyazlatma işlemi olarak tanımlanmaktadır[29]. Beyazlatma tedavileri devital ve vital dişlerde tercih edilmelerine göre iki gruba ayrılabilirler gibi, klinikte ve klinik dışında uygulananlar olarak da gruplandırılmaktadır.

4.1. Vital Diş Beyazlatma Tedavisi

Vital diş beyazlatma, diş renklenmesini gidermek amacıyla kullanılan kimyasal ajanın dişin dış yüzeyine uygulanması ile gerçekleştirilir. Yaşa bağlı renklenmelerin giderilmesinde, diyetle ilgili eksternal kaynaklı renklenmelerin giderilmesinde, kahverengi sarı lekelenmeler gösteren hafif şiddette florozis vakalarında, hafif ve orta şiddette tetrasiklin renklenmelerinde, doğal diş renginden memnun olmayan hastalarda, nikotin renklenmelerinde vital diş beyazlatma tedavileri uygulanabilir.

Vital dişler için beyazlatma tedavilerini, ofis uygulamaları, diş hekiminin denetiminde hastanın evde uyguladığı yöntem (home bleaching) ve hastanın kendisinin evde uyguladığı yöntemler (over the counter-OTC) olarak üçe ayırabiliriz.

4.1.1. Ofis Tipi Beyazlatma

Ofis tipi beyazlatma hekim kontrolünde muayenehanelerde gerçekleştirilir. Öncelikle dişler rubber-dam kullanılarak ağız sıvılarından izole edilmelidir. Çeşitli retraktörler, dudak ve yanağı ekarte etmek için kullanılabilir. Beyazlatılacak tüm dişlerin diş etleri koruyucu bariyer ile örtülmelidir. Beyazlatıcı madde üretici firmanın talimatlarına göre hazırlanır. Sonrasında ürün beyazlatılacak dişlerin bukkal yüzeylerine 1-2mm kalınlığında uygulanır. Bunu beyazlatma ajanının etkisinin, ışık (power bleaching) veya lazer uygulaması ile artırılması takip eder. Son uygulamanın ardından dişler su ile yıkanır; diş eti bariyeri ve dudak retraktörü uzaklaştırılır[30].

4.1.2. Hekim Kontrolünde Ev Tipi Beyazlatma

Evde hasta tarafından uygulanabilen yöntem ise karbamit peroksidin aktif beyazlatıcı olarak kullanıldığı "home bleaching" tekniğidir. Home bleaching tekniğinde %10-%22'lik karbamid peroksit hastaya özel hazırlanan apareyler ile hasta tarafından evde uygulanmaktadır. Aparey genellikle gece

boyunca 8 saat süreyle ve 2-6 haftayı geçmeyecek şekilde uygun bir renk değişikliği görülene kadar kullanılır. Peroksitlerin dişler için zararlı olabileceği doygunluk noktasından kaçınmak için üretici tarafından önerilen süreyi aşmamak önemlidir[32].

4.1.3 Hekim Kontrolünde Olmayan Ev Tipi Beyazlatma

Hastanın kendisinin uyguladığı yöntemler (over the counter-OTC) ise şu şekildedir: diş macunları, beyazlatıcı gargara, sprey, strip, paint on jeller, LED ışıklı kitler[33]. Bu ürünler diş hekiminin herhangi bir kontrolü olmadan, diğer kozmetik materyaller gibi doğrudan tüketicinin kullanımına sunulan malzemelerdir. Macunlarda daha çok aşındırıcı partiküller bulunmaktadır ve dişler üzerindeki yüzeysel renklenmeleri uzaklaştırmaktadır[34]. Beyazlatıcı ağız gargaraları ise düşük konsantrasyonda hidrojen peroksit(%2) ve yeniden renklenmeyi engellemek için sodyum heksametafosfat içermektedir. Paint-on sistemler, hidrojen peroksit ya da karbamid peroksit içeren karışımın diş yüzeyine fırça yardımıyla uygulandığı sistemlerdir[35]. Yine düşük konsantrasyonlarda hidrojen peroksit emdirilmiş stripler de ön dişlere yerleştirilerek beyazlatma yapılabilir. Bu tür tedavilerin hastaya zararlı olabileceği ve etkisinin profesyonel uygulamalar kadar güçlü olmayacağı hiçbir zaman unutulmamalıdır[33, 36].

4.2 Devital Diş Beyazlatma Tedavisi

Renklenmeye maruz kalan devital dişlerde yeniden estetik görünümün kazandırılması için kuronlar, kompozit ya da porselen veneerler veya beyazlatma tedavisi gibi farklı seçenekler bulunmaktadır[37]. Devital dişlerin intrakoronal beyazlatma işlemi, kanal tedavisi ve renk değişikliğinden yıllar sonra bile başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Başarılı bir sonuç, esas olarak etiyojinin doğru tespitine, taniya ve beyazlatma tekniğinin doğru seçimine bağlıdır[38]. İntrakoronal beyazlatma, bahsedilen diğer tedavi yöntemlerine göre daha az maliyetli, daha konservatif ve daha kolay uygulanabilir bir tedavi yöntemidir[39]. Walking bleach tekniği (ayakta beyazlatma tekniği), termokatalitik teknik ve görünür ışıkla beyazlatma tekniği olarak sınıflandırılmaktadır[1]. Termokatalitik teknikte, uygulanan beyazlatma ajanı ısı ile aktive edilmektedir. Görünür ışığın kullanıldığı teknikte, uygulanan ajan halojen veya LED ışıkla aktive edilmektedir[40]. Uygun endikasyondan sonra ilk olarak başlangıç fotoğrafları alınır ve rubber dam izolasyonu altında giriş kavitesi hazırlanır. Kök kanal dolgusu, mine sement sınırının 1-2 mm apikalinden koruyucu bir bariyer ile kapatılır. Bunun için rezin modifiye veya geleneksel cam iyonomer simanlar tercih edilebilir. Sonrasında beyazlatıcı ajan kaviteye uygulanır. Renklenmenin şiddetine göre hekimin belirleyeceği

aralıklarla randevu verilerek diş rengindeki değişim kontrol edilir, eğer ihtiyaç duyuluyor ise işlem tekrar edilir. Beyazlatma işlemi tamamlandıktan sonra dişin restorasyonundan önce pulpa odasında 2 hafta süreyle kalsiyum hidroksit bekletilmesi önerilmektedir. Bunun nedenleri, kompozit rezinin polimerizasyonu esnasında oluşan oksijen inhibisyonunun azaltılması, artan dentin geçirgenliğini düzenlenmesi ve beyazlatma sonrası kavitede oluşan düşük pH değerinin yükseltilmesidir[41, 42].

4.2.1. Walking Bleach Tekniği

Spasser tarafından, 1961'de tanımlanan Walking bleach tekniğinde renk değişikliği, kanal tedavili dişin pulpa odasına bir beyazlatma ajanı yerleştirilerek sağlanır. Bunun için ilk olarak sodyum perborat su karışımı tercih edilmiş, sonrasında sodyum perboratın hidrojen peroksit ile karıştırıldığı modifikasyonlar da kullanılmıştır[43]. 'Modifiye bleaching' olarak adlandırılan bu teknikte %30 hidrojen peroksit ve sodyum perborat karışımı kullanılmaktadır[44]. Bu teknikte beyazlatma ajanı yerleştirildikten sonra herhangi bir aktivasyon işlemi uygulanmadan kavite geçici bir restorasyonla kapatılır. Sonrasında hekim tarafından belirlenen aralıklarla hasta kontrole çağrılarak istenilen renk elde edilene kadar işlem tekrarlanır. Kaplamalar veya kuronlar gibi alternatif tedavilerle karşılaştırıldığında, bu beyazlatma prosedürü minimal düzeyde invazivdir ve maliyeti nispeten düşüktür. Klinikte daha az zaman gerektirmesi, hasta için daha güvenli ve rahat olması nedeniyle tercih edilmektedir. [45].

4.2.2. Internal Power Bleaching Tekniği

Beyazlatma tedavisinin hızını ve etkinliğini artırmak için power bleaching uygulamaları yapılmaktadır. Hidrojen peroksit jeli (%30-35) pulpa odasına yerleştirildikten sonra ışıkla (fotooksidasyon) veya ısıyla (termokatalitik) aktive edilir.

4.2.2.1 Termokatalitik Teknik

Beyazlatma ajanının ısı ile aktive edildiği tekniktir. Bu teknik, pulpa odasına %30-%35 hidrojen peroksit yerleştirilmesini, ardından özel olarak tasarlanmış lambalar veya elektrikli ısıtma cihazları ile ısı uygulanmasını içerir. Isıl uygulamanın, hidrojen peroksidin beyazlatma özelliğini artıran bir reaksiyon gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir[46]. Beyazlatmanın yeterli olduğuna kadar verilene kadar ziyaretler arasında walking bleach tekniği kullanılır [47]. Günümüzde beyazlatma tedavisinde ısı uygulaması pulpaya olası zararlı etkileri nedeniyle terk edilmiştir[18].

4.2.2.2. Fotooksidasyon Tekniği

Termokatalitik tekniğin bir varyasyonudur. Beyazlatılacak dişin fasiyal yüzüne ultraviyole ışık uygulanır. %30-%35 hidrojen peroksit solüsyonu bir pamuk ile pulpa odasına koyulur ve sonrasında ultraviyole ışık ile 2 dakika boyunca aktive edilir. Termokatalitik teknikte olduğu gibi bu uygulama da oksijen açığa çıkarır. Günümüzde lazerler de beyazlatma maddelerinin aktivasyonu amacı ile kullanılmaktadır. Bu alanda en sık kullanılan lazer tipleri: CO₂, diyot ve argon lazerlerdir[48]. Farklı dalga boylarında ışık oluşturan bir cihaz yerine beyazlatma ajanının absorpsiyon spektrumuna yakın dalga boyundaki fotonların tedaviye dahil olması, kimyasal reaksiyonun hızını artırarak, beyazlatma ajanının diş üzerinde kalma süresini kısaltacaktır[49].

4.2.3.İç-Dış Beyazlatma Tekniği

Devital dişler için bir diğer teknik de Settembrini ve ark. tarafından 1997 yılında tanımlanan iç-dış beyazlatma tekniğidir[50]. Bu teknik, devital beyazlatma ile evde beyazlatma tekniğinin bir kombinasyonudur. %10'luk karbamid peroksitin eksternal ve internal olarak uygulanması şeklinde gerçekleştirilir. İlk olarak kök kanalı içerisindeki gutta perka üzerine koruyucu bir bariyer uygulanır ve kullanılacak olan ajanın kök kanalından izole olması, pulpa odasında kalması sağlanır. Sonrasında hastaya, renklenmiş dişin labial yüzeyinde rezervuarı olan, hasta ölçüleri ile hazırlanmış beyazlatma plağı verilir. Açık bırakılmış giriş kavitesine ve plağın rezervuar bölgesine % 10'luk karbamid peroksit uygulanır. Giriş kavitesinin açık bırakılması bu tekniğin dezavantajıdır. Giriş kavitesinde yiyecek birikimi oluşur; bunu azaltmak için hastalara giriş kavitesini temiz tutmaları ve her yemekten sonra yeni bir pamuk pelet yerleştirmeleri önerilmektedir[51].

5. Beyazlatma Tedavisinin Komplikasyonları

Dental beyazlatma işlemleri, renklenmiş dişlerin tedavisinde güvenli ve etkili bir protokol olarak kabul edilse de hala tartışılmakta olan komplikasyonları bulunmaktadır. Beyazlatmanın hem lokalize hem de sistemik olumsuz etkileri olabilir (toksikite, serbest radikal vb.). Beyazlatma işleminin lokalize yan etkileri, mukozada tahriş, diş hassasiyeti, adeziv mekanizmalarla etkileşim, eksternal servikal rezorpsiyon riski, kompozit restorasyonlarda hasar ve dental materyal çözünürlüğünü arttırması şeklinde sıralanabilir.[52] Ayrıca bir çalışmada beyazlatma ajanlarının esas olarak sementteki yüzey değişiklikleriyle ilişkili olduğu bildirilmiştir[53]. Hidrojen peroksitin servikal dokulara difüzyonu uygulanma şekli, kontrastasyon vb. predispozan faktörler tarafından arttırılır. Çalışmalar ve vaka raporları, bu faktörlerin servikal re-

zorpsiyon oluşumu ile ilişkili olduğunu göstermektedir[14, 54]. Eksternal servikal kök rezorpsiyonu riski, sodyum perborat kullanımını ve yüksek konsantrasyonlu hidrojen ürünlerinin değiştirilmesi ile azaltılabilir. Termokatalitik yaklaşımlardan kaçınmak ve güta-perkayı örtmek için koruyucu bariyer kullanmak da alınabilecek önlemlerdendir.

Beyazlatma tedavisinin, eksternal servikal rezorpsiyonun yanı sıra diş yapısı ve demineralizasyona yatkınlık üzerindeki etkileri de değerlendirilmiş ve çalışmalardan bazılarında, agresif beyazlatma tedavilerinin mine kristallerinin yüzey bütünlüğünü, mikro yapısını ve demineralizasyona yatkınlığını etkileyebileceği bulunmuştur[16]. Ağız mukozasının kimyasal tahrişleri ise beyazlatma maddesinin aktif bileşenlerinden kaynaklanmaktadır. Bu tahriş genellikle hafif ve geçicidir[55].

6. Sonuç

Doğru tanı, beyazlatma materyallerinin seçimi, yerleştirme teknikleri ve yumuşak ve sert dokularla biyolojik etkileşimin anlaşılması, yalnızca anlık başarıyı değil, aynı zamanda uzun vadeli başarıyı, güvenliği ve hasta memnuniyetini de belirleyen faktörlerdir[18]. Aynı zamanda kullanım talimatlarına uyulduğunda, hidrojen peroksit, karbamid peroksit, sodyum perborat ve ozon bazlı diş beyazlatma işlemleri güvenli ve etkilidir [16]. Bununla birlikte, tüm dental tedavilerde olduğu gibi riskler bulunmaktadır ve uygulamalar, renklenmenin türü ve kapsamı, beslenme alışkanlıkları, önceki restorasyonlar ve diğer ağız içi durumlara bağlı olarak her bir hastanın istek ve ihtiyaçlarına göre uyarlanmalıdır. Diş beyazlatma sürecinin bir diş hekimi kontrolünde yürütülmesi, diş beyazlatmanın potansiyel risklerini azaltacak ve faydalarını optimize edecektir[56].

KAYNAKÇA

1. Aşçı, S.K., *Endodonti*. 2014, İstanbul: Quintessence. 91,93.
2. Walsh, T.F, et al., *Clinical evaluation of the stain removing ability of a whitening dentifrice and stain controlling system*. J Dent, 2005. **33**(5): p. 413-8.
3. Oginni, A.O. and C.A. Adekoya-Sofowora, *Pulpal sequelae after trauma to anterior teeth among adult Nigerian dental patients*. BMC Oral Health, 2007. **7**: p. 11.
4. Gartner, A.H., et al., *Differential diagnosis of internal and external root resorption*. J Endod, 1976. **2**(11): p. 329-34.
5. Hattab, F.N., M.A. Qudeimat, and H.S. al-Rimawi, *Dental discoloration: an overview*. J Esthet Dent, 1999. **11**(6): p. 291-310.
6. ŞİŞMANOĞLU, S., *Bleaching of Nonvital Teeth: A Review*. Aurum Journal of Health Sciences, 2020. **2**(2): p. 91-114.
7. Kunin, A.A., A.Y. Evdokimova, and N.S. Moiseeva, *Age-related differences of tooth enamel morphochemistry in health and dental caries*. Epma j, 2015. **6**(1): p. 3.
8. Abbott, P. and S.Y. Heah, *Internal bleaching of teeth: an analysis of 255 teeth*. Aust Dent J, 2009. **54**(4): p. 326-33.
9. Zantner, C., et al., *Surface microhardness of enamel after different home bleaching procedures*. Dent Mater, 2007. **23**(2): p. 243-50.
10. Haywood, V.B. and H.O. Heymann, *Nightguard vital bleaching*. Quintessence Int, 1989. **20**(3): p. 173-6.
11. Zanjani, V.A., et al., *Bleaching effect of ozone on pigmented teeth*. Dent Res J (Isfahan), 2015. **12**(1): p. 20-4.
12. Bizhang, M., et al., *Effectiveness of a new non-hydrogen peroxide bleaching agent after single use - a double-blind placebo-controlled short-term study*. J Appl Oral Sci, 2017. **25**(5): p. 575-584.
13. Lee, G.P., et al., *Extraradicular diffusion of hydrogen peroxide and pH changes associated with intracoronal bleaching of discoloured teeth using different bleaching agents*. Int Endod J, 2004. **37**(7): p. 500-6.
14. Friedman, S., et al., *Incidence of external root resorption and esthetic results in 58 bleached pulpless teeth*. Endod Dent Traumatol, 1988. **4**(1): p. 23-6.
15. Vaes, G., *On the mechanisms of bone resorption. The action of parathyroid hormone on the excretion and synthesis of lysosomal enzymes and on the extracellular release of acid by bone cells*. J Cell Biol, 1968. **39**(3): p. 676-97.
16. Carey, C.M., *Tooth whitening: what we now know*. J Evid Based Dent Pract, 2014. **14** Suppl: p. 70-6.
17. Attin, T., et al., *Review of the current status of tooth whitening with the walking bleach technique*. Int Endod J, 2003. **36**(5): p. 313-29.

18. Plotino, G., et al., *Nonvital tooth bleaching: a review of the literature and clinical procedures*. J Endod, 2008. **34**(4): p. 394-407.
19. Ho, S. and A.C. Goerig, *An in vitro comparison of different bleaching agents in the discolored tooth*. J Endod, 1989. **15**(3): p. 106-11.
20. Warren, M.A., M. Wong, and T.A. Ingram, 3rd, *In vitro comparison of bleaching agents on the crowns and roots of discolored teeth*. J Endod, 1990. **16**(10): p. 463-7.
21. Freccia, W.F., et al., *An in vitro comparison of nonvital bleaching techniques in the discolored tooth*. J Endod, 1982. **8**(2): p. 70-7.
22. Rotstein, I., et al., *In vitro efficacy of sodium perborate preparations used for intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth*. Endod Dent Traumatol, 1991. **7**(4): p. 177-80.
23. Rotstein, I., C. Mor, and S. Friedman, *Prognosis of intracoronal bleaching with sodium perborate preparation in vitro: 1-year study*. J Endod, 1993. **19**(1): p. 10-2.
24. Weiger, R., A. Kuhn, and C. Löst, *In vitro comparison of various types of sodium perborate used for intracoronal bleaching of discolored teeth*. J Endod, 1994. **20**(7): p. 338-41.
25. Kinomoto, Y., D.L. Carnes, Jr., and S. Ebisu, *Cytotoxicity of intracanal bleaching agents on periodontal ligament cells in vitro*. J Endod, 2001. **27**(9): p. 574-7.
26. Frank, A.C., et al., *Comparison of the Bleaching Efficacy of Different Agents Used for Internal Bleaching: A Systematic Review and Meta-Analysis*. J Endod, 2022. **48**(2): p. 171-178.
27. Sotelo, J.L., et al., *Ozone decomposition in water: kinetic study*. Industrial & engineering chemistry research, 1987. **26**(1): p. 39-43.
28. Ausschill, T.M., et al., *Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home)*. Oper Dent, 2005. **30**(2): p. 156-63.
29. de Almeida, E.N.M., et al., *Effect of non-vital tooth bleaching photoactivated with blue or violet LED on color and microhardness*. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2023. **42**: p. 103561.
30. Basting, R.T., et al., *Clinical comparative study of the effectiveness of and tooth sensitivity to 10% and 20% carbamide peroxide home-use and 35% and 38% hydrogen peroxide in-office bleaching materials containing desensitizing agents*. Oper Dent, 2012. **37**(5): p. 464-73.
31. Pini, N.I., et al., *Enamel microabrasion: An overview of clinical and scientific considerations*. World J Clin Cases, 2015. **3**(1): p. 34-41.
32. Eachempati, P., et al., *Home-based chemically-induced whitening (bleaching) of teeth in adults*. Cochrane Database Syst Rev, 2018. **12**(12): p. Cd006202.

33. Demarco, F.F., S.S. Meireles, and A.S. Masotti, *Over-the-counter whitening agents: a concise review*. Braz Oral Res, 2009. **23 Suppl 1**: p. 64-70.
34. Joiner, A., et al., *In vitro cleaning, abrasion and fluoride efficacy of a new silica based whitening toothpaste containing blue covarine*. J Dent, 2008. **36 Suppl 1**: p. S32-7.
35. 35. Kishta-Derani, M., et al., *In vitro evaluation of tooth-color change using four paint-on tooth whiteners*. Oper Dent, 2007. **32**(4): p. 394-8.
36. Naidu, A.S., et al., *Over-the-Counter Tooth Whitening Agents: A Review of Literature*. Braz Dent J, 2020. **31**(3): p. 221-235.
37. Leith, R., A. Moore, and A.C. O'Connell, *An effective bleaching technique for non-vital, discoloured teeth in children and adolescents*. J Ir Dent Assoc, 2009. **55**(4): p. 184-9.
38. Bersezio, C., et al., *Effectiveness and Impact of the Walking Bleach Technique on Esthetic Self-perception and Psychosocial Factors: A Randomized Double-blind Clinical Trial*. Oper Dent, 2017. **42**(6): p. 596-605.
39. Lim, M.Y., et al., *An in vitro comparison of the bleaching efficacy of 35% carbamide peroxide with established intracoronal bleaching agents*. Int Endod J, 2004. **37**(7): p. 483-8.
40. Carrasco, L.D., et al., *Efficacy of intracoronal bleaching techniques with different light activation sources*. Int Endod J, 2007. **40**(3): p. 204-8.
41. Demarco, F.F., et al., *Microleakage in endodontically treated teeth: influence of calcium hydroxide dressing following bleaching*. Int Endod J, 2001. **34**(7): p. 495-500.
42. Kehoe, J.C., *pH reversal following in vitro bleaching of pulpless teeth*. J Endod, 1987. **13**(1): p. 6-9.
43. Nutting, E.B. and G.S. Poe, *Chemical bleaching of discolored endodontically treated teeth*. Dent Clin North Am, 1967: p. 655-62.
44. Dahl, J.E. and U. Pallesen, *Tooth bleaching--a critical review of the biological aspects*. Crit Rev Oral Biol Med, 2003. **14**(4): p. 292-304.
45. Spasser, H.F. *A simple bleaching technique using sodium perborate*. 1961.
46. Howell, R.A., *Bleaching discoloured root-filled teeth*. Br Dent J, 1980. **148**(6): p. 159-62.
47. Bizhang, M., et al., *Intracoronal bleaching of discolored non-vital teeth*. Oper Dent, 2003. **28**(4): p. 334-40.
48. De Moor, R.J., et al., *Insight in the chemistry of laser-activated dental bleaching*. ScientificWorldJournal, 2015. **2015**: p. 650492.
49. Downs, J.C., et al., *8 - Lasers in Fixed Prosthetic and Cosmetic Reconstruction, in Principles and Practice of Laser Dentistry*, R.A. Convissar, Editor. 2011, Mosby: Saint Louis. p. 139-156.

50. Settembrini, L., et al., *A technique for bleaching nonvital teeth: inside/outside bleaching*. J Am Dent Assoc, 1997. **128**(9): p. 1283-4.
51. Reitzer, F, C. Ehlinger, and M. Minoux, *A modified inside/outside bleaching technique for nonvital discolored teeth: a case report*. Quintessence Int, 2019. **50**(10): p. 802-807.
52. Anderson, D.G., et al., *A clinical assessment of the effects of 10% carbamide peroxide gel on human pulp tissue*. J Endod, 1999. **25**(4): p. 247-50.
53. Zalkind, M., et al., *Surface morphology changes in human enamel, dentin and cementum following bleaching: a scanning electron microscopy study*. Endod Dent Traumatol, 1996. **12**(2): p. 82-8.
54. Niederman, R., et al., *Evidence-based esthetic dentistry*. J Esthet Dent, 1998. **10**(5): p. 229-34.
55. Curtis, J.W., et al., *Assessing the effects of 10 percent carbamide peroxide on oral soft tissues*. J Am Dent Assoc, 1996. **127**(8): p. 1218-23.
56. Li, Y. and L. Greenwall, *Safety issues of tooth whitening using peroxide-based materials*. British dental journal, 2013. **215**(1): p. 29-34.

Diş Hekimliğinde Yeni Dönem Dijital Çağ: CAI/CAD/CAM Teknolojisi

Münir Demirel¹

Özet

Başlangıçta endüstriyel sektörlerde kullanılan bilgisayar destekli teknolojiler, diş hekimliğinde 1980'lerden itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Dental restorasyonların üretiminde etkin bir rol oynamaktadır. Bu teknolojik süreç yeni teknolojilerin gelişmesiyle üç aşamadan oluşur. İlk aşama, dişleri ve destek dokuları dijital olarak tarayan bir cihaz olan Bilgisayar Destekli Ölçü ile başlar. İkinci aşama, restorasyonun bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak planlandığı ve tasarlandığı Bilgisayar Destekli Tasarım sürecidir. Son aşama ise, tasarlanan restorasyonun Bilgisayar Destekli Üretim ile gerçekleştirilerek fiziksel bir ürüne dönüştürülmesidir.

Bilgisayar destekli dental sistemler, diş hekimliği uygulamalarında birçok avantaj sağlamaktadır. Bu sistemler sayesinde restorasyonların kalitesi artmakta, zaman açısından verimlilik sağlanmakta ve hataların azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, ölçü malzemelerine olan ihtiyaç azalmakta ve birçok durumda aynı gün içinde biten restorasyon hastaya teslim edilebilmektedir. Bilgisayar destekli teknoloji kullanımı aynı zamanda malzeme israfını azaltmakta ve enerji tüketimini düşürmektedir.

Dijitalizasyonun diş hekimliğindeki rolü giderek artmaktadır. İleri teknolojilerin ve uygulamaların dijital platformlara entegrasyonu, dental alandaki çalışmaları hızlandırmakta ve optimize etmektedir. Bu sayede daha etkili bir tedavi süreci sağlanmakta ve hasta memnuniyeti artırılmaktadır. Dijitalizasyon, veri aktarımını kolaylaştırarak iş akışını hızlandırırken, diş hekimlerine daha hassas ölçümler ve daha doğru sonuçlar elde etme imkanı sunmaktadır.

Sonuç olarak, CAI/CAD/CAM teknolojisi ile diş hekimliği alanında önemli bir dönüşüm sağlamıştır. Bu teknolojilerin kullanımıyla beraber dental restorasyonların kalitesi ve hassasiyeti artmış, iş süreçleri daha verimli hale gelmiştir. Dijitalizasyon ise diş hekimliği pratiğinde büyük bir değişim yaratmış ve daha ileri teknolojilerin kullanımını teşvik etmiştir.

1 Dr Öğretim Üyesi, Ağız ve Diş Sağlığı Programı, Meslek Yüksekokulu, Biruni Üniversitesi, munirdemirel@biruni.edu.tr, Orcid: (0000-0002-1487-6834)

1. Dijitale Giriş

Dijitalizasyon, diş hekimliği alanında hızla yayılan ve büyük bir etki yaratan bir dönüşüm sürecidir. Bilgisayar Destekli Ölçü (Computer-Aided Impression - CAI), Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer-Aided Design - CAD), Bilgisayar Destekli Üretim (Computer-Aided Manufacturing - CAM) teknolojisi, başlangıçta endüstriyel sektörlerde modelleme, tasarım ve üretim süreçlerinde kullanılmıştır. Ancak, diş hekimliği alanında da 1980'lerden bu yana kullanılmaktadır ve son yıllarda giderek popülerlik kazanmıştır. Dental CAI/CAD/CAM sistemleri, ağız içerisindeki sert ve yumuşak dokuları tarama işlemi ile dijital bir ortama alınmasıyla verileri işleyen yazılım, bu verilerin üzerine yapılan restorasyon veya model tasarım işlemi, tasarlanan restorasyon veya modeli gerçeğe dönüştüren bir üretim sistemi olmak üzere üç temel bileşenden oluşur (1-3).

Dijital iş akışı, diş hekimlerinin diş hazırlığını gözden geçirmesine ve değerlendirmesine, ayrıca amaçlanan tedavi planını karşılayan bir restorasyon tasarlamasına olanak tanır. Bu süreç, geleneksel yöntemlere göre daha verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir ve ölçü malzemelerine olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Ayrıca, çoğu durumda nihai ürün aynı gün ve randevuda hastaya teslim edilebilir, böylece tedavi süreci hızlanır(4).

Dental alanda dijitalizasyonun hızla yayılmasının nedeni, ileri teknolojilerin ve uygulamaların günlük pratiğe entegre edilmesiyle beraber, diş hekimlerine bir dizi avantaj sunmasıdır. Dijital ölçüm alımı, daha hassas ve doğru sonuçlar elde edilmesine olanak sağlar, restorasyonların mükemmel uyum ve estetikle üretilmesini sağlar. Ayrıca, bu teknolojiler sayesinde diş hekimleri daha önce mümkün olmayan hızda çalışabilirler ve tedavi sürecini daha etkili bir şekilde yönetebilirler (2,4).

Bu yazıda, diş hekimliği alanında dijitalizasyonun önemi ve kullanım alanları üzerinde durularak Bilgisayar Destekli Muayene (CAI), Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) ve Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) olmak üzere üç ana aşamadan oluşan CAI/CAD/CAM teknolojisi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, diş hekimliğinde dijitalizasyonun tarihçesi içerisindeki gelişmeler üzerine, diş hekimliğinde sağladığı avantajlar ve gelecekteki potansiyeli de ele alınmıştır (5).

2. Dijitalizasyonun Diş Hekimliğindeki Önemli Avantajları:

2.1. Dijital Ölçü Alımı ve Modelleme

Geleneksel ölçü alım yöntemleri zaman alıcı ve rahatsızlık verici olabilirken, dijital tarayıcılar kullanılarak ağızdan hassas ölçümler almak mümkün hale gelmiştir. Bu dijital ölçümler, üç boyutlu dijital modellere dönüştürülebilir ve restorasyonların tasarımı için kullanılabilir. Bu yöntemle hasta, özelleştirilmiş ve hassas restorasyonlar elde edebilirken, daha az rahatsızlık yaşar.

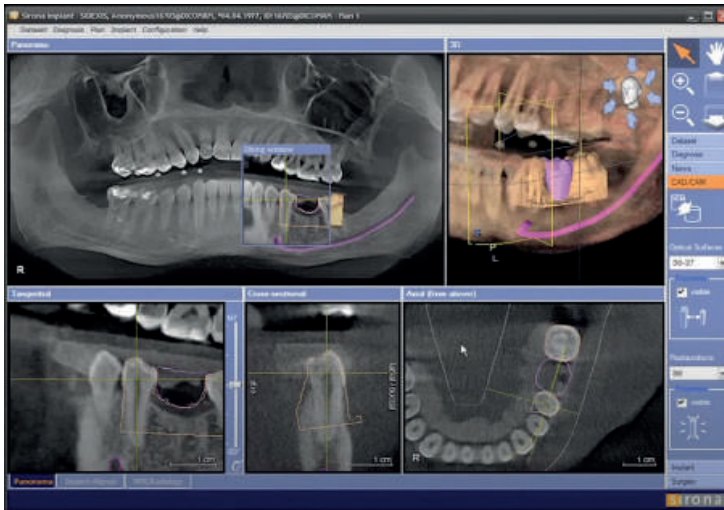
2.2. CAI/CAD/CAM Teknolojisi

Dental CAI/CAD/CAM sistemleri, diş hekimlerine ve laboratuvar teknisyenlerine restorasyonların dijital olarak tasarlanmasını ve üretilmesini sağlar. Bu sistemler, dijital ölçümleri kullanarak restorasyonların tasarımını gerçekleştirir ve bu tasarımları doğrudan freze makineleri veya 3D yazıcılarla üretir. Bu sayede, restorasyonlar daha hızlı bir şekilde üretilir ve hasta randevuları daha verimli bir şekilde yönetilebilir (5).

2.3. Tedavi Planlama ve Simülasyon

Dijital teknolojiler, diş hekimlerine tedavi planlaması ve simülasyonunda önemli avantajlar sunar. Örneğin, implant tedavilerinde dijital implant planlama yazılımları kullanılarak implantların doğru konumlandırılması ve restorasyonların önceden simülasyonu yapılabilir. Bu, tedavi sürecinin daha önceden planlanmasını ve daha öngörülebilir sonuçlar elde edilmesini sağlar.

Şekil 1: Üç boyutlu tomografi görüntüsünde protetik diş planlaması ve simülasyonu



2.4. İletişim ve İşbirliği

Dijitalizasyon, diş hekimleri, laboratuvarlar ve diğer sağlık profesyonelleri arasındaki iletişimi ve işbirliğini kolaylaştırır. Dijital verilerin kolayca paylaşılabilmesi, tedavi ekiplerinin daha iyi bir şekilde birlikte çalışmasını sağlar. Örneğin, diş hekimleri dijital ölçümleri laboratuvarlara hızlı bir şekilde iletebilir ve restorasyonların dijital olarak tasarımı üzerinde birlikte çalışabilirler.

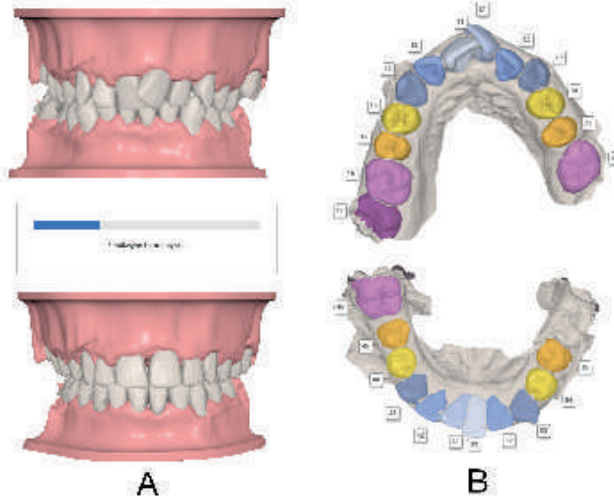
Şekil 2 : Dijital laboratuvar iş kâğıdı

Order	Restorations	Instructions													
<table border="1"> <tr> <td>Provider</td> <td>Biruni Üniversitesi</td> </tr> <tr> <td>Date</td> <td>06/08/2024</td> </tr> <tr> <td>Practice</td> <td>...</td> </tr> </table>	Provider	Biruni Üniversitesi	Date	06/08/2024	Practice	...	<table border="1"> <tr> <td>Form</td> <td>...</td> </tr> </table>	Form	...						
Provider	Biruni Üniversitesi														
Date	06/08/2024														
Practice	...														
Form	...														
<table border="1"> <tr> <th>Patient</th> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Ömer, Ali</td> </tr> <tr> <td>Address</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td>...</td> </tr> </table>	Patient	Name	Ömer, Ali	Address	<table border="1"> <tr> <th>Additional Files</th> </tr> <tr> <td>Upload</td> </tr> </table>	Additional Files	Upload	<table border="1"> <tr> <th>Comments</th> </tr> <tr> <td></td> </tr> </table>	Comments	
Patient															
Name	Ömer, Ali														
Address	...														
...	...														
...	...														
Additional Files															
Upload															
Comments															

2.5. Hastaların Bilinçlendirilmesi

Dijital teknolojiler, hastaların tedavi süreçlerine daha aktif katılmalarını sağlar. Dijital görüntüler ve simülasyonlar, hastalara tedavi seçeneklerini daha iyi anlamaları için görsel bir referans sağlar. Bu da hasta memnuniyetini artırır ve tedavi kararlarının daha iyi bir şekilde alınmasına yardımcı olur.

Şekil 3 : Tedavi simülasyonu Görseli (Medit Link 3.0.6) A. Yukarıdan aşağıya tedavi öncesi ve sonrası simülasyon olarak görseli B. Tedaviye dahil edilen ve edilemeyen dişlerin seçimi görseli



Sonuç olarak, dijitalizasyon diş hekimliği pratiğinde büyük bir dönüşüm sağlamıştır. Dijital ölçü alımı, CAI/CAD/CAM teknolojisi, tedavi planlama ve iletişimdeki gelişmeler, daha hızlı, daha hassas ve daha öngörülebilir tedavi sonuçları elde etmemizi sağlamıştır. Dijital teknolojilerin diş hekimliğindeki kullanımı giderek artmaktadır ve gelecekte daha da gelişmesi ve yaygınlaşması beklenmektedir.

3. Dijital Diş Hekimliğine Tarihine Kısa Bir Bakış

CAI/CAD/CAM teknolojisinin diş hekimliğindeki kullanımı, savunma sektöründe geliştirilen sistemlerin dental uygulamalara adapte edilmesiyle başlamıştır. 1950'lerde Amerika Birleşik Devletleri Hava Kuvvetleri, uçak ve otomotiv endüstrisinde kullanılmak üzere CAD/CAM sistemlerini geliştirmiştir (6).

Diş hekimliğinde CAI/CAD/CAM sistemlerinin kullanımı ise François Duret tarafından geliştirilen bir dental cihazla başlamıştır. Bu cihaz, dayanak dişin optik ölçümünü yapabilen ve sayısal olarak kontrol edilebilen bir frezeleme makinesini içeriyordu. Ancak, bu teknolojinin diş hekimliğinde uygulanması uzun bir süreç gerektirmiştir.

İlk dijital restorasyon örneği, 1983 yılında üretilmiş ve 1985 yılında Fransız Dişhekimleri Birliği'nin uluslararası kongresinde sergilenmiştir. Werner Mormann, Dentsply Sirona tarafından üretilen CEREC adlı ilk ticari CAD/

CAM sisteminin kurucusudur. Bu sistemin kullanımıyla birlikte diş hekimliğinde dijital restorasyonlar üretmek daha yaygın hale gelmiştir (3,7,8).

Son 25 yılda CAI/CAD/CAM sistemleri önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Hem kliniklerde hem de laboratuvarlarda kullanılan yeni cihazlar ve yazılımlar geliştirilmiştir. Bu gelişmeler, diş hekimlerinin daha hızlı, daha hassas ve daha estetik restorasyonlar üretmelerini sağlamaktadır (9).

Dijital teknoloji, diş hekimliğinde restorasyonların tasarımı ve üretimi süreçlerinde büyük bir kolaylık ve verimlilik sağlamıştır. Dijital ölçüm alımı, restorasyonların doğru bir şekilde planlanması ve üretilmesi için önemli bir adımdır. Bu sayede hastalar daha kısa sürede tedavi alabilirken, daha doğru ve dayanıklı restorasyonlar elde edilmektedir.

Günümüzde kullanılan dental dijital sistemlerin gelişiminde üç kişi öncü rol oynamış ve dijitalizasyonun bir dönüm noktası olmasını sağlamışlardır. Duret ve Preston, dijital sistemi dental alanda kullanmışlardır. İntraoral olarak alınan dijital ölçülerle fonksiyonel şekle sahip kuronlar Duret ve Preston tarafından üretilmiştir (10). Moermann ve Brandestini'nin çalışmaları, CEREC sisteminin gelişimine katkıda bulunmuştur. Ağız içinde taranan kavitenin restorasyon tasarımının tamamlanması için klinikte bulunan bir kazıyıcı sistemi kullanarak seramik bloktan inleyler üretilmiştir. Bu sistem, aynı gün içinde restorasyon yapmayı mümkün kılarak gerçek bir yenilik olmuştur (12, 13). Anderson, dökümün zor olduğu 1980'lerde, spark erozyon ile kopingler üretmiştir. Restorasyon hazırlığı sürecine CAI/CAD/CAM teknolojisini dahil etme girişiminde bulunmuştur (14). Daha sonra bu sistem, dünya çapında birbirine internet üzerinden bağlı tam seramik restorasyon üretimi için bir merkez haline gelmiştir (15).

4. Dijital Ölçü Teknikleri ve Aralarındaki Farklar

Dijital ölçü teknikleri, yarı dijital ve tam dijital olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır(16).

4.1. Yarı Dijital Ölçü Yöntemi:

Yarı dijital ölçü yönteminde, geleneksel ölçü yöntemleri kullanılarak hastanın ağız içindeki ölçüsü alınır. Bu geleneksel ölçüler daha sonra masaüstü veya laboratuvar tarayıcı sistemleri kullanılarak dijitalize edilir. Alternatif olarak, ağız içinde elde edilen ölçüler doğrudan taranabilir ve 3 boyutlu bir model elde edilebilir. Bu 3 boyutlu model üzerinde istenilen restorasyon tasarımı yapılabilir (17).

4.2. Tam Dijital Ölçü Yöntemi:

Tam dijital ölçü yönteminde ise geleneksel ölçü ekipmanları tamamen ortadan kaldırılmıştır . Restorasyon planlanan dişler, ağız içi görüntüleme sistemleri kullanılarak dijitalize edilir. Bu sistemler, genellikle intraoral taramacılar veya diş hekimliği için özel olarak tasarlanmış kameralardır. Bu sayede dijital olarak elde edilen veriler doğrudan kullanılarak restorasyonun tasarımı ve üretimi gerçekleştirilir (18).

Tam dijital ölçü yöntemi, yarı dijital yöntemle göre daha doğru ve hassas sonuçlar verir. Yarı dijital yöntemde kullanılan geleneksel ölçü materyalleri ve ekipmanlarıyla alınan ölçülerde doğruluk kaybı yaşanabilir. Ölçü materyallerinin boyutsal stabilitesi, saklama koşulları, dezenfeksiyon süreci gibi faktörler, ölçü alımında ve sonuçta olumsuz etkilere neden olabilir. Bu nedenle, tam dijital ölçü yöntemi, daha güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek için tercih edilebilir (19).

Marjin ve iç uyum, restorasyonların uyumu ve dayanıklılığı için kritik öneme sahiptir. Marjin uyumsuzlukları, periodontal rahatsızlıklara, çürük oluşumuna, plak birikimine, simantasyon materyalinin çözünmesine ve restorasyonun renk değiştirmesine neden olabilir(20,21). Okluzal ve aksiyal duvarlardaki uyumsuzluklar ise restorasyonların dayanıklılığını azaltabilir ve kırılmaya yol açabilir. Klinik olarak kabul edilebilir marjin açıklığı genellikle 150 ila 100 mikron arasında kabul edilirken, siman payının 70 mikrondan fazla olması durumunda restorasyonun dayanıklılığının azaldığı belirtilmektedir (22-24).

Dijital ölçü teknikleri, doğru ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmek, hastaya daha az rahatsızlık vermek ve laboratuvar işbirliğini kolaylaştırmak gibi avantajlar sunar. Ancak her iki yöntemde de, teknolojik bilgi ve becerilerin doğru bir şekilde uygulanması önemlidir.

5. Dijital Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları

Dijital sistemlerin birçok avantajı vardır. Bunlar arasında hassasiyet ve süreklilik, öngörülebilirlik, daha az hekim ziyareti ve tedavi süresi, daha kısa sürede tedavi imkânı, daha yüksek kalitede restorasyonlar, daha az laboratuvar maliyeti, kolay ve hızlı ağız içi tarama, alçı model ve diğer aşamaların ortadan kalkması, daha az internal defektlere sahip olma, dijital verilerin saklanabilmesi ve hasta takibinin kolay olması gibi faktörler bulunmaktadır.

Ancak dijital sistemlerin dezavantajları da vardır. Bunlar arasında ekipman ve yazılım maliyetinin yüksek olması, başlangıçta kullanımının zor ol-

ması ve deneyim gerektirmesi, prefabrike blokların renk seçiminde kısıtlılık gibi faktörler sayılabilir.

Dijital sistemlerin birçok endikasyonu bulunmaktadır. Bunlar arasında kuronlar, köprüler, laminate veneerlar, inleyler, onleyler, overleyler, implant planlama ve cerrahi rehberler, geçici kuron uygulamaları, diagnostik wax-uplar, gülüş tasarımları, post-core uygulamaları, hareketli ve tam bölümlü protezler, kişisel dayanak üretimi, ortodontik apareyler, oklüzal splintler gibi uygulamalar yer almaktadır. Dijital sistemler, dental alanda giderek daha yaygın hale gelmekte ve birçok avantaj sunmaktadır. Ancak her bir sistem ve yöntemin kendine özgü özellikleri ve sınırlamaları olduğunu unutmamak önemlidir (26).

6. Dijital İş Akışının Endikasyonları

Günümüzde dijital ölçü yöntemleri, diş destekli sabit protezlerin hemen hemen tüm endikasyonlarında kullanılabilir. Ancak tam ark restorasyonlarda, özellikle total dişsizlik durumunda, durum daha da zorlaşmaktadır. Çünkü tam ark restorasyonunda bir araya getirilmesi gereken diş sayısı fazladır ve bu nedenle tam ark dijital ölçü tarama görüntülerinde bozulma olabilir. Bu sorunu çözmek ve tam ark restorasyonlarında dijital iş akışını sağlamak için hala çeşitli çalışmalar devam etmektedir. Tam ark restorasyonlarında dişlerin dijitalleştirilmesi için ağız içi tarayıcılar kullanılmaktadır ve bu prosedürde antagonist dişlerin konumlandırılabilmesi için bir kapanış kaydının alınması gerekmektedir. Kısmen dişsiz hastalarda, mevcut dişler genellikle stabil bir oklüzal kapanış sağlayabilir ve bu dişlerle bukkal tarama (üst ve alt dişlerin oklüzyonda taranması) yapılabilir. Bu şekilde sanal model oluşturulabilir ve başka karşıt dişler olmadığında bile doğru bir şekilde konumlandırılabilir. Dijital kapanış kaydının daha doğru olmasının bir diğer avantajı da kayıt sırasında antagonist dişler arasında herhangi bir kayıt malzemesine ihtiyaç duyulmamasıdır (27).

Ancak bu düşünceler varsayımsal olup, bu argümanları desteklemek için klinik çalışmalara ihtiyaç vardır. Tamamen dişsiz vakaları dijital ölçü protokollerine dahil etmek hala zorlu bir süreçtir ve daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

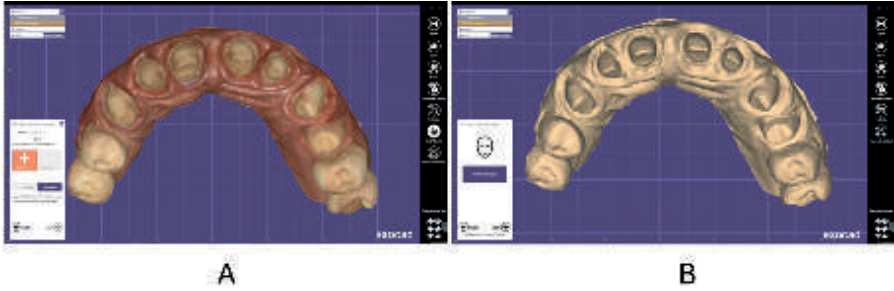
7. Dosya Kayıt Türü

Hastanın ağız içi görüntüsünün dijital ortama aktarılmasıyla elde edilen modeller, 3 boyutlu yazıcılara aktarılırken “Standard Transformation Language” olarak bilinen STL formatında bulunurlar. STL formatı, 3 boyutlu tasarlanan modelin yüzeyini temsil etmek için kullanılan bir formattır. Bu

formatta, modelin yüzeyi, geometrik 3 noktanın üçgenlere dönüştürülerek haritalandığı ve bu üçgenlerin birleştirilmesiyle oluşan sanal bir görüntüdür. Her üçgen, üç nokta arasındaki bağlantıları temsil eder. Noktaların ve üçgenlerin sayısı arttıkça, üç boyutlu modelin detay seviyesi de artar. STL formatı, birçok 3 boyutlu yazıcı ve dijital modelleme yazılımı tarafından desteklenir ve yaygın olarak kullanılır. Bu format, dijital modellerin kolayca paylaşılmasını ve işlenmesini sağlar. 3 boyutlu yazıcılar, STL formatındaki verileri okuyarak ve katman katman malzeme biriktirerek gerçek nesnelere oluştururlar (28).

Hastanın ağız içi görüntüsünün dijital ortama aktarılmasıyla elde edilen modeller, 3 boyutlu yazıcılara aktarılırken “Standard Transformation Language” olarak bilinen STL formatında bulunurlar. STL formatı, 3 boyutlu tasarlanan modelin yüzeyini temsil etmek için kullanılan bir formattır. Bu formatta, modelin yüzeyi, geometrik 3 noktanın üçgenlere dönüştürülerek haritalandığı ve bu üçgenlerin birleştirilmesiyle oluşan sanal bir görüntüdür. Her üçgen, üç nokta arasındaki bağlantıları temsil eder. Noktaların ve üçgenlerin sayısı arttıkça, üç boyutlu modelin detay seviyesi de artar. STL formatı, birçok 3 boyutlu yazıcı ve dijital modelleme yazılımı tarafından desteklenir ve yaygın olarak kullanılır. Bu format, dijital modellerin kolayca paylaşılmasını ve işlenmesini sağlar. 3 boyutlu yazıcılar, STL formatındaki verileri okuyarak ve katman katman malzeme biriktirerek gerçek nesnelere oluştururlar (29).

Şekil 4 : STL VE PLY Arasındaki Farkın Görseli A:PLY, B :STL



8. Dental Pratikte Sık Kullanılan Ağız İçi Tarayıcı Örnekleri

8.1. Cerec (Dentsply Sirona Dental Systems; Bensheim, Almanya) ‘CEREC’ kelimesi, aslında ‘CEramic REConstruction’ın kısaltmasıdır. 1980 yılında Mörmann ve Brandestini tarafından geliştirilen CEREC sisteminin başlıca amacı seramik restorasyonları hastalara tek bir seansta teslim etmektir. 1985 yılında Mörmann ve Brandestini’nin (Brains, Zürih) görüntüleme

sistemi kullanarak iki boyutlu tarayıcı ve aynı şekilde hastanın yanında ilk defa inley/onley restorasyon üretimi gerçekleştirmesi, diş hekimliği alanında önemli bir ilerleme olarak kabul edilmiştir (29). 1985 yılından sonra piyasaya sunulan CEREC 1 modeliyle birlikte, onley, inley, kuron ve laminate veneer gibi protetik restorasyonların üretimi mümkün hale gelmiştir (30). Tam kuron üretimi ise 1994 yılında Siemens firmasının CEREC 2 modelini geliştirmesiyle mümkün olmuştur, ancak hala üç boyutlu tarama yapılamamaktadır (31).

CEREC 3 sistemi, Sirona firması tarafından 2000 yılında piyasaya sürülerek ilk kez ağız içi tarayıcıyı bu sisteme entegre etmiştir (32). Üç boyutlu tasarım ise 2003 yılında bu programa dahil edilmiştir. Böylece, tasarım yapılan bölgedeki dişler, karşıt oklüzyon ve fonksiyon sırasında kayıtlar sanal ortamda üç boyutlu olarak görüntülenebilmektedir (33). 2005 yılında antagonist tool özelliği ile oklüzyonun otomatik olarak yazılım tarafından ayarlanması da sisteme eklenmiştir (34). Aynı yılda masüstü model tarayıcı cihazı 'In Eos' piyasaya sürülmüş ve laboratuvarlar için büyük kolaylık sağlamıştır. Bu sistem sayesinde hassas bir şekilde model veya ölçü tarama işlemleri gerçekleştirilebilmiştir (35). 2009 yılında ise Sirona, Charlotte, NC tarafından desteklenen en yeni model olan CEREC AC piyasaya sürülmüştür (36). Tarama hassasiyetinin karşılaştırıldığı bir araştırmada, kısa mesafe için yalnızca Primescan (Sirona Dental Systems; Bensheim, Almanya) geleneksel ölçüleme yöntemlerinden daha iyi sonuçlar göstermiştir. Diğer tüm farklı mesafeler için incelenen dijital ölçüleme yöntemleri, geleneksel ölçüleme yöntemlerine göre anlamlı bir şekilde daha iyi sonuçlar göstermemiştir ($p < 0.05$) (37).

8.2. Trios (3Shape, Kopenhag, Danimarka)

Trios ölçü sistemi, 3Shape tarafından geliştirilen bir dijital ölçü sistemi olarak öne çıkmaktadır. Bu sistemde, tarama aşamasında titanyum oksit tozuna ihtiyaç duyulmadan direkt olarak ağız içi kamera kullanılarak ölçü alınabilmektedir. Alınan ağız içi görüntülerle oluşturulan 3 boyutlu sanal model, laboratuvar ortamında CAI/CAD/CAM sistemleri kullanılarak üretilmektedir (38).

Trios teknolojisi, geleneksel video kameralardan 100 kat daha hızlı bir şekilde yüksek sayıda 2 boyutlu görüntü yakalayabilme özelliğine sahiptir. Yüzlerce veya binlerce resmi birleştirerek yapay yüzeyler yerine gerçek verilere dayalı nihai 3 boyutlu dijital izlenimi oluşturur. Tarama sırasında belirli bir mesafede veya açıda tarayıcıyı tutmaya ihtiyaç olmadığı için klinisyenler tarayıcıyı rahatlıkla kullanabilirler. Trios, inley/onleyler, kuronlar, köprüler, geçici

restorasyonlar, diagnostik mum modelleri, veneerler ve implant vakaları gibi birçok dental endikasyon için optimize edilmiş bir tarama sağlar. Trios kullanılarak yapılan bir klinik çalışmada, dijital ölçülerin konfor, harcanan zaman, bulantı refleksi gibi parametreler açısından geleneksel ölçülere göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (39).

Trios ölçü sistemi, diş hekimlerine daha hızlı, daha hassas ve daha konforlu bir ölçü alma deneyimi sunmaktadır. Dijital ölçü almanın avantajları arasında daha doğru sonuçlar, daha az invazivlik ve daha hızlı tedavi süreçleri bulunmaktadır.

8.3. E4D Ölçü Sistemi (D4D Technologies, Richardson)

E4D ölçü sistemi, D4D (Dream, Design, Develop, Deliver) Technologies LLC tarafından üretilen bir CAI/CAD/CAM sistemidir. Bu sistem, tasarım modülü (yazılım ve donanım), tarayıcı ünitesi ve üretim için kazıma makinesi içermektedir. E4D sistemi, ağız içi tarayıcı (Intra Oral Digitizer) adı verilen bir tarayıcıya sahiptir ve bu tarayıcı, küçük boyutu sayesinde ağız açma kısıtlılığı olan hastalarda kullanımı daha rahat hale getirmektedir. Ayrıca, görüntü elde etmek için herhangi bir yansıtma engelleyici sprey veya ürün kullanımı gerektirmemektedir (40).

E4D sistemi, geleneksel ölçü teknikleriyle elde edilen modelden veya hastadan alınan ölçülerin yüzeyinden tarama yaparak sanal bir model oluşturabilme yeteneğine sahiptir. Bunun yanı sıra, sistemde bulunan ağız içi dijitize edici modülü sayesinde doğrudan hastanın ağız içi görüntüsü de alınabilmektedir. Elde edilen dijital görüntü, tasarım programına aktarılarak üretim için freze ünitesine gönderilir ve istenen restorasyonun üretimi tamamlanır(41).

E4D ölçü sistemi, diş hekimlerine hızlı ve etkili bir şekilde dijital ölçü alma, tasarlama ve üretme imkanı sunmaktadır. Ağız içi tarayıcının kullanımıyla birlikte daha kolay ve konforlu bir ölçü alma deneyimi sağlanırken, yüksek hassasiyet ve doğruluk da elde edilmektedir. Bu sistem, dental restorasyonların hızlı bir şekilde üretilebilmesini sağlayarak tedavi sürecini hızlandırırken, hastalar için de daha konforlu bir deneyim sunmaktadır (42).

8.4. iTero (Cadent iTero; Cadent Ltd)

iTero Ölçü Sistemi, kendine özgü ağız içi tarayıcı kullanarak dijital modeller oluşturabilen bir sistemdir. Bu sistem, tarama yapmak için 1/3 saniyede 100 bin kırmızı ışık huzmesi kullanır ve dijital sanal modeli oluşturur. iTero, diğer sistemlerde kullanılan yansıtma engelleyici ürünlere ihtiyaç duy-

madan tarama yapabilme özelliği sunar. Ayrıca, sistemin sesli komut özelliği ile hekime tarama sırasında yardımcı olur.

iTero, diğer sistemlerden farklı olarak paralel eş odaklı beyaz ışık ve lazer ışığı kamerasını kullanarak 3D model oluşturur. Görüntü alma işlemi tamamlandıktan sonra, sert plastik bir model elde edilir ve istenilen restorasyon bu model üzerinde tamamlanabilir. Modelin ve die'ların hassasiyetini sağlamak için endüstriyel bir 5 eksenli freze makinesi kullanılır.

9. Tarama Stratejileri

Tarama stratejileri, dijital ölçü sistemlerinde kullanılan farklı yöntemlerdir. İki yaygın tarama stratejisi tek yönlü tarama ve okluzal-palatal taramadır. Tek yönlü tarama stratejisinde, vestibüler (dış yüz), oklüzal (ısıрма yüzeyi) ve lingual (dil yüzü) yüzeyler tarama işlemine dahil edilir. Bu strateji genellikle bir dizi doğrusal hareketle gerçekleştirilir (43).

Oklüzal-palatal tarama stratejisinde ise öncelikle oklüzal-palatal yüzeylere doğrusal bir hareketle tarama yapılır, ardından bukkal (yanak) yüzeyler tarama yapılır. Bu strateji daha karmaşık restorasyonlarda kullanılabilir(44).

Tarama sırasında bazı sistemlerde, kameranın gönderdiği ışık yüzeye geri döndüğünde o bölgeyi tarayamama sorunu yaşanabilir. Bu nedenle bazı sistemlerde yansımayı önlemek ve daha iyi tarama yapabilmek için tozlama işlemi yapılır. Tozlama, dişleri pürüzlü hale getirerek ışık difüzyonunu artırır(45).

Scan Spray sistemleri, birçok sistemin opak yüzeylere ihtiyaç duyduğu hasta başı CAI/CAD/CAM cihazları için kullanılan standartlaştırılmış sprey sistemleridir. Willershausen ve arkadaşları, ScanDry, Scan Spray Luer Classic ve CEREC Optispray adlı 3 farklı sprey sistemini insan diyeti fibroblastları üzerinde test etmişlerdir. Bu in vitro çalışmada, tarama spreyi partiküllerinin fibroblastlar üzerinde herhangi bir toksik etkiye neden olmadığı ve adenilat kinaz (ADK) salınımında artışa yol açmadığı görülmüştür (46).

10. Eklemeli üretim

Dijital üretim teknikleri, dental CAI/CAD/CAM sürecinin son aşaması olan üretimi kapsar. İki temel dijital üretim yöntemi bulunmaktadır: eksiltmeli üretim ve eklemeli üretim(50).

Eksiltmeli üretim, bir nesne oluşturmak için malzemedan gereksiz kısımların çıkarılmasını içeren bir yöntemdir. Bu yöntemde, konvansiyonel veya konvansiyonel olmayan yöntemler kullanılarak malzeme bloktan çıkarılır(51). Diş hekimliğindeki CAI/CAD/CAM teknolojisi, genellikle eksilt-

meli üretim sürecine dayanır. Bu süreçte, bilgisayar tarafından sayısal olarak kontrol edilen takım tezgâhları ve kesici aletler kullanılarak malzeme mekanik olarak kesilir. Eksiltmeli üretim yöntemi, ince ayrıntılar ve karmaşık iç geometriler oluşturma yeteneği ile dikkat çeker (52). Ancak, bu yöntemde kullanılan malzeme miktarı, nihai üründe kullanılan malzemeden daha fazladır. Dental CAI/CAD/CAM sistemlerinde tek seferde üretilebilecek kuron ve köprü miktarının sınırlı olması dezavantaj olarak kabul edilir (53).

Şekil 5 : Eklemeli Üretim Tekniği Görseli A. Formlabs 3 üç boyutlu yazıcı görseli B. Üç boyutlu yazıcıya ait yazılım görseli



A



B

Eklemeli üretim ise malzemelerin katman katman eklenerek parçaların oluşturulduğu bir yöntemdir. Bu yöntemde, bilgisayarla kontrol edilen 3 boyutlu modellere dayalı olarak malzemeler eklenir. Diş hekimliğinde eklemeli üretim sistemleri, cerrahi rehberler, geçici restorasyonlar, çalışma modelleri, splinterler, plaklar ve ortodontik materyaller gibi birçok parçanın üretilmesine olanak tanır. Eklemeli üretim, malzeme israfını azaltır, enerji tüketimini düşürür ve karmaşık üretim süreçlerinde hata olasılığını azaltır. Ayrıca, aynı anda birden fazla malzeme kullanarak üretim yapabilme yeteneği sunar (54).

Eklemeli üretimin avantajları şunlardır:

- Malzeme israfını azaltır ve enerji tüketimini düşürür.
- Az adımda nihai ürüne ulaşmayı sağlar ve insan müdahalesini azaltır.
- Karmaşık ve ayrıntılı üretimi tahmin edilebilir maliyetlerle mümkün kılar.

Dental CAI/CAD/CAM teknolojisi, eksiltmeli ve eklemeli üretim yöntemleriyle birlikte kullanılarak dental restorasyonların kalitesini artırmış ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirmiştir. Bu teknolojiler, yüksek has-

sasiyetle seramikler ve titanyum gibi materyallerin işlenmesini mümkün kılmıştır. Ayrıca, diş laboratuvarlarını modern bilgisayarlı üretim merkezlerine dönüştürerek rekabetçi bir ortam oluşturmuştur (55).

Referanslar

1. Fasbinder DJ. Digital dentistry: innovation for restorative treatment. *Compend Contin Educ Dent*. 2010;31 Spec No 4:2-11; quiz 2.
2. Zandparsa R. Digital imaging and fabrication. *Dent Clin North Am*. 2014;58(1):135-58.
3. van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater*. 2012;28(1):3-12.
4. Sulaiman TA. Materials in digital dentistry-A review. *J Esthet Restor Dent*. 2020;32(2):171-81.
5. Rekow D. Computer-aided design and manufacturing in dentistry: a review of the state of the art. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1987;58(4):512-6.
6. Duret F, Blouin JL, Duret B. CAD-CAM in dentistry. *J Am Dent Assoc*. 1988;117(6):715-20.
7. Miyazaki T, Hotta Y. CAI/CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J*. 2011;56 Suppl 1:97-106.
8. Davidowitz G, Kotick PG. The use of CAI/CAD/CAM in dentistry. *Dent Clin North Am*. 2011;55(3):559-70, ix.
9. Çelik G, Tuğrul S, Üşümez A. Bilgisayar destekli diş hekimliği ve güncel CAI/CAD/CAM sistemleri. *Cumhuriyet Dental Journal*. 2013;16(1):74-82.
10. Duret F, Preston J. CAI/CAD/CAM imaging in dentistry. *Current opinion in dentistry*. 1991;1(2):150-4.
11. Miyazaki T, Hotta Y, Kunii J, Kuriyama S, Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*. 2009;28(1):44-56.
12. Mörmann W, Brandestini M, Lutz F. The Cerec system: computer-assisted preparation of direct ceramic inlays in I setting. *Die Quintessenz*. 1987;38(3):457-70.
13. Mormann W. Chairside computer-aided direct ceramic inlays. *Quintessence Int*. 1989;20:329-39.
14. Andersson M, Odén A. A new all-ceramic crown: a dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1993;51(1):59-64.
15. Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergman B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAI/CAD/CAM system. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;76(2):187-93.

16. Ersu B, Yüzüğüllü B, Canay Ş. Sabit restorasyonlarda CAI/CAD/CAM uygulamaları. Hacettepe üniversitesi diş hekimliği fakültesi dergisi. 2008;32(2):58-72.
17. Strub JR, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. The Journal of the American Dental Association. 2006;137(9):1289-96.
18. Christensen GJ. Is now the time to purchase an in-office CAI/CAD/CAM device? Journal of the American Dental Association (1939). 2006;137(2):235.
19. Güth J-F, Keul C, Stimmelmayer M, Beuer F, Edelhoff D. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. Clinical oral investigations. 2013;17(4):1201-8.
20. Karlsson S. The fit of Procera titanium crowns: an in vitro and clinical study. Acta Odontologica Scandinavica. 1993;51(3):129-34.
21. Sulaiman F, Chai J, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress, and Procera crowns. International Journal of Prosthodontics. 1997;10(5).
22. Beschnidt S, Strub J. Evaluation of the marginal accuracy of different all-ceramic crown systems after simulation in the artificial mouth. Journal of oral rehabilitation. 1999;26(7):582-93.
23. Colpani JT, Borba M, Della Bona Á. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic crown copings. Dental Materials. 2013;29(2):174-80.
24. Kokubo Y, Ohkubo C, Tsumita M, Miyashita A, Vult von Steyern P, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of Procera AllCeram crowns. Journal of oral rehabilitation. 2005;32(7):526-30.
25. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. Journal of dentistry. 2010;38(7):553-9.
26. Derksen W, Wismeijer D, Hanssen S, Tahmaseb A, editors. Dental technician of the future. Forum Implantol; 2015.
27. Derksen W, Wismeijer D, Hanssen S, Tahmaseb A, editors. Dental technician of the future. Forum Implantologicum; 2015.
28. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAI/CAD/CAM generated restorations. Br Dent J. 2008;204(9):505-11.
29. YönDeM AGİ, AYKenT E. Bilgisayar Desteği İle Hazırlanan Dental Seramikler (CAD/CAM). Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2008;32(3):79-86.

30. Mörmann WH, Bindl A. All-ceramic, chair-side computer-aided design/computer-aided machining restorations. *Dental Clinics of North America*. 2002;46(2):405-26, viii.
31. Bindl A, Mörmann WH. Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. *European journal of oral sciences*. 2003;111(2):163-9.
32. Mörmann WH, Brandestini M. The fundamental inventive principles of CEREC CAD/CAM. *State of the art of CAI/CAD/CAM restorations*. 2006;20:1-8.
33. Aykent F, İlbay S. İnlay ve onlay restorasyon-ların Cerec Sistemi ile tek seansta uygulanması. *Diş Hekimliğinde Klinik*. 1993;6:85-8.
34. Fasbinder DJ. Predictable CEREC occlusal relationships. *State of the art of CAI/CAD/CAM restorations*. 2006;20:93-100.
35. Mörmann WH, Bindl A. The new creativity in ceramic restorations: Dental CAD-CIM. *Quintessence International*. 1996;27(12).
36. Fasbinder D. Using digital technology to enhance restorative dentistry. *Compend Contin Educ Dent*. 2012;33(9):666-8, 70, 72 passim.
37. Nedelcu R, Olsson P, Nyström I, Rydén J, Thor A. Accuracy and precision of 3 intraoral scanners and accuracy of conventional impressions: A novel in vivo analysis method. *Journal of dentistry*. 2018;69:110-8.
38. Endera A, Mehlb A. Full arch scans: conventional versus digital impressions—an in-vitro study Ganzkieferaufnahmen: konventionelle versus digitale Abformtechnik—eine In-vitro-Untersuchung. *International journal of computerized dentistry*. 2011;14:11-21.
39. Sfondrini MF, Gandini P, Malfatto M, Di Corato F, Trovati F, Scribante A. Computerized casts for orthodontic purpose using powder-free intraoral scanners: accuracy, execution time, and patient feedback. *BioMed Research International*. 2018;2018.
40. Birnbaum NS, Aaronson HB. Dental impressions using 3D digital scanners: virtual becomes reality. *Compend contin educ dent*. 2008;29(8):494-6.
41. COS LCOS. 3M ESPE Technical Datasheet. 2009.
42. e Silva JSA, Erdelt K, Edelhoff D, Araújo É, Stimmelmayer M, Vieira LCC, et al. Marginal and internal fit of four-unit zirconia fixed dental prostheses based on digital and conventional impression techniques. *Clinical oral investigations*. 2014;18(2):515-23.
43. Garvey P. The dental assistant's role in integrating digital impression technology in the dental practice. *Dental Assistant*. 2007;76(6):12.

44. Birnbaum NS, Aaronson HB, Stevens C, Cohen B. 3D digital scanners: a high-tech approach to more accurate dental impressions. *Inside Dentistry*. 2009;5(4):70-4.
45. Nayar S, Mahadevan R. A Paradigm shift in the concept for making dental impressions. *J Pharm Bioallied Sci*. 2015;7(Suppl 1):S213-5.
46. van der Meer WJ, Andriessen FS, Wismeijer D, Ren Y. Application of intra-oral dental scanners in the digital workflow of implantology. *PLoS One*. 2012;7(8):e43312.
47. Schlenz MA, Vogler J, Schmidt A, Rehmann P, Wöstmann B. New Intraoral Scanner-Based Chairside Measurement Method to Investigate the Internal Fit of Crowns: A Clinical Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020;17(7):2182.
48. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clinical oral investigations*. 2013;17(7):1759-64.
49. Willershausen I, Lehmann KM, Roß A, Ghanaati S, Willershausen B. Influence of three scan spray systems on human gingival fibroblasts. *Quintessence Int*. 2012;43(6):e67-72.
50. Bártolo P, Bidanda B. *Bio-materials and prototyping applications in medicine*: Springer; 2008.
51. Silva NR, Witek L, Coelho PG, Thompson VP, Rekow ED, Smay J. Additive CAI/CAD/CAM process for dental prostheses. *J Prosthodont*. 2011;20(2):93-6.
52. Van Roekel NB. Electrical discharge machining in dentistry. *Int J Prosthodont*. 1992;5(2):114-21.
53. Abduo J, Lyons K, Bennamoun M. Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *Int J Dent*. 2014;2014:783948.
54. Huang SH, Liu P, Mokasdar A, Hou L. Additive manufacturing and its societal impact: a literature review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2013;67(5):1191-203.
55. Azari A, Nikzad S. The evolution of rapid prototyping in dentistry: a review. *Rapid Prototyping Journal*. 2009.

Tek Renk Universal Kompozitler

Serra Kutlu Katırcıoğlu¹

Özet

Günümüzde gelişmiş estetik algı kişilerin dentofasiyal uyuma daha çok önem vermesini beraberinde getirmiştir. Polikromatik yapıya sahip olan diş en uygun doğala en yakın restorasyonların yapılması hedeflenmiştir. Kompozit rezinler birçok farklı renk tonunda renkleri mevcuttur, mine ve dentin renkleri de üretilmektedir. Renk seçimi klinisyenler için hassas ve zahmetli bir konudur. Renk uyumundaki başarısızlık klinik başarıyı olumsuz etkilemektedir. Hastaların beklentileri ve memnuniyeti açısından renk uyumu oldukça önemlidir. Üretici firmalar bu teknik hassasiyeti ekarte edebilen, tedavi süresinin kısalmasına katkısı olacak tek renk kompozit rezinleri piyasaya sürmüştür. Üreticiler bu kompozitlerle renk seçimi aşamasının ortadan kalkacağını ve farklı renklerdeki kompozitlere ihtiyaç kalmayacağını iddia etmektedir. Bu kompozit rezinler bu kalemin etkisinin geliştirilmiş teknolojisiyle üretilmiştir. Tek renkli one-shade single-shade tek renkli evrensel single-shade universal one shade universal gibi terimlerle ifade edilmektedir. Hekimler için tabakalama tekniği hassasiyetini ortadan kaldırdığı için kolaylıkla kullanım sağlarlar. Son zamanlarda bu kompozitlerin klinik performanslar fiziksel mekanik özellikleriyle ilgili çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu derlemenin amacı tek renk kompozitlerin kullanım alanlarını, fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemektir.

Giriş

Kompozit rezin materyaller minimal invaziv teknikle kullanılabilirliği, estetik oluşu, maliyetinin düşük olması ve mekanik özelliklerinin iyi olması sebebiyle kliniklerde yaygın olarak kullanılmaktadır (1). Kompozit rezinler ön ve arka dişleri restore etmekte kullanılabilirler. Diş hekimleri iyi bir estetik ve doğal sonuçlar elde edilmek için komşu diş yapılarının rengine en uygun olan tonu seçmelidir (2). Optik özelliklerin belirlenmesinde L^* , a^* , b^* (CIELAB koordinatları), hue, chroma, value ve translusensi gibi parametreler söz konusudur (3). Kompozit rezinlerin translusensi özelliği renge kalınlığa organik içeriğe doldurucu partikül tipi ve boyutu, opaklaştırıcı

1 Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Orcid: 0000-0001-5127-0885

içerik ve miktarına göre değişiklik göstermektedir (4). Kompozit rezinlerin tabakalama tekniğiyle uygulanması uzun süredir önerilmektedir. Dışın mine dentin gibi farklı bölgelerinin opasiteleri farklı mine, dentin, opak malzemelerle taklit edilmesi hedeflenir (5).

Renk

Işık dalga boyları olan görülebilen elektromanyetik bir enerjidir (6). Gözümüz 360-780 nm arasındaki dalga boylarına duyarlıdır (7). Renk algısı ışık kaynağı, gözlemci ve nesne olmak üzere 3 ana etmenin etkileşiminden oluşur. Bu etmenlerden herhangi birinde değişiklik olması renk algısını etkilemektedir (8). Renk şu şekilde oluşmaktadır; görünür ışığın farklı dalga boyları emilir, absorbe edilemeyen kısım göz reseptör hücrelerince algılanır ve beyin tarafından renk olarak tanımlanır (9). Beyaz renk dalga boylarının hepsini yansıtırken, siyah tümünü absorbe eder (6). Beyaz ve siyah dışındaki renkler ise cisimden yansıyan dalga boylarına göre algılanır (9). Renk algısı özeldir, insanın ışık ve nesnelerin etkileşimini yorumlamasına bağlıdır (8). Bu durumu standardize edebilmek ve rengi sayısal verilerle tanımlayabilmek için renk sistemleri geliştirilmiştir (10).

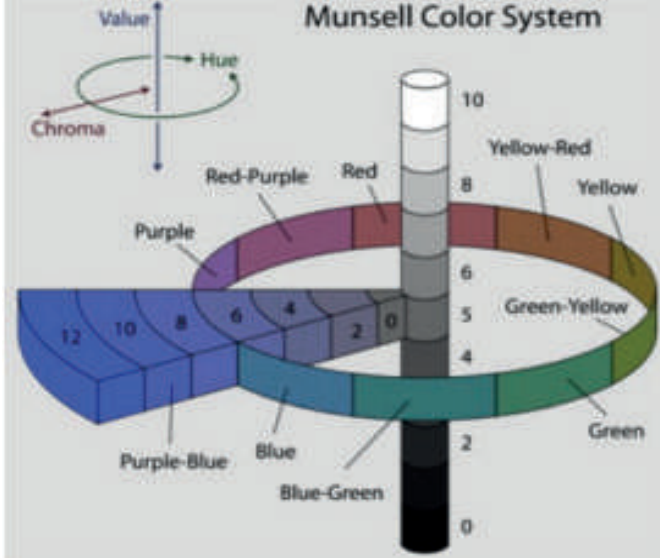
Renk Sistemleri;

- Munsell renk sistemi
- CIE XYZ sistemi
- CIE L*a*b sistemi
- RGB (red-green-blue) renk sistemi

Munsell sistemi

Munsell tarafından üç boyutlu silindir olarak tanımlanan bu sistem; hue (rengin tonu), value (rengin parlaklığı) ve chromadan (rengin yoğunluğu) oluşmaktadır (11). Silindirik şekille tanımlanan bu sistemde silindirin ortasından dikey geçen eksen parlaklık, yatay düzlem yoğunluk etrafındaki ise ton değerlerini ifade etmektedir (12).

Şekil 1. Munsell Renk Sistemi (13)



Hue: Rengin diğerlerinden ayrılan ana özelliğidir, renk seçiminde bakılan son kriterdir (14).

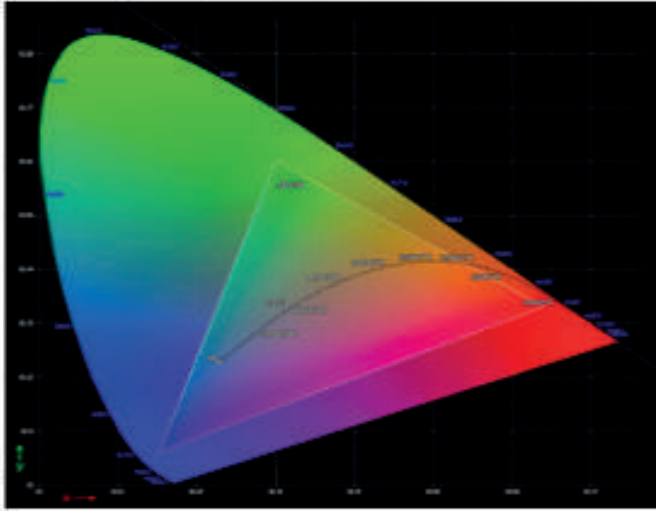
Value: Rengin siyah ile beyaz arasındaki parlaklığının değeri, açıklığı koyuluğu olarak tanımlanabilir (15). Renk eşleşmesi için en çok dikkat edilmesi gereken, ilk bakılan koordinattır (16).

Chroma: rengin gücü doygunluğu olarak tanımlanır. Yatay düzlemde periferie doğru uzaklaşıldıkça yoğunluk artar (12).

CIE XYZ sistemi

Bu sisteme göre renklerin tümü kırmızı yeşil mavi renklerinin farklı oranlarda karışımıyla oluşur. X kırmızıyı, Y yeşili, Z maviyi temsil eder (7). Rengin görünümünü, parlaklığını bu sistemler belirlemek mümkün değildir (17).

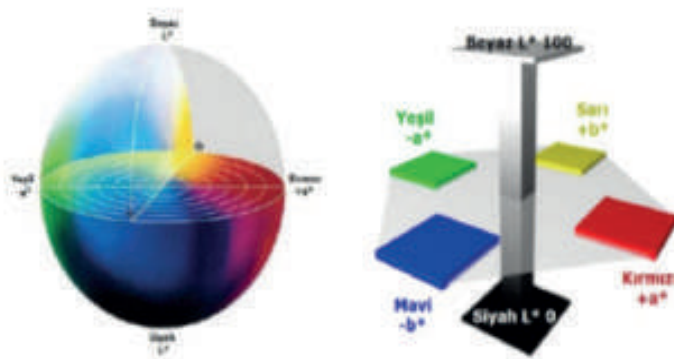
Şekil 2. CIE XYZ sisteminin şekli (18)



CIE L*a*b sistemi

L*, a*, b* olmak üzere 3 farklı koordinatla temsil edilir. L* değeri Munsell sistemindeki parlaklığa tekabül eder. a* ve b* koordinatları ise kromatik özellikleri tanımlamaktadır. a* değerinin pozitif seyri daha kırmızı mor rengi tanımlar, negatif seyri daha çok mavi yeşil rengi tanımlar (6). b* değerinin pozitif oluşu sarı, negatif oluşu mavi miktarını açıklamaktadır (16). Renk değişimi ΔE şeklinde ifade edilmektedir. $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ $\Delta L = L2^* - L1^*$ $\Delta a = a2^* - a1^*$ $\Delta b = b2^* - b1^*$ formülü ile bulunmaktadır (19).

Şekil 3. CIE L*a*b renk modeli



RGB renk sistemi

Red (kırmızı), Green (yeşil), Blue (mavi) baş harfleriyle isimlendirilmiştir. Kırmızı yeşil mavi renkler eşit oranlarda karıştırıldıklarında saf beyaz renk elde edilir. Bilgisayar monitörleri, televizyon ve tarayıcılarda bu renk sistemi kullanılmaktadır. Parlaklık doygunluk açısından 3 ana renk 0 ila 255 arasında değerler sergileyebilir (20).

Klinisyenler kompozit rezinlerin teknik hassasiyetinin az ve uygulama sürelerinin kısa olması beklentisindedir (21). Bu hedef doğrultusunda üretici firmalar nanoteknolojiyi kullanarak tek renk (monoshade) kompozit rezinleri kullanıma sunmuştur. Bu materyaller diş hekimleri tarafından gayet iyi bilinen bukailemun etkisi özelliğine sahiptir (22, 23). Kompozit rezinlerin çevre diş dokularının rengini harmanlanmasıyla her renge uyum gösterebileceği umulur. Bu Kapsamlı Renk Eşleşmesi ("Wide Color Matching") olarak isimlendirilir (24). Blending Effect yani harmanlama etkisi, dental materyallerin komşu yapıya benzer renk gösterebilme yeteneğini tanımlar (25). Akıllı kromatik teknolojiye dayanan pigmentsiz single shade kompozit rezinler optik özellikleri yapısal renge, diş rengi kapsamında dalga boyunu olması gerektiği şekilde yansıtarak belli bir frekansta ışık dalgalarına tepki verir (26).

Tek renkli üniversal kompozitlerin, gelişmiş bir harmanlama etkisine sahip olduğu iddia edilmektedir, ancak kompozit rezinin altında diş dokusunun olması gerekir (27). Geniş restorasyonlarda Sınıf IV gibi altta diş dokusunun yetersiz olduğu durumlar harmanlama etkisini olumsuz etkileyebilir. Bu kaviteelerde altta yatan diş dokusunu taklit etmek üzere opak özellikteki kompozit rezinlerin kullanımı tavsiye edilmektedir (27).

Tek renk üniversal kompozitlerin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Avantajları

Renk uyumunu kolaylaştıran bir sistem sunmaları

Multi shade kompozit rezin tüplerini en aza indirmesi

Birçok vakada kullanılabilir olması ve estetik bir sonuç sağlaması (28)

Diş rengindeki değişiklikle restorasyonun renginde de değişme sağlayarak restorasyonun değiştirilme ihtiyacını azaltması

Klinisyene olan güveni arttırması

Hasta memnuniyeti sağlaması

Basitleştirilmiş kompozit rezin sistemi sayesinde diğer malzemelere duyulan ihtiyacı azaltarak dolaylı olarak maliyet tasarrufu

Renk seçimi aşamasını ortadan kaldırması

Zaman alıcı olan tabakalama tekniğinin olmaması

Klinik protokolleri basitleştirmesiyle gerekli süreyi azaltması (29)

Maskelenmesi gereken dokular için özel blokerlerinin olması (28)

Dezavantajları

Maskelenmesi gereken dokular için özel bir blokere ihtiyaç duyulması

Polimerizasyon büzülmesi ve buna bağlı stres sonucu restorasyon kenarlarında mikrosızıntı, sekonder çürük ihtimallerinin olması

Marjinal bütünlüğün artırılması ve restorasyon ömrünün uzatılmasına katkı için tasarlanmış iyon salan ve antibakteriyel özellikli bir ajana ihtiyaç duyulması (28)

Endikasyonları

Anterior ve posterior restorasyonlar

Diastema kapatılması

Endodontik tedavili dişlerin restorasyonları

Sınıf I, II, III, IV, V restorasyonlar (29)

Kontrendikasyonları

Eski amalgam restorasyondan etkilenmiş dentin kaynaklı renklenmelerinde,

Büyük Sınıf III, IV gibi altta yatan diş yapısı eksikliğinde tam olarak kontrendike denilemese de özel bir blokere ihtiyaç vardır.

Estetik açıdan zorlu hastalar (27)

Güncel olarak günümüzde mevcut olan bazı tek renkli üniversal kompozitlerin üretici firma ve içerikleri tabloda gösterilmiştir.

Tablo 1: Tek renk universal rezin kompozitlere ait üretici firma ve içerikleri (30)

Rezin Kompozit	Üretici	Doldurucu Tipi	İçerik	Doldurucu Oranı ağırlık/hacim %
Omnichroma	Tokuyama Dental, Japan	Nano-doldurucu	Matris: UDMA, TEGDMA. Doldurucular: Supra-nano sferik doldurucu (SiO ₂ -ZrO ₂ 260 nm), yuvarlak şekilli kompozit doldurucu (260 nm sferik SiO ₂ -ZrO ₂ içerir).	79/68
Vittra APS Un-ique	FGM Dental Group, Brazil	Nanohibrit	Matris: Metakrilat monomerleri karışımı, UDMA, TEGDMA, foto başlatıcı bileşimi (APS). Doldurucular: Boron-alüminyum-silikat cam	82/72
ONEshade	Olident, Poland	Nanohibrit	Matris: UDMA Bis-GMA BDDMA Doldurucu: Nanopartikül içeren mikrohibrid	75/na
Clearfil Majesty Es-2 universal ve prepolimerize	Kuraray Noritake Dental Inc., Japan	Nanohibrit	Matris: Bis-GMA, hidrofobik aromatik DMA ve hidrofobik alifatik DMA, kamforinon. Doldurucular: Silanlı baryum cam (partikül boyutu 0.37-1.5 µm) doldurucu	78/40
Admira Fusion x-tra universal	VOCO, Germany	Nanohibrit	Matris: BISGMA, UDMA, HEMA, TEGDMA Doldurucular: Ormoser içerikli mikropartiküller	84/na

Rezin Kompozit	Üretici	Doldurucu Tipi	İçerik	Doldurucu Oranı ağırlık/hacim %
Solare X	GC, Japan	Nano-dolducu	Matris: Bis-GMA, TEGDMA Doldurucular: Önceden polimerize edilmiş, nanodoldurucu	60/40
Venus Diamond/Pearl One	Kulzer, Germany	Nanohibrit	Matris: TCD-DI-HEA, UDMA. Doldurucular: Ba-Al-F-cam, pre-polimerize doldurucular, SiO ₂ nanofil doldurucular (gren büyüklüğü: 5 nm to 5 µm)	80/64
Zenchroma	President Dental, Germany	Mikrohibrit	Matris: Bis-GMA, Tetrametilen dimetakrilat, Diüretan dimetakrilat. Doldurucular: Silikon dioksit, cam tozu ve ultra ince radyoopak dolurucu	75-53
Charisma Diamond One	Kulzer, Germany	Nanohibrit	Matris: Geliştirilmiş TCD Matris, BPA içermez. Doldurucular: Ağırlıkça %75 doldurucu	81/64
Essentia Universal	GC, Japan	Mikrohibrit	Matris: UDMA, Bis-EMA, Bis-GMA, TEGDMA. Doldurucular: Hacimce %65 prepolimerize doldurucular, baryum cam, silika	81-na

Aydın ve ark.nın (31) multi-shade renk sistemli kompozitler ve single-shade renk sistemli kompozit rezinle yaptıkları renklenme ve yüzey pürüzlülüğünü inceledikleri çalışmada single-shade özellikli kompozit Omnichroma tüm zaman dilimlerinde (1. 7. ve 30 gün ölçümlerinde) diğer kompozitlere göre daha fazla renk değişimi göstermiştir. Ayrıca Omnichroma'nın a^* ve b^* değerlerinin multi-shade sistemli kompozitlere nazaran daha fazla değiştiğini gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Paravina ve ark. (32) %50:50 algılanabilirlik eşik değerinin ΔE_{00} :0.8 olduğunu ve %50:50 kabul edilebilirlik eşik AT değerinin ΔE_{00} :1.8 olduğunu belirtmiştir. Literatürde yeniden polisajlama işlemleriyle diyete bağlı renklenmelerin kabul edilebilir düzeye indirilebileceği belirtilmektedir (32, 33). Aydın ve ark.nın (31) yaptıkları çalışmada Omnichroma yeniden polisajlama işlemine rağmen kabul edilebilir (ΔE_{00} :1.8) değer üzerinde değer sergilemiştir.

Özyurt'un üç adet kompozit rezinin renk değişimi, translüsensi ve su emilimlerini incelediği çalışmada Omnichromanın polimerizasyon öncesi ve sonrası renk değişimi diğer gruplardan yüksek bulunmuştur. Ek olarak Omnichromanın translüsensi özelliği diğer gruplardan yüksek olduğunu bildirmiştir. Klinik olarak translüsent kompozit rezinin dişle renk uyumunun başarılı olması ve çevre dokularla uyumlu olması için bazen zemindeki rengi maskeleymesi gerekir (34).

Korkut ve ark.nın (35) iki adet tek renk üniversal kompozitle diastema kapatma ve kompozit veneer restorasyonlarındaki 2 yıllık klinik performanslarını inceledikleri çalışmada her iki kompozit de başarılı ve benzer bulunmuştur.

Fazlıoğlu ve ark.nın tek renk üniversal kompozit, mikrohibrit kompozit ve nanoseramik kompozit rezinin farklı içeceklerdeki renklenmelerini inceledikleri çalışmada tek renk üniversal kompozit (Omnichroma) kahve solüsyonunda istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla renkleşme göstermiştir, çay solüsyonunda ise; Omnichroma mikrohibrit kompozitten istatistiksel olarak anlamlı derecede daha fazla renkleşme göstermiştir.

Sonuç

Teknolojinin gelişmesiyle birçok tek renk üniversal kompozit piyasaya sürülmüştür. Kliniklerde de pek çok faydası ve sağladığı kolaylıklarla yerini almaktadır. Fakat doğru endikasyon klinik başarıyı etkileyeceği için kullanım alanlarına dikkat edilmelidir. Tek renk üniversal kompozitlerin fiziksel mekanik özellikleri ve klinik performanslarıyla ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dental materials*. 2011;27(1):29-38.
- [2] Mohamed M, Afutu R, Tran D, Dunn K, Ghanem J, Perry R, Kugel G. Shade-matching capacity of omnichroma in anterior restorations. *J Dent Sci*. 2020;5:1-7.
- [3] Salas M, Lucena C, Herrera LJ, Yebra A, Della Bona A, Pérez MM. Translucency thresholds for dental materials. *Dental Materials*. 2018;34(8):1168-74.
- [4] Kim IJ, Lee YK. Changes in color and color parameters of dental resin composites after polymerization. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2007;80(2):541-6.
- [5] Dietschi D, Fahl Jr N. Shading concepts and layering techniques to master direct anterior composite restorations: an update. *British dental journal*. 2016;221(12):765-71.
- [6] Wee AG. Description of color, color replication process and esthetics. *Contemporary fixed prosthodontics* Rosenstiel SE, Land MF, Fujimoto J 4th ed St Louis: Mosby. 2006:710-2.
- [7] Paravina R. Powers JM. *Esthetic Color Training in Dentistry*. Elsevier-Mosby, China; 2004.
- [8] Ritter AV. *Sturdevant's art & science of operative dentistry-e-book*: Elsevier Health Sciences; 2017.
- [9] Romney AK, Indow T. Estimating physical reflectance spectra from human color-matching experiments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002;99(22):14607-10.
- [10] Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. *Diş hekimliğinde maddeler bilgisi*. AÜ Basımevi, Ankara. 1993;515.
- [11] Ibraheem NA, Hasan MM, Khan RZ, Mishra PK. Understanding color models: a review. *ARNP Journal of science and technology*. 2012;2(3):265-75.
- [12] Rasras RJ, El EIM, Skopin DE. Developing a new color model for image analysis and processing. *Computer Science and Information Systems*. 2007;4(1):43-55.
- [13] Cochrane S. The Munsell Color System: A scientific compromise from the world of art. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*. 2014;47:26-41.
- [14] Powers JM SR. Optical, Thermal, and Electrical Properties, In: Craig's

Restorative Dental Materials: Mosby, Missouri.; 2006. 28-50 p.

- [15] Joiner A. Tooth colour: a review of the literature. *Journal of dentistry*. 2004;32:3-12.
- [16] O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*: Quintessence Chicago; 2002.
- [17] Turgut S, Kılınc H, Ulusoy KU, Bagis B. The effect of desensitizing toothpastes and coffee staining on the optical properties of natural teeth and microhybrid resin composites: An in-vitro study. *BioMed research international*. 2018;2018.
- [18] Varghese D. *Color Calibrated High Dynamic Ranged Timelapse Video using Remote Capture*. 2014.
- [19] Douglas RD, Steinhauer TJ, Wee AG. Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;97(4):200-8.
- [20] Chu SJ, Devigus A, Mielezko AJ. *Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry*: Quintessence Publishing Company Illinois; 2004.
- [21] Kobayashi S, Nakajima M, Furusawa K, Tichy A, Hosaka K, Tagami J. Color adjustment potential of single-shade resin composite to various-shade human teeth: Effect of structural color phenomenon. *Dental Materials Journal*. 2021;40(4):1033-40.
- [22] Durand LB, Ruiz-López J, Perez BG, Ionescu AM, Carrillo-Pérez F, Ghinea R, Perez MM. Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(6):836-43.
- [23] Kumari RV, Nagaraj H, Siddaraju K, Poluri RK. Evaluation of the effect of surface polishing, oral beverages and food colorants on color stability and surface roughness of nanocomposite resins. *Journal of international oral health: JIOH*. 2015;7(7):63.
- [24] Schweppe J, Utterodt A, Meier C, Eck M, Reischl K. Comparison of strength and esthetics of novel single shade composites. *Proceedings of the IADR/AADR/CADR General Session (Washington, DC, USA)*. 2020.
- [25] Abdelraouf RM, Habib NA. Color-Matching and Blending-Effect of Universal Shade Bulk-Fill-Resin-Composite in Resin-Composite-Models and Natural Teeth. *BioMed research international*. 2016;2016:4183432.
- [26] Ahmed MA, Jouhar R, Khurshid Z. Smart Monochromatic Composite: A Literature Review. *International Journal of Dentistry*. 2022;2022:2445394.

- [27] Korkut B, Özcan M. Longevity of Direct Resin Composite Restorations in Maxillary Anterior Crown Fractures: A 4-year Clinical Evaluation. *Oper Dent.* 2022;47(2):138-48.
- [28] C. J. Advantages of Single-Shade Composites: *Decisions Dent.* ; 2021.
- [29] M. PM. The clinical and practice benefits of a single-shade composite system.2021.
- [30] FİDAN M, KARAASLAN G, KUTLU İ. Tek Renk Üniversal Rez-in Kompozitler. *Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2023;2(1):20-9.
- [31] AYDIN N, KARAOĞLANOĞLU S, OKTAY EA, ERSÖZ B. Investigation of single shade composite resin surface roughness and color stability. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi.* 2021;31(2):207-14.
- [32] Paravina RD, Ghinea R, Herrera LJ, Bona AD, Igiel C, Linninger M, Sakai M, Takahashi H, Tashkandi E, Mar Perez Md. Color difference thresholds in dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2015;27(1):S1-S9.
- [33] Lee Y-K, Yu B, Lim H-N, Lim JI. Difference in the color stability of direct and indirect resin composites. *Journal of Applied Oral Science.* 2011;19:154-60.
- [34] Arimoto A, Nakajima M, Hosaka K, Nishimura K, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Translucency, opalescence and light transmission characteristics of light-cured resin composites. *Dental Materials.* 2010;26(11):1090-7.
- [35] Korkut B, Ünal T, Can E. Two-year retrospective evaluation of monoshade universal composites in direct veneer and diastema closure restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry.* 2022.

Post-endodontik Restorasyonlar ve Sonlu Elemanlar Analizi

Edanur Maraş¹

Özet

Endodontik olarak tedavi edilen dişler, vital dişlere kıyasla biyomekanik başarısızlıklara daha fazla yatkındır. Bu başarısızlıklar sonucunda dişin prognozu olumsuz etkilenir ve diş kayıpları meydana gelebilir. Bugüne kadar, hangi tekniğin ya da materyalin endodontik olarak tedavi edilmiş dişleri en iyi şekilde restore edebileceği konusunda literatürde herhangi bir fikir birliğine varılamamıştır. Kök kanal dolgulu dişler için geleneksel yaklaşım olan post ve kron gibi restoratif prosedürlere alternatif olarak günümüzde adeziv teknolojilerin gelişmesi ile birlikte vakaya özgü restoratif tekniğin ve materyalin doğru seçimi daha da önem kazanmıştır. Deneysel ve klinik çalışmalarda, gözlemci, ekipman ve diş gibi birçok faktöre bağlı olarak sonuçlarda sapmalar görülebilmektedir. Sonlu elemanlar analizi ile bu faktörlerden kaynaklanan yanlılığın önüne geçilerek karmaşık yapılar ve onların biyomekanik davranışları tespit edilebilir. Bu bölümde, farklı post-endodontik restorasyonların sonlu elemanlar analizi kullanılarak değerlendirildiği çalışmalar gözden geçirilecektir.

1. Endodontik Tedavi Görmüş Dişlerde Prognoz

Endodontik tedavi sonrası olası sonucun öngörülmesi ya da hesaplanması olarak tanımlanan prognostik faktörlerin önceden belirlenmesi, klinik sonuçların iyileştirilmesi adına büyük bir öneme sahiptir. Genel olarak bir dişin tedavi sonucunu, endodontik, restoratif ve periodontal prognoz için gereken biyolojik, klinik ve teknik yaklaşımlar belirlemektedir (Berman & Hargreaves, 2020).

Kök kanal tedavisini takiben periapikal sağlığı ve iyileşmeyi etkileyen faktörler, hasta faktörleri, tedavi faktörleri ve restoratif faktörler olarak üç ana grupta sınıflandırılabilir. Yaş, cinsiyet, hastanın genel sağlık durumu, diş ana-

1 Dr. Öğr. Üyesi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, edanur.maras@erdogan.edu.tr, Orcid: 0000-0001-7905-2935

tomisi, diş ile ilgili klinik tablo, ilk tedaviden sonra geçen süre, işlem öncesi pulpanın ve periapikal dokuların durumu; hasta ile ilgili başarıya etki eden faktörlerdir (Wong, 2004).

İzolasyonun kalitesi, büyütme ve aydınlatma kullanılması, çalışma boyu tespiti, kök kanallarının preperasyonu (prosedürel hatalar, şekillendirmenin koniklik derecesi, kullanılan eğenin tipi, apikal genişliğin belirlenmesi vb.), irrigasyon protokolü, kanal içi medikament kullanımı, kültür testleri, seans sayısı, kanal dolgusu (dolumun kalitesi, kullanılan obturasyon tekniği vb.) ve hekimin becerisi; başarıya etki eden klinisyen kaynaklı tedavi faktörleridir (Lin ve ark., 2005; Wong, 2004).

Koronal restorasyonun tipi, kalitesi, okluzal kontaklar, ilgili dişin protetik amaçlı kullanımı ve takip süreleri, tedavi sonrasında endodontik tedavi başarısına etki eden restoratif faktörler olarak sayılabilir (Matsumoto & Goto, 1970; Orstavik, 2020; Wong, 2004).

Dişin tipi, dişin lokalizasyonu, koronal restorasyon tercihi, post varlığı, operatör deneyimi, hasta cinsiyeti ve kök dolgusunun kalitesi, en sık araştırılan prognostik faktörlerdendir (Ng ve ark., 2010). Bazı prognostik faktörlerin, endodontik tedavi başarısı üzerinde önemli ölçüde etkili olduğu belirlenirken, bazı faktörlerin etkilerinin daha önemsiz düzeylerde olduğu saptanmıştır. Hasta ile ilgili faktörlerden olan periapikal durumun ve restoratif faktörlerin tedavi sonucu üzerinde önemli etkilere sahip olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir (Aquilino & Caplan, 2002; Caplan ve ark., 2002; Lazarski ve ark., 2001; Sundqvist, 1976).

2. Post-endodontik Restorasyonlar

Kök kanal tedavisinin tamamlanmasının ardından koronal restorasyonun yerleştirilmesi, endodontik tedavi gören dişlerin yönetiminde son aşamadır. Kök kanal tedavisi yapılan dişlerin yapısı, vital dişlere göre farklılık göstermektedir. Diş yapılarında meydana gelen madde kayıpları, kalan diş dokularının dehidratasyonuna bağlı gelişen mekanik farklılıklar, olası renklemeler, kollajen yapısı ve mineral içeriğindeki değişiklikler, vital dişler ve endodontik tedavili dişler arasındaki majör farklılıklardır. Bu farklılıklara bağlı olarak dişin kırılma direnci artar ve dokunun adezyonu azalır (Berman & Hargreaves, 2020).

Kök kanal tedavisi yapılmış ve periapikal lezyon gelişmiş dişlerden alınan histolojik kesitlerde, başarısızlıkların en sık görülen nedeni olarak mikrobiyal irritanlar gösterilmiştir. Restorasyonda kırılma veya düşme, dişte çatlak veya kırık, sekonder çürük ve preperasyon hataları sonucunda meydana gelen ko-

ronal mikrosızıntılar tedavi prognozunu olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle, restoratif faktörler, endodontik tedavi başarısı üzerinde büyük bir öneme sahiptir (Fabricius ve ark., 2006; Nair ve ark., 1990; Ng ve ark., 2007; Ricucci & Siqueira Jr, 2011).

Çeşitli çalışmalarda, sekonder çürük, marjinal uyumsuzluk, desimantasyon ve renk değişikliği olmayan restorasyonlar için “tatmin edici restorasyon” tanımı kullanılmıştır (Hoskinson ve ark., 2002; Ricucci ve ark., 2011). Bu doğrultuda, yapılan bir sistematik incelemeye göre, tatmin edici koronal restorasyonlara sahip dişlerde periapikal iyileşmenin yetersiz restorasyonlu dişlere kıyasla önemli ölçüde daha iyi olduğu tespit edilmiştir (Ng ve ark., 2008). Koronal restorasyonun periapikal lezyon oluşumu ile ilişkisinin radyolojik olarak 1010 vakada incelendiği bir çalışmada, iyi yapılan endodontik tedavi ve koronal restorasyon varlığında başarı oranının %91,4; yetersiz yapılan endodontik tedavi ve koronal restorasyon varlığında başarı oranının %18,1; iyi yapılan endodontik tedavi ve yetersiz yapılan koronal restorasyon varlığında başarı oranının %44,1; yetersiz yapılan endodontik tedavi ve iyi yapılan koronal restorasyon varlığında başarı oranı %67,7 olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular dahilinde, iyi bir koronal restorasyon varlığında periapikal lezyon gelişiminin anlamlı olarak daha düşük olduğu ve başarılı bir daimi restorasyonun, kanal dolgu kalitesinden daha önemli bir prognostik faktör olduğu bildirilmiştir (Ray & Trope, 1995). Çünkü kök kanal dolgulu dişlerin restorasyonları kalan diş yapısını korur, kök kanal sisteminin tekrar enfekte olmasını önler ve eksik diş yapısını yerine koyarak fonksiyonun devamını sağlar. Ancak daha önce bahsedildiği üzere, endodontik tedavili dişlerde madde kayıpları ve diş yapısında değişiklikler meydana gelmektedir. Bu nedenle eğer uygun restorasyon yapılamazsa bu dişlerde kırıklar, basit bir tüberkül kırığından, çekim gerektiren yıkıcı kök kırıklarına kadar değişebilir. Ayrıca endodontik tedavi esnasında giriş kavitesi tasarımları da dişte madde kayıplarının meydana gelmesine neden olur. Servikal bölgede bulunan diş dokuları, restorasyonun stabilizasyonunu ve retansiyonunu sağlar. Ferrule etkisinin sağlaması sebebiyle özellikle servikal alanda kalan sert doku miktarı ve dişin tümünde bulunan mineralize doku varlığı, dişin kırılmalara karşı direncini artırır. Ayrıca, kronun aksiyal duvarlarının diş çevrelemesini de sağlayarak çekme gerilimlerine karşı diş korur. Bu nedenle, kalan doku miktarına göre kök kanal tedavili dişlerin restorasyonları farklı klinik prosedürler ve materyaller kullanılarak gerçekleştirilmelidir (Barkhordar ve ark., 1989; Berman & Hargreaves, 2020; Helfer ve ark., 1972; Sorensen & Engelman, 1990). Endodontik tedavi için geniş bir kavite tasarımı hazırlanırsa, dişin kırılma dayanımı azalır. Kalan destek duvarlar, dişe oblik, vertikal ve horizontal kuvvetlere karşı direnç sağlar. Duvar sayısının üçten daha az olduğu

dişlerde, koronal yapının oldukça dayanıksızlaştığı bildirilmiştir (Peroz ve ark., 2005).

Direkt ve indirekt restorasyonlar dahil olmak üzere kök kanal tedavisi yapılmış dişlerin restorasyonları çeşitli yöntemler kullanılarak kalan doku miktarına ve periodontal duruma göre gerçekleştirilebilir. Kompozit rezin restorasyonlar, amalgam restorasyonlar, post uygulamaları ve koronal radiküler restorasyonlar kök kanal tedavisinin ardından uygulanabilecek konvansiyonel tedavi yöntemleridir. Küçük defektlerin onarımında direkt kompozit rezinlerin kullanımı önerilmektedir. Aşırı madde kaybı olan endodontik tedavili dişler genel bir kural olarak kron ile restore edilir (Hasanoğlu Aydın, 2012; Tosun ve ark., 2016). Endodontik tedavi görmüş dişler için diğer bir geleneksel restoratif tedavi yaklaşımı olan post uygulamalarında, post uygulamasında, kök kanal sisteminden destek alan post üzerine kor yapısı oluşturularak kaybedilen doku miktarı yerine konmaya çalışılır (Berman & Hargreaves, 2020; El-Damanhoury ve ark., 2015). Buna karşın, adeziv teknolojilerin gelişmesi, günümüzde kullanılan seramiklerin güçlendirilmesi ve asitle pürüzlendirilebilmesi, yeni jenerasyon rezin nanoseramik esaslı kompozitlerin üretimi ve güçlü rezin simanlar ile diş dokusuna bağlanabilme özelliği, özellikle madde kayıpları olan molar dişlerin, post-kor sistemi olmadan restore edilebileceği düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Adeziv teknolojideki gelişmeler ve bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) ile birlikte kompozit rezin ya da seramiklerden yapılan, daha konservatif yaklaşıma sahip olan endokron veya overlay gibi indirekt restorasyonlar post-kor sistemlerine alternatif olarak gösterilmişlerdir (Berman & Hargreaves, 2020; Einhorn ve ark., 2019; Ramirez-Sebastia ve ark., 2013). Tam kron restorasyonlarda tüberküllerin ve dişin çevre dokularının ortadan kaldırılması gerekirken, onleyler ve endokronlarda kalan diş yapıları korunmaktadır. Endokronlarda, kök kanalı içerisindeki post, kor ve kron yapısı tek bir parçada birleştirilirken, overlayler eksik bir ya da birkaç tüberküli içerisine alır (Göhring & Peters, 2003; Krejci ve ark., 1992; Rocca & Boullaguet, 2008). Onley, overlay ve endokronlar, kompozit rezinden, cam fiber ile güçlendirilmiş kompozit rezinden, feldspatik porselen varyasyonlarından (Cerec, IPS Empress, In-Ceram gibi), zirkonya, alumina ve silika dahil olmak üzere çeşitli seramik sistemlerinden üretilebilmektedirler (Anusavice ve ark., 2012; Denry, 1996).

Restoratif faktörlerin bir diğer önemli bileşeni tercih edilen yapıştırıcı simanlardır. Çinko fosfat ve polikarboksilat gibi geleneksel simanlar, cam iyonomer esaslı simanlar, rezin esaslı simanlar ve self-adeziv simanlar günümüzde restorasyon simantasyonları için kullanılan yapıştırma ajanlarından

bazılarıdır ve bu ajanlar restorasyonların klinik performanslarını etkilerler (Berman & Hargreaves, 2020).

Endodontik tedavi sonrasında dişlerin restore edilebilirliğinin değerlendirilmesinde süreç pek çok faktöre bağlı olarak önemli ölçüde değişebilir. Kalan diş yapısının değerlendirilmesinde klinisyenlere rehberlik edecek bir restore edilebilirlik indeksi mevcut olmasına rağmen, bu uzun vadeli diş sağ kalım verileriyle henüz doğrulanamamıştır (McDonald & Setchell, 2005; Nagasiri & Chitmongkolsuk, 2005; Reeh ve ark., 1989). Ayrıca çalışmalarda restorasyonun sağkalım değerlendirmesinin dişin sağkalım değerlendirilmesine dahil edilmesi, verilerinden elde edilen klinik bulguları karmaşık hale getirmiştir. Bu nedenle, restoratif faktörlerin kök kanal tedavisinden sonra diş sağkalımı üzerindeki etkisinin araştırılması gerekmektedir. Restoratif faktörler, temel olarak, kalan diş yapısının miktarı ve dağılımını, fonksiyondaki diş üzerine gelen oklüzal yük miktarını ve dağılımını ve nihai restorasyonun türünü içerir (Burke & Lucarotti, 2009; Lucarotti ve ark., 2005).

3. Restorasyonların Mekanik Açından Değerlendirilmesi

Yük kapasitesi, deneysel koşullar altında belirli bir süre boyunca kök kanal dolgulu bir dişe uygulanabilecek maksimum stres veya yükü ifade etmektedir. Kırılma direnci, bir materyalin önceden var olan bir çatlakın ilerlemesine ilişkin mekanik özelliğidir. Kök kanal tedavili dişlerin mine, dentin, siman, post ve restorasyon materyali gibi çok sayıda bileşenden oluşması, araştırmalarda genellikle dişin yük kapasitesinin kırılma direncine kıyasla daha yaygın olarak kullanılmasının nedenidir (Ordinola-Zapata & Fok, 2021). Statik yüklenme testi veya monoton bir şekilde artan stres testi yapılarının yük kapasitesini test etmek için kullanılan bir yöntemdir (Naumann ve ark., 2009). Statik yüklenme, farklı giriş kavitesi tasarımları planlanan dişlerin yük kapasitesini değerlendirmek için son yıllarda yaygın olarak kullanılmıştır. Yüklenme pozisyonu, yük açısı, restorasyon varlığı, dentinin yaşlı ya da genç olması, sert doku kaybı, kollajen degradasyonu gibi birçok kontrollü ve kontrolsüz faktör statik yük çalışmalarında sonuçları etkileyebilir (Mireku ve ark., 2010). Kök kanal dolgulu dişlerin yorulma davranışının değerlendirilmesi için kullanılan diğer bir teknik, döngüsel stres genliği ile başarısızlığa kadar olan döngü sayısı veya döngüsel yorulma testi arasındaki korelasyonun kullanılmasıdır. Çiğnemenin döngüsel doğası ile diş sert dokularının ve restorasyonlarının gecikmiş başarısızlığı, oral fonksiyonun belirli bir aşamasından sonra meydana gelir. Bu nedenle, kök kanal dolgulu dişlerin dayanıklılığının tahmin edilebilmesi için yorgunluğun anlaşılması gerekmektedir (Arola, 2017; Campbell, 2008). Laboratuvar koşullarında çiğneme sürecinin taklit edilebilmesi için

döngüsel yüklemeye kullanılmasına rağmen, uzun sürmesinden dolayı bu yöntem endodontik çalışmalarda nadiren kullanılır. Kanal tedavili dişlerin yük kapasitelerinde dinamik yöntem ile statik yüklemeye arasında önemli farklılıklar mevcuttur. Restore edilmiş dişlerde, statik yüklemelerin neden olduğu kırıklar yüklemeye noktasına yakın stres yoğunlaşma noktalarından başlarken, döngüsel yorgunluk ise restoratif materyalin altında uzunlamasına çatlaklara neden olabilir. Bazı çalışmalarda ağız boşluğundaki termal değişiklikleri daha iyi taklit etmek için termal döngü, mekanik yüklemeye ile birleştirilmiştir ve böylece dişlerin yük kapasitesi incelenebilirken yaşlanma süreci de dikkate alınabilmiştir (Lima ve ark., 2021; Lin ve ark., 2021; Naumann ve ark., 2005).

4. Diş Hekimliğinde Sonlu Elemanlar Analizi

Restorasyonlar değerlendirilirken, araştırmacının deney her tekrarlandığında aynı kesin sonucu elde etmesi pek mümkün değildir. Ayrıca çatlaklar gibi önceden var olan kusurlar da sonucun yanlış tespit edilmesine neden olabilir. Boyut ve kompozisyon açısından son derece homojen olan örnekler bile (CAD/CAM restorasyonları gibi), aynı mekanik teste maruz kaldıklarında aynı anda ve aynı yük altında başarısız olmazlar. Araştırmanın rastgele unsurlar içermeyen deterministik modeller üzerinde gerçekleştirilmesi ile her çalışıldığında aynı sonuçlar elde edilebilir. Başka bir ifadeyle deterministik modeller, önceden belirlenmiş belirli koşullar altında tamamen aynı sonuçları üretirler. Sonlu elemanlar analizi (FEA), bu deterministik yaklaşımın bir örneğidir. Sayısal bir yöntem olan FEA, karmaşık yapıları modeller ve mekanik davranışlarını analiz eder (Kinney ve ark., 2003; Park ve ark., 2008; Trivedi, 2014). FEA, bir fiziksel bir modeli, her biri belirli bir geometriye, yapısal ve materyal özelliklerine sahip olan, sonlu boyutlardaki küçük öğelere ayırır. Bilgisayar algoritmaları aracılığıyla bu öğeler birleştirilerek, uygulanan yük ile indüklenen yer değiştirme arasında ilişki kurulur (Choi ve ark., 2014). Bu yöntem ile karmaşık yapıların laboratuvar deneylerinden elde edilmesi zor olan farklı senaryolar altındaki stres dağılımları tespit edilebilir (Trivedi, 2014).

FEA, diş anatomilerinde görülen varyasyonlar, gözlemcilerden kaynaklanan yanlışlık, deney sırasında istenmeden yapılan defektler ve ekipman kalibrasyonları gibi in vivo ve in vitro çalışmaları etkileyen birçok değişken faktörün kontrolünü sağlar (Brankovic ve ark., 2019; Choi ve ark., 2014; Trivedi, 2014). Ayrıca FEA, deneysel araştırmalara kıyasla daha az maliyetli ve daha az zaman alıcıdır. (Chien ve ark., 2021).

Diş hekimliğinde FEA, protez, implantoloji ve ortodonti alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Dişlerin, aletlerin veya yapıların stres dağılımlarının değerlendirilebilmesi için son yıllarda endodonti alanında da kullanılmaya başlanmıştır. FEA ile güvenilir üç boyutlu modeller elde edilerek farklı klinik vakalar için gerçek koşullar daha tekrarlanabilir bir şekilde simüle edilmektedir. Bunun için, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) veya mikrobilgisayarlı tomografi (mikro-CT) gibi dijital görüntüleme sistemleri kullanılarak dişlerin ve periradiküler dokuların üç boyutlu anatomik modelleri mikrometre düzeyinde elde edilebilmektedir. (Gao ve ark., 2006; Sun ve ark., 2008; Van Staden ve ark., 2006). Kök kanal tedavisi uygulanmış dişlere uygulanan restorasyonlar ile farklı bileşenlerden oluşan düzensiz geometriye sahip kompleks yapılar oluşmaktadır. Bu nedenle, döngüsel yüklemeye altında her bir bileşenin gerilim genliğinin belirlenebilmesi güçtür. Laboratuvar testleri, nesnenin içinde oluşan gerçek gerilimi ve başarısızlık mekanizmalarını tespit etme konusunda yetersizdir. FEA, mekanik performansı gözlemleyebilmenin yanı sıra deneysel sonuçların mekanizmalarını da yorumlamak için iyi bir yöntem olarak kabul edilebilir (Lin ve ark., 2021; Lin ve ark., 2005).

Diş hekimliğinde özellikle stres olmak üzere gerilim, kuvvet ve yer değiştirme gibi çeşitli parametreler FEA ile incelenebilir. En yaygın olarak rapor edilen değerler maksimum ana gerilim ve von Mises değerleridir. Hangi durumda hangi parametrelerin kullanılacağı materyalin mekanik özelliklerine bağlıdır (Trivedi, 2014). Maksimum ana gerilim, üzerinde kesme gerilimi olmayan düzleme dik olan gerilimi ifade eder. Pozitif değerler çekme gerilimlerini, negatif değerler ise basınç gerilimlerini temsil eder (Santos-Filho ve ark., 2014). Von Mises değeri ise, birim hacim başına kesme gerilme enerjisinin materyalin sınır gerilme enerjisi yoğunluğunu aştığı noktada meydana gelen von Mises kriterine dayanan bir tür eşdeğer gerilimdir. Bu parametre esas olarak metaller veya alaşımlar gibi işlenebilir materyallerin başarılarının değerlendirilmesi için kullanılır (Barsanescu & Comanici, 2017). Bu nedenle, mine veya seramik gibi çekme gerilimleri sonucu kırılmaya karşı daha hassas olan kırılğan yapılarda maksimum ana gerilim değerleri tespit edilmelidir. Dentin ise, bükülme altında kırılğan katı bir madde gibi davranırken, basınç altında biçimlendirilebilir bir davranış sergiler. Bu nedenle, dentindeki stres dağılımının analizinde hem maksimum ana gerilim hem de von Mises değerleri kullanılmaktadır (Ivancik & Arola, 2013; Zaytsev ve ark., 2014). Ek olarak diş sert dokularında çatlakların başlamasının ve ilerlemesinin simülasyonu için genişletilmiş FEA kullanılmıştır (Zhang ve ark., 2019).

5. Endodontide Sonlu Elemanlar Analizi

Farklı giriş kavitesi tasarımları, kök kanal preparasyonları ve restoratif prosedürler, endodonti alanında FEA ile araştırılan konulardır. Çalışmalarda genel olarak lineer statik modeller kullanılmıştır. Giriş kavitesi tasarımlarında genel olarak minimal invaziv endodontik kavite geleneksel kavite dizaynları ile karşılaştırılmış ve biyomekanik etkileri incelenmiştir (Roperto ve ark., 2019; Wayne ve ark., 2014; Yuan ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarda genellikle birinci molar veya premolar dişler kullanılmıştır ve 80-800 Newton (N) arasında değişen büyüklüklerde dikey veya oblik yükler uygulanmıştır. Bu çalışmaların sonuçları genel olarak, konservatif endodontik giriş kavitesi tasarımlarının özellikle servikal bölgede olmak üzere dentinde stres konsantrasyonunu azalttığı fikrini desteklemektedir (Ordinola-Zapata ve ark., 2022).

Kök kanal preparasyonlarının dişte meydana getirdiği biyomekanik etkilerin FEA ile incelendiği çalışmalarda temel olarak çignemeyi taklit eden vertikal/oblik ya da guta perka kondansasyonunu taklit eden sıkıştırma kuvvetleri uygulanmıştır ve genellikle kırılma direnci araştırılmıştır (Ordinola-Zapata ve ark., 2022; Palareti ve ark., 2016; Saber ve ark., 2020).

Endodonti alanında yapılan FEA çalışmalarının büyük bir bölümünü farklı koronal defektlere sahip dişlere uygulanan farklı restoratif prosedürlerin biyomekanik etkilerinin incelendiği çalışmalar oluşturmaktadır. Kompozit rezin restorasyonlar, kronlar, metal/fiber postlar, inley, onley, overlay ve endokronlar incelenen restorasyon çeşitleridir. Genellikle molar veya premolar dişler üzerine uygulanan aksiyal/oblik kuvvetler giriş kavite tasarımlarının incelendiği çalışmalara benzer şekilde tek noktadan uygulanmıştır (Ausiello ve ark., 2017; Lin ve ark., 2021; Ordinola-Zapata ve ark., 2022; Pinto ve ark., 2019; Santos-Filho ve ark., 2014).

6. Post-endodontik Restorasyonların Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi

Endodontik tedavi görmüş dişlerin sağkalımları, çürüğün uzaklaştırılması ve giriş kavitesinin açılmasından sonra geriye kalan sağlam diş yapısına ve tercih edilen restoratif yaklaşıma bağlıdır. Kök kanal dolgulu dişlerin restorasyonları için hangi tekniğin ve materyalin ideal olacağı literatürde hala tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Koronal madde kaybı olan endodontik tedavili dişlerin restorasyonları için geleneksel olarak, kron, fiber/metal post ve kor konseptleri tercih edilmiştir. Bu tedavi protokollerinin kalan diş yapısını güçlendirdiği düşünülmüştür. Bununla birlikte, post kullanımı ile kronun retansiyonunun arttığı; ancak, yerleştirilmesi için diş dokularında

kayıplar meydana geldiği rapor edilmiştir. (Maravić ve ark., 2022; Ordino-la-Zapata ve ark., 2022).

Biyomimetik bakış açısına göre, biyolojik, fonksiyonel, mekanik, adeziv ve estetik parametreler arasında bir dengenin sağlanabilmesi diş yapısının korunması için büyük bir önem arz etmektedir. İnvaziv restoratif prosedürlerden kaçınılarak koronal dokuların korunması, biyomekanik dengeyi sağlar ve post-endodontik restorasyonlu dişlerin sağkalım oranını artırır. Ayrıca, adeziv tekniklerin gelişmesiyle birlikte klinisyenler için restoratif tedavi seçenekleri genişlemiştir ve post-kor restorasyonlarına ihtiyaç azalmıştır. Lityum disilikat ile güçlendirilmiş seramikler gibi asitle pürüzlendirilebilen, yüksek mekanik dayanıklılığa sahip seramiklerin ortaya çıkışı, adeziv sistemlerin avantajları ile birleştiğinde posterior dişlerin intraradiküler restorasyon gerekmeden tedavileri mümkün kılınmıştır. Bu sayede, onley, overlay veya endokronlar kullanılarak aşırı madde kaybı olan dişler restore edilebilmiştir. Bu prosedürlerin her ne kadar kök dolgulu dişler için başarılı prosedürler oldukları bildirilse de, mevcut literatür post-endodontik restoratif yaklaşımlar konusunda kafa karıştırıcıdır (Aldesoki ve ark., 2022; Couture & Colby, 2003; El-Ma'aite ve ark., 2022; Otto, 2004).

FEA, karmaşık üç boyutlu biyomedikal modellerde stres ve gerilim hesaplamalarındaki kesinliği ve çeşitli olasılıkları nedeniyle günümüzde endodonti alanında sıklıkla kullanılan bir araştırma yöntemidir. CBCT ve mikro-CT gibi modern görüntüleme yöntemleri, FEA'nın doğruluğuna katkıda bulunan karmaşık yapıların yüksek kaliteli üç boyutlu modellerinin elde edilmesi için kullanılmaktadır. Post-endodontik restorasyonların sağkalımlarının ve başarılarının araştırılması amacıyla pek çok çalışmada kavite tasarımlarına, dişlerin biyomekanik davranışlarına ve diş-restorasyon üzerindeki stres dağılımlarına odaklanılmıştır (Aldesoki ve ark., 2022; Maravić ve ark., 2018; Ordino-la-Zapata ve ark., 2022).

Aldesoki ve ark., endodontik tedavi görmüş bir maksiller premolar diş CBCT kullanarak modellermişlerdir ve farklı lityum disilikat endokronlarının biyomekanik davranışlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında post+kron, 5 mm pulpa uzantılı butt marjin ve aksiyal uzantılı endokronlar, 3 mm pulpa uzantılı butt marjin ve aksiyal uzantılı endokron restorasyonları tasarlanan 5 modelin her birine ayrı ayrı 100 N'luk aksiyal ve oblik yükler uygulamışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, aksiyal uzantılı modellerde butt joint modellere kıyasla von Mises gerilmeleri %15 oranında daha düşük tespit edilmiştir. Ayrıca, 3 mm pulpa uzantılı modellerde 5 mm pulpa uzantılı modellere kıyasla von Mises gerilmeleri benzer şekilde %15 oranında daha az bulunmuştur. Bu sonuç, premolar dişlerin dar tabanları ve geniş oklu-

zo-gingival boyutları ile ilişkilendirilmiştir. Premolar dişlerin molar dişlere kıyasla daha fazla horizontal kuvvetlere maruz kalmaları, daha güçlü bir kaldıraç kuvveti ile karşı karşıya gelmelerine neden olabilir. Bu sebeple, pulpa uzantısının azalması kaldıraç kolunu kısaltacak ve sonuç olarak endokrondaki gerilimleri azaltacaktır (Aldesoki ve ark., 2022). Gaintantzopoulou ve El-Damanhoury, benzer şekilde, endokron preparasyonlarının intradiküler uzantılarının nihai restorasyonun hem marjinal adaptasyonunu hem de internal uyumunu olumsuz etkilediği sonucuna varmışlardır (Gaintantzopoulou & El-Damanhoury, 2016).

Maravić ve ark., endodontik olarak tedavi edilmiş mezial-okluzal-distal (MOD) kaviteye sahip maksiller ikinci premolar dişin bilgisayarlı tomografi (BT) taramalarına dayanarak üç boyutlu modeller oluşturmuşlardır. MOD, MOD+2 mm palatal redüksiyon, MOD+2 mm bukkal ve palatal redüksiyon, MOD+post, MOD+ 2 mm palatal redüksiyon+post, MOD+2 mm bukkal ve palatal redüksiyon+post olmak üzere altı model karşılaştırılmıştır. Post olarak fiberle güçlendirilmiş kompozit postlar tercih edilmiştir. Modellerin okluzal yüzeylerine 150 N'luk bir kuvvet uygulanmıştır. Mine ve dentin için en yüksek von Mises değeri MOD+2 mm palatal redüksiyon grubunda bulunmuştur. Bunun yanında, bu modelde post olmayan diğer modellere kıyasla dolguda daha yüksek gerilim değerleri saptanmıştır. Post olan modellerde ise, yüksek stresli alanlarda daha düşük stres görülmüştür (Maravić ve ark., 2018). Çeşitli çalışmalarda da paralel şekilde, premolar dişlerin kırılma dirençlerinin artırılabilmesi için en az 1.5 mm tüberkül redüksiyonu önerilmektedir (Kantardžić ve ark., 2012; Lin ve ark., 2008). Ek olarak, palatinal redüksiyonun minedeki gerilmeleri önemli ölçüde azalttığı görülmüştür (Kantardžić ve ark., 2012).

Huang ve ark., kompozitle güçlendirilmiş cam fiber post, nanopartüklü rezin seramik post, polimer infiltre seramik ağı sahip post ve zirkonyum post sistemlerini; polietereterketon (PEEK), nanoseramik hibrit kompozit rezin, hibrit rezin kompozit, lösit takviyeli cam seramik, lityum disilikat cam seramik, zirkonyum kron materyallerini; kompozit rezin ve metil metakrilat bazlı simanlarını, endodontik tedavili mandibular birinci premolar diş modelinde FEA kullanarak stres dağılımı açısından karşılaştırmışlardır. PEEK kullanılarak üretilen kronların diğer materyallerle üretilenlere kıyasla servikal bölgede daha az stres oluşturduğu saptanmıştır. Post ucu etrafındaki stres dağılımının simantasyon ajanından etkilendiği ve zirkonyum post gibi daha yüksek young modülüne sahip materyallerin yerleştirilmesi sırasında metil metakrilat yapıştırma simanının kullanımı post ucundaki stres konsantrasyonunu azaltmıştır. Ayrıca, kronun young modülü büyüdükçe, servikal alanda

dentin ve kron içi stres miktarının arttığı gözlemlenmiştir (Huang ve ark., 2022).

Dartora ve ark., lityum disilikat cam seramik ve polimer infiltre seramik ağ ile elde edilen endokronlarla restore edilen, endodontik olarak tedavi edilmiş mandibular molar dişlerin stres dağılımlarını ve yorulma performanslarını direkt kompozit restorasyonları ile FEA kullanarak karşılaştırmıştır. Gruplar arasında yorulma başarısızlık yükü, kırılmaya kadar olan döngü sayısı ve ortalama sağkalım süresi açısından bir farklılık tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, indirekt endokronların direkt kompozit restorasyonlara kıyasla daha yüksek mekanik yapısal güvenilirliğe sahip olduğu ve diş dokularında daha az stres yarattığı tespit edilmiştir. Endokronlar arasında ise, özellikle lityum disilikattan üretilenlerin mekanik yapısal güvenilirliğinin daha fazla olduğu saptanmıştır (Dartora ve ark., 2019).

Gong ve ark., modifiye edilmiş 2 mm kanal içi uzantılı üç farklı endokronu, bir post+kron restorasyonunu ve bir tane rutin endokron tasarımını FEA kullanarak mandibular molar diş modelinde stres açısından karşılaştırmıştır. Ayrıca restoratif materyaller olarak, lityum disilikat cam seramikler ve rezin nanoseramikler kullanılmıştır. Modifiye endokron tasarımlarının preparasyon yöntemine ve diş yapısındaki eksikliklere göre tercih edilebileceği ifade edilmiştir. 4 mm kalınlıkta hazırlanan rezin nanoseramik modifiye endokron, diş üzerinde daha düşük stres oluştururken, lityum disilikat cam seramik modifiye endokronun kalınlığı, stres dağılımını önemli ölçüde etkilememiştir. Lityum disilikat cam seramik modifiye endokron, mine sement sınırının 2 mm koronalinde hazırlandığında, rutin endokron restorasyonuna kıyasla mine sement sınırı çevresinde daha düşük strese neden olmuştur. Post restorasyonun uzatılmış kök kanal duvarına daha fazla stres uygularken, mine sement çevresindeki stresi azalttığı görülmüştür (Gong ve ark., 2022).

Feldspatik seramik (Mark2), lityum disilikat (EMAX) ve Lava ultimate (LU) olmak üzere üç tip restoratif materyalden oluşan, 1 mm kalınlık ve 2 mm derinliğe sahip endokronların direnç kırılmalarını mandibular molar diş modellerinde FEA ile inceleyen Meng ve ark., endokronun okluzal yüzeyindeki farklı yük bölgelerinin, diş dokusunda farklı stres dağılımlarına neden olabileceğini göstermiştir. Çalışmanın bulgularına göre, yükün temas yüzeyinin küçülmesi ile tüm materyallerde stres miktarında artış meydana gelmiştir. LU endokron, yüklerden bağımsız olarak Mark2 ve EMAX restorasyonlara kıyasla daha fazla stresi diş dokusuna aktarmıştır. Ayrıca, ince endokronların rehabilitasyonları sırasında yapılan kanal içi uzantılar ile diş dokularına gelen stresin dağılabileceği bildirilmiştir (Meng ve ark., 2021).

Fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin çatlak dişlerde kırılma dayanımı üzerine olan etkileri çeşitli çalışmalarda FEA ile incelenmiştir. Genel olarak, fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin endodontik tedavi görmüş dişlerin yorulma direncini iyileştiremediği bildirmiştir. Bununla birlikte, bu kompozitlerin çatlak dişlerde olumlu kırılma oranını ya da başarısızlık modunu olumlu yönde etkilediğini rapor eden çalışmalar da mevcuttur (Karzoun ve ark., 2015; Otero ve ark., 2021; Shi ve ark., 2022).

Zhang ve ark., FEA kullanarak endodontik tedavi görmüş mandibular molar dişlerde EMAX endokron restorasyonlarının butt marjin, okluzal kalınlık ve pulpa odası uzatma derinliklerinin stres dağılımları üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışmalarında, düz ve kavisli butt marjinlerin von Mises gerilimlerinin benzer olduğunu; ancak, kavisli yüzeylerde mine için daha fazla adezyon alanı sağlandığını bildirmişlerdir. 1,2, 3 mm okluzal kalınlık ve 1, 2, 3 mm uzatma derinliğinin karşılaştırılması sonucunda, 2 mm okluzal kalınlık ve 2 mm uzatma derinliğinin restorasyonlarda ve diş dokularında en düşük von Mises gerilimi sergilediği gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2022).

Tribst ve ark., pulpa odası genişletme açılarının ve dolgu materyallerinin mekanik özelliklerinin lityum disilikat endokronun biyomekanik davranışı üzerindeki etkilerini FEA kullanarak değerlendirmek için endodontik tedavi görmüş maksiller molar dişin modelini oluşturmuşlardır. Dokuz farklı dolgu materyali ve 90°, 6°, 12° ve 18° olmak üzere dört farklı genişletme açısı ile toplamda 36 model elde etmişlerdir. Sonuçlar, dik açılı endokronlar için yük bölgesinde daha fazla stres ile birlikte modeller arasında benzer stres dağılım paternleri göstermiştir. Ek olarak, pulpa odası genişletme açısı ne kadar yüksek olursa, restorasyon ve diş üzerindeki stres pik değeri o kadar yüksek ve siman tabakasındaki stres değeri o kadar düşük olmuştur. Bu nedenle, 6° ve 12° pulpa odası açılarının, adeziv arayüz gerilimleri açısından daha umut verici olduğu öne sürülmüştür. Materyal açısından sonuçlar incelendiğinde, elastik modülü yüksek olan dolgu materyalinin siman tabakasından daha az gerilmelere neden olduğu; ancak, restorasyon ve diş yapılarında daha fazla stres oluşturduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, endokron restorasyonlarında kanal ağızlarının kapatılması için rezin siman ve bulk-fill akışkan kompozit rezin gibi esnek dolgu materyallerinin kullanımı önerilmiştir (Tribst ve ark., 2021).

Sonuç

Endodontik tedaviyi takiben diş sert dokularında meydana gelen geniş hacimli madde kayıpları ve kalan diş sert dokularının dehidratasyonuna bağlı

dokuların fiziksel ve mekaniksel özelliklerde ortaya çıkan değişimler birçok bilimsel araştırmada mikro ve makro düzeyde incelenmiştir. Bu araştırmalar, dokulardaki değişimlerin, diş biyomekaniğinde farklılıklara yol açarak restoratif tedavinin klinik başarısının büyük oranda etkilenebileceğini ortaya koymuştur. Endodontik tedavili dişlerde vakaya özgü uygun restoratif protokolün belirlenebilmesi için, diş ve restorasyon üzerindeki stres ve gerilim dağılımları FEA modelleri kullanılarak simüle edilebilir. Bu sayede, post-endodontik restorasyonlarda optimum biyomekanik denge elde edilerek restore edilmiş dişlerin sağkalım ve başarı oranları arttırılabilir. Bununla birlikte, FEA çalışmalarında daha karşılaştırılabilir sonuçlar edilebilmesi için daha fazla değişken dikkate alınmalı ve yöntem daha standardize hale getirilmelidir. Bu tür çalışmalarda yapılan deneylerin statik olması, zaman ve sıcaklık etkisinin dikkate alınmaması ve tüm materyallerin diş dokularına mükemmel bir şekilde bağlandığının varsayılması göz ardı edilmemesi gereken faktörlerdir. Ayrıca, FEA çalışmalarında tüm restoratif materyallerin ve diş dokularının homojen, lineer ve izotropik olduğu kabul edilir. Ancak bu yapılardan bazıları bu özelliklere sahip değildir. Özellikle periodontal ligamentin izotropik olmaması literatürde sıklıkla tartışma konusu olmuştur. Bunun yanında, bazı çalışmalarda siman tabakası değerlendirilen parametrelerden biri olurken bazı çalışmalarda ise bu tabakanın göz ardı edilmesi çalışmalar arasındaki heterojenliğin nedenlerinden birisi olarak gösterilmiştir. Heterojenliğin başka bir sebebi ise, bazı çalışmalarda basitleştirilmiş kemik modelleri üzerinde ölçüm yapılırken, bazı çalışmalarda CBCT kesitlerinden elde edilen gerçekçi bir anatomik model üzerinde değerlendirme yapılması olabilir. FEA, elde edilen modellerin mekanik davranışları hakkında genel bilgiler sağlasa da, basitleştirmelerin, varsayımların ve simüle edilmeyen biyolojik faktörlerin varlığı nedeniyle FEA bulguları klinik sonuçları tam olarak yansıtmayabilir. Bu bilgilere dayanarak, biyomekanik sonuçların klinik davranışlarla doğru bir şekilde ilişkilendirilebilmesi için in vivo araştırmalarla desteklenen FEA çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç vardır (Aldesoki ve ark., 2022; Carvalho ve ark., 2018; Dartora ve ark., 2019; Maravić ve ark., 2018).

Referanslar

- Aldesoki, M., Bourauel, C., Morsi, T., El-Anwar, M. I., Aboelfadl, A. K., & Elshazly, T. M. (2022). Biomechanical behavior of endodontically treated premolars restored with different endocrown designs: Finite element study. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *133*, 105309.
- Anusavice, K. J., Shen, C., & Rawls, H. R. (2012). *Phillips' science of dental materials*. Elsevier Health Sciences.
- Aquilino, S. A., & Caplan, D. J. (2002). Relationship between crown placement and the survival of endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, *87*(3), 256-263.
- Arola, D. (2017). Fatigue testing of biomaterials and their interfaces. *Dental Materials*, *33*(4), 367-381.
- Ausiello, P., Ciaramella, S., Martorelli, M., Lanzotti, A., Zarone, E., Watts, D. C., & Gloria, A. (2017). Mechanical behavior of endodontically restored canine teeth: Effects of ferrule, post material and shape. *Dental Materials*, *33*(12), 1466-1472.
- Barkhordar, R. A., Radke, R., & Abbasi, J. (1989). Effect of metal collars on resistance of endodontically treated teeth to root fracture. *The Journal of prosthetic dentistry*, *61*(6), 676-678.
- Barsanescu, P. D., & Comanici, A. M. (2017). von Mises hypothesis revised. *Acta Mechanica*, *228*, 433-446.
- Berman, L. H., & Hargreaves, K. M. (2020). *Cohen's pathways of the pulp-e-book*. Elsevier Health Sciences.
- Brankovic, M., Kardys, I., Steyerberg, E. W., Lemeshow, S., Markovic, M., Rizopoulos, D., & Boersma, E. (2019). Understanding of interaction (subgroup) analysis in clinical trials. *European journal of clinical investigation*, *49*(8), e13145.
- Burke, F., & Lucarotti, P. (2009). Ten-year outcome of crowns placed within the General Dental Services in England and Wales. *Journal of Dentistry*, *37*(1), 12-24.
- Campbell, F. C. (2008). *Elements of metallurgy and engineering alloys*. ASM international.
- Caplan, D., Kolker, J., Rivera, E., & Walton, R. (2002). Relationship between number of proximal contacts and survival of root canal treated teeth. *International endodontic journal*, *35*(2), 193-199.
- Carvalho, M. A. D., Lazari, P. C., Gresnigt, M., Del Bel Cury, A. A., & Magne, P. (2018). Current options concerning the endodontically-treated teeth restoration with the adhesive approach. *Brazilian oral research*, *32*.

- Chien, P. Y. H., Walsh, L. J., & Peters, O. A. (2021). Finite element analysis of rotary nickel-titanium endodontic instruments: a critical review of the methodology. *European journal of oral sciences*, 129(5), e12802.
- Choi, A. H., Conway, R. C., & Ben-Nissan, B. (2014). Finite-element modeling and analysis in nanomedicine and dentistry. *Nanomedicine*, 9(11), 1681-1695.
- Couture, C., & Colby, T. V. (2003). Histopathology of bronchiolar disorders. *Seminars in respiratory and critical care medicine*,
- Dartora, G., Pereira, G. K. R., de Carvalho, R. V., Zucuni, C. P., Valandro, L. F., Cesar, P. F., Caldas, R. A., & Bacchi, A. (2019). Comparison of endocrowns made of lithium disilicate glass-ceramic or polymer-infiltrated ceramic networks and direct composite resin restorations: fatigue performance and stress distribution. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 100, 103401.
- Denry, I. L. (1996). Recent advances in ceramics for dentistry. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 7(2), 134-143.
- Einhorn, M., DuVall, N., Wajdowicz, M., Brewster, J., & Roberts, H. (2019). Preparation ferrule design effect on endocrown failure resistance. *Journal of Prosthodontics*, 28(1), e237-e242.
- El-Damanhoury, H. M., Haj-Ali, R. N., & Platt, J. A. (2015). Fracture resistance and microleakage of endocrowns utilizing three CAD-CAM blocks. *Operative dentistry*, 40(2), 201-210.
- El-Ma'aita, A., AlRabab'ah, M., Abu Awwad, M., Hattar, S., & Devlin, H. (2022). Endocrowns clinical performance and patient satisfaction: a randomized clinical trial of three monolithic ceramic restorations. *Journal of Prosthodontics*, 31(1), 30-37.
- Fabricius, L., Dahlén, G., Sundqvist, G., Happonen, R. P., & Möller, Å. J. (2006). Influence of residual bacteria on periapical tissue healing after chemomechanical treatment and root filling of experimentally infected monkey teeth. *European journal of oral sciences*, 114(4), 278-285.
- Gaintantzopoulou, M., & El-Damanhoury, H. (2016). Effect of preparation depth on the marginal and internal adaptation of computer-aided design/computer-assisted manufacture endocrowns. *Operative dentistry*, 41(6), 607-616.
- Gao, J., Xu, W., & Ding, Z. (2006). 3D finite element mesh generation of complicated tooth model based on CT slices. *Computer methods and programs in biomedicine*, 82(2), 97-105.
- Gong, Q., Huang, L., Luo, J., Zhang, Y., Meng, Q., Quan, J., & Tong, Z. (2022). The practicability of different preparation of mandibular molar restored by modified endocrown with intracanal extension: Computa-

- tional analysis using finite element models. *Computer methods and programs in biomedicine*, 226, 107178.
- Göhring, T. N., & Peters, O. A. (2003). Restoration of endodontically treated teeth without posts. *American journal of dentistry*, 16(5), 313-317.
- Hasanoğlu Aydın, D. (2012). Cam Seramik Endokronların Biyomekaniksel Özelliklerinin Preklinik ve Klinik Olarak Değerlendirilmesi.
- Helfer, A. R., Melnick, S., & Schilder, H. (1972). Determination of the moisture content of vital and pulpless teeth. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology*, 34(4), 661-670.
- Hoskinson, S. E., Ng, Y.-L., Hoskinson, A. E., Moles, D. R., & Gulabivala, K. (2002). A retrospective comparison of outcome of root canal treatment using two different protocols. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, 93(6), 705-715.
- Huang, L., Nemoto, R., Okada, D., Shin, C., Saleh, O., Oishi, Y., Takita, M., Nozaki, K., Komada, W., & Miura, H. (2022). Investigation of stress distribution within an endodontically treated tooth restored with different restorations. *Journal of Dental Sciences*, 17(3), 1115-1124.
- Ivancik, J., & Arola, D. D. (2013). The importance of microstructural variations on the fracture toughness of human dentin. *Biomaterials*, 34(4), 864-874.
- Kantardžić, I., Vasiljević, D., Blažić, L., & Lužanin, O. (2012). Influence of cavity design preparation on stress values in maxillary premolar: a finite element analysis. *Croatian medical journal*, 53(6), 568-576.
- Karzoun, W., Abdulkarim, A., Samran, A., & Kern, M. (2015). Fracture strength of endodontically treated maxillary premolars supported by a horizontal glass fiber post: an in vitro study. *Journal of endodontics*, 41(6), 907-912.
- Kinney, J., Marshall, S., & Marshall, G. (2003). The mechanical properties of human dentin: a critical review and re-evaluation of the dental literature. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 14(1), 13-29.
- Krejci, I., Lutz, F., & Fülleman, J. (1992). Tooth-colored inlays/overlays. Tooth-colored adhesive inlays and overlays: materials, principles and classification. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin = Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie = Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*, 102(1), 72-83.
- Lazarski, M. P., Walker III, W. A., Flores, C. M., Schindler, W. G., & Hargreaves, K. M. (2001). Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *Journal of endodontics*, 27(12), 791-796.
- Lima, C., Barbosa, A., Ferreira, C., Ferretti, M., Aguiar, F., Lopes, R., Fidel, S., & Silva, E. (2021). Influence of ultraconservative access cavities on instrumentation efficacy with XP endo Shaper and Reciproc, filling ability

- and load capacity of mandibular molars subjected to thermomechanical cycling. *International endodontic journal*, 54(8), 1383-1393.
- Lin, C.-L., Chang, Y.-H., & Liu, P.-R. (2008). Multi-factorial analysis of a cusp-replacing adhesive premolar restoration: a finite element study. *Journal of Dentistry*, 36(3), 194-203.
- Lin, F., Ordinola-Zapata, R., Xu, H., Heo, Y., & Fok, A. (2021). Laboratory simulation of longitudinally cracked teeth using the step stress cyclic loading method. *International endodontic journal*, 54(9), 1638-1646.
- Lin, L. M., Rosenberg, P. A., & Lin, J. (2005). Do procedural errors cause endodontic treatment failure? *The Journal of the American Dental Association*, 136(2), 187-193.
- Lucarotti, P., Holder, R., & Burke, F. (2005). Outcome of direct restorations placed within the general dental services in England and Wales (Part 3): variation by dentist factors. *Journal of Dentistry*, 33(10), 827-835.
- Maravić, T., Comba, A., Mazzitelli, C., Bartoletti, L., Balla, I., di Pietro, E., Josić, U., Generali, L., Vasiljević, D., & Blažić, L. (2022). Finite element and in vitro study on biomechanical behavior of endodontically treated premolars restored with direct or indirect composite restorations. *Scientific Reports*, 12(1), 12671.
- Maravić, T., Vasiljević, D., Kantardžić, I., Lainović, T., Lužanin, O., & Blažić, L. (2018). Influence of restorative procedures on endodontically treated premolars: Finite element analysis of a CT-scan based three-dimensional model. *Dental Materials Journal*, 37(3), 493-500.
- Matsumoto, M., & Goto, T. (1970). Lateral force distribution in partial denture design. *Journal of Dental Research*, 49(2), 359-364.
- McDonald, A., & Setchell, D. (2005). Developing a tooth restorability index. *Dental update*, 32(6), 343-348.
- Meng, Q., Zhang, Y., Chi, D., Gong, Q., & Tong, Z. (2021). Resistance fracture of minimally prepared endocrowns made by three types of restorative materials: a 3D finite element analysis. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 32, 1-9.
- Mireku, A., Romberg, E., Fouad, A., & Arola, D. (2010). Vertical fracture of root filled teeth restored with posts: the effects of patient age and dentine thickness. *International endodontic journal*, 43(3), 218-225.
- Nagasiri, R., & Chitmongkolsuk, S. (2005). Long-term survival of endodontically treated molars without crown coverage: a retrospective cohort study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 93(2), 164-170.
- Nair, P. R., Sjögren, U., Krey, G., Kahnberg, K.-E., & Sundqvist, G. (1990). Intraradicular bacteria and fungi in root-filled, asymptomatic human teeth

with therapy-resistant periapical lesions: a long-term light and electron microscopic follow-up study. *Journal of endodontics*, 16(12), 580-588.

- Naumann, M., Metzdorf, G., Fokkinga, W., Watzke, R., Sterzenbach, G., Bayne, S., & Rosentritt, M. (2009). Influence of test parameters on in vitro fracture resistance of post endodontic restorations: a structured review. *Journal of oral rehabilitation*, 36(4), 299-312.
- Naumann, M., Sterzenbach, G., & Pröschel, P. (2005). Evaluation of load testing of postendodontic restorations in vitro: linear compressive loading, gradual cycling loading and chewing simulation. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 74(2), 829-834.
- Ng, Y. L., Mann, V., & Gulabivala, K. (2010). Tooth survival following non-surgical root canal treatment: a systematic review of the literature. *International endodontic journal*, 43(3), 171-189.
- Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J., & Gulabivala, K. (2007). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *International endodontic journal*, 40(12), 921-939.
- Ng, Y. L., Mann, V., Rahbaran, S., Lewsey, J., & Gulabivala, K. (2008). Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature—Part 2. Influence of clinical factors. *International endodontic journal*, 41(1), 6-31.
- Ordinola-Zapata, R., & Fok, A. (2021). Research that matters: debunking the myth of the “fracture resistance” of root filled teeth. In (Vol. 54, pp. 297-300).
- Ordinola-Zapata, R., Lin, F., Nagarkar, S., & Perdigão, J. (2022). A critical analysis of research methods and experimental models to study the load capacity and clinical behaviour of the root filled teeth. *International endodontic journal*, 55, 471-494.
- Orstavik, D. (2020). *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis*. John Wiley & Sons.
- Otero, C. A. Y., Bijelic-Donova, J., Saratti, C. M., Vallittu, P. K., Di Bella, E., Krejci, I., & Rocca, G. T. (2021). The influence of FRC base and bonded CAD/CAM resin composite endocrowns on fatigue behavior of cracked endodontically-treated molars. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 121, 104647.
- Otto, T. (2004). Computer-aided direct all-ceramic crowns: preliminary 1-year results of a prospective clinical study. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 24(5).

- Palareti, G., Legnani, C., Cosmi, B., Antonucci, E., Erba, N., Poli, D., Testa, S., Tosetto, A., Investigators, D., & De Micheli, V. (2016). Comparison between different D-D imer cutoff values to assess the individual risk of recurrent venous thromboembolism: analysis of results obtained in the DULCIS study. *International Journal of Laboratory Hematology*, *38*(1), 42-49.
- Park, S., Quinn, J., Romberg, E., & Arola, D. (2008). On the brittleness of enamel and selected dental materials. *Dental Materials*, *24*(11), 1477-1485.
- Peroz, I., Blankenstein, F., Lange, K.-P., & Naumann, M. (2005). Restoring endodontically treated teeth with posts and cores--a review. *Quintessence international*, *36*(9).
- Pinto, C. L., Bhering, C. L. B., de Oliveira, G. R., Maroli, A., Reginato, V. F., Caldas, R. A., & Bacchi, A. (2019). The influence of post system design and material on the biomechanical behavior of teeth with little remaining coronal structure. *Journal of Prosthodontics*, *28*(1), e350-e356.
- Ramirez-Sebastia, A., Bortolotto, T., Roig, M., & Krejci, I. (2013). Composite vs ceramic computer-aided design/computer-assisted manufacturing crowns in endodontically treated teeth: analysis of marginal adaptation. *Operative dentistry*, *38*(6), 663-673.
- Ray, H., & Trope, M. (1995). Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International endodontic journal*, *28*(1), 12-18.
- Reeh, E. S., Messer, H. H., & Douglas, W. H. (1989). Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures. *Journal of endodontics*, *15*(11), 512-516.
- Ricucci, D., Russo, J., Rutberg, M., Burleson, J. A., & Spångberg, L. S. (2011). A prospective cohort study of endodontic treatments of 1,369 root canals: results after 5 years. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology*, *112*(6), 825-842.
- Ricucci, D., & Siqueira Jr, J. F. (2011). Recurrent apical periodontitis and late endodontic treatment failure related to coronal leakage: a case report. *Journal of endodontics*, *37*(8), 1171-1175.
- Rocca, G. T., & Bouillaguet, S. (2008). Alternatives thérapeutiques pour la restauration des dents non-vitales. *Revue d'odonto-stomatologie (Paris)*, *37*(4), 259-272.
- Roperto, R., Sousa, Y. T., Dias, T., Machado, R., Perreira, R. D., Leoni, G. B., Palma-Dibb, R. G., Rodrigues, M. P., Soares, C. J., & Teich, S. (2019). Biomechanical behavior of maxillary premolars with conservative and traditional endodontic cavities. *Quintessence Int*, *50*(5), 350-356.
- Saber, S. M., Hayaty, D. M., Nawar, N. N., & Kim, H.-C. (2020). The effect of access cavity designs and sizes of root canal preparations on the biome-

- chanical behavior of an endodontically treated mandibular first molar: A finite element analysis. *Journal of endodontics*, 46(11), 1675-1681.
- Santos-Filho, P. C. F., Veríssimo, C., Raposo, L. H. A., Pedro Yoshito Noritomi, M., & Martins, L. R. M. (2014). Influence of ferrule, post system, and length on stress distribution of weakened root-filled teeth. *Journal of endodontics*, 40(11), 1874-1878.
- Shi, R., Meng, X., Feng, R., Hong, S., Hu, C., Yang, M., & Jiang, Y. (2022). Stress Distribution and Fracture Resistance of repairing Cracked Tooth with Fiber reinforced Composites and Onlay. *Australian Endodontic Journal*, 48(3), 458-464.
- Sorensen, J. A., & Engelman, M. J. (1990). Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *The Journal of prosthetic dentistry*, 63(5), 529-536.
- Sun, J., Jiao, T., Tie, Y., & Wang, D. (2008). Three dimensional finite element analysis of the application of attachment for obturator framework in unilateral maxillary defect. *Journal of oral rehabilitation*, 35(9), 695-699.
- Sundqvist, G. (1976). *Bacteriological studies of necrotic dental pulps* [Umeå University].
- Tosun, S., Özsevik, A. S., & Aydın, U. (2016). Restoration of endodontically treated teeth: Endodontik tedavili dişlerin restorasyonu. *European Journal of Therapeutics*, 22(1), 33-38.
- Tribst, J. P. M., Lo Giudice, R., Dos Santos, A. F. C., Borges, A. L. S., Silva-Concílio, L. R., Amaral, M., & Lo Giudice, G. (2021). Lithium disilicate ceramic endocrown biomechanical response according to different pulp chamber extension angles and filling materials. *Materials*, 14(5), 1307.
- Trivedi, S. (2014). Finite element analysis: A boon to dentistry. *Journal of oral biology and craniofacial research*, 4(3), 200-203.
- Van Staden, R., Guan, H., & Loo, Y.-C. (2006). Application of the finite element method in dental implant research. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering*, 9(4), 257-270.
- Wayne, J. S., Chande, R., Porter, H. C., & Janus, C. (2014). Effect of restoration volume on stresses in a mandibular molar: A finite element study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112(4), 925-931.
- Wong, R. (2004). Conventional endodontic failure and retreatment. *Dental Clinics*, 48(1), 265-289.
- Yuan, K., Niu, C., Xie, Q., Jiang, W., Gao, L., Ma, R., & Huang, Z. (2018). Apical stress distribution under vertical compaction of gutta percha and occlusal loads in canals with varying apical sizes: a three dimensional finite element analysis. *International endodontic journal*, 51(2), 233-239.

- Zaytsev, D., Ivashov, A. S., Mandra, J. V., & Panfilov, P. (2014). On the deformation behavior of human dentin under compression and bending. *Materials Science and Engineering: C*, *41*, 83-90.
- Zhang, Y., Lai, H., Meng, Q., Gong, Q., & Tong, Z. (2022). The synergetic effect of pulp chamber extension depth and occlusal thickness on stress distribution of molar endocrowns: a 3-dimensional finite element analysis. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, *33*(7), 56.
- Zhang, Y., Liu, Y., She, Y., Liang, Y., Xu, F., & Fang, C. (2019). The effect of endodontic access cavities on fracture resistance of first maxillary molar using the extended finite element method. *Journal of endodontics*, *45*(3), 316-321.

Güncel Diş Hekimliği Araştırmaları-I

Current Dentistry Research-I

Editör: Doç. Dr. Ömer Hatipoğlu

 ÖZGÜR
YAYINLARI

ISBN 978-975-447-646-0



9 789754 476460