

BİDGE Yayınları

Protetik Diş Tedavisi Alanında Araştırmalar

Editör: Doç. Dr. Gülbahar Erdiñç

ISBN: 978-625-372-465-8

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2024

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



İçindekiler

Gülüş Estetiği ve Güncel Yaklaşımlar	4
Can Arda YAPICI	4
Gülbahar IŞIK-ÖZKOL	4
Protetik Diş Tedavisi Preklinik Eğitimi ve Klinik Uygulamalarında Yapay Zekanın Yeri	26
Gülbahar ERDİNÇ	26
Temporomandibular Eklemde Kondil-Disk Kompleksi Düzensizlikleri	44
Nuray İSKEFLİ	44
Diş Hekimliğinde Fiber Post Kullanımı.....	65
Abdurrahman ÖĞÜNÇ.....	65
Mustafa KARACA	65
Diş Hekimliğinde Bilgisayar Destekli Üretim	81
Nuray İSKEFLİ	81

BÖLÜM I

Gölüş Estetiğı ve Güncel Yaklaşımlar

Can Arda YAPICI
Gölbahar IŞIK-ÖZKOL

1. Giriş

Estetik (Yunanca duyusal), bağımsız ve doğrudan algılanabilir bir varlık olarak verilen herhangi bir gerçeklik alanının ifade biçimini konu edinen felsefi bir disiplindir. Alexander Gottlieb Baumgarten tarafından 1750 yılında “Aesthetica” adlı eserde estetik kavramı “güzel üzerine düşünme, onun ne olduğunu araştırma sanatı” olarak tanımlanmıştır (Baumgarten, 1750). “Estetik” terimi ilk kez Baumgarten tarafından, “bilgi teorisinin bir alt kuramı” olarak Wolff’un mantığını tamamlayacak olan “duyusal bilgi bilimi” kavramını belirtmek için kullanılmıştır (Losev, 1975).

Protez terimleri sözlüğüne göre estetik “güzellik ile ilgilenen felsefe dalı; diş hekimliğinde, özellikle bir restorasyonun biçimi ve/veya rengi aracılığıyla elde edilen görünümüyle ilgili olarak güzellik ve güzel olana ilişkin teori ve felsefe; bir nesnenin,

tasarımın veya ilkenin güzelliğinin ve çekiciliğinin altında yatan öznel ve nesnel unsurlar ve ilkeler” olarak tanımlanmıştır (Layton ve ark., 2023).

Güzellik arayışı en eski uygarlıklara kadar uzanmaktadır. Diş hekimliğinde sanat, uzun zamandır diş ve ağız estetiğini geliştirme arayışının bir parçası olmuştur. Yazılı tarihin başlangıcından kalma Asur-Babil çivi yazılı tabletleri aşağıdaki tavsiyelerde bulunmaktadır: (Aschheim, 2014)

“Eğer bir adamın dişleri sararırsa... ‘Akad tuzu’, ammi, lolium, çam-turpini bunlarla birlikte döv, parmaklarınla dişlerini fırçala.”

Hem Fenikeliler (yaklaşık M.Ö. 800) hem de Etrüskler (yaklaşık M.Ö. 900) pontik olarak kullanmak üzere doğal dişlerin şeklini, biçimini ve rengini taklit etmek için hayvan dişlerini dikkatlice oymuşlardır. Orta ve Güney Amerika Mayaları, ön dişlerinin kesici kenarlarını çeşitli şekil ve tasarımlarda törpüleyerek kendilerini süslemişlerdir. Ayrıca üst ön dişlerinin ön yüzüne demir pirit, obsidyen ve yeşim taşından yapılmış parçalar yerleştirmişlerdir. Bu uygulama her iki cinsiyet arasında da yaygındı ve diş törpülenmesi bazı toplumlarda hala uygulanmaktadır (Aschheim, 2014).

Roma İmparatorluğu döneminde kozmetik diş tedavisi yalnızca üst sınıflar için geçerliydi. Ağız bakımı esas olarak kadınlar tarafından diş sağlığından ziyade güzel bir görünüm için uygulanmaktaydı. Ağız gargaraları, diş macunları ve kürdanlar Roma evlerinde yaygındı ve dişler kaybedildiğinde, kayıp dişlere benzer oyulmuş kemik ya da fildişinden yapılmış yedek dişlerle değiştirilirdi (Aschheim, 2014).

Rönesans döneminde Leonardo da Vinci ve onun gibi düşünenler, insan yüzü de dahil olmak üzere doğanın matematiksel açıklamalarını bulmaya çalışmışlardır. Sıklıkla başvuru yöntemlerinden biri, doğanın her yerinde var olduğu ve eskiler tarafından gözlemlendiği söylenen kesin bir yapısal oran olan “altın oran” veya “ilahi oran” idi. Pisagor, Platon ve Öklid'in zamanından beri Yunanlılar, kendilerince en iyi görsel uyuma ve hoş oranlara sahip belirli geometrik şekiller ve formlar içinde altın oranı en erken tanımlayanlardır. Orta çağ boyunca neredeyse hiç ilgi duyulmamıştır. On sekizinci yüzyıla kadar diş hekimliği ayrı bir disiplin olarak kabul edilmemiştir (Peck & Peck, 1995).

2. Estetik Algı

Estetik algısı objektif bir kavram olmamakla birlikte bireyden bireye değişmektedir. Bir görüntünün güzel ya da çirkin olarak algılanması bir dereceye kadar kültürel faktörlere bağlı olabilir ve bir kültürde “güzel” olarak kabul edilen bir şey başka bir kültürde “çirkin” olabilir. Örneğin, bazı ilkel kültürlerde dişlerin törpülenerek sivriltilmesi o toplumda güzel olarak kabul edilebilir. Gülümseme en önemli yüz ifadelerinden biridir; samimiyeti ve memnuniyeti ifade eder (Lombardi, 1973; Tjan, Miller, & The, 1984).

Çürük ve periodontal tedaviler kontrol altına alındığında estetik tedaviler hastalar için esas kliniğe başvurma sebebi olmaktadır (Goldstein, 1969). Güncel reklamlar ve genel olarak medya, gündelik hayattaki pek çok durumdaki önemi nedeniyle hoş bir görünümün etkisini ön plana çıkarmaktadır. Ağız ve dişler bir kişi konuşurken veya başka bir kişiye yaklaşırken önemli bir rol oynar. Örneğin kötü ağız bakımı ve çirkin dişler başkaları tarafından fark edilir (Vallittu, Vallittu, & Lassila, 1996).

Ön bölgede protetik diş tedavisi planlanan hastalarda estetik öncelikli bir konudur. Gelişen dental materyaller ve teknikler, çeşitli tedavi alternatiflerinin ortaya çıkmasına ve daha estetik sonuçlara ulaşmayı mümkün kılmıştır (Hasanreisoglu, Berksun, Aras, & Arslan, 2005). Günümüzde sosyal medya bireylerin estetik algısını etkilemekte ve bu gibi tedavilere olan ilgiyi arttırmaktadır (Henriques & Patnaik, 2020).

Bireyin kendisine dair oluşturduğu diş estetiği algısı, davranışlarına yansıyan sosyal ve psikolojik sağlığını önemli ölçüde etkileyebilir ve özgüvenini arttırabilir (Afroz, Rathi, Rajput, & Rahman, 2013). Genellikle gülüş estetiğinden memnun olan kişilerin özgüven düzeyleri daha yüksek olmakta, bu da sosyal etkileşimlere ve profesyonel ortamlara daha güvenli katılmalarını sağlamaktadır (Venete ve ark., 2017). Gülümseme genellikle insanların ilk fark ettiği yüz özelliğidir. Uyumlu ve çekici bir gülümseme, hem kişisel ilişkilerde hem de profesyonel ortamlarda olumlu bir izlenim bırakabilmektedir (Jain ve ark., 2024).

3. Gülüş Estetiği

Estetik bir gülümseme dişler, diş eti ve dudaklar olmak üzere üç bileşenden oluşur. Güzel bir gülümseme; simetrik ve minimal dişeti görüntüsüne, sağlıklı dişeti dokusuna, üst dudak ve maksiller dişeti hattı arasındaki uyuma, doğru orantıda, formda ve pozisyonda dişlere, dişlerin uygun renk ve tonuna, maksiller ön dişlerin insizal kenarlarının alt dudağa paralel olmasına, ön ve arka segmentlerdeki dişlerin uyumuna sahip olmalıdır. Diş asimetritlerinin yanı sıra diş eti asimetritleri de yetişkinlerde gülüş estetiğini olumsuz etkilemektedir (Garber & Salama, 1996; Koseoglu & Bayindir, 2020).

Estetik bir görüntü için maksiller ön dişlerin yüz morfolojisiyle orantılı olması gerekir (Hasanreisoglu ve ark., 2005). Ön dişlerin ideal boyutunun belirlenmesine yardımcı olmak için aralarında interkomissural genişlik, bizigomatik genişlik, interalar genişlik ve interpupiller mesafenin de bulunduğu çeşitli anatomik ölçümler önerilmiştir (Cesario Jr & Latta Jr, 1984; Hoffman Jr, Bomberg, & Hatch, 1986; Latta Jr, Weaver, & Conkin, 1991; Scandrett, Kerber, & Umrigar, 1982).

Gülüş estetiğinde aşağıdaki kriterlere dikkat edilmelidir.

3.1. Dişlerle İlgili Kriterler

3.1.1. Dental Orta Hat

İki maksiller ön kesici diş arasındaki insizal embrazürün ucundan çizilen ve yüzün estetik sınırlarının dikey çizgilerine paralel olan dikey çizgiye verilen isimdir (Layton ve ark., 2023).

Orta hat genellikle dental estetiğin değerlendirilmesinde başlangıç noktasıdır (Nold, Horvath, Stampf, & Blatz, 2014). Yüz orta hattının yerini belirlemek için kaşların arasında nasion ve filtrumun tabanı arasında çizilen bir çizgi sadece yüz orta hattının konumunu ve eğimini belirlemektedir (Jeff Morley & Eubank, 2001). Dental orta hat yüz orta hattı ile aynı hizada olmalıdır; ancak toplumun yalnızca %70'inde dental orta hat yüz orta hattı ile aynı hizadadır. Bununla birlikte, dental çalışmalar tüm estetik parametreler arasında dental orta hat anormalliklerinin en az fark edilenler olduğunu göstermektedir. Maksiller ve mandibular dental orta hatların hizalanması arzu edilen bir durum olmasına rağmen, mandibular orta hat dudaklar tarafından maskelendiği için estetik açıdan daha az önemlidir (Sharma & Sharma, 2012). Bir çalışmada, orta hat sapmasının bir gülümsemenin çekiciliği üzerindeki olumsuz

etkisini tartışırken, kabul edilebilir dental orta hat sapması için ortalama değeri 4 mm olarak belirlemiştir (Kokich Jr, Asuman Kiyak, & Shapiro, 1999).

3.1.2. İnsizal Kenar Uzunluğu

Dudaklar ve alt çene istirahat halindeyken dişlerin görünme miktarı, tıpkı vücut postürü gibi, kasların tonusunun belirlediği bir pozisyonudur. Diş hekimleri için kesici kenar-dudak uzunluğu ilişkisinin belirlenmesi esas olarak klinik deneyime veya fonetik değerlere dayanmakta ve maksiller n kesici dişin dikey düzlemdeki doğru pozisyonunu buna göre belirlenmektedir. Genç yaşlarda istirahat pozisyonunda st keser dişlerin insizal kenarı 3-4mm kadar görülebilirken, ilerleyen yaşlarda yüzdeki sarkma ve kas tonusundaki azalmaya bağlı olarak bu durum tam tersine dönüp st keserlerin hiç görünmediği, yalnızca alt keser dişlerin insizal kenarının görüldüğü duruma dönüşebilmektedir. Tedavi planlanırken maksiller n blęe dişlerinin kenar uzunluğunun belirlenmesinde bu durum tedavinin estetik sonuçlarını manipüle etmek için kullanılabilir (Rufenacht, 1990).

3.1.3. Diş Boyutları

Estetik açıdan tatmin edici gülümsemeler yaratmak için sürekli veya tekrarlanan bir oran kullanma kavramı ilk kez 1973 yılında Lombardi tarafından ortaya atılmıştır. Lombardi bunu Yunanlıların mimari tasarımlarında kullandıkları 1,618'lik “altın orana” dayandırmaktadır. Bu gözlemlere dayanarak estetik diş oranlarını elde etmek için benzer bir tekrarlanan oranı takip etmeyi önermiştir. 1978'de Levin, Lombardi'nin çalışmasını ileriye taşıyarak n taraftan bakıldığında görünen diş boyutunu belirlemek için altın oranın kullanılmasını önermiştir. Maksiller orta kesici dişin genişliğinin

yan kesici dişin genişliği ile altın orantıda olması gerektiğini (1:0,618) ve yan kesici dişin genişliğinin de köpek dişinin genişliği ile altın orantıda olması gerektiğini öne sürmüştür. Levin'e göre altın oran, doğrudan anteriordan bakıldığında görünen boyuta dayanmalıdır (Levin, 1978; Lombardi, 1973).

1999 yılında Snow, estetik açıdan tatmin edici gülüşler için simetri, dominantlık ve orantı oluşturmada daha uygun bir yöntem olarak "altın yüzdeliği" önermiştir. Bu yüzdeyi, ön kesici diş için 1.618, yan kesici diş için 1 ve köpek dişi için 0.618 altın oran değerlerini kullanarak hesaplamıştır. Bu değerler üzerinden yapılan aritmetik hesaplamalarla, toplam ön diş genişliklerinin yüzdesi olarak orta kesici diş genişliği %25, yan kesici diş genişliği %15 ve kanin genişliği %10 olması gerekmektedir. Snow'un konseptine göre, çekici gülüşlerde ön kesici dişlerin görünürlüğü daha baskın bir rol oynamaktadır (Snow, 1999). 2001 yılında Ward, altın oranın yan kesici dişin görünümünü çok daralttığını, köpek dişinin estetik rolünü azalttığına inanmıştır. Bununla birlikte %62'lik oran yerine ön kesici dişten köpek dişine doğru kademeli olarak tekrar eden bir oranın kullanılabileceğini belirtmiştir. Tekrarlayan estetik dental (RED) orana göre orta hattan distale doğru gidildikçe dişlerin birbirini takip eden görünür genişlikleri sabit kalmaktadır (Ward, 2001).

Ward daha sonraki çalışmalarında kullanılan RED oranını hastanın yüzünün, vücudunun ve mevcut dişlerinin boyutuyla ilişkilendirmiştir. Uygun RED oranının kısa, orta ve uzun boylu kişiler için sırasıyla %80, %70 ve %62 (altın oran) değerleriyle farklılık gösterdiğini belirtmiştir (Ward, 2015).

Bugüne kadar hiçbir çalışma formüllerden hiçbirini estetik diş uyumuna ulaşmanın anahtarı olarak doğrulamamıştır ve literatürde hangi matematiksel formülün başarıya ulaştıracağına dair kesin bir cevap bulunmamaktadır (Akl, Mansour, Mays, & Wee, 2022).

3.1.4. Aksiyal Eğimler

Aksiyal eğim(veya eksen eğimi) bir dişin uzun ekseninin seçilen bir düzleme, genellikle horizontal düzleme, göre hizası olarak adlandırılır (Layton ve ark., 2023).

Maksiller anterior dişlerin uzun eksenini orta hattın distale doğru bir seyir halinde olmalıdır. Bir dişin uzun eksenini apikalden koronal kenara doğru orta hata yaklaşıyorsa, diş meziyale eğimli olarak tanımlanır. Dişin uzun eksenini orta hattın uzaklaşıyorsa, diş distale eğimli olarak adlandırılır. Maksiller anterior dişlerin aksiyel eğimleri orta hata doğru mezial olarak eğimli olduğunda, daha estetik bir sonuç elde edilir. Estetik bir gülüşte, aksiyal eğim derecesi farklı dişler için değişiklik göstermektedir. Üst ön kesici dişler çift taraflı simetrik olmalı ve gülümsemeye belirgin ölçüde yön vermelidir. Ön kesici dişlerden itibaren, orta hattın uzaklaştıkça, meziyal eğim giderek artmalıdır (Sharma & Sharma, 2012).

3.1.5. İnterdental Temas Noktaları ve Alanları

Ön dişlerin komşu diş ile temas ediyor gibi görüldüğü yerler interdental temas alanları olarak adlandırılmıştır. Dişler arasındaki temas noktaları veya temas yüzeyleri genellikle oklüzal üçte birlik kısımda yer alır (Rufenacht, 1990). Temas alanı ile noktası arasında bir ayrım vardır. Ön dişler arasındaki temas noktaları genellikle dişler arasından artikülasyon kağıdı geçirilerek işaretlenebilen daha küçük alanlardır. Ön dişler arasında 50-40-30 kuralı olarak adlandırılan estetik bir ilişki mevcuttur (J Morley, 2000). Bu kural

üst ön kesici dişler arasındaki ideal temas alanını ön kesici dişlerin uzunluğunun yüzde 50'si olarak belirlemektedir. Yan kesici diş ile ön kesici diş arasındaki ideal temas alanı, ön kesici diş uzunluğunun yüzde 40'ı kadar olmalıdır. Bir kanin ile bir yan kesici diş arasındaki ideal temas alanı, ön kesici diş uzunluğunun yaklaşık yüzde 30'u kadar görünmelidir (Jeff Morley & Eubank, 2001).

3.1.6. İnsizal Embrazürler

Embrazür, komşu yüzeylerin birbirinden uzaklaşmasıyla oluşan boşluk olarak tanımlanır. İnsizal embrazür ön dişlerin temas noktalarının insizal tarafında bulunan boşluktur (Layton ve ark., 2023). Maksiller ön dişler arasındaki kenarların ve boşlukların ağzın karanlık arka planına karşı oluşturduğu gölgeler, güzel görünümlü bir gülümsemenin ortaya çıkmasına yardımcı olur.

Dişler arasındaki insizal embrazürlerin boyutu, dişler orta hattan uzaklaştıkça artar. Başka bir deyişle, yan kesici diş ile ön kesici diş arasındaki insizal embrazür boşluğu, ön kesici dişler arasındaki insizal embrazürden daha büyük olmalıdır. Kanin ve yan kesici diş arasındaki embrazür, yan ve ön kesici dişler arasındaki embrazürden daha büyük olmalıdır (Jeff Morley & Eubank, 2001).

3.1.7. Cinsiyet, Karakter Özellikleri ve Yaş

Ön dişlerin ortalama boyutları literatürde belgelenmiş olsa da morfolojileri önemli ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Ön diş şekillerini sınıflandırmak ve evrensel bir kavram tanımlamak için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Williams, insan dişlerinin 3 ana şekilde (dikdörtgen, üçgen ve oval) sınıflandırarak; diş şeklinin yüz hatlarına göre belirlenmesi gerektiğini öne sürmüştür (Williams, 1914). Bununla birlikte, Wegstein ve ark'ın 2014 yılında yapmış olduğu 3 boyutlu diş ve yüz taramalarını karşılaştıran çalışmada, yüz

şekli ile ön diş şekilleri arasında bir korelasyon bulunmamıştır (Wegstein, Horvath, Stemann, Lüthi, & Blatz, 2014). Horvath ve ark. erkek ve kadınlarda ön dişler arasında ince farklılıklar olduğunu öne sürerken; kadınların yuvarlak, yumuşak, narin dişlere (oval) ve erkeklerin kare, köşeli dişlere sahip olması gerektiğine dair uzun süredir devam eden felsefesi hiçbir zaman doğrulanmamıştır ve bir hastanın diş şeklinin nasıl seçileceğine dair bilimsel olarak onaylanmış bir formül yoktur (Horvath, Wegstein, Lüthi, & Blatz, 2012).

Genel kaniya göre yaşlı hastaların daha koyu renkli, ön yüzey morfolojisi daha az belirgin, aşınmalara bağlı olarak kısa ve geniş, yüksek doygunluğa sahip dişleri vardır. Gençlerde ise dişler daha pürüzlü, düşük doygunluğa sahip ve parlaktır. Yan kesici dişler yuvarlatılmış kesici kenar nedeniyle santrallere ve köpek dişlerine kıyasla daha kısa görünmektedir (Coachman & Calamita, 2012).

Hastaların yaşına, cinsiyetine ve karakterine uygun ön dişlerin seçiminde çok az tutarlılık vardır. Diş hekimine ve hastalara yaşa göre diş seçme sürecinde rehberlik edecek bir estetik prosedürün geliştirilmesi ve uygulanması faydalı olacaktır (Kurt & Isik-Ozkol, 2015).

3.2. Yumuşak Dokularla Alakalı Kriterler

3.2.1. Diş Eti Sağlığı

Diş eti sağlığı estetik başarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Herhangi bir tedaviye başlamadan önce diş eti dokularının sağlığının yerinde olması çok önemlidir. Sağlıklı diş eti ırklara göre değişmekle birlikte genellikle soluk pembe renkte, sıkı ve mat bir yüzey sergilemelidir; normal sağlıklı bir diş eti cebinin derinliği 3 mm'yi geçmemelidir (Smith, Çakici, & Newcombe, 1996; Solanki, 2012).

3.2.2. Diş Eti Seviyeleri ve Uyumu

Zenith noktası, bir dişin serbest diş eti kenarında diş eti kavisinin en tepe noktası olarak tanımlanır (Layton ve ark., 2023). Meziyodistal olarak dişin uzun ekseninin hemen distalinde yer alır. Apikokoronal zenith noktaları ön keser ve kanin dişlerde aynı yükseklikte, yan keser dişlerde ise bunlara göre hafif koronaldedir. İnterdental papillanın görünürlüğü, gülümseme sırasında estetiğe fayda sağlar. Ağızın iki tarafı arasındaki simetriklik arttıkça gülüş daha estetik olarak algılanmaktadır (Chu, TAN, Stappert, & Tarnow, 2009; Koseoglu & Bayindir, 2020; Patil, Ranganath, Yerawadekar, Kumar, & Sarode, 2020; Pham & Nguyen, 2022).

3.2.3. Gingival Embrazürler

İki komşu dişin proksimal temas alanının apikalindeki boşluğu dolduran diş eti uzantısı interdental papilla; bu dişlerin proksimal temas alanlarının servikalinde kalan boşluğa ise gingival embrazür adı verilmektedir (Layton ve ark., 2023). İnterproksimal papillanın varlığı ya da yokluğu hekimler veya hastalar için büyük önem taşımaktadır. Papilla kaybı siyah üçgenler olarak adlandırılan estetik soruna, bu ise fonetik problemlere ve besin birikimine sebep olabilir (Singh, Uppoor, Nayak, & Shah, 2013). Alveol kret tepesi ile interdental temas noktası arasındaki mesafe 5 mm veya daha az olduğunda papilla neredeyse her zaman mevcutken, mesafe 7 mm veya daha fazla olduğunda papilla genellikle bulunmamaktadır (Tarnow, Magner, & Fletcher, 1992).

3.2.4. Gülüş Hattı

Gülüş hattı bir gülümsemede üst kesici dişlerin insizal kenarlarının oluşturduğu eğrinin, alt dudağın üst çizgisi ile olan ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Estetik bir gülümsemede, üst ön

dişlerin kesici kenarları alt dudakın eğimi ile paralel bir hat izlemelidir. Hafif bir gülümseme sırasında yan keser dişler ideal olarak alt dudaktan 0,5-1,5 mm mesafede kalırken; ön keser dişler ve köpek dişleri alt dudak çizgisiyle yakın ilişki içinde olmalıdır (Sharma & Sharma, 2012).

Gülüş hattı, sürekli bir dişeti bandıyla birlikte kuronun tamamını sergiliyorsa yüksek; kuronun %75-100'ünü ve sadece interdental papillayı sergiliyorsa orta; gülümseme klinik kronun %75'inden daha azını sergiliyorsa düşük olarak sınıflandırılmaktadır (Melo ve ark., 2020).

Bir çalışmada gülümseme sırasında sadece interdental papillanın veya en fazla 2 mm diş eti görünmesi olarak tanımlanan yüksek veya orta bir gülüş hattını daha çekici olarak değerlendirilmişken (Sepolia ve ark., 2014), başka bir çalışmada orta veya düşük gülümseme çizgisinin tercih edildiğini belirtmiştir (Wang, Hu, Liang, Zhang, & Chung, 2018). Daha önce yapılan çalışmaların neredeyse tamamı, 2 mm'nin altında görünen marjinal diş etinin gülümseme çekiciliği için en ideal kriter olduğu konusunda hemfikirdir (Al Taki, Hayder Mohammed, & Mohammad Hamdan, 2017; Zawawi, Malki, Al-Zahrani, & Alkhiary, 2013). Paralel bir gülümseme arkının, paralel olmayana göre insanları daha genç, daha mutlu ve daha çekici gösterdiği bildirilmiştir (Machado, 2014).

4. Gülüş Tasarımı

Gülüş tasarımı dişleri ve gülüş estetiğini diş anatomisi, cinsiyet, kişilik ve yaş gibi faktörleri göz önünde bulundurarak, model üzerinde mum modelaj veya dijital sistemler kullanarak, dişlerin üzerine geçici kompozit rezin veya benzeri materyaller ile uygulama konsepti olarak adlandırılmaktadır (Layton ve ark., 2023).

Diş hekimleri uygulanan tedavileri her bir hastanın yüz özelliklerine, tercihlerine ve fonksiyonel ihtiyaçlarına göre uyarlayabilmektedir. Bu hasta merkezli yaklaşım memnuniyeti artırmakta ve tedavilerin hastaların beklentileriyle uyumlu olmasını sağlamaktadır. Dijital teknolojilerin kullanımı, estetik ve işlevselliğin uyumlu bir şekilde birleştirilmesine olanak tanımaktadır. Diş hekimleri nihai sonucu simüle ederek gülüşün yalnızca çekici görünmesini değil aynı zamanda oklüzyon düzenlenmesi, dudak desteği ve fonasyon gibi hususları göz önüne alarak tedavinin en iyi şekilde sonuçlanmasını da sağlayabilmektedir (Bhuvaneswaran, 2010; Thomas ve ark., 2022).

5. Gülüş Estetiğinde Dijital Yaklaşımlar

Dijital gülüş tasarımı teknolojileri hızla gelişme gösterirken, bu gelişmelerin en iyi klinik sonuçlara ulaşılmasını sağlayacak şekilde klinik uygulamalara nasıl birlikte kullanılabileceğini anlamak çok önemlidir. Dijital gülüş tasarımı teknikleri ile hastanın beklentileri daha iyi anlaşılabilirken bunların karşılanmasını sağlanmaktadır (Jain ve ark., 2024; Sarver & Ackerman, 2003).

Dijital gülüş tasarımı, estetik teşhis yeteneklerini güçlendiren, ekip üyeleri arasındaki iletişimi geliştiren, tedavi aşamaları boyunca öngörülebilirlik sağlayan, hastanın tedavi isteğini ve vaka sunumunun etkinliğini arttırabilen, pratik bir klinik uygulamalardır. Dijital gülüş tasarımının kullanımı tanıyı daha etkili ve tedavi planlamasını daha tutarlı hale getirebileceğinden, tedavi süreci daha tahmin edilebilir hale gelmekte, zaman ve malzeme tasarrufu sağlanmakta ve tedavi sırasında maliyetleri azaltmaktadır (Coachman & Calamita, 2012; Jain ve ark., 2024).

Dijital gülüş tasarımı programları çekilmiş hasta fotoğrafları üzerinden yapılacak modifikasyonlarla tahmini gülüş estetiğini gösterebileceği gibi ağız içi tarayıcılar gibi üç boyutlu veri kaydı alabilen gereçlerle birlikte bunların tasarım programlarını kullanarak hasta ağızında uygulanabilir hale de dönüştürebilmektedir (Goldstein, Chu, Lee, & Stappert, 2018).

Programların kullanımı fotoğraf kayıtlarının sisteme yüklenmesi ile başlar. Fotoğraflar üzerinde yüz orta hattı ve yatay rehber düzlemler belirlenir. Gülüş estetiği bu düzlemler rehber alınarak düzenlenir. Bu aşamada hasta ağızında veya alçı model üzerinden alınan dişlerin boyut ölçümleri sistemdeki dijital ölçüm cihazı ile kalibre edilerek uygulanacak tasarımın nihai boyutları ölçülebilir duruma gelir. Gülüş tasarımı esnasında daha önce belirtilmiş bütün estetik parametreler dikkate alınabilir ve bilgisayar yardımıyla sayısal ölçümler ve simetriklik tamamıyla sağlanabilir (Coachman & Calamita, 2012).

Klinik pratikte kullanılabilecek başlıca uygulamalar şunlardır; Photoshop CS6 (Adobe Systems Incorporated), Keynote (Apple Inc.), Smile Designer Pro (Tasty Tech Ltd), Cerec SW 4.2 (Sirona Dental Systems Inc.), Planmeca Romexis Smile Design (Planmeca Romexis). Photoshop CS6 ve Keynote programları özellikle gülüş tasarımı için geliştirilmiş olmasa da birçok kaynakta bu amaçla kullanıldığı belirtildiğinden diş hekimleri tarafından kullanılmaktadır (Omar & Duarte, 2018).

6. Sonuç

Gülüş estetiği birçok parametre içeriyor olsa da estetik kavramının kişiye özel bir kavram olduğu unutulmamalıdır. Geçmiş zamandan bu yana pek çok araştırmacı bunu objektif sayısal verilere

dayandırmaya çalışmış olsa da bu mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda her vakayı kendine özel olarak planlaması gereken diş hekimleri için yaklaşık tedavi sonuçlarını hastaya görsel verilerle sunabilmek önem kazanmakta ve bunun için gerek geleneksel gerekse dijital tasarım araçlarının kullanımıının gerekli olduğu görülmektedir.

Kaynakçalar

Afroz, S., Rathi, S., Rajput, G., & Rahman, S. A. (2013). Dental esthetics and its impact on psycho-social well-being and dental self confidence: a campus based survey of north Indian university students. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*, 13, 455-460.

Akl, M. A., Mansour, D. E., Mays, K., & Wee, A. G. (2022). Mathematical tooth proportions: a systematic review. *Journal of Prosthodontics*, 31(4), 289-298.

Al Taki, A., Hayder Mohammed, T., & Mohammad Hamdan, A. (2017). Influence of the smile line on smile attractiveness in short and long face individuals. *International Journal of Dentistry*, 2017(1), 2637148.

Aschheim, K. W. (2014). *Esthetic dentistry: a clinical approach to techniques and materials*: Elsevier Health Sciences.

Baumgarten, A. G. (1750). *Aesthetica*: G. Olms.

Bhuvaneshwaran, M. (2010). Principles of smile design. *Journal of conservative Dentistry*, 13(4), 225-232.

Cesario Jr, V., & Latta Jr, G. (1984). Relationship between the mesiodistal width of the maxillary central incisor and interpupillary distance. *The Journal of prosthetic dentistry*, 52(5), 641-643.

Chu, S. J., TAN, J. H. P., Stappert, C. F., & Tarnow, D. P. (2009). Gingival zenith positions and levels of the maxillary anterior dentition. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 21(2), 113-120.

Coachman, C., & Calamita, M. (2012). Digital Smile Design: A Tool for Treatment Planning and Communication in Esthetic Dentistry. *Quintessence of Dental Technology (QDT)*, 35.

Garber, D. A., & Salama, M. A. (1996). The aesthetic smile: diagnosis and treatment. *Periodontology* 2000, 11(1), 18-28.

Goldstein, R. E. (1969). Study of need for esthetics in dentistry. *The Journal of prosthetic dentistry*, 21(6), 589-598.

Goldstein, R. E., Chu, S. J., Lee, E. A., & Stappert, C. F. (2018). Ronald E. Goldstein's Esthetics in Dentistry: John Wiley & Sons.

Hasanreisoglu, U., Berksun, S., Aras, K., & Arslan, I. (2005). An analysis of maxillary anterior teeth: facial and dental proportions. *The Journal of prosthetic dentistry*, 94(6), 530-538.

Henriques, M., & Patnaik, D. (2020). Social media and its effects on beauty. In *Beauty-Cosmetic Science, Cultural Issues and Creative Developments*: IntechOpen.

Hoffman Jr, W., Bomberg, T., & Hatch, R. (1986). Interalar width as a guide in denture tooth selection. *The Journal of prosthetic dentistry*, 55(2), 219-221.

Horvath, S. D., Wegstein, P. G., Lüthi, M., & Blatz, M. B. (2012). The correlation between anterior tooth form and gender—a 3D analysis in humans. *Eu J Aesth Dent*, 7(3).

Jain, A., Bhushan, P., Mahato, M., Solanki, B. B., Dutta, D., Hota, S., . . . Mohanty, A. (2024). The Recent Use, Patient Satisfaction, and Advancement in Digital Smile Designing: A Systematic Review. *Cureus*, 16(6).

Kokich Jr, V. O., Asuman Kiyak, H., & Shapiro, P. A. (1999). Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 11(6), 311-324.

Koseoglu, M., & Bayindir, F. (2020). Effects of gingival margin asymmetries on the smile esthetic perception of dental professionals and lay people. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 32(5), 480-486.

Kurt, A., & Isik-Ozkol, G. (2015). Conventional methods for selecting form, size, and color of maxillary anterior teeth: Review of the literature. *European Journal of Prosthodontics*, 3(3), 57.

Latta Jr, G., Weaver, J., & Conkin, J. (1991). The relationship between the width of the mouth, interalar width, bizygomatic width, and interpupillary distance in edentulous patients. *The Journal of prosthetic dentistry*, 65(2), 250-254.

Layton, D. M., Morgano, S. M., Muller, F., Kelly, J., Nguyen, C., Scherrer, S., . . . Frelich, M. (2023). Glossary of prosthodontic terms 2023. *J Prosthet Dent*, 130(4S1), e1-e126.

Levin, E. I. (1978). Dental esthetics and the golden proportion. *The Journal of prosthetic dentistry*, 40(3), 244-252.

Lombardi, R. E. (1973). The principles of visual perception and their clinical application to denture esthetics. *The Journal of prosthetic dentistry*, 29(4), 358-382.

Losev, A. (1975). Esthetics. In *Themes in Soviet Marxist Philosophy: Selected Articles from the 'Filosofskaja Enciklopedija'* (pp. 200-219): Springer.

Machado, A. W. (2014). 10 commandments of smile esthetics. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 19, 136-157.

Melo, M., Ata-Ali, J., Ata-Ali, F., Bulsei, M., Grella, P., Cobo, T., & Martínez-González, J. M. (2020). Evaluation of the maxillary midline, curve of the upper lip, smile line and tooth shape: a prospective study of 140 Caucasian patients. *BMC Oral health*, 20, 1-9.

Morley, J. (2000). A multidisciplinary approach to complex aesthetic restoration with diagnostic planning. *Practical periodontics and aesthetic dentistry: PPAD*, 12(6), 575-577.

Morley, J., & Eubank, J. (2001). Macroesthetic elements of smile design. *The Journal of the American Dental Association*, 132(1), 39-45.

Nold, S. L., Horvath, S. D., Stampf, S., & Blatz, M. B. (2014). Analysis of select facial and dental esthetic parameters. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 34(5), 623-629.

Omar, D., & Duarte, C. (2018). The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature. *The Saudi dental journal*, 30(1), 7-12.

Patil, A. S., Ranganath, V., Yerawadekar, S. A., Kumar, C. N., & Sarode, G. S. (2020). Pink esthetics: a study on significant gingival parameters. *J Contemp Dent Pract*, 21(2), 207-210.

Peck, S., & Peck, L. (1995). Selected aspects of the art and science of facial esthetics. Paper presented at the Seminars in orthodontics.

Pham, T. A. V., & Nguyen, P. A. (2022). Morphological features of smile attractiveness and related factors influence perception and gingival aesthetic parameters. *international dental journal*, 72(1), 67-75.

Rufenacht, C. R. (1990). *Fundamentals of Esthetics*: Quintessence Publishing Company.

Sarver, D. M., & Ackerman, M. B. (2003). Dynamic smile visualization and quantification: part 1. Evolution of the concept and dynamic records for smile capture. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 124(1), 4-12.

Scandrett, F. R., Kerber, P. E., & Umrigar, Z. R. (1982). A clinical evaluation of techniques to determine the combined width of the maxillary anterior teeth and the maxillary central incisor. *The Journal of prosthetic dentistry*, 48(1), 15-22.

Sepolia, S., Sepolia, G., Kaur, R., Gautam, D. K., Jindal, V., & Gupta, S. C. (2014). Visibility of gingiva-An important determinant for an esthetic smile. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 18(4), 488-492.

Sharma, P. K., & Sharma, P. (2012). Dental smile esthetics: the assessment and creation of the ideal smile. Paper presented at the Seminars in orthodontics.

Singh, V. P., Uppoor, A. S., Nayak, D. G., & Shah, D. (2013). Black triangle dilemma and its management in esthetic dentistry. *Dental research journal*, 10(3), 296.

Smith, R., Çakici, S., & Newcombe, R. (1996). Variations in the clinical sulcus depth of healthy human gingiva: a longitudinal study. *Journal of periodontal research*, 31(3), 181-186.

Snow, S. R. (1999). Esthetic smile analysis of maxillary anterior tooth width: the golden percentage. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 11(4), 177-184.

Solanki, G. (2012). A general overview of gingiva. *IJBR*, 3(02), 79-82.

Tarnow, D. P., Magner, A. W., & Fletcher, P. (1992). The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *Journal of periodontology*, 63(12), 995-996.

Thomas, P. A., Krishnamoorthi, D., Mohan, J., Raju, R., Rajajayam, S., & Venkatesan, S. (2022). Digital Smile Design. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 14(Suppl 1), S43-S49. doi:10.4103/jpbs.jpbs_164_22

Tjan, A. H., Miller, G. D., & The, J. G. (1984). Some esthetic factors in a smile. *The Journal of prosthetic dentistry*, 51(1), 24-28.

Vallittu, P., Vallittu, A., & Lassila, V. (1996). Dental aesthetics—a survey of attitudes in different groups of patients. *Journal of dentistry*, 24(5), 335-338.

Venete, A., Trillo-Lumbreras, E., Prado-Gascó, V.-J., Bellot-Arcís, C., Almerich-Silla, J.-M., & Montiel-Company, J.-M. (2017). Relationship between the psychosocial impact of dental aesthetics and perfectionism and self-esteem. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 9(12), e1453.

Wang, C., Hu, W. j., Liang, L. z., Zhang, Y. l., & Chung, K. H. (2018). Esthetics and smile-related characteristics assessed by laypersons. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 30(2), 136-145.

Ward, D. H. (2001). Proportional smile design using the recurring esthetic dental (red) proportion. *Dental Clinics of North America*, 45(1), 143-154.

Ward, D. H. (2015). Proportional Smile Design: Using the Recurring Esthetic Dental Proportion to Correlate the Widths and Lengths of the Maxillary Anterior Teeth with the Size of the Face. *Dental Clinics of North America*, 59(3), 623-638.

Wegstein, P. G., Horvath, S. D., Stemmann, J., Lüthi, M., & Blatz, M. B. (2014). Three-Dimensional Analysis of the Correlation Between Anterior Tooth Form and Face Shape. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 34(6).

Williams, J. L. (1914). A new classification of human tooth forms with special reference to a new system of artificial teeth. *Dental Cosmos*, 56, 627-628.

Zawawi, K. H., Malki, G. A., Al-Zahrani, M. S., & Alkhiary, Y. M. (2013). Effect of lip position and gingival display on smile and esthetics as perceived by college students with different educational backgrounds. *Clinical, cosmetic and investigational dentistry*, 77-80.

BÖLÜM II

Protetik Diş Tedavisi Preklinik Eğitimi ve Klinik Uygulamalarında Yapay Zekanın Yeri

Gülbahar ERDİNÇ¹

Giriş

Yapay zekâ (YZ; Artificial Intelligence, AI), insanlar tarafından gerçekleştirilen görevlerin makineler tarafından yerine getirilmesini ifade eder ve ilk kez 1950’lerde ortaya çıkmıştır (Schwendicke, 2020). YZ, uzman sistemlerden yeni bilgiler üzerinde tahminler yapabilmek için verilerden karmaşık hesaplama modelleri öğrenen sistemlere kadar uzanan geniş bir araştırma alanını kapsar (Revilla-León & ark., 2022).

Makine öğrenimi (Machine Learning, ML), verilerden öğrenmeyi otomatik olarak gerçekleştiren yapay zekâ alanını tanımlayan bir terimdir. ML, bir sorunu çözmek, kalıpları tespit

¹Doç. Dr., Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Bilecik/Türkiye, Orcid: 0000-0002-0883-9834, gbaharerdinc@gmail.com

etmek, kendi kendini iyileştirmek, sınıflandırmak ve farklı verileri tekrar tekrar işleyerek öğrenmek amacıyla çalışan, insan beynine benzer bir YZ alt kümesidir (Lee & ark., 2017). ML, beyindeki biyolojik sinir ağlarının mimarisini taklit eden yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks, ANN) adı verilen hesaplama modelleri ve algoritmaları içerir (Nichols, Herbert Chan, & Baker, 2019). ANN mimarisi, birbirine bağlı düğümlerin katmanları şeklinde yapılandırılmıştır. Derin öğrenme (Deep Learning, DL), daha geniş bir YZ ailesine ait olan ve ML'nin bir alt kümesini oluşturan bir tekniktir (Koca Ünsal & Orhan, 2022).

YZ sistemlerinin, her zaman sorulan soruyla ilgili doğru referansları kullanarak cevap vermediği belirtilmektedir. Sohbet robotlarının oluşturduğu cevaplar, sorunun içeriğine, önceki konuşmalara ve kullanılan dilin, YZ'nin referans olarak kullandığı kaynakların diliyle olan uyumuna bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir (Hopkins & ark., 2023).

Freire ve arkadaşları ise ChatGPT'nin, hareketli protezler ve diş destekli sabit protezlerle ilgili açık uçlu protetik diş tedavisi sorularına doğru ve tutarlı cevaplar vermede yetersiz olduğunu bildirmiştir (Freire & ark., 2024). Avşar ve arkadaşları, ChatGPT ve Gemini'nin protetik diş tedavisi bilgi düzeylerinin benzer olduğunu, ancak şu an için protetik diş tedavisiyle ilgili soruları doğru yanıtlama yeteneklerinin sınırlı olduğunu ifade etmişlerdir (Avşar & Ertan, 2024). Bununla birlikte, ChatGPT'nin 2022 Avrupa Osseointegrasyon Derneği İmplant Diş Hekimliği Sertifikası sınavını başarıyla tamamlaması, yazılımın sınav başarısında etkili olduğunu ve diş hekimliği alanındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Ancak YZ, bilgiye erişim ve hasta eğitimi gibi

alanlarda başarılı olmasına rağmen, uzmanlık gerektiren konularda hâlâ önemli sınırlamalara sahiptir (Avşar & Ertan, 2024).

Preklinik eğitimi

Diş hekimliği eğitiminde, insanların denek olarak kullanılmasının etik açıdan uygunsuz olması ve hastaların anatomik, fizyolojik ve psikolojik durumlarının standardize edilememesi, eğitim süreci için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Eğitim sürecinde geleneksel olarak kullanılan statik mankenlerin çenesi ve başı, gerçek bir insaninkinden oldukça farklıdır. Bu mankenlerin kullanımında, selamlaşma gibi rutin görüşme iletişim becerilerine ve klinik bir prosedürün açıklanması gibi klinik görevlerle ilişkili becerilere fırsat verilememektedir. Ayrıca, hastanın endişe, huzursuzluk, kusma refleksi, öksürme ve dil itme gibi öngörülemeyen hareketlerini yönetme gibi rutin hasta yönetimi sorunları da bu mankenlerde öğrenciler tarafından deneyimlenememektedir. Bu noktalara dayanarak, diş hekimliği öğrencilerinin yeterli simülasyon eğitimi almadığı söylenebilir (Tanzawa & ark., 2012a). Bu eksikliklerin üstesinden gelmek amacıyla, son yıllarda ileri teknoloji kullanan simülasyonlar diş hekimliği eğitiminde ön plana çıkmıştır (Buchanan, 2001; Wierinck & ark., 2007).

Madakoro ve ark., gerçek klinik durumları tam olarak yeniden üretebilen bir robot hasta geliştirmişlerdir. Bu robot hasta, o zamandan günümüze birçok stajyer tarafından sürekli kullanıma dayanacak şekilde geliştirilmiştir (Tanzawa & ark., 2012b). Tanzawa ve ark., başında sekiz serbestlik derecesine ve çeşitli otonom hareketleri gerçekleştirme yeteneğine sahip tam vücut modelinde bir robot hasta tasarlamışlardır. Ayrıca, bu robot tükürük salgısı

üretebilmekte ve stajyerle iletişim kurabilmektedir. Çalışmalarında, robot hasta kavite hazırlama becerilerini değerlendirmek amacıyla beşinci sınıf öğrencilerine yönelik objektif yapılandırılmış bir klinik muayeneye dahil edilmiştir. Çalışma sonucunda, öğrencilerin çoğunun robot hastanın beklenmedik hareketiyle uygun şekilde başa çıkabildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, öğrencilerin hemen hemen tamamı, robot hastanın özellikle 'risk yönetimi' açısından eğitim değerini takdir etmiş ve geleneksel mankenlere kıyasla robot hastayı tercih ettiklerini belirtmişlerdir (Tanzawa & ark., 2012a).

Mahrous ve arkadaşları tarafından geliştirilen AiDental adlı yeni mantık tabanlı parsiyel protez tasarım yazılımı, eğitim sürecinde önemli bir yenilik olarak karşımıza çıkmaktadır (AiDENTAL, <https://www.aidental.app/design>). Yazarlar, sonraki çalışmalarında yazılımın etkinliğini değerlendirmiş ve AiDental'ın otomatik geri bildirim ve oyunlaştırma tekniklerinin parsiyel protez eğitiminde kullanılmasının, öğrenci notları üzerinde olumlu bir etki yarattığını ve öğrenciler tarafından beğenildiğini göstermişlerdir. Sonuçlar, AiDental'ın klinik öncesi öğretimde faydalı bir yardımcı araç olma potansiyeline işaret etmektedir. Yazarlar, AiDental yazılımını geleneksel ders materyaline ek olarak kullanan öğrencilerin, yalnızca geleneksel ders materyali kullanan öğrencilere kıyasla daha yüksek notlar alacağı hipotezini desteklemektedir (Mahrous & ark., 2023).

Lestari ve arkadaşları, YZ ve ML modelleri kullanarak klinik öncesi diş hekimliği öğrencilerinin akademik performansını tahmin etmeyi amaçladıkları çalışmalarında, ML teknolojisinin diş hekimliği öğrencilerinin performansını tahmin etmek için ek bir araç olabileceğini belirtmişlerdir. Ancak, kabul öncesi verilerin tek başına akademik başarıyı tahmin etmekte yeterli olmayabileceğini

ifade etmişlerdir. Bu çalışma, eğitimcilere akademik yardıma ihtiyaç duyan öğrencileri belirleme, akademik performansı artırma, başarısızlık oranlarını azaltma ve diş hekimliği programında başarısız olma olasılığı en yüksek adayları eleme konusunda uygun önlemleri almalarına olanak tanınması açısından önemli bir katkı sağlamaktadır (Lestari & ark., 2024).

Zawacki-Richter, yüksek öğretimde YZ ile yapılan araştırmaları incelemiş ve bu uygulamaları uygulanabilir sistemler ve kişiselleştirme, akıllı eğitim sistemleri, profil oluşturma ve ölçme değerlendirme olmak üzere dört ana başlıkta sınıflandırmıştır (Zawacki-Richter & ark., 2019).

Sanal hastalar, öğrencilerin hastalarla görüşme, iletişim kurma ve klinik karar verme becerilerinde güven ve tutarlılığı geliştirerek, gerçek klinik ortamında rahat bir şekilde çalışabilmelerini sağlamaktadır (Sanders & ark., 2008). Öğrencilerin olguya uygun davranışları ve YZ'nin bu davranışlara cevabı ile oluşturulan artırılmış gerçeklik ortamı, klinik yeterlilik kazanmalarına yardımcı olmaktadır (Ulusoy & Tosun, 2021). Sanal gerçeklik simülörleri, diş kesimi, kavite preparasyonu, periodontal tedavi, cerrahi/implant cerrahisi ve dental radyoloji eğitimleri için kullanılmaktadır (Li & ark., 2021). Bu simülörlerdeki YZ destekli işbirlikçi arayüz, yapılan performansı ideal ile karşılaştırır ve geri bildirim üretir (Hamil & ark., 2014).

Klinik karar destek sistemleri (KKDS), fakültelerdeki eğitimin ve sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmak için öğrencilerin kullanabileceği bir eğitim aracı haline getirilebilir (Sayed, 2019). KKDS'nin klinik eğitimde yaygın kullanılması, öğrencilerin klinik özgüvensizliğini aşmalarına yardımcı olabileceği gibi, klinik

uygulamanın belli aşamalarında asistana bağımlılıklarını azaltabilir. Bu sistemlerin kapsamı, teşhis, hastalık yönetimi, reçete, ilaç kontrolü ve çok daha fazlasını içerecek şekilde genişlemiştir (Omididan & Hadianfar, 2011).

Çalışmalar, öğrencilerin büyük çoğunluğunun diş hekimliği eğitiminde yapay zekânın yer alması gerektiğini desteklediğini göstermektedir (Büyükkaya, Altındış & Cevahir, 2023; Özel & Büyükçavuş, 2022). YZ uygulamaları diş hekimliğine müfredatına eklenerek hem öğrencilerin bu konudaki farkındalık düzeyleri artırılmalı hem de eğitim sürecinde bilgi beceri kazanmalarını kolaylaştırmak için preklinik ve klinik eğitimlerinde bu tür uygulamalardan faydalanılmalıdır.

Klinik uygulamalar

Yapay zekânın diş hekimliği alanına girişi ve yaygın kullanımı, başlangıçta daha çok radyolojik teşhislerde gerçekleşmiş olsa da günümüzde tüm diş hekimliği branşlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. YZ, diş hekimine teşhis koyma, oral mukozada herhangi bir anormal değişiklik olup olmadığını belirleme, kist ve tümör taramaları yapma, kök kırıklarını tespit etme, periapikal patolojileri tanımlama ve kök morfolojilerini sınıflandırma gibi çeşitli süreçlerde önemli ölçüde yardımcı olabilir (Hiraiwa & ark., 2019). Evrişimli Sinir Ağları [Convolutional Neural Networks (CNN)] ile entegre edilen yapay zeka, diş hekimliği uygulamaları sırasında tanı prosedürünü kolaylaştırma potansiyeline sahiptirler (Schwendicke & ark., 2019).

YZ, protetik diş tedavisi alanında da geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Protez planlama ve tasarımında, CAD/CAM (Bilgisayar Destekli Tasarım/Bilgisayar Destekli Üretim)

sistemlerinde, sabit ve hareketli protezlerin hazırlanmasında, renk seçiminde, dijital gülüş tasarımında ve temporomandibular eklem rahatsızlıklarının yönetiminde diş hekimlerine destek sağlamaktadır (Ceylan & Emir, 2023).

Sağlık hizmetleri alanında, hizmet süreçlerinin kalitesini artırmasının yanı sıra hem yönetsel hem de klinik maliyetleri düşürmesi, ayrıca teşhis, tanı ve tedavi gibi süreçleri hızlandırması beklenmektedir. Bununla birlikte, insan etkileşimini azaltarak insandan kaynaklanabilecek hataların önüne geçme potansiyeline de sahiptir (Güneç & Aydın, 2022).

Yapay zekanın protetik diş tedavisi klinik uygulamaları aşağıda sıralanmıştır.

1. Muayene ve radyolojik görüntüleme

YZ modelleri ile yapılan konuşma analizi ve ağız açıklığı ölçümlerinin, temporomandibuler hastalıkların tanısallı doğruluğunu artırabileceğı gösterilmiştir (Nam, Kim & Kho, 2018). Revilla-León ve arkadaşları, YZ modellerinin implant tipi tanıma, implant başarısı tahmini ve implant tasarım optimizasyonu gibi alanlarda önemli bir araç olabileceğini vurgulamaktadır (Revilla-León & ark., 2023).

2. Protez planlaması ve tasarımı

YZ, implant cerrahisinde kullanılan cerrahi kılavuzların üretiminde, kemik tipi ve kortikal kalınlığın belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Vera & ark., 2013). CAD/CAM teknolojisinin kullanımı, insan hatasını azaltırken, iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) modellerin oluşturulmasıyla klinik ve laboratuvar iş yükünü de hafifletmektedir (Vecsei & ark., 2017).

Kısmi dişsiz arkların Kennedy sınıflamasının yapay zekâ tarafından gerçekleştirilmesine yönelik bir çalışmada, bilgisayarın otonom öğrenme prosedürleri ile eğitim veri setine dayalı sınıflandırma yapabildiği gösterilmiştir. Çalışmada, doğru tahmin oranı maksillada %99,5, mandibulada ise %97,5 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, YZ'nin klinisyenlere arkları sınıflandırma sürecinde önemli ölçüde yardımcı olabileceğini göstermektedir (Takahashi & ark., 2021).

3. Sabit protezler

İntraoral kron preparasyonu için lazer kontrollü bir cihaz (LaserBot) geliştirilmiştir. İnsan dişleri üzerinde yapılan in vitro bir araştırma, bu robotun manuel kron hazırlamanın yerini alabileceğini ve doğruluk açısından klinik gereksinimlere ulaşabileceğini göstermektedir (Wu & ark., 2019). YZ, veri tabanındaki milyonlarca hekim ve teknisyen tarafından onaylanmış kronu analiz ederek, ideal oklüzyon, temas noktaları ve her duruma uygun marjinal bitim sınırlarına sahip optimum 3D tasarımların nasıl oluşturulacağını öğrenebilir (Ceylan, 2023.). Marjinal bitim sınırının daha hassas bir şekilde oluşturulmasını amaçlayan bir derin öğrenme modeli çalışmasında ise ortalama doğruluk oranı %97,43 olarak belirlenmiştir (Zhang, Dai, Tian, Yuan, & Yu, 2019).

4. Hareketli protezler

Hareketli protezlerde diş dizimi, ideal oklüzyon elde edilebilmesi için oldukça yüksek hassasiyet gerektiren bir konudur. Bu işlem sırasında insan kaynaklı hataları en aza indirmek amacıyla, tam protez üretiminde CRS-450 robotuna bağlı otomatik bir denetleyici çerçeve kullanılabilmektedir (Wu et al., 2019).

Hareketli bölümlü protezlerin (HBP) doğru tasarımı, protezin başarısı ve dayanak dişlerin prognozu açısından büyük önem taşımaktadır (Mizuno, Gonda, Takahashi, Tomita, & Maeda, 2016). Ancak, bu konuda tüm sorumluluk klinisyene ait olmasına rağmen, yeterli bilgi veya deneyime sahip olmayan birçok hekim, HBP planlamasını kendisi yapmayıp teknisyenlerin inisiyatifine bırakmaktadır. Bu nedenle, YZ'nin HBP tasarımı konusunda geliştirilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Ceylan, 2023).

Chen ve diğerleri, eksik dişlerin düzenlenmesine dayalı olarak, HBPlar için ana bağlayıcı ve kroşe seçimine ilişkin önerileri metin biçiminde çıktı olarak verebilen bir vaka tabanlı karar ağacı geliştirmiştir (Chen et al., 2016). Beaumont ve diğerleri, eksik dişsiz açıklıklar arasındaki bağlantıları belirleyebilen erken dönem mantık tabanlı yazılımlar geliştirmişlerdir (John Beaumont, 1989). Proje, daha sonra kısmen dişsiz arkların sanal modellerinde üç boyutlu uzaya geçmeyi içerecek şekilde gelişmiştir (Modgil, Hutton, Hammond, & Davenport, 2002).

Mevcut araştırmalar, HBP'nin sınıflandırılmasında yüksek doğruluk oranları sağlamaktadır. Planlama sürecinin ilk adımı olan sınıflamanın YZ ile yapılabilmesi, ilerleyen dönemlerde HBP bileşenlerinin fotografik görüntülerini veya kalan diş görüntülerini kullanarak görsel tanıma yetenekleriyle birleştirilmesi sayesinde, HBP tasarımı için entegre bir sistemin geliştirilebileceğini göstermektedir (Takahashi et al., 2021).

5. Gülümseme Tasarımı

İlk dijital gülümseme tasarımı protokolü 2008 yılında tanıtılmıştır. Bu program, bir dizi yüz, ağız içi ve ağız dışı fotoğrafı

tamamen yüz ile ilişkilendirerek çalışmaktadır (Coachman, Calamita, & Sesma, 2017). Bu yöntemle, 2D fotoğraflar 3D dijital modellerle eşleştirilebilmekte ve estetik parametrelerin doğrulanması ile geliştirilmesi dijital bir formatta gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca, beklenen estetik sonuçlar tedavi öncesinde hem hekim hem de hasta tarafından görülebilmek olanağı sunmaktadır (Coachman & Paravina, 2016).

Gülümseme tasarımı ile entegre edilen YZ uygulamalarının yüz analizi de yaparak, program algoritmasının belirlediği referans noktaları, yüz şekli ve hasta istekleri doğrultusunda çok daha hızlı ve etkin sonuçlar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu yaklaşımla, konvansiyonel gülümseme tasarımı süreçlerine kıyasla daha verimli bir tedavi planlaması yapılabilecektir (Ceylan & Emir, 2023).

6. Klinik işleyiş

YZ uygulamaları, klinik işleyişte sanal dental asistan olarak hasta randevularını düzenleme, hasta kayıtlarını yapma ve saklama, hekime işlem öncesi hastanın anamnezini hatırlatma ve sesli komut sistemleri sayesinde çekmece ve dolap gibi depolama alanlarını açma-kapama işlemleri yaparak enfeksiyon kontrolü sağlama gibi birçok önemli görevi yerine getirebilmektedir (Ulusoy & Tosun, 2021).

Sonuç

Yapay zeka sistemleri üstün özellikleri sayesinde günümüzde birçok alanda kullanılmakla birlikte sağlık sektörü ve diş hekimliği alanında da önemli yer tutmaya başlamaktadır. Hem eğitim hem de klinik uygulamalar sürecinde öğrenci, hekim ve hastalara bazı kolaylıklar sunmaktadır. Ancak kullanımının

yaygınlaşması için bu konuda daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

AiDENTAL. <https://www.aidental.app/design/>

Bilgin Avşar, D., & Ertan, A. A. (2024). Diş hekimliğinde uzmanlık sınavında sorulan protetik diş tedavisi sorularının ChatGPT-3.5 ve Gemini tarafından cevaplanma performanslarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi: Kesitsel araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 30 (4), 668-673.

Buchanan, J. A. (2001). Use of simulation technology in dental education. *Journal of Dental Education*, 65 (11), 1225-1231. Doi: 10.1002/J.0022-0337.2001.65.11.TB03481.X

Büyükkaya, B., Altındış, S., & Cevahir, F. (2023). Diş hekimliği öğrencileri yapay zeka uygulamalarına ne kadar hazır?. *Journal of Biotechnology and Strategic Health Research*, 7 (4), 266-274. Doi:10.34084/bshr.1407036

Ceylan, G., & Emir, F. (2023). Estetik ve protetik yapay zekâ uygulamalarında güncel ve gelecek vadeden yaklaşımlar. *Türkiye Klinikleri Oral and Maxillofacial Radiology-Special Topics*, 9 (1), 38-44.

Chen, Q., Wu, J., Li, S., Lyu, P., Wang, Y., & Li, M. (2016). An ontology-driven, case-based clinical decision support model for removable partial denture design. *Scientific Reports*, 6 (1), 27855. Doi: 10.1038/SREP27855

Coachman, C., Calamita, M., & Sesma, N. (2017). Dynamic Documentation of the smile and the 2D/3D digital smile design process. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 37(2), 183–193. Doi: 10.11607/PRD.2911

Coachman, C., & Paravina, R. D. (2016). Digitally enhanced esthetic dentistry - from treatment planning to quality control. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry ... [et Al.]*, 28 Suppl 1, S3-S4. Doi: 10.1111/JERD.12205

Freire, Y., Santamaría Laorden, A., Orejas Pérez, J., Gómez Sánchez, M., Díaz-Flores García, V., & Suárez, A. (2024). ChatGPT performance in prosthodontics: Assessment of accuracy and repeatability in answer generation. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 131 (4), 659.e1-659.e6. Doi: 10.1016/J.PROSDENT.2024.01.018

Güneç, H. G., Gökyay, S. S., Kaya, E., & Aydın, K. C. (2022). Toplum yapay zeka ile tanı konmasına hazır mı? *Selcuk Dental Journal*, 9 (1), 200-207. Doi: 10.15311/SELCUKDENTJ.915522

Hamil, L. M., Mennito, A. S., Renné, W. G., & Vuthiganon, J. (2014). Dental students' opinions of preparation assessment with E4D compare software versus traditional methods. *Journal of Dental Education*, 8 (10), 1424-1431. Doi: 10.1002/j.0022-0337.2014.78.10.tb05816.x

Hiraiwa, T., Ariji, Y., Fukuda, M., Kise, Y., Nakata, K., Katsumata, A., ... Ariji, E. (2019). A deep-learning artificial intelligence system for assessment of root morphology of the mandibular first molar on panoramic radiography. *Dento Maxillo Facial Radiology*, 48 (3). Doi: 10.1259/DMFR.20180218

Hopkins, A. M., Logan, J. M., Kichenadasse, G., & Sorch, M. J. (2023). Artificial intelligence chatbots will revolutionize how cancer patients access information: ChatGPT represents a paradigm-

shift. *JNCI Cancer Spectrum*, 7 (2). Doi: 10.1093/JNCICS/PKAD010

John Beaumont, A. (1989). Microcomputer-aided removable partial denture design: the next evolution. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 62 (5), 551-556. Doi: 10.1016/0022-3913(89)90078-4

Koca Ünsal, R. B., & Orhan, K. (2022). Artificial intelligence applications in dentistry. *Journal of Ankara University Faculty of Medicine*, 75 (1), 52-55. Doi: 10.4274/ATFM.GALENOS.2022.02438

Lee, J. G., Jun, S., Cho, Y. W., Lee, H., Kim, G. B., Seo, J. B., & Kim, N. (2017). Deep learning in medical imaging: General overview. *Korean Journal of Radiology*, 18 (4), 570-584. Doi: 10.3348/KJR.2017.18.4.570

Lestari, W., Abdullah, A. S., Amin, A. M. A., Nurfaridah, Sukotjo, C., Ismail, A., ... Utomo, C. P. (2024). Artificial intelligence to predict pre-clinical dental student academic performance based on pre-university results: A preliminary study. *Journal of Dental Education*, 88 (12). Doi: 10.1002/JDD.13673

Li, Y., Ye, H., Ye, F., Liu, Y., Lv, L., Zhang, P., ... Zhou, Y. (2021). The current situation and future prospects of simulators in dental education. *Journal of Medical Internet Research*, 23 (4). Doi: 10.2196/23635

Mahrous, A., Botsko, D. L., Elgreatly, A., Tsujimoto, A., Qian, F., & Schneider, G. B. (2023). The use of artificial intelligence and game-based learning in removable partial denture design: A comparative study. *Journal of Dental Education*, 87 (8), 1188-1199. Doi: 10.1002/JDD.13225

Mizuno, Y., Gonda, T., Takahashi, T., Tomita, A., & Maeda, Y. (2016). Root fracture of abutment teeth for partial removable dental prostheses. *The International Journal of Prosthodontics*, 29 (5), 461-466. Doi: 10.11607/IJP.4327

Modgil, S., Hutton, T. J., Hammond, P., & Davenport, J. C. (2002). Combining biometric and symbolic models for customised, automated prosthesis design. *Artificial Intelligence in Medicine*, 25 (3), 227-245. Doi: 10.1016/S0933-3657(02)00026-X

Nam, Y., Kim, H. G., & Kho, H. S. (2018). Differential diagnosis of jaw pain using informatics technology. *Journal of Oral Rehabilitation*, 45 (8), 581-588. Doi: 10.1111/JOOR.12655

Nichols, J. A., Herbert Chan, H. W., & Baker, M. A. B. (2019). Machine learning: applications of artificial intelligence to imaging and diagnosis. *Biophysical Reviews*, 11 (1), 111-118. Doi: 10.1007/S12551-018-0449-9

Omididan, Z., & Hadianfar, A. M. (2011). The role of clinical decision support systems in healthcare (1980-2010): A systematic review study. *Jentashapir Sceintific-Research Quarterly*, 2 (3), 125-134.

Özel, Ş., Büyükçavuş, M. H. (2022). Diş hekimliği öğrencilerinin diş hekimliğinde yapay zekâ uygulamaları ile ilgili düşüncelerinin incelenmesi. *7tepe Klinik*, 18 (2), 55-60. Doi: 10.5505/yeditepe.2022.27928

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barmak, A. B., Gallucci, G. O., Att, W., ... Krishnamurthy, V. R. (2023). Artificial intelligence models for tooth-supported fixed and removable prosthodontics: A systematic review. *The Journal of Prosthetic*

Dentistry, 129 (2), 276-292. Doi: 10.1016/J.PROSDENT.2021.06.001

Revilla-León, M., Gómez-Polo, M., Vyas, S., Barnak, A. B., Özcan, M., Att, W., & Krishnamurthy, V. R. (2022). Artificial intelligence applications in restorative dentistry: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 128 (5), 867-875. Doi: 10.1016/J.PROSDENT.2021.02.010

Sanders, C., Kleinert, H. L., Boyd, S. E., Herren, C., Theiss, L., & Mink, J. (2008). Virtual patient instruction for dental students: can it improve dental care access for persons with special needs? *Special Care in Dentistry*, 28 (5), 205-213. Doi: 10.1111/J.1754-4505.2008.00038.X

Sayed, M. (2019). Effectiveness of clinical decision support systems for the survival of natural teeth: A community guide systematic review. *The International Journal of Prosthodontics*, 32 (4), 333-338. Doi: 10.11607/IJP.6162

Schwendicke, F. (2020). Digital dentistry: Advances and challenges. *Journal of Clinical Medicine*, 9 (12), 4005. Doi: 10.3390/JCM9124005

Schwendicke, F., Golla, T., Dreher, M., & Krois, J. (2019). Convolutional neural networks for dental image diagnostics: A scoping review. *Journal of Dentistry*, 91, 103226. Doi: 10.1016/J.JDENT.2019.103226

Takahashi, T., Nozaki, K., Gonda, T., & Ikebe, K. (2021). A system for designing removable partial dentures using artificial intelligence. Part 1. Classification of partially edentulous arches

using a convolutional neural network. *Journal of Prosthodontic Research*, 65 (1), 115-118. Doi: 10.2186/JPR.JPOR_2019_354

Tanzawa, T., Futaki, K., Tani, C., Hasegawa, T., Yamamoto, M., Miyazaki, T., & Maki, K. (2012a). Introduction of a robot patient into dental education. *European Journal of Dental Education*, 16 (1).Doi: 10.1111/j.1600-0579.2011.00697.x

Tanzawa, T., Futaki, K., Tani, C., Hasegawa, T., Yamamoto, M., Miyazaki, T., & Maki, K. (2012b). Introduction of a robot patient into dental education. *European Journal of Dental Education*, 16 (1), 195-199. Doi: 10.1111/J.1600-0579.2011.00697.X

Ulusoy, H. Ö., & Tosun, İ. (2021). Diş hekimliği ve yapay zekâ: Fakültede yeni bir asistan. *Turkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics*, 7 (3), 26-32.

Vecsei, B., Joós-Kovács, G., Borbély, J., & Hermann, P. (2017). Comparison of the accuracy of direct and indirect three-dimensional digitizing processes for CAD/CAM systems - An in vitro study. *Journal of Prosthodontic Research*, 61 (2), 177-184.Doi: 10.1016/J.JPOR.2016.07.001

Vera, V., Corchado, E., Redondo, R., Sedano, J., & García, Á. E. (2013). Applying soft computing techniques to optimise a dental milling process. *Neurocomputing*, 109, 94-104.Doi: 10.1016/J.NEUCOM.2012.04.033

Wierinck, E. R., Puttemans, V., Swinnen, S. P., & Steenberghe, D. van. (2007). Expert performance on a virtual reality simulation system. *Journal of Dental Education*, 71 (6), 759-766. Doi: 10.1002/J.0022-0337.2007.71.6.TB04332.X

Wu, Q., Zhao, Y.-M., Bai, S.-Z., & Li, X. (2019). Application of robotics in stomatology. *International Journal of Computerized Dentistry*, 22 (3), 251-260.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16 (1), 1-27. Doi: 10.1186/S41239-019-0171-0

Zhang, B., Dai, N., Tian, S., Yuan, F., & Yu, Q. (2019). The extraction method of tooth preparation margin line based on S-Octree CNN. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, 35 (10), 3241. Doi: 10.1002/CNM.3241

BÖLÜM III

Temporomandibular Eklemde Kondil-Disk Kompleksi Düzensizlikleri

Nuray İSKEFLİ¹

1. Giriş

Temporomandibular eklem (TME) hem translasyonel hem de rotasyonel hareketlerin mümkün olduğu özel sinovyal bir eklemdir. Kayma ve menteşe hareketlerinin her ikisini de yapabildiğinden ginglimoartroidal eklem olarak da bilinir Ayrıca vücutta en sık kullanılan eklemlerden biridir (Abbass & ark., 2024).

Temporomandibular bozukluklar, temporomandibular eklemi, çiğneme kaslarını ve ilişkili yapıları etkileyen bir grup rahatsızlıktır. TME rahatsızlığı olan hastalarda çenede ve çevre dokularda ağrı, TME kilitlenmesi, ağız açmada kısıtlılık, baş ağrısı ve TME sesleri gibi çeşitli semptomlar görülebilir (Albayrak Gezer, 2016; Tran & ark., 2022). Epidemiyolojik araştırmalara göre yetişkinlerin %10 ila

¹ Öğr. Görevlisi Dr., İstanbul Medeniyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul/Türkiye, Orcid: 0009-0007-5713-093X, niskefli@gmail.com

%15'i temporomandibular rahatsızlıklar yaşamakta, ancak bunların yalnızca %5'i tedavi için başvurmaktadır. TMD'nin görülme sıklığı 20 ila 40 yaşları arasında pik yapar ve kadınlarda görülme olasılığı erkeklerden iki kat daha fazladır (Devaraj & Pradeep, 2014; Mosleh, 2024).

Bu rahatsızlıklar odontojenik etkenlerden sonra ağız ve yüz bölgesinde oluşan ağrıların en yaygın nedenlerinden biridir ve kronik ağrıya yol açma potansiyeline sahiptir. Kronik veya kalıcı (miyojen) temporomandibular rahatsızlıklar migren, fibromiyalji ve yaygın ağrı gibi diğer kronik ağrı durumlarıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca bu hastalık grubunun bruksizm, depresyon, irritabl bağırsak sendromu ve kronik yorgunlukla birlikte görüldüğü de bilinmektedir (Durham, Newton-John & Zakrzewska 2015). Erken tanı ve teşhisi takiben uygulanan tedavi, prognozu iyileştirmede ve bu hastalık grubunun yaşam kalitesi üzerindeki etkisini azaltmada anahtar rol oynayacaktır (Durham & ark., 2010; Durham & ark., 2014).

2. Temporomandibular rahatsızlıkların sınıflandırılması

Temporomandibular eklem rahatsızlıklarına yönelik pek çok sınıflama yapılmıştır (Poveda Roda & ark., 2007). Amerikan Orofasiyal Ağrı Akademisi (American Academy of Orofacial Pain) ve Uluslar arası Baş ağrısı Derneği'nin (International Headache Society) birlikte yaptığı sınıflama da bunlardan biridir. Bu sınıflamaya göre temporomandibular eklem rahatsızlıklarına şöyle sıralanmaktadır (Okeson, 2008).

1. Çiğneme kaslarına ait rahatsızlıklar
 - a. Koruyucu ko-kontraksiyon
 - b. Lokal kas ağrısı

- c. Miyofasyal ağrı
 - d. Miyospazm
 - e. Miyozit ve diğerleri
2. Temporomandibular eklem rahatsızlıkları
- a. Kondil-disk kompleksinde düzensizlik
 - Disk deplasmanı
 - Redüksiyonlu disk dislokasyonu
 - Redüksiyonsuz disk dislokasyonu
 - b. Eklem yüzeylerinin yapısal uyumsuzluğu
 - Şekil değişiklikleri
 - Diskte
 - Kondilde
 - Fossada
 - Adezyonlar
 - Disk-kondil arasında
 - Disk-fossa arasında
 - Subluksasyon (hipermobilite)
 - Spontan dislokasyon
 - c. TME'in inflamatuvar hastalıkları
 - Sinovit/kapsülit
 - Retrodiskit
 - Artritler
 - Osteoartrit
 - Poliartrit
 - İlave yapıların inflamatuvar hastalıkları

- Temporalis tendiniti
- Stylomandibular ligamentin inflamasyonu

3. Kronik mandibular hipomobilit 

a. Ankiloz

- Fibröz
- Kemiksel

b. Kas kontraktürleri

- Miyostatik
- Miyofibrotik

c. Koronoid impedans

4. Gelişim bozuklukları

a. Konjenital ve gelişimsel kemik rahatsızlıkları

- Agenezi
- Hipoplazi
- Hiperplazi
- Neoplazi

b. Konjenital ve gelişimsel kas rahatsızlıkları

- Hipotrofi
- Hipertrofi

3. Temporomandibular eklemın kısa anatomisi

TME'nin kemik kısmı temporal ve mandibular (mandibular kondil) bileşenden oluşur. Bu bileşenler bir sinovyal kapsülle  vrilidir. Temporal kemiğin skuamöz kısmı üstte glenoid fossayı ve artiküler eminesi oluşturur. Tipik olarak oval veya yuvarlak bir morfolojiye sahip mandibular kondil ise bu eklem boşluğuna doğru çıkıntı şeklinde alt eklem yüzeyini oluşturur (Alomar & ark., 2007;

Mehndiratta & ark., 2019; Sommer & ark., 2003). Vücuttaki pek çok eklem genelde hiyalin kıkırdakla örtülü olmasına rağmen kondil başı ve artiküler fossa bunlardan farklı olarak fibröz bağ dokusu (fibrokartilaj) ile örtülüdür. Bu fibröz konnektif yapı hasarlara karşı daha dayanıklıdır ve onarım kapasitesi daha yüksektir (Young, 2015).

Mandibular kondil ile temporal kemiğin artiküler yüzeyleri arasında bikonkav, fibrokartilaj yapıda bir eklem diski yer alır. Diskin bu iki kemik arasında konumlanması eklem hasarını önlemede önemli bir işleve sahiptir. Ayrıca disk, ağzın açılıp kapanması sırasında mandibular kondilin temporal kemiğe göre kaymasını kolaylaştırır. Diski bikonkav bir yapı sergiler. En ince kısmı merkezine (intermediate zone) yakındır. Arka sınır (posterior bant), ön sınırdan (anterior bant) daha kalındır ve medial sınır lateral sınırdan daha kalındır. Bu daha kalın sınırlar diskin yuvarlak kondil başının üstünde yerinde kalmasına yardımcı olur. Disk, eklem kavitesini alt ve üst eklem kavitesi olarak ikiye bölecek şekilde eklem kapsülünün iç yüzeyine bağlanmıştır. Normal şartlarda bu iki kavite arasında bağlantı yoktur (Oliveira & ark., 2023; Young, 2015). Eklem kavitelerinin iç yüzeyi endotelyal hücrelerden oluşan sinovyal zarı ile örtülüdür. Bu hücrelerden sinoviyal sıvı salgılanır. Bu sıvı avasküler yapıdaki eklem yüzeylerinin metabolik gereksinimlerini karşılar ve fonksiyon sırasında eklemden lubrikasyonu sağlar (Koyama & ark., 2014; Meng & Long, 2008).

Eklem diski, posterior bandının arka kısmına bağlanan bilaminar zone tarafından stabilize edilir. Bilaminar zone retrodiskal doku olarak da adlandırılır. Retrodiskal doku, dış kulak yolunun ön konturuna yapışan üst katman (temporal lamina) ve mandibular

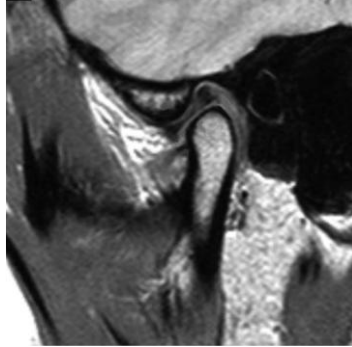
kondilin arka konturuna yapışan alt katman olmak üzere iki lif katmanından (laminadan) oluşur. İki lamina arasında damar ve sinirden zengin elastik bir doku bulunur. Bilaminer zone ağız açılırken diskin kaymasını veya aşırı rotasyonunu önler (Salamon & Casselman, 2020; Tamimi, Kocasarac & Mardini 2019). Özellikle superior retrodiskal lamina eklemdaki diğer yapılardan farklıdır. Kondil-disk kompleksinin retrodiskal dokulara zarar vermeden ileriye doğru hareket etmesini sağlayan gevşek bağ dokusu ve elastin liflerinden oluşur. Kapalı ağız pozisyonunda, üst retrodiskal dokular pasiftir ve disk pozisyonu üzerinde çok az etkiye sahiptir. Tam ağız açıklığı sırasında, üst retrodiskal lamina tamamen gerilir ve disk üzerinde posterior, geri çekici bir kuvvet üretir. Superior retrodiskal lamina, temporomandibular eklemda eklemin diski üzerinde geri çekici bir kuvvet sağlayabilen tek yapıdır (Okeson, 2007). Retrodiskal dokuların zengin sinir ve damar yapısına karşın diskin eklem kısmı sinir ve damar yapıları içermez (Naeije & ark., 2013).

Anteriorda kondil ve disk lateral pterygoid kas ile yakından ilişkidir. Bu kas superior ve inferior olmak üzere iki kısımdan oluşur. İnferior lateral pterygoid kas kondil boynuna yapışır ve ağız açmada, protrüzyonda ve kontralateral hareketlerde aktiftir. Superior kısmı ise diske, kondil boynuna ve eklem kapsülüne yapışır; ağız kapamada, retrüzyonda ve ipsilateral hareketlerde aktiftir (Murray & ark., 2004; Wilkie & Al-Ani 2022).

Eklem içindeki kuvvetin dağılımı açısından disk kondil fossa ilişkisinin normal olması oldukça önemlidir. Disk, kondil ile fossa arasında bir şok emici olarak görev yapar. Ayrıca, kondilin fossa içinde ve artiküler eminensin arka eğiminde düzgün hareket etmesini sağlar. Disk yerinden oynadığında, diskin şok emici görevi ortadan

kalkar ve bu durum kondilin fossa içerisinde travmatik hareketlerine yol açar.(Af, 2024; Kalladka & ark., 2014). Disk her hangi bir yöne (yani ön, arka, lateral veya medial) yer değiştirebilir. Ancak, arka ve sadece mediale doğru yer değiştirmeler nadir görülürken en sık öne yer değiştirme görülür (de Leeuw, 2008; Poluha & ark., 2019).

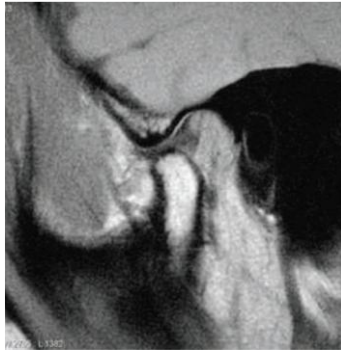
Çene hareketi çift taraflı mandibular kondiller, eklem diskleri, kaslar ve eklem bağları arasında yüksek düzeyde etkileşim ve koordinasyon gerektirir. TME içindeki bu işlevsel etkileşimler oldukça karmaşıktır ve hala tam olarak anlaşılamamıştır (Koolstra, 2002; Lobbezoo & ark., 2004). Maksimum interküspidasyonda eklem bölgesinde diskin posterior bandı ile retrodiskal dokuların birleşimi kondilin tepesinde saat 11:30 -12:30 arasında bir pozisyonunda, orta bandı (intermediate zone) kondilin anterior-superior kısmı ile artiküler eminensin posterior-inferior kısmı arasında konumlanmıştır(Bag, 2014; Mehndiratta & ark., 2019). Şekil 1’de ağız kapalı pozisyonunda TME’nin normal anatomik MR görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1: Kapalı ağız pozisyonunda TME’nin normal anatomik MR görüntüsü

Kaynak: Bag, 2014

Maksimum ağız açık pozisyonda, kondil artiküler eminensin altına yerleşmeli ve disk, en ince kısmı olan intermediat bölgesi kondilin eklem yüzeyi ile artiküler eminensin arasında yer alacak şekilde papyon konfigürasyonu almalıdır Yani normal bir eklemden, diskin en ince ara bölgesi (intermediat zone) her zaman hem ağız kapalı hem de açık ağız pozisyondayken kondil ile temporal kemik arasına yerleşmelidir. Diskin bu konumu eklemde hasar görmesini engeller (Bag, 2014; Mehndiratta & ark., 2019). Şekil 2’de tam ağız açıklığında TME’nin normal anatomik MR görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2: Tam açık ağız pozisyonunda TME’nin normal anatomik MR görüntüsü

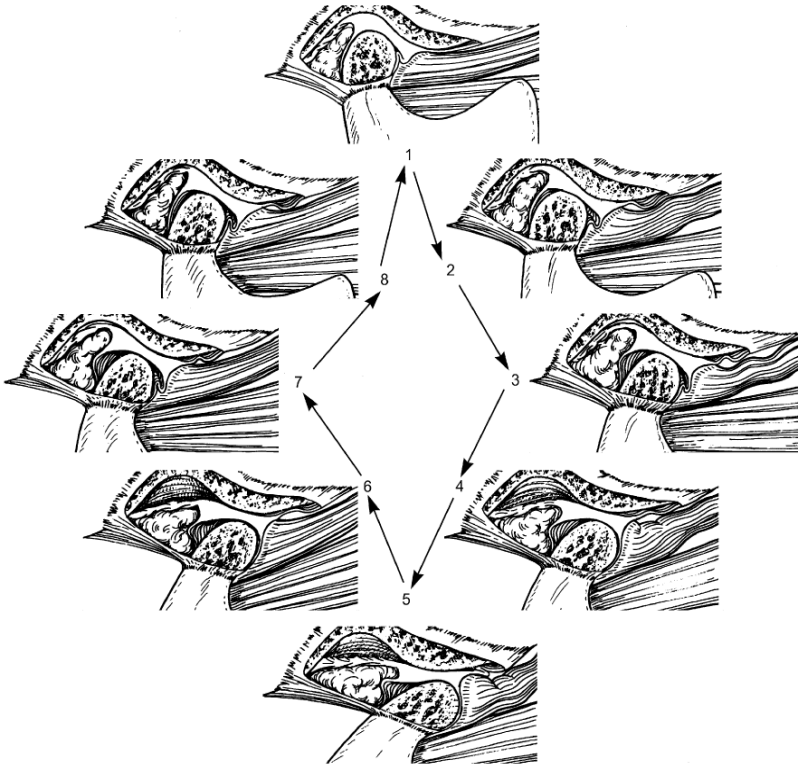
Kaynak: Ashraf Baba & ark., 2016

Ağız açılırken ilk hareket, iki kondil başı boyunca yatay bir eksen etrafında (menteşe eksenini) gerçekleşen saf bir rotasyon hareketidir (menteşe hareketi). Bu, hareket alt eklem kavitesinde eklem diski ve kondil arasında gerçekleşir. Menteşe hareketi maksimuma ulaştığında, kondil ve eklem diski birlikte artiküler eminensin eğimi boyunca kayar. Bu translasyon veya kayma hareketi ile de daha fazla açılma meydana gelir (Helland, 1980; Wilkie & Al-Ani, 2022). Normal mandibular açılma 35-50 mm’dir. Bu hareketin 25 mm’si rotasyon, 15 mm’si ise translasyon ile sağlanır (Odabaş & Gündüz Arslan, 2008). Şekil 3’te kondil ve

diskin tam ağız açılma ve kapanma aralığındaki normal fonksiyonel hareketi görülmektedir.

Kondil-disk kompleksi düzensizlikleri

Eklemin rahat hareketine engel olan ve geçici yakalama hissi, klik, popping (ani bir ses) ve kilitlenmeye sebep olan kondil ve disk arasındaki normal anatomik yapıdaki bozukluklardır. En yaygın sebep, kondil-disk kompleksine olan travma, kronik hiperaktivite ve mikrotravmadır (Albayrak Gezer, 2016; Yaltırık & ark., 2017).



Şekil 3: Kondil ve diskin tam açılma ve kapanma aralığında normal fonksiyonel hareketi. Kondil fossadan dışarı doğru translayan

*yaparken disk kondil üzerinde posterior yönde rotasyon yapar.
Kapanma hareketi, açılmanın tam tersidir.*

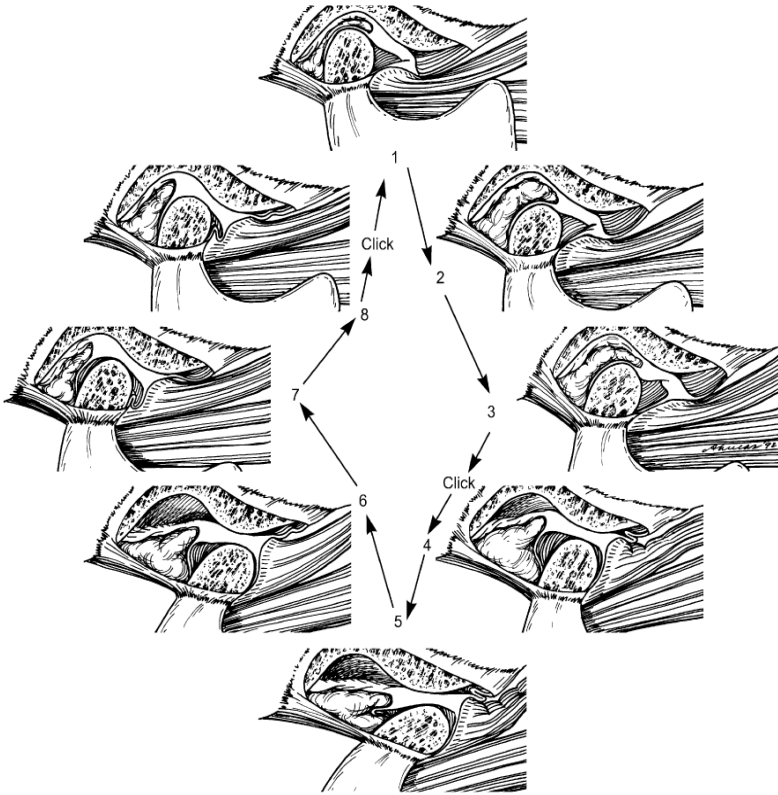
Kaynak: (Okeson, 2007).

Eklem diskinin, kondil başı ile artiküler eminens arasındaki normal pozisyonundan yer değiştirmesi en sık görülen eklem içi bozukluktur (Naeije & ark., 2013). Diskin yer değiştirmesi, yer değiştirmiş diskin mandibular kondil ile ilişkisine göre kategorize edilir. Yer değiştirme, anterior, anterolateral, anteromedial, lateral, medial ve posterior yönde olabilir (Bag, 2014). Diskin morfolojik yapısı, eklem içi basınç ve diske bağlanan ligamalar diskin eklem içerisinde normal pozisyonunu korumasını sağlar. Diskin morfolojisi ve diski yerinde tutan yapılar bozulursa disk artiküler yüzeylerden kayar (Aksoy & Orhan, 2010; Okeson, 2007).

Disk deplasmanı

Diskin morfolojisi değiştiğinde veya diski yerinde tutan bağların uzaması durumunda disk kondilin üzerinden anteriora doğru kayar. Eklem kapalı pozisyondayken superior retodiskal lamina pasif durumdadır. Kapalı eklem pozisyonunda eklem diski üzerinde bir etkisi olmadığından eğer diskin posterior bandı incelmışse disk lateral pterygoid kasın superior kısmının etkisi ile anteriora ve mediale doğru konumunu değiştirir. Kondil diskin ortas kısmına değil posterior kenarına konumlanır. Bu duruma ‘fonksiyonel disk deplasmanı’ denir. Diskin anterior konumu eklemde ağrısız bir gerilime sebep olur. Ancak lateral pterygoid kasta spazm olursa diski daha fazla öne çeker. Bu durumda kondil başı uzayan ligamanlara basınç yaparak ağrıya yol açar. Ağız açılırken kondil tekrar diskin orta banına kayar ve bu sırada bir klik sesi oluşur. Bundan sonra açılma hareketinin daha ileri aşamalarında

bir sorun yaşanmaz çünkü kondil-disk bütünlüğü normale dönmüştür. Durumun daha ilerlediği ve diskin daha önde konumlandığı durumlarda eklem kapalı konuma geçmeden hemen önce ikinci bir klik sesi alınabilir. Buna ‘resiprokla klik’ denir (Huddleston Slater & ark., 2005; Yengin, 2000). Ağızın açılması sırasında oluşan klik sesi açma hareketinin her hangi bir aşamasında oluşabilirken, resiprokal klik daima dişler interküspal pozisyona geçmeden hemen önce oluşur (Aksoy & Orhan, 2010).



Şekil 4: Redüksiyonlu disk dislokasyonu. 1. pozisyonda, diskin arka sınırı incelmıştır ve bu lateral pterygoid kasın superior kısmının

aktivitesinin diski öne (ve mediale) doğru çekmesine çıkarmasına olanak tanır. 3 ve 4. pozisyonlar arasında, kondil diskin arka sınırı boyunca hareket ederken bir klik sesi duyulur. Kapalı eklem pozisyonuna yaklaşılan kadar kalan açma ve kapama hareketi sırasında normal kondil-disk fonksiyonu gerçekleşir. Kondil diskin orta bölgesinden arka sınırına (8 ve 1. pozisyonlar arasında) hareket ederken ikinci bir klik sesi (resiprokal klik-kapama kliği) duyulur.

Kaynak: Okeson, 2007

Redüksiyonlu disk dislokasyonu

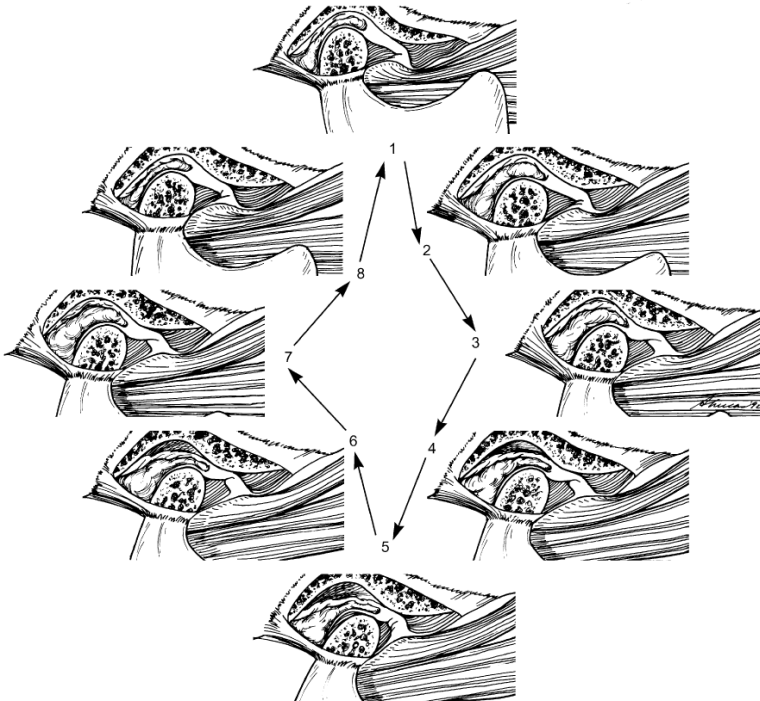
Disk desplasmanın ilerlediği vakalarda diskin posterior bandı iyice incilir ve disk lateral pteigoid kasın superior karnı tarafından tamamen disk boşluğunun önüne çekilir (Yengin, 2000). Disk ve kondil artık bir arada olmadığından ve bir eklem oluşturmadığından bu duruma ‘disk dislokasyonu’ denir. Eğer hasta çenesini manipüle ederken kondil başını tekra diskin arka sınırı üzerinde konumlandırabiliyorsa buna diskin redükte edilmesi yani yaklanması denir. Bu duruma da ‘redüksiyonlu disk dislokasyonu’ denir. Diskin yakalanması sırasında ağrı oluşabilir ancak ağrı her zaman görülmeyebilir (Okeson, 2007). Hastalar genelde uzun süredir var olan klik sesinden ve eklemde takılma hissinden bahsederler (Okeson, 2008). Şekil 4’te redüksiyonlu disk dislokasyonunda kondil-disk arasındaki ilişki, ağız açma ve kapama hareketinin seyri görülmektedir.

Redüksiyonsuz disk dislokasyonu

Eklemde ağrı ve kısıtlı ağız açıklığına sebep olan, diskin yakalanamadığı redüksiyonsuz disk dislokasyonuna ‘kapalı kilit’ de denmektedir. TMD hastalarında görülme sıklığının %2 ile %8

arasında olduğu tahmin edilmektedir. Oluşma süresine bağlı olarak akut veya kronik olabilir (al-Baghdadi & ark., 2014).

Ligamanlar daha fazla uzadığında ve superior retrodiskal ligamanın elastikiyeti kaybolduğunda kondilin diski yakalamaya başlaması güçleşir. Disk redükte olmadığından, ağız hem açıkken hem da kapalıyken disk kondilin önündedir. Bu şekilde disk yakalanamadığı zaman kondilin öne doğru translasyonu sadece diski kondilin önüne doğru iter. Hastaların hikayesinde sert bir cismi ısırma (et vb.) veya uzun süreli ağız açık tutma vardır. Ağız kapanınca akut bir blok meydana gelir ve tekrar açılmaz. Bu durum ağrılı olabileceği gibi, ağrısızda olabilir. Kilitlenmeden önce eklemde var olan klik sesi ortadan kalkar. Ağız açıklığı 25-30 mm' dir (Okeson, 2008).



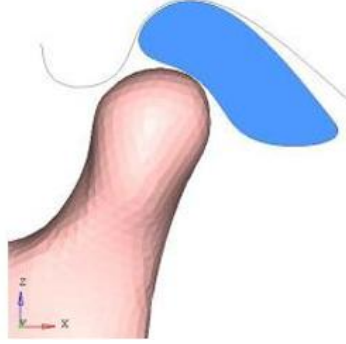
Şekil 5: Redüksiyonsuz disk dislokasyonu (kapalı kilit). Disk kondilin önüne çıkmıştır ve açılma sırasında asla kondille normal bir ilişkiye gelmez. Bu durum kondilin öne doğru translayon miktarını sınırlar ve bu da sınırlı ağız açıklığına neden olur.

Kaynak: Okeson, 2007

Etkilenen taraftaki hareketler kısıtlı olduğundan, sağlam taraf hareketleri normal olarak devam ettiği için mandibula orta hattın etkilenmiş tarafa kayar. Bu tablo genellikle durum akut iken görülür. Ancak durum kronik hale geldikçe klinik tablo netliğini kaybeder. Bu durum ligamanların klinik karakteri ile ilgilidir. Ligamanlar esnemeyen kollajen fiberlerden oluşmuştur ve eklem sınırlarını hareketlerini kısıtlarlar. Ancak zamanla ligamanlara uygulanan sürekli kuvvet uzamalarına sebep olur. Bu uzama çenenin hareket aralığının daha geniş olmasına neden olur ve ayırıcı tanı zorlaşır. Bazı hastalarda diskin kalıcı olarak disloke olduğunu kesin olarak tespit etmenin tek yol yumuşak doku görüntülemesidir (MR vb.) (Okeson, 2008). Şekil 5'te redüksiyonsuz disk dislokasyonu görülmektedir.

Disk posteriora yer değiştirmesi çok nadir olarak görülmektedir (eklem içi bozuklukların % 0.7–2.2'sinde) (Santos & ark., 2013). Etkilenen tarafta posterior dişlerde disklüzyon meydana gelir ve tipik olarak disklüzyon miktarı yaklaşık 1 mm kadardır (Huddleston Slater & ark., 2005). Ağrı daha çok disk perforasyonu olduğunda görülür. Eklem sesleri ince disk tipinde daha sık görülür ve vakaların yaklaşık yarısında klik sesi şeklindedir. Vakaların yaklaşık dörtte birinde açık kilit ve lüksasyon görülür (Okochi & ark., 2008). Bu durumun etiopatogenezi idiyopatikdir. Ancak farklı yazarlar farklı etioloji veya yatkınlık faktörleri ileri sürmüştür.

Örneğin travma, esneme gibi kuvvetli geniş açma, diskin ön bandının kalın olmaması, disk adezyonları ve disk perforasyonları gibi (Katti & ark., 2020). Şekil 6’da normal pozisyonundan posteriora kaymış disk görülmektedir.



Şekil 6: Kondil üzerinde posteriora deplase olmuş disk

Kaynak: Katti & ark., 2020

Sonuç

Temporomandibular eklem vücuttaki en komplike yapıya sahip ve en çok kullanılan eklemlerden biridir. TME’i ve ilgili yapıları, kasları etkileyen geniş bir hastalık grubu mevcuttur. Temporomandibular bozukluklar başlığı altında toplanmış bu rahatsızlıklar klinikte sık karşılaşılan bir hastalık grubudur. Bu hastalık grubu içerisinde de en sık kondil-disk kompleksi bozukluklar görülmektedir. TME’nin anatomik yapısının, çalışma mekanizmasının ve bozukluklarının iyi bilinmesi hastalıklarının teşhisinde ve ayırıcı tanısında büyük önem arz etmektedir.

Kaynakça

Abbass, Marwa M.S. et al. 2024. "The Temporomandibular Joint and the Human Body: A New Perspective on Cross Talk." *Dentistry Journal* 12(11): 1–35.

Af, Hegab. 2024. "Clinics in Surgery TMJ Internal Derangement Part 1 : Non-Surgical." : 1–11.

Aksoy, S., and K. Orhan. 2010. "Temporomandibular Eklemin Disk Deplasmanları." *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi* 27(1): 65–73.

al-Baghdadi, M. et al. 2014. "TMJ Disc Displacement without Reduction Management: A Systematic Review." *Journal of Dental Research* 93(7): 37S-51S.

Albayrak Gezer, İlknur. 2016. "Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Sınıflandırılması, Tanı ve Tedavisi." *Genel Tıp Dergisi* 26(1): 34–34.

Alomar, X. et al. 2007. "Anatomy of the Temporomandibular Joint." *Seminars in Ultrasound, CT and MRI* 28(3): 170–83.

Ashraf Baba, Irfan, Mohd Najmuddin, Aasim Farooq Shah, and Asif Yousuf. 2016. "TMJ Imaging: A Review." *International Journal of Contemporary Medical Research* 3(8): 2253–56. www.ijcmr.com.

Bag, Asim K. 2014. "Imaging of the Temporomandibular Joint: An Update." *World Journal of Radiology* 6(8): 567.

Devaraj, Sharmila devi, and Dr. Pradeep D. 2014. "Internal Derangement of Temporomandibular Joint - A Review." *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences* 13(3): 66–73.

Durham, J., J.G. Steele, R.W. Wassell, and C. Exley. 2010. "Living with Uncertainty." *Journal of Dental Research* 89(8): 827–30. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022034510368648>.

Durham, J. et al. 2014. "Developing Effective and Efficient Care Pathways in Chronic Pain: DEEP Study Protocol." *BMC Oral Health* 14(1): 6. <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-14-6>.

Durham, Justin, Toby R.O. Newton-John, and Joanna M. Zakrzewska. 2015. "Temporomandibular Disorders." *BMJ (Online)* 350(March): 1–9.

Helland, Michael M. 1980. "Anatomy and Function of the Temporomandibular Joint." *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1(3): 145–52. <http://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1980.1.3.145>.

Huddleston Slater, James J R, Frank Lobbezoo, Nico Hofman, and Machiel Naeije. 2005. "Case Report of a Posterior Disc Displacement without and with Reduction." *Journal of orofacial pain* 19(4): 337–42. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16279486>.

Kalladka, Mythili et al. 2014. "Temporomandibular Joint Osteoarthritis: Diagnosis and Long-Term Conservative Management: A Topic Review." *The Journal of Indian Prosthodontic Society* 14(1): 6–15. <http://link.springer.com/10.1007/s13191-013-0321-3>.

Katti C, Mohan , Katti G, Konda P. Posterior disc displacement in temporomandibular joint. *International Journal of Research and Review* Vol.7; Issue: 2; February 2020.

Koolstra, J.H. 2002. “Dynamics of the Human Masticatory System.” *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine* 13(4): 366–76.

<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154411130201300406>.

Koyama, E. et al. 2014. “Lubricin Is Required for the Structural Integrity and Post-Natal Maintenance of TMJ.” *Journal of Dental Research* 93(7): 663–70.

de Leeuw, Reny. 2008. “Internal Derangements of the Temporomandibular Joint.” *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America* 20(2): 159–68.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1042369907001306>.

Lobbezoo, Frank et al. 2004. “Topical Review: New Insights into the Pathology and Diagnosis of Disorders of the Temporomandibular Joint.” *Journal of orofacial pain* 18(3): 181–91. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15508997>.

Mehndiratta, Anurag et al. 2019. “Painful Clicking Jaw: A Pictorial Review of Internal Derangement of the Temporomandibular Joint.” *Polish Journal of Radiology* 84: e598–615.

Meng, Qing Gong, and Xing Long. 2008. “A Hypothetical Biological Synovial Fluid for Treatment of Temporomandibular Joint Disease.” *Medical Hypotheses* 70(4): 835–37.

Mosleh, Ahmed A. 2024. "Treatment of Temporomandibular Joint Internal Derangement Using MESNA Injection." *BMC Oral Health* 24(1): 1–14.

Murray, G. M., I. Phanachet, S. Uchida, and T. Whittle. 2004. "The Human Lateral Pterygoid Muscle: A Review of Some Experimental Aspects and Possible Clinical Relevance." *Australian Dental Journal* 49(1): 2–8.

Naeije, M. et al. 2013. "Disc Displacement within the Human Temporomandibular Joint: A Systematic Review of a 'Noisy Annoyance.'" *Journal of Oral Rehabilitation* 40(2): 139–58.

Odabaş, Bahadır, and Seher Gündüz Arslan. 2008. "Temporomandibular Eklem Anatomisi Ve Rahatsızlıkları." *Cilt* 1: 77.

Okeson, Jeffrey P. 2007. "Joint Intracapsular Disorders: Diagnostic and Nonsurgical Management Considerations." *Dental Clinics of North America* 51(1): 85–103.

Okeson JP. Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion. 6th ed. USA: Mosby Mosby, Inc. 2008.

Okochi, Kiyoshi et al. 2008. "MRI and Clinical Findings of Posterior Disk Displacement in the Temporomandibular Joint." *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 105(5): 644–48.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1079210407006063>.

Oliveira, Lucas Roberto Lelis Botelho de et al. 2023. "Temporomandibular Joint: From Anatomy to Internal Derangement." *Radiologia Brasileira* 56(2): 102–9.

Poluha, Rodrigo Lorenzi et al. 2019. “Temporomandibular Joint Disc Displacement with Reduction: A Review of Mechanisms and Clinical Presentation.” *Journal of Applied Oral Science* 27: 1–9.

Poveda Roda, Rafael et al. 2007. “Review of Temporomandibular Joint Pathology. Part I: Classification, Epidemiology and Risk Factors.” *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal* 12(4): 292–98.

Salamon, Nicolas M., and Jan W. Casselman. 2020. “Temporomandibular Joint Disorders: A Pictorial Review.” *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 24(05): 591–607. <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0040-1701631>.

Santos, Karina Cecília Panelli, Marcelo Eduardo Pereira Dutra, Luiza Veronica Warmling, and Jefferson Xavier Oliveira. 2013. “Correlation Among the Changes Observed in Temporomandibular Joint Internal Derangements Assessed by Magnetic Resonance in Symptomatic Patients.” *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 71(9): 1504–12. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0278239113004825>.

Sommer, Oliver J. et al. 2003. “Cross-Sectional and Functional Imaging of the Temporomandibular Joint: Radiology, Pathology, and Basic Biomechanics of the Jaw.” *RadioGraphics* 23(6): e14–e14. <http://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rg.e14>.

Tamimi, D., Husniye Demirturk Kocasarac, and S. Mardini. 2019. “Imaging of the Temporomandibular Joint.” *Seminars in Roentgenology* 54(3): 282–301. <https://doi.org/10.1053/j.ro.2019.03.007>.

Tran, C., K. Ghahreman, C. Huppa, and J. E. Gallagher. 2022. "Management of Temporomandibular Disorders: A Rapid Review of Systematic Reviews and Guidelines." *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 51(9): 1211–25. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2021.11.009>.

Wilkie, Greg, and Ziad Al-Ani. 2022. "Temporomandibular Joint Anatomy, Function and Clinical Relevance." *British Dental Journal* 233(7): 539–46.

Yaltırık, Mehmet, Alen Palancıoğlu, Meltem Koray, and Cevat Tuğrul Turgut. 2017. "Temporomandibular Joint Disorders and Diagnosis." *Yeditepe Dental Journal* 13(2): 43–50.

Yengin E. Temporomandibular rahatsızlıklarda teşhis ve tedavi. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Yay., 2000.

Young, Andrew L. 2015. "Internal Derangements of the Temporomandibular Joint: A Review of the Anatomy, Diagnosis, and Management." *Journal of Indian Prosthodontist Society* 15(1): 2–7.

BÖLÜM IV

Diş Hekimliğinde Fiber Post Kullanımı

Abdurrahman ÖĞÜNÇ¹
Mustafa KARACA²

Giriş

Kök kanal tedavili dişlere post uygulamasının en önemli amacı; koron kısmında yıkıma uğramış dişlerin kökünden retansiyon sağlanarak restorasyona destek sağlamaktır. Post tedavisi diş hekimliği pratiğinde uzun yıllardır başarı ile uygulanmaktadır. Klinik uygulamada döküm ve prefabrik metal postların yanında estetik gereksinimler nedeniyle diş renginde olan karbon fiberle güçlendirilmiş epoksi rezin, zirkon ve polietilen fiber postlar da kullanılabilmektedir (Goracci & Ferrari, 2011).

Sağlıklı ve endodontik olarak tedavi edilmiş dişler arasındaki farklara baktığımızda, bir sonraki basamak post varlığı ve kök kırığı

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Burdur/Türkiye, ORCID: 0000-0003-3245-6347, drabdurrahman07@hotmail.com

² Dr. Öğretim Üyesi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Periodontoloji Anabilim Dalı, Burdur/Türkiye, ORCID: 0000-0001-5853-2366, karaca0790@gmail.com

arasındaki ilişkinin değerlendirilmesidir (Grandini, 2004). Döküm postlar uygun fiziksel özellikleri ve biyouyumluluğu sebebiyle 1990'lı yıllarda yaygın olarak kullanılmıştır. Ancak sistem, postun veya kronun retansiyon kaybı, potansiyel post ve ya kök kırığı riski ve farklı metallerin kullanılması ile korozyon riski gibi birçok dezavantaja sahiptir (Martelli, 2000; Milnar, 2010; Okamoto K, 2008; Torbjorner, Karlsson, & Odman, 1995). Birçok faktör dahil olsa da, bu başarısızlıklardan bazıları postların mekanik özellikleriyle ilişkilidir (Anderson CC, 2007). Özellikle, kök kırıkları, postun şekli ve uzunluğu ile büyük oranda ilişkilidir (Cormier, Burns, & Moon, 2001).

Literatürü kısaca gözden geçirirsek, metal postlardan fiber postlara uzanan bir trendin kanıta dayalı desteği bol ve kesindir. Fiber postlar dentine yakın bir elastiteye sahiptir. Bu sayede kuvveti dağıtarak kök dentinine gelen stresi azaltır (Adanir & Belli, 2007; de Castro Albuquerque, Polleto, Fontana, & Cimini, 2003; Lanza, Aversa, Rengo, Apicella, & Apicella, 2005; Okamoto K, 2008). Fiber post galvanik akım oluşturmaz ve korozyona duyarlı değildir. (Döküm postlardaki başarısızlığın ana sebeplerindendir) (Torbjorner et al., 1995). Fiber postların diş rengindeki ve translüsent formları; seramik kronlarda, veneer kronlarda, rezin restorasyonlarda kullanılabilir (Martelli, 2000; Milnar, 2010). Fiber postun tüm çeşitleri bu ortak özelliklere sahiptir fakat hepsi birbirinin aynısı değildir, mikro yapı ve bileşim olarak farklılık arz ederler. Postların üretim aşamasındaki farklılıklar onların mekanik özelliklerini ve klinik performanslarını önemli derecede etkiler (Ferrari M, 2002; Grandini S, March 2004).

Restorasyonun uzun dönem başarısında kalan diş yapısının korunması, ferrule etkisinin bulunması ve adezyon en önemli değişkenlerdir (Dietschi, Duc, Krejci, & Sadan, 2007, 2008; Fernandes & Dessai, 2001; Schwartz & Robbins, 2004; Sevimay S, 2002). Uzun dönem başarıda, fiberle güçlendirilmiş kompozit (FRC) post restorasyonların adeziv simantasyonu başarılı klinik performans sergilemektedir (Bolla et al., 2007; Cagidiaco, Goracci, Garcia-Godoy, & Ferrari, 2008; Dietschi et al., 2008). Dentine yakın elastisite modülü sergileyen fiber postların klinik takibinde kök

kırığı enderdir ve çoğunlukla post desimantasyonu gibi geri döndürülebilir komplikasyonlar gözlemlenir. (Baba, Golden, & Goodacre, 2009; Cagidiaco MC, 2008; Cagidiaco et al., 2008; Dietschi et al., 2008).

Aslında, piyasada birçok fiber post mevcuttur. Fiber postların klinik başarısından dolayı birçok üretici kendi fiber postunu üretmiştir. Bu nedenle, uygun olan postu seçebilmesi için klinisyenin piyasada bulunan her bir fiber postun özelliklerini bilmesi önemlidir. Kök kanalının şekline ve dış türüne bağlı olarak, klinisyen hangisinin daha uygun olacağına karar verebilir. Ayrıca uygun bir bağlama sistemi ile kombinasyon yüksek önem kazanır. Üreticinin talimatları uyarınca uygun rezin siman ve yapıştırıcılar kullanılıyorsa, materyallerin daha iyi sonuçlar verdiği bilinmektedir (Ferrari M, 2002). Ayrıca maliyet bir faktör olabilir: piyasada bulunan bazı fiberler diğerlerinden daha ucuzdur, ancak ne tür bir materyal kullanmamız gerektiğine karar verirken bir maliyet / fayda oranının dikkate alınması gerektiğini unutmamalıyız (Monticelli F, 2003). Muhtemelen dikkate alınması gereken en önemli faktör, kullanılan fiber post / adeziv materyal / rezin siman / kor materyalinin davranışının deneysel ve klinik olarak değerlendirilmesidir (Ferrari M, 2002; Monticelli F, 2003; Vichi, Grandini, & Ferrari, 2001).

Fiber Postun Diş Hekimliğinde Kullanımı

Restoratif diş hekimliğinde fiber takviyeli malzemelerin potansiyeli bir süredir bilinmektedir (Bradley JS, 1980). Fiber postlar kompozit ile güçlendirilmiş malzemeler olarak düşünülebilir. Kompozit yapıların yapılmasının amacı, tek bileşenlere kıyasla nihai malzeme ile daha iyi mekanik özellikler elde etmektir. Fiber postlar, fiberin epoksi-rezin matris içine gömülmesiyle elde edilir ve iki bileşen arasındaki bağlantıyı optimize etmek için silan gibi ara yüzey ajanı kullanılır.

Metal postlar ile fiber postların karşılaştırması

Klinisyen döküm post-core hazırlarken apekte 3-4 mm guta kalacak şekilde kökün 2/3 uzunluğunda, kökün 1/3 genişliğinde bir

preperasyon boşluğu hazırlar (Schillimburg HT, 1982). Son on yılda, birçok araştırmacı, iyi performans gösteren bir döküm postun yıllarca ağızda kalabileceğini vurgulamışlardır (Schillimburg HT, 1982). Bununla birlikte, bu tür restorasyon literatürde %6 ile %10 aralığında başarısızlık oranına sahiptir (Morgano SM, 1993; Sorensen & Martinoff, 1984; Torbjorner et al., 1995). Başarısızlık oranı, prefabrik metal postlar incelendiğinde daha da artabilir (Fuss, Lustig, & Tamse, 1999; Tjan & Whang, 1985). Önceden post destekli restorasyonlarla başarıyı elde etmek için postun güçlü, uzun ve mümkün olduğunca sert olması gerektiği düşünülmüştür (Morgano SM, 1993; Schillimburg HT, 1982; Sorensen & Martinoff, 1984; Torbjorner et al., 1995). Bununla birlikte, metal postlar dentinin elastik sınırını aşmazlarsa başarılı olabilirler (KD, 1983; Leary, Aquilino, & Svare, 1987). Bir post yerleştirirken, diş hekimi, maksimal kırılma direncini elde etmek ve en iyi yaklaşımı belirlemek için her diş ayrı ayrı değerlendirmelidir (Stockton, 1999).

Döküm post-core ile karbon fiber postları karşılaştıran bir çalışmada 200 hasta incelendi. Döküm post-core (Grup 1, elastikiyet modülü açısından yüksek modül restorasyonları) ve fiber post (Grup 2, düşük modül restorasyonlar) başarısızlık oranı tamamen farklı bulundu. Grup 1'in % 84'ünde klinik başarı, % 2'sinde uyumsuzluk ve % 9'unda kök kırığı, % 2'sinde kronun yerinden çıkması, % 3'ünde endodontik başarısızlık görüldü. Tersine Grup 2'nin klinik başarı oranı % 95, uyumsuzluk nedeniyle başarısızlık % 3, endodontik başarısızlık oranı % 2 idi. İki grup arasındaki fark istatistiksel olarak oldukça anlamlı bulunmuştur (Ferrari M, 2000). Bu nedenle, fiber postların klinik kabulü daha önceye göre daha yüksektir. Kök kırığı bulunmama avantajı çok önemlidir. Başarısızlık mekanizması söz konusu olduğunda, metalik postlar, geri döndürülemez kök kırığına neden olurlar. Tersine, bir fiber post varlığında, meydana gelen kök kırığı genellikle daha koronal olarak ortaya çıkar ve daha kolay kaldırılabilir (Cornier CJ, 2001; Reagan, Fruits, Van Brunt, & Ward, 1999; Ukon et al., 2000). Bu tip başarısızlık, metalik bir post yerleştirildiğinde daha geniş miktarda diş yapısı kaldırılma gerekliliğine bağlı olabilir (Stankiewicz & Wilson, 2002).

Final restorasyon tasarımının rolü (ferrule etkisi)

Endodontik olarak tedavi edilen dişlerde koronal kaplama kök kırığını önlemede çok önemli bir faktör olarak düşünülmüştür (AL, 1959). Uzun yıllar önce (1961)(H., 1961) subgingival bir boynun varlığının desteklik sağlayarak kök kırığını önlediği bildirilmiştir. "Ferrule etkisi" terimi Eissman ve Radke tarafından 1987'de ilk defa kullanıldı ve diş saran 360 derecelik bir döküm metal halka olarak belirtildi. Protez terimler sözlüğünde ferrule etkisi post yapısını güçlendiren metal halka veya başlık olarak tanımlanmıştır.

Farklı korono-radiküler rekonstrüksiyon yöntemlerin diş dokularına stres iletimi üzerindeki etkisini karşılaştırmak için bir simülasyon çalışması tasarlanmıştır. Stresin tipi (gerilme veya sıkıştırma) ne olursa olsun, en büyük stres servikal bölgede modelden bağımsız olarak gözlenmiştir. Servikal bir ferrule etkisinin bulunmaması, belirleyici bir negatif faktör olarak bulunmuş ve bunun da oldukça yüksek stres seviyeleri ortaya çıkardığı gösterilmiştir. Bununla birlikte periferik ferrule etkisinin, rekonstrüksiyon malzemesinin stres yoğunluğu üzerindeki mekanik etkisini azalttığı görülmüştür. Ayrıca, ferrule etkisi elde edildiğinde, rekonstrüksiyon maddesinin seçimi servikal stres seviyesi üzerine hiçbir etkiye sahip değildir (Pierrisnard L, 2002).

Sonuç olarak, endodontik olarak tedavi edilmiş dişlerin restorasyonu için ferrule etkisi istenmektedir. Kron uzatılması terapötik seçeneklerden biri olarak kabul edilebilir ve pozitif bir kron / kök oranı tedavinin başarısını öngörmeye önemli bir faktördür. Protetik tedaviden önce gingivektomi yöntemi ile kron boyu uzatılması ferrule etkisinin sağlanmasına destek olabilir.

Bonding için kök kanal dentininin preperasyonu

Endodontik tedavideki başarı, kök kanal tedavisi görmüş dişlerin restorasyonunda başarıyı sağlamak için önemli bir faktördür. İyi bir şekilde gerçekleştirilen endodontik tedavi, kök kanalı içerisindeki artık ve organik maddenin giderilmesine (A., 1993) ve kanalın kendisinin bir obturasyon malzemesi ile doldurulmak için

mekanik olarak hazırlanmasına dayanmaktadır (JA, 1993). Literatürde, apikal tıkanmanın önemi zaten vurgulanmıştır (Walton R, 1996). Daha yakın zamanlarda koronal tıkama aynı önemi kazanmış ve bir çok araştırmacı iyi performans gösteren bir endodontik tedavinin ağız boşluğuna maruz kalmasının kaçınılmaz olarak yeniden enfeksiyona ve başarısızlığa neden olduğuna karar vermiştir (Madison, Swanson, & Chiles, 1987; Madison & Wilcox, 1988; Swanson & Madison, 1987).

Post preperasyonunda, hızlı olmaları ve bağlanmanın yapılabileceği bölgede daha temiz bir yüzey alanı bırakarak artıkların daha yüksek oranda kaldırılmasına izin verdikleri için elmas frezler genellikle tercih edilir.

Fiber postların kök kanalına retansiyonu ve simantasyonu ile ilgili faktörler

Endodontik tedavi görmüş dişlerin uzun dönem restoratif ve protetik tedavisi; restorasyonun kalitesine, restorasyonun klinik adaptasyonuna ve kalan sağlam diş dokusuna bağlıdır.

Yapıştırıcı ajan Seçimi

Geleneksel Rezin Siman

Dentine bağlanma total etch ve self etch adeziv kullanılarak elde edilebilir (Van Meerbeek et al., 2003). Bu yapıştırıcıların basitleştirilmiş versiyonları, yapıştırmayı daha basit, daha hızlı ve kullanıcı dostu yapmıştır (Peumans et al., 2005). Halen mevcut tek adımlı self-etch adezivlerin tekli şişe versiyonları pazarlanmaktadır (Moszner, Salz, & Zimmermann, 2005; Nishiyama et al., 2006).

Simantasyondan önce kullanılan bağlama maddesine göre iki alt gruba ayrılabilirler. Bir grupta etch-and-rise adeziv sistemleri kullanır (örn., Variolink II, Ivoclar-Vivadent, Schaan, Lichtenstein, Calibra, Dentsply Caulk, Milford, DE, USA; Nexus, Sybron-Kerr, Orange, CA, USA). Diğer grupta self etching primer uygulanır (örn., Panavia 21, Panavia F ve Panavia F 2.0, Kuraray Medical Inc., Tokyo, Japonya; Multilink, Ivoclar-Vivadent). İmalatçılar, prefabrike endodontik postların simantasyonu için self veya ışıkla

sertleşen adeziv sistemleri önermektedir (Ferrari, Vichi, & Grandini, 2001).

Işıkla aktive olan materyalin kök dentine bağlanmasının, özellikle kök kanalının orta ve apikal uçlusu gibi zor ışık erişim alanlarında etkinliğinin şüphesinden dolayı self-curing adeziv sistemler daha çok tercih edilir (Roberts, Leonard, Vandewalle, Cohen, & Charlton, 2004) Daha yakın zamanlarda, dual polimerize rezin yapıştırma ajanları tanıtıldı. Light-cured kompozitlerle karşılaştırıldığında, genellikle dual-cured ve self-cured kompozitlerin polimer akışı ile daha fazla stres gidermeye izin veren düşük sertleşme hızları nedeniyle daha düşük büzülme stresleri oluşturduğu kabul edilmektedir (Feng & Suh, 2006). Fakat, aynı dual cure kompoziti, self-cure ve light cure modda kullandığımızda, iki modda benzer büzülme değerleri bulunmasına rağmen, self-cure modda ise düşük elastik modül bulunmuştur (Feng & Suh, 2006).

SONUÇ

Fiber postlar ile ilgili yapılan klinik çalışmalar

Karbon fiber postlardan başka estetik fiber postların klinik etkinliği 2003 yılından sonra araştırılmaya başlandı. Monticelli ve ark. (Monticelli F, 2003) 225 hastaya uygulanan 3 farklı tip estetik postun (Aesthetic Plus, DT ve FRC Postec) klinik performansını değerlendirmişlerdir ve her grupta farklı simanlar kullanılmıştır. Hastalara 6, 12 ve 24 aylık takipler sonucu 3 sistem arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

Naumann ve ark. (Naumann, Sterzenbac, Alexandra, & Dietrich, 2007) yaptığı prospektif bir çalışmada cam fiberle güçlendirilmiş kompozit post restorasyonları şekillerine göre (paralel duvarlı ya da konik) incelemiştir. 105 post 83 hastada 2 yıl boyunca takip altında tutulmuştur. Fiberle güçlendirilmiş kompozit post restorasyonun 1 ve 2 yıllık başarısızlık oranları sırasıyla %4 ve %12'dir ve her iki post tipi arasında başarısızlık oranları açısından bir fark bulunmamıştır.

Post kırılması ve desimantasyonu en çok görülen başarısızlık

tipidir. Naumann ve ark.'nın (Naumann, Blankenstein, Kiessling, & Dietrich, 2005) yaptıkları bir prospektif çalışmada, konik ve paralel duvarlı 3 farklı postu klinik başarısızlıkları açısından incelemişler ve ön bölgedeki dişlerde arka bölgedeki dişlere oranla, proksimal teması olmayan dişlerin en az bir teması olan dişlere oranla, tek kuronların köprülere oranla daha fazla başarısızlık oranlarına sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Proksimal temasların okluzal stresleri karşılama açısından önemli bir rol oynadığı, tek kronların proksimal temaslarının olmasına rağmen vestibulo-oral yönde gelen kuvvetlerden dolayı başarısızlığa daha yatkın hale geldiği, 2 mm'lik ferrulenin post sisteminin direncini önemli ölçüde artırdığı ayrıca tespit edilmiştir (Dikbas & Tanalp, 2013; Naumann et al., 2005).

Sonuç olarak fiber postlar, dentine yakın elastik modülüne sahip olması ve köke daha az stres iletmesi gibi avantajlarından dolayı ferrule etkisi elde edilebilen bir dişe doğru adeziv prosedürler uygulanarak yapıştırıldığında klinik olarak kabul edilebilir sonuçlar sergiler. Bu nedenle fiber postların protetik amaçla restorasyonlarda kullanımı tavsiye edilebilir.

KAYNAKÇA

A., C. (1993). Endodontics. *Ed Martina, Milano*.

Adanir, N., & Belli, S. (2007). Stress analysis of a maxillary central incisor restored with different posts. *Eur J Dent*, 1(2), 67-71. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19212479>

AL, F. (1959). Protective coverage of pulpless teeth. *J Am Dent Assoc* 59(895-900).

Anderson CC, P. J., Hodges JS, et al. (2007). Efficiency and effectiveness of fiber post removal using 3 techniques. 663-670.

Baba, N. Z., Golden, G., & Goodacre, C. J. (2009). Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosthodont*, 18(6), 527-536. doi:10.1111/j.1532-849X.2009.00464.x

Bolla, M., Muller-Bolla, M., Borg, C., Lupi-Pegurier, L., Laplanche, O., & Leforestier, E. (2007). Root canal posts for the restoration of root filled teeth. *Cochrane Database Syst Rev*(1), CD004623. doi:10.1002/14651858.CD004623.pub2

Bradley JS, H. G., Johnson-Nurse C. . (1980). Carbon fibre reinforced epoxy as a high strength, low modulus material for internal fixation plates. *Biomaterials*, 1, 38-40.

Cagidiaco MC, G. C., Garcia-Godoy F, Ferrari M. (2008). Clinical trials of fiber posts: a literature review. In: Ferrari M with Breschi L, Grandini S. Fiber posts and endodontically treated teeth: a compendium of scientific and clinical perspectives. *Wendywood: Modern Dentistry Media*, 149-163.

Cagidiaco, M. C., Goracci, C., Garcia-Godoy, F., & Ferrari, M. (2008). Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont*, 21(4), 328-336. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18717092>

Cormier, C. J., Burns, D. R., & Moon, P. (2001). In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic, and conventional post systems at various stages of restoration. *J Prosthodont*, 10(1), 26-36. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11406793>

Cornier CJ, B. D., Moon P. . (2001). In vitro comparison of the fracture resistance and failure mode of fiber, ceramic and conventional post systems at variuos stages of restorations. *J Prosthodont*, 10, 26-36.

de Castro Albuquerque, R., Polleto, L. T., Fontana, R. H., & Cimini, C. A. (2003). Stress analysis of an upper central incisor restored with different posts. *J Oral Rehabil*, 30(9), 936-943. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12950976>

Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., & Sadan, A. (2007). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature--Part 1. Composition and micro- and macrostructure alterations. *Quintessence Int*, 38(9), 733-743. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17873980>

Dietschi, D., Duc, O., Krejci, I., & Sadan, A. (2008). Biomechanical considerations for the restoration of endodontically treated teeth: a systematic review of the literature, Part II (Evaluation of fatigue behavior, interfaces, and in vivo studies). *Quintessence*

Int, 39(2), 117-129. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18560650>

Dikbas, I., & Tanalp, J. (2013). An overview of clinical studies on fiber post systems. *ScientificWorldJournal*, 2013, 171380. doi:10.1155/2013/171380

Feng, L., & Suh, B. I. (2006). The effect of curing modes on polymerization contraction stress of a dual cured composite. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 76(1), 196-202. doi:10.1002/jbm.b.30355

Fernandes, A. S., & Dessai, G. S. (2001). Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review. *Int J Prosthodont*, 14(4), 355-363. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11508092>

Ferrari M, S. R. (2002). Fiber Posts: Characteristics and Clinical Applications. *Masson Publishing*, 26.

Ferrari M, V. A., Garcia Godoy F. (2000). A retrospective study of fiber-reinforced epoxy resin posts vs. cast post and cores: a four year recall. *Am J Dent* 13, 9B-14B.

Ferrari, M., Vichi, A., & Grandini, S. (2001). Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater*, 17(5), 422-429. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11445210>

Fuss, Z., Lustig, J., & Tamse, A. (1999). Prevalence of vertical root fractures in extracted endodontically treated teeth. *Int Endod J*, 32(4), 283-286. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10551119>

Goracci, C., & Ferrari, M. (2011). Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*, 56 Suppl 1, 77-83. doi:10.1111/j.1834-7819.2010.01298.x

Grandini S, G. C., Monticelli F, et al. . (March 2004). An evaluation, using a three-point bending test, of the fatigue resistance of certain fiber posts. *Dentista Moderno*, 70-74.

Grandini, S. (2004). Basic and clinical aspects of selection and application of fiber posts.

H., R. (1961). Operative procedures in mutilated endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*, 11, 973-986.

JA, I. (1993). Endodonzia. *Piccin Editore, Padova, Italy* 29-40.

KD, D. (1983). The prosthodontic use of endodontically treated teeth: theory and biomechanics of post preparation. *J Prosthet Dent* 49, 203-206.

Lanza, A., Aversa, R., Rengo, S., Apicella, D., & Apicella, A. (2005). 3D FEA of cemented steel, glass and carbon posts in a maxillary incisor. *Dent Mater*, 21(8), 709-715. doi:10.1016/j.dental.2004.09.010

Leary, J. M., Aquilino, S. A., & Svare, C. W. (1987). An evaluation of post length within the elastic limits of dentin. *J Prosthet Dent*, 57(3), 277-281. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3553547>

Madison, S., Swanson, K., & Chiles, S. A. (1987). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth.

Part II. Sealer types. *J Endod*, 13(3), 109-112. doi:10.1016/S0099-2399(87)80175-9

Madison, S., & Wilcox, L. R. (1988). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part III. In vivo study. *J Endod*, 14(9), 455-458. doi:10.1016/S0099-2399(88)80135-3

Martelli, R. (2000). Fourth-generation intraradicular posts for the aesthetic restoration of anterior teeth. *Pract Periodontics Aesthet Dent*, 12(6), 579-584; quiz 586-578. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11404909>

Milnar, F. J. (2010). Aesthetic treatment of dark root syndrome. *Dent Today*, 29(9), 74-76, 78-79. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20973420>

Monticelli F, G. S., Goracci C, Ferrari M. . (2003). Clinical behaviour of translucent fiber posts and luting and restorative materials: a 2-year report. *Int J Prosthodont*, 16, 593.

Morgano SM, M. P. (1993). Clinical success of cast metal post and cores. *J Prosthet Dent* 70, 11-16.

Moszner, N., Salz, U., & Zimmermann, J. (2005). Chemical aspects of self-etching enamel-dentin adhesives: a systematic review. *Dent Mater*, 21(10), 895-910. doi:10.1016/j.dental.2005.05.001

Naumann, M., Blankenstein, F., Kiessling, S., & Dietrich, T. (2005). Risk factors for failure of glass fiber-reinforced composite post restorations: a prospective observational clinical study. *Eur J Oral Sci*, 113(6), 519-524. doi:10.1111/j.1600-0722.2005.00257.x

Naumann, M., Sterzenbac, G., Alexandra, F., & Dietrich, T. (2007). Randomized controlled clinical pilot trial of titanium vs. glass fiber prefabricated posts: preliminary results after up to 3 years. *Int J Prosthodont*, 20(5), 499-503. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17944340>

Nishiyama, N., Tay, F. R., Fujita, K., Pashley, D. H., Ikemura, K., Hiraishi, N., & King, N. M. (2006). Hydrolysis of functional monomers in a single-bottle self-etching primer--correlation of ¹³C NMR and TEM findings. *J Dent Res*, 85(5), 422-426. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16632754>

Okamoto K, I. T., Iwase N, et al. . (2008). Three dimensional finite element analysis of stress distrubition in composite resin cores with fiber post of varying diameters. *Dent Mater J.*, 49-55.

Peumans, M., Kanumilli, P., De Munck, J., Van Landuyt, K., Lambrechts, P., & Van Meerbeek, B. (2005). Clinical effectiveness of contemporary adhesives: a systematic review of current clinical trials. *Dent Mater*, 21(9), 864-881. doi:10.1016/j.dental.2005.02.003

Pierrisnard L, B. F., Renault P, Barquins M. . (2002). Corono-radicular reconstruction of pulpless teeth: a mechanical study using finite element analysis. *J Prosthet Dent*, 88, 442-448.

Reagan, S. E., Fruits, T. J., Van Brunt, C. L., & Ward, C. K. (1999). Effects of cyclic loading on selected post-and-core systems. *Quintessence Int*, 30(1), 61-67. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10323160>

Roberts, H. W., Leonard, D. L., Vandewalle, K. S., Cohen, M. E., & Charlton, D. G. (2004). The effect of a translucent post on resin

composite depth of cure. *Dent Mater*, 20(7), 617-622. doi:10.1016/j.dental.2003.10.004

Schillimburg HT, K. J. (1982). Restoration of endodontically treated teeth. *Quintessence Publishing Co Inc Chicago*.

Schwartz, R. S., & Robbins, J. W. (2004). Post placement and restoration of endodontically treated teeth: a literature review. *J Endod*, 30(5), 289-301. doi:10.1097/00004770-200405000-00001

Sevimay S, A. B. (2002). Effects of root canal sealers and luting agents on coronal leakage following the post restorations. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak. Dergisi*.

Sorensen, J. A., & Martinoff, J. T. (1984). Intracoronar reinforcement and coronal coverage: a study of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent*, 51(6), 780-784. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6376780>

Stankiewicz, N. R., & Wilson, P. R. (2002). The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J*, 35(7), 575-581. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12190896>

Stockton, L. W. (1999). Factors affecting retention of post systems: a literature review. *J Prosthet Dent*, 81(4), 380-385. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10095205>

Swanson, K., & Madison, S. (1987). An evaluation of coronal microleakage in endodontically treated teeth. Part I. Time periods. *J Endod*, 13(2), 56-59. doi:10.1016/S0099-2399(87)80155-3

Tjan, A. H., & Whang, S. B. (1985). Resistance to root fracture of dowel channels with various thicknesses of buccal dentin walls. *J*

Prosthet Dent, 53(4), 496-500. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3889282>

Torbjorner, A., Karlsson, S., & Odman, P. A. (1995). Survival rate and failure characteristics for two post designs. *J Prosthet Dent*, 73(5), 439-444. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7658393>

Ukon, S., Moroi, H., Okimoto, K., Fujita, M., Ishikawa, M., Terada, Y., & Satoh, H. (2000). Influence of different elastic moduli of dowel and core on stress distribution in root. *Dent Mater J*, 19(1), 50-64. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11219090>

Van Meerbeek, B., De Munck, J., Yoshida, Y., Inoue, S., Vargas, M., Vijay, P., . . . Vanherle, G. (2003). Buonocore memorial lecture. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Oper Dent*, 28(3), 215-235. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12760693>

Vichi, A., Grandini, S., & Ferrari, M. (2001). Clinical procedure for luting glass-fiber posts. *J Adhes Dent*, 3(4), 353-359. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11893051>

Walton R, T. M. (1996). Principles and practice of endodontics , 2nd edition,. W.B. Saunders Co.,.

BÖLÜM V

Diş Hekimliğinde Bilgisayar Destekli Üretim

Nuray İSKEFLİ¹

1. Giriş

Bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (computer-aided design/computer-aided manufacturing-CAD/CAM) endüstride uzun yıllardır kullanılmaktadır. 1980’li yıllarda da dental sektöre girmiştir. Özellikle son dönemlerde diş hekimliğinde popülerliği artmıştır. Dental CAD/CAM uygulamaları 3 komponent içerir: Tarayıcı, taranan verilerin işlenmesini sağlayan yazılım ve veriyi restorasyon, protez veya apareye dönüştüren üretim sistemi (Suganna & ark., 2022; Sulaiman, 2020). Geleneksel üretim yöntemleri ise ölçü, alçı model eldesi ve alçı model üzerinde yapılan mum modelasyon ile başlar. Daha sonra döküm yolu ile mum modelasyondan metal, seramik, akrilik veya silikon gibi daimi materyal elde edilir. Geleneksel üretim aşamaları büyük oranda

¹ Öğr. Görevlisi Dr., İstanbul Medeniyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul/Türkiye, Orcid: 0000-0002-4921-833X, niskefli@gmail.com

insan gücü gerektirir. İşlemler sırasında materyallerde genleşme veya büzülme oluşabilir. Bu da üretim hatalarının artmasının yanı sıra maliyetin artmasına ve zaman kaybına da neden olur. Ayrıca kaliteli bir protez üretimi için işlemleri yapan kişinin önemli ölçüde beceri ve bilgiye sahip olması gerekir (Abduo, Lyons & Bennamoun, 2014). CAD/CAM teknolojisi bu dezavantajları ortadan kaldırarak hassas ve doğru bir şekilde restorasyon üretimine imkan sağlar (Suganna & ark., 2022). Bu sistemlerde üretim basamağı eksiltmeli veya eklemeli yöntemlerden biri ile yapılabilir (Moon & ark., 2022; Sulaiman, 2020). Bilgisayar destekli üretim geniş bir yelpazedeki çeşitli metal, seramik ve rezin materyallerinin kullanımına olanak sağlar (Abduo, Lyons & Bennamoun, 2014).

Eksiltme yöntemi

Eksiltmeli CAD/CAM teknolojileri diş hekimliğinde büyük gelişmelere yol açmıştır. Doğru boyutlarda güvenilir restorasyonlar üretmeyi ve üretim süresini kısaltmayı mümkün kılmıştır (Dehurtevent & ark., 2017).

Eksiltmeli yöntemde hazır bir bloktan fazla materyal kazıma ile uzaklaştırılarak üretim yapılır (Galante, Figueiredo-Pina & Serro, 2019). Burada, CNC (Computer Numerical Controlled) teknolojisi ile istenilen objeyi elde etmek için katı bloklardan fazla materyali kazıyarak uzaklaştıran bir frezeleme makinesi kullanılır (Beuer, Schweiger & Edelhoff, 2008; Braian & ark., 2018). Kazıma makinesi 3, 4 veya 5 akslı olabilir (Pilecco & ark., 2024; Sulaiman, 2020). 3 akslı freze cihazları üç uzaysal yönde (x, y, z) hareket ederler. Böylece millin hareketi X, Y ve Z değerleri ile belirlenir. Dental alanda kullanılan tüm 3 akslı cihazlar restorasyonun iç veya dış kısımlarını kazıyabilmek için materyali 180° çevirebilir. Bu

frezeleme cihazlarında frezeleme süresi kısadır ve üç eksen den dolayı kontrolü basittir. Lava (3M ESPE), inLab (Sirona), Cercon brain (DeguDent) bunlara örnek olarak verilebilir. 4 akslı kazıma cihazlarında çok yönde hareket mümkündür (X, Y, Z, A). Zaman ve materyalden tasarruf sağlarlar. Zeno (Wieland-Imes) bu sistemlerden biridir. 5 akslı cihazlar (X, Y, Z, A, B) ise daha karmaşık geometriye sahip restorasyonların üretimine olanak sağlar. Everest Engine (KaVo) laboratuvarlarda, HSC Milling Device (Etkon) ise üretim merkezlerinde kullanılan örnekleridir (Beuer, Schweiger & Edelhoff, 2008) .

Kazıma sistemlerinin laboratuvarlarda kullanılanları ve kliniklerde kullanılan hastabaşı tipleri mevcuttur Yarı sinterize veya tam sinterize bloklardan kuru veya ıslak şekilde kazıma yapılır (Pilecco & ark., 2024; Sulaiman 2020).

Frezelem işlemi, sert kazıma (hard machining) ve yumuşak kazıma (soft machining) olmak üzere iki tiptedir. Yarı sinterize zirkonya blokların kazınması kuru ortamda tungsten karbit frezler kullanılarak kumuşak frezeleme şeklinde, kompozit rezinlerin ve cam seramiklerin kazınması sıvı soğutması altında elmas frezler kullanılarak sert frezeleme şeklinde yapılır (Pilecco & ark., 2024). Sert kazıma üretilmek istenen obje tam boyutlarında kazınır. Burada tam sinterize yüksek sertlikte bloklardan üretim yapılır. Etkin kazıma için yüksek kesme kuvvetleri uygulayabilen güçlü makineler gereklidir. Kesme gücünün çoğu termal enerjiye dönüşür ve kazıyıcı aletlerin ısınmasına ve ömrünün azalmasına neden olur. Ayrıca, frezelenen materyalde de ısı artışı olur. Özellikle zirkonya, titanyum gibi düşük ısı iletkenliğine sahip materyallerde yüzey sıcaklığındaki artış daha da belirginleşecektir. Bundan dolayı kazınan materyalin aşırı ısınmasını önlemek için sürekli soğutma

gerekir (Kikuchi, 2009). Yumuşak veya kuru frezelemede ise obje yarı sinterize bloktan normal boyutlarından daha büyük olarak kazınır ve daha sonra tekrar sinterlenerek tam boyutuna getirilir. Bu teknikte üretim daha basittir, daha düşük kesme kuvvetleri gerekir, frezlerin ömrü artar, üretilen malzemenin yüzey kalitesi artar ve daha az zaman alır (Abduo, Lyons & Bennamoun, 2014).

Eksiltmeli yöntemde kullanılan bloklar materyalde defekt ve rezidüel stres oluşma riskini azaltmak için yüksek düzeyde standardize edilmiş koşullar altında endüstriyel olarak üretilir. Materyalin büyük kısmının atılması ve frezlerin ciddi oranda aşınması bu yöntemin önemli bir dezavantajıdır. Bir başka dezavantajı da kompleks oklüzal anatomi gibi organik geometrilerin oluşturulamamasıdır. Bunun nedeni frezlerin kazıma kabiliyetlerinin (bu alanlara ulaşabilme kabiliyetlerinin) sınırlı olmasıdır. En küçük kazıyıcı frezin çapından daha küçük yüzey detayları üretilmemektedir. Bu nedenle dental CAM yazılımları, üretilen nesnenin uyumunu etkileyebilecek dril-kompanse edici özellikleriyle bunu dengelemektedir (Braian & ark., 2018). Ayrıca frezeleme işlemi restorasyonları zayıflatabilecek mikro çatlakların oluşmasına neden olabilmektedir (Dehurtevent & ark., 2017).

Eksiltmeli yöntemin üretim hassasiyeti kazıyıcı frezlerin aşınmasından, materyalde oluşan lokal çatlaklardan ve kazıyıcı frezlerin giriş yollarının limitli olmasından etkilenmektedir (Moon & ark., 2022; Örtorp & ark., 2011).

Ayrıca sistem bir diğer sınırlaması da, aynı anda yalnızca bir parça frezelenemediğinden, kuronlar ve köprüler gibi seri üretime kolayca uyum sağlayamamasıdır (Van Noort, 2012).

Güncel kazınabilir materyaller mum, polimetilmetakrilat (PMMA), kompozit rezinler, güçlendirilmiş (yüksek performans) polimerler, metal ve seramikleri içerir. Seramik sınıfında cam seramikler, polikristalin seramikler, hibrid seramikler (polimer infiltre edilmiş seramikler) ve rezin bazlı seramikler (seramik partikülleri ile güçlendirilmiş polimerler) kazıma ile üretime uygundur (Rexhepi & ark., 2023; Sulaiman, 2020).

Ekleme yöntemi

Hızlı prototipleme (rapid prototyping) veya 3 boyutlu baskı (3DP) olarak da adlandırılan eklemeli üretim, bilgisayar kontrolü altında 3 boyutlu (3B) dijital CAD verilerinden doğrudan 3 boyutlu katı bir nesne oluşturmak için kullanılır (Galante, Figueiredo-Pina & Serro, 2019; Javaid & Haleem, 2019). Çalışma prensibi bir 3 boyutlu bilgisayar dosyasının alınması ve bu dosyadan kesitsel dilimlerin oluşturulmasıyla başlar. Daha sonra her dilim, 3 boyutlu nesneyi oluşturmak için üst üste yazdırılır. Böylece üretilmek istenen obje materyalin tabaka tabaka üst üste eklenmesi ile oluşturulur (Galante, Figueiredo-Pina & Serro, 2019; Van Noort, 2012). 3 boyutlu bilgisayar dosyası STL (standard transformation language) formatındadır (Methani, Revilla-León & Zandinejad, 2020). Bu teknoloji havacılık, otomotiv, enerji üretimi, biyomedikal gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Galante, Figueiredo-Pina & Serro, 2019).

Eklemeli üretim yöntemleri 7 ana sınıfa ayrılabilir:

1. Kazan fotopolimerizasyonu (Vat photopolymerization-VPP)
2. Malzeme ekstrüzyonu (Material extrusion-MEX)
3. Malzeme püskürtme (Material jetting-MJT)

4. Bağlayıcı püskürtme (Binder jetting-BJT)
5. Toz yataklı füzyon (Powder-bed fusion-PBF)
6. Yönlendirilmiş enerji biriktirme (Directed energy deposition-DED)
7. Sac laminasyon (Sheet lamination-SHL)

Bu yöntemlerin tümü diş hekimliğinde kullanım alanına sahip değildir. Dental sektörde kullanılan eklemeli üretim yöntemleri şunlardır:

1. Kazan fotopolimerizasyonu
 - . Stereolitografi (Stereolithography-SLA): Akrilat fotopolimer, plastik, seramik.
 - . Dijital ışık işleme (Digital Light Processing-DLP): UV ile polimerize olan reçineler, seramik.
 - . Devamlı dijital ışık işleme (Continuous Digital Light Processing-CDLP): UV ile polimerize olan reçineler, seramik.
 - . Direkt UV baskı (Direct UV Printing-DUP): UV ile polimerize olan reçineler.
2. Malzeme ekstrüzyonu
 - . Eriyik Yığma Modelleme (Fused Deposition Modelling) (FDM) / Birleşik Filaman Üretim (Fused Filament Fabrication (FFF)): Polikarbonat, Akrilonitril butadin sitrin (ABS)
3. Malzeme püskürtme (MJT): Plastik
4. Bağlayıcı püskürtme (Binder jetting-BJT)
4. Toz yataklı füzyon (PBF)

. Seçici Lazer Sinterleme (SLS): Termoplastikler, plastik, metal, seramik.

. Direkt Metal Lazer Sinterleme (DMLS) / Seçici Lazer Eritme (SLM): Titanyum, kobalt, alüminyum, bronz, nikel alaşımları ve çelik.

. Seçici elektron ışınli ergusme (Selective electron beam melting-SEBM) (Du & ark., 2020; Türk, Çömlekoğlu & Çömlekoğlu 2022; Schweiger, Edelhoff & Güth, 2021).

Eklemeli üretimin kazıma yöntemine göre pek çok getirisi vardır. Bu tekniğın temel avantajı undercutlar, boşluklar ve karmaşık internal geometriler gibi ince detayları içeren objeleri üretebilmesidir. Karmaşık detaylara sahip kişiselleştirilmiş dental işlerin net boyutuna yakın şekilde üretimine olanak sağlar. Tasarımın karmaşıklığı maliyeti arttırmaz. Üretim süresi kısadır. Daha az aşama içerdüğinden buralardaki insan müdahalesi ve buna bağılı olarak oluşan hatalar da azalmıştır. Eklemeli bir teknik olduğundan malzeme israfını ve enerji tüketimini azaltır, frezler gibi geleneksel üretim araçlarının kullanımını ortadan kaldırır. Aynı anda çoklu üretime olanak tanır (Galante, Figueiredo-Pina & Serro, 2019; Kessler, Hickel & Reymus, 2020; Van Noort, 2012). Eklemeli üretim tekniklerinin de bir birlerine göre üstünlük ve eksiklikleri mevcuttur. Tablo 1’de bazı eklemeli üretim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları verilmiştir (Methani & ark., 2020).

Kazan fotopolimerizasyonu (VPP)

Kazan fotopolimerizasyonu UV ışık kullanarak likit fotopolimer reçineyi bir kazanda tabaka tabaka kürleyerek üretim yapan yöntemleri kapsar. Bu yöntemlerde genellikle (met)akrilat monomerlerden, oligomerlerden ve fotoinitatorlerden oluşan likit

fotopolimer reçineler kullanılır. Polimerizasyon için uygulanan ışığın tipine bağlı olarak 4 farklı kazan polimerizasyon yöntemi vardır: Stereolitografi, dijital ışık işleme, devamlı dijital ışık işleme, direkt UV baskı (Andjela & ark., 2022).

Stereolitografi (SLA)

Bu yöntemde likid fotopolimerize rezin kazanının içerisinde ultraviyole lazer uygulanması ile üretim yapılır. Resin kazanının içerisinde hareketli bir yapı platformu vardır. Yapı platformu, üretilecek objenin her katmanının kesit geometrisi tarafından belirlenen patternde UV ışığına maruz kaldıkça aşağı doğru hareket eder ve obje oluşur. Daha sonra artık rezinler ve destek yapılar uzaklaştırılır ve obje UV fırınında polimerize edilir (Methani & ark., 2020; Van Noort, 2012).

Hızlı bir üretim tekniği değildir. Üretilen nesnelerin sayısı ve boyutuna bağlı olarak lazerin her bir tabakayı oluşturması 1 veya 2 dakika sürebilir. Nesne küçükse tepside yay yana durabilecekleri için aynı anda birçok nesne üretilebilir. Tipik bir üretim 6-8 saat arasında sürerken büyük objelerin üretimi birkaç gün sürebilir (Van Noort, 2012).

Işığa duyarlı polimerler kullanıldığı için bu teknolojiyle kullanılabilecek materyaller sınırlıdır. Daha iyi yüzey kalitesi sağlar ve daha az ham madde israfına neden olur (Butler, 2011; Mazzoli & ark., 2015).

Dijital ışık işleme (Digital light processing-DLP)

Dijital ışık işleme tekniği SLA'ya oldukça benzer bir tekniktir. Temel fark kullanılan ışık kaynağıdır. SLA'da lazer ışını kullanılır. DLP'de ise dijital mikro ayna cihazı adı verilen dörtgen ayna düzenine sahip bir mikro sistem vardır. Bu ayna sistemi 380 nm ve

405 nm kısa dalga boylu ışığın yönlendirilip kılınılmasını sağlar. Aynalar bir projektör vazifesi gördüğünden bu teknikte bir tabaka materyalin tamamı bir seferde polimerize edilir. Böylece daha hızlı üretim yapılabilir (Kessler, Hickel & Reymus, 2020; Schweiger, Edelhoff & Güth, 2021).

Tablo 1: Eklemeli üretim yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Stereolitografi	• İyi yüzey kalitesi ve yüksek doğruluk • Büyük yapı platformu • Hızlı	• Destek yapılar gerektirir • Pahalı • Daha uzun işlem sonrası süreleri
Toz yataklı füzyon	• Ucuz • Prototipler için uygun • Ek destek yapılara ihtiyaç yok	• Yüzey kalitesi parçacık boyutuna bağlı • Yavaş • Yüksek güç gereksinimi
Malzeme ekstrüsyonu	• Ucuz	• Doğruluk, püskürtme ucunun çapıyla sınırlıdır. • Yavaş
Doğrudan mürekkep püskürtmeli baskı	• Yüksek damlacık birikimi doğruluğu ve daha az atık • Birden fazla malzeme ve renk art arda basılabilir	• Mürekkep formunda işlenebilen malzemelerle sınırlıdır • Genellikle destek malzemesi gerektirir
Bağlayıcı püskürtme	• Birden fazla malzeme ve renk art arda basılabilir • Hızlı	• Daha uzun işlem sonrası süreleri • Bağlayıcı ile uyumlu olmayan malzemeler için uygun değildir

Devamlı dijital ışık işleme (Continuous digital light processing-CDLP)

Bu yöntem sürekli sıvı arayüz üretimi (Continuous Liquid Interface Production-CLIP) olarak da adlandırılmaktadır. DLP tekniğindeki tabaka tabaka üretimin aksine burada süreklilik arz eden bir üretim vardır. Rezin kazanı ile rezin arasında polimerizasyonun inhibe edildiği ölü bölge (dead zone) denen bir alan oluşturulmuştur. Bu alana oksijen geçişi sağlandığından burada sürekli polimerize olmamış rezin bulunur (Chaudhary & ark., 2023;

Tumbleston & ark., 2015). Böylece oldukça hızlı üretim yapılabilmektedir (Tumbleston & ark., 2015).

Direkt UV baskı (Direct UV printing-DUP/Liquid Crystal Displays -LCD)

Direkt UV baskı en basit ve en uygun fiyatlı kazan-fotopolimerizasyon tekniğidir. Reçine katmanını UV ile ışınlamak için yalnızca sıvı bir kristal ekran kullanılır. Reçine bu ekran ile doğrudan temastadır (Roohani, Entezari & Zreiqat, 2023).

Toz yataklı füzyon üretim teknikleri (PDF)

Toz yataklı füzyonda, bir platform üzerine yayılmış çok ince materyal tozlarından oluşan ince tabaklar mevcuttur. Her bir tabakadaki tozlar bir lazer ışını veya bağlayıcı ile kaynaştırılır. 3 boyutlu obje elde edilene kadar malzeme üst üste tabaklar şeklinde eklenir. Fazla materyal vakum ile uzaklaştırılır. Gerekli durumlarda üretim sonrası sinterleme, infitrasyon veya yüzeyin kaplanması gibi işlemler uygulanır (Utela & ark., 2008).

Seçici lazer sinterleme, seçici lazer ergitme ve seçici elektron ışınlı ergitme toz bazlı füzyon ile üretime olanak veren yöntemlerdir (Revilla-León, Sadeghpour & Özcan, 2020). Bu 3 teknikte de materyal tozları ısı ile kaynaştırılır. Teknikleri bir birinden ayıran kullanılan enerji kaynağı ve materyal tipidir (Wong & Hernandez, 2012).

Seçici lazer sinterleme (Selective laser sintering-SLS)

Uygulanan lazer ışınının toz formundaki malzemeyi sinterlemesi ile üretim yapılır(JaJavaid & Haleem, 2019). SLS tekniğinde güçlü lazer ışını kullanılmakta ve bu ışın metal tozlarını sinterleme sıcaklığının altında bir sıcaklıkta kısmen eritmektedir. Bu

kısmi erime poroz bir yapıya sebep olmaktadır (Revilla-León, Meyer & Özcan 2019).

Direkt metal lazer sinterleme (Direct metal laser sintering-DMLS)/Seçici lazer ergitme (Selective laser melting-SLM)

Metallerden üretim yapmak için kullanılır. Metal tozları tabaka tabaka lazer ışını ile birleştirilir. Yüksek kaliteli güçlü lazerlerin gelişimi ile SLS tekniğindeki kısmi erime yerini tam erimeye (SLM tekniği) bırakmıştır (Revilla-León, Meyer & Özcan 2019).

Seçici elektron ışınli ergitme (Selective electron beam melting-SEBM)

Yüksek vakumda elektron ışınıyla metal tozunu katman katman eriterek metal objeler üretilir. Lazer ışını değilde elektron kullandığı için ışındaki enerji çok yüksektir. Bu da bazı metal sinterleme tekniklerinin aksine üretilen objenin tamamen yoğun, boşluksuz ve son derece dayanıklı olmasını sağlar (Van Noort, 2012).

Malzeme ekstrüzyonu/Eriyik yığma modelleme (Fused deposition modelling-FDM)

Genel olarak malzeme ısıtılır ve bir nozul yoluyla ekstrüzyona tabi tutulur. Böylece her seferde bir tabaka oluşturulur. Sonraki tabakların eklenebilmesi için nozul yatay ve yapı platformu dikey olarak hareket edebilir. Bu yöntem 3B baskı yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan ve en ucuz olanıdır. Ancak diğer eklemeli üretim yöntemleri kadar hızlı olmaması ve nihai ürün kalitesini düşüren nozul yarıçapı ile sınırlı bir doğruluk sunması gibi dezavantajları vardır. Gibson, Rosen & Stucker, 2015).

Malzeme püskürtme (Mürekkep baskı-Direct inkjet printing)

Materyal ekstüryonuna benzer bir yöntemdir. Materyal damlacıkları bir yapı platformu üzerinde seçici olarak katman katman biriktirilir (Lakhdar & ark., 2021; Wang & ark., 2023). K rlenmeyi sağlamak için yapı platformu materyal depozisyonunun hemen ardından ısıtılır veya ultraviyole radyasyona maruz bırakılır. Bu teknoloji; metaller, seramikler ve polimerler de dahil olmak üzere çeşitli malzemeleri basmak için kullanılabilir (Wang & ark., 2023).

Bağlayıcı püskürtme (Binder jetting-BJT)

Materyal tozlarını birleştirmek i im likit formunda bağlayıcı bir ajan kullanılır (Du & ark., 2020). Bağlayıcı ajan damlalar halinde püskürtülür. Metal, seramik veya polimer tozlarından üretim yapılabilir. Üretim sırasında destek yapıların kullanılmasına gerek yoktur. Tabakalama bittikten sonra uygulanması gereken artı işlemler vardır. Renkli nesnelerin üretimi de yapılabilir (Costa & ark., 2021).

Eklemeli  retim ve polimerler

Polimerler,  e itlilikleri ve farklı 3D baskı işlemlerine uyarlanma kolaylıkları nedeniyle 3D baskı endüstrisinde en yaygın kullanılan materyallerdir. Eklemeli  retimde kullanılan polimerler termoplastik filamentler, reaktif monomerler, reçine veya toz gibi farklı formlarda bulunurlar. Bu yöntemle üretilen polimerlerin dayanımı düşüktür. Yapıya fiberler katılarak dayanımın arttırılması söz konusudur (Ngo & ark., 2018). SLA, SLS, FDM, malzeme ve bağlayıcı püskürtme teknikleri ile polimerlerden üretim yapılabilmektedir (Costa & ark., 2021; Wang & ark., 2017).

Eklemeli  retim ve seramikler

Metal ve reçine bazlı eklemeli üretim teknolojileri daha önce geliştirilmiş ve yüksek düzeyde bir olgunluğa ulaşmış, birçok alanda yaygın olarak uygulanıyor olsa da, eklemeli seramik üretim teknolojileri nispeten daha yenidir ve birçok alanda hala araştırma aşamasındadır (Wang & ark., 2023).

SLA, DLP, SLS, bağlayıcı püskürtme, malzeme püskürtme (direct inkjet printing) ve malzeme ekstrüzyonu ile seramiklerden eklemeli yöntem ile üretim yapılabilmektedir (Dehurtevent & ark., 2017; Methani & ark., 2020; Wang & ark., 2023).

Eklemeli üretim ve metaller

Metal alaşımlarından eklemeli yöntem ile üretim 2002 yılından beri diş hekimliğinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Türk, Çömlekoğlu & Çömlekoğlu, 2022). PBF teknolojisi diş hekimliğinde metallerin 3D baskısında en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu başlık altında SLS, SLM ve SEBM mevcuttur (Revilla-León, Meyer & Özcan, 2019; Suzuki & ark., 2021). Bu alandaki araştırmalar daha çok titanyum, kobalt-krom ve nikel alaşımlarından yapılan metalik yapıların üretiminde SLS tekniğinin kullanımına odaklanmıştır (Barazanchi & ark., 2017). Eklemeli yöntemle titanyum, titanyum alaşımları, paslanmaz çelik ve kobalt-krom alaşımlarından üretim yapılabilmektedir (Costa & ark., 2021).

Eklemeli üretim diş hekimliğinde:

. Hareketli bölümlü protezlerin altyapılarının dökümde kullanılmak üzere rezin pattern üretimi veya hareketli bölümlü protezin metal altyapısının direk olarak üretiminde (Revilla-León, Meyer & Özcan 2019)

. Kron ve köprü protezlerinin metal altyapılarının üretiminde (Huang & ark., 2015; Kim & ark., 2014)

. Geçici sabit protetik restorasyonların üretiminde (Jain & ark., 2022)

. Mum modelasyonların (pattern) üretilmesinde (Alshehri & ark., 2022)

. İmplant üstü sabit protezlerin üretiminde (Revilla-León & ark., 2018; Revilla-León & ark., 2017b)

. İmplant üstü ölçüsü alınırken parçaları splintlemek amacı ile kullanılmak üzere metal konstrüksiyonların elde edilmesinde (Piedra Cascón & Revilla-León, 2018; Revilla-León & ark., 2017a)

. Tam protezlerin üretiminde (Bidra, Taylor & Agar, 2013)

. Kişiye özel olarak tasarlanmış implantların üretiminde (Kunrath, 2020; Oliveira & Reis, 2019)

. İmplant cerrahisi için stend yapımında (Cristache & Gurbanescu, 2017)

. Maksillofasiyal protezlerin üretiminde (Unkovskiy & ark., 2018),

. Doku mühendisliğinde (Rasperini & ark., 2015)

. Oklüzal splintlerin 3D olarak basılmasında (Prpic & ark., 2023)

. Ortodontik modellerin ve apareylerin elde edilmesinde (Jindal & ark., 2019)

. Eğitim amaçlı dental ve medikal modellerin üretilmesinde (Rengier & ark., 2010) kullanılabilir.

Sonuç

CAD/CAM teknolojilerinin dental sektöre girmesi diş hekimliğinde büyük gelişmeler sağlamıştır. Bilgisayar destekli uygulamalar hasta başı işlemlerden laboratuvar işlemlerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu yelpaze içerisinde bilgisayar destekli üretim, özellikle eklemeli yöntemler hızlı bir şekilde gelişmeye ve değişmeye devam etmektedir. Pek çok avantajının yanında hala bazı kısıtlamaları olan bu yöntemler araştırma ve geliştirmeye açıktır.

Kaynakça

Abduo, J., Lyons, K., & Bennamoun, M.. (2014). Trends in computer-aided manufacturing in prosthodontics: a review of the available streams. *International Journal of Dentistry*. doi: 10.1155/2014/783948.

Alshehri, H.A., Altaweel, S.M., Alshaibani, R., Alahmari, E.A., Alotaibi, H.N., Alfouzan, A.F. & Labban, N.. (2022). Effect of different wax pattern manufacturing techniques on the marginal fit of lithium disilicate crowns. *Materials*, 15(14),4774. doi: 10.3390/ma15144774.

Andjela, L., Abdurahmanovich, V.M., Vladimirovna, S.N., Mikhailovna, G.I., Yurievich, D.D. & Alekseevna, M.Y.. (2022). A review on vat photopolymerization 3d-printing processes for dental application. *Dental Materials*, 38(11), e284–96. doi: 10.1016/j.dental.2022.09.005.

Barazanchi, A., Li, K.C., Al-Amleh, B., Lyons, K. & Waddell, J.N.. (2017). Additive technology: update on current materials and applications in dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 26(2), 156–63. doi: 10.1111/jopr.12510.

Beuer, F., Schweiger, J. & Edelhoff, D.. (2008). Digital dentistry: an overview of recent developments for cad/cam generated restorations. *British Dental Journal*, 204(9), 505–11. doi: 10.1038/sj.bdj.2008.350.

Bidra, A.S., Taylor, T.D. & Agar, J.R.. (2013). Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future

perspectives. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 109(6), 361–66. doi: 10.1016/S0022-3913(13)60318-2.

Braian, M., Jönsson, D., Kevci, M. & Wennerberg, A.. (2018). Geometrical accuracy of metallic objects produced with additive or subtractive manufacturing: a comparative in vitro study. *Dental Materials*, 34(7), 978–93. doi: 10.1016/j.dental.2018.03.009.

Butler, J.. (2011). Using selective laser sintering for manufacturing. *Assembly Automation*, 31(3), 212–19. doi: 10.1108/01445151111150541.

Chaudhary, R., Fabbri, P., Leoni, E., Mazzanti, M., Akbari, R. & Antonini, C.. (2023). Additive manufacturing by digital light processing: a review. *Progress in Additive Manufacturing*, 8(2), 331–51. doi: 10.1007/s40964-022-00336-0.

Costa, L.P.G. da., Zamalloa, S.I.D., Alves, F.A.M., Spigolon, R., Mano, L.Y., Costa, C. & Mazzo, A.. (2021). 3d printers in dentistry: a review of additive manufacturing techniques and materials. *Clinical and Laboratorial Research in Dentistry*, 1–10. doi: 10.11606/issn.2357-8041.clrd.2021.188502.

Cristache, C.M. & Gurbanescu, S.. (2017). Accuracy evaluation of a stereolithographic surgical template for dental implant insertion using 3d superimposition protocol. *International Journal of Dentistry*, 2017, 1–9. doi: 10.1155/2017/4292081.

Dehurtevent, M., Robberecht, L., Hornez, J.C., Thuault, A. & Deveaux E, Béhin P.. (2017). Stereolithography: a new method for processing dental ceramics by additive computer-aided manufacturing. *Dental Materials*, 33(5), 477–85. doi: 10.1016/j.dental.2017.01.018.

Du, W., Xiaorui, R., Zhijian, P. & Chao, M.. (2020). Ceramic binder jetting additive manufacturing: a literature review on density. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, 142(4), 1–19. doi: 10.1115/1.4046248.

Galante, R., Figueiredo-Pina, C.G. & Serro, A.P.. (2019). Additive manufacturing of ceramics for dental applications: a review. *Dental Materials*, 35(6), 825–46. doi: 10.1016/j.dental.2019.02.026.

Gibson, I., Rosen, D. & Stucker, B.. (2015). Additive manufacturing technologies. In: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. (2nd ed.). New York: Springer-Verlag; p. 498.

Türk, A.G., Çömlekoğlu, M.D. & Çömlekoğlu, M.E.. (2022). Ekllemeli bilgisayar destekli üretim yöntemleri. *EÜ Dişhek Fak Derg*, 85–94.

Huang, Z., Zhang, L., Zhu, J. & Zhang, X.. (2015). Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 113(6), 623–27. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.10.012.

Jain, S., Sayed, M.E., Shetty, M., Alqahtani, S.M., Al Wadei, M.H.D., Gupta, S.G., Othman, A.A.A., Alshehri, A.H., Alqarni, H., Mobarki, A.H., Motlaq, K., Bakmani, H.F., Zain, A.A., Hakami, A.J. & Sheayria, M.F.. (2022). Physical and mechanical properties of 3d-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to cad/cam milled and conventional provisional resins: a systematic review and meta-analysis. *Polymers*, 14(13), 2691. doi: 10.3390/polym14132691.

Javaid, M. & Haleem, A.. (2019). Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: a literature-based review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 9(3), 179–85. doi: 10.1016/j.jobcr.2019.04.004.

Jindal, P., Juneja, M., Siena, F.L., Bajaj, D. & Breedon, P.. (2019). Mechanical and geometric properties of thermoformed and 3d printed clear dental aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(5), 694–701. doi: 10.1016/j.ajodo.2019.05.012.

Kessler, A., Hickel, R. & Reymus, M.. (2020). 3d printing in dentistry—state of the art. *Operative Dentistry*, 45(1), 30–40. doi: 10.2341/18-229-L.

Kikuchi, M.. (2009). The use of cutting temperature to evaluate the machinability of titanium alloys. *Acta Biomaterialia*, 5(2), 770–75. doi: 10.1016/j.actbio.2008.08.016.

Kim, K.B., Kim, J.H., Kim, W.C. & Kim, J.H.. (2014). Three-dimensional evaluation of gaps associated with fixed dental prostheses fabricated with new technologies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 112(6), 1432–36. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.07.002.

Kunrath, M.F.. (2020). Customized dental implants: manufacturing processes, topography, osseointegration and future perspectives of 3d fabricated implants. *Bioprinting*, 20:e00107. doi: 10.1016/j.bprint.2020.e00107.

Lakhdar, Y., Tuck, C., Binner, J., Terry, A. & Goodridge, R.. (2021). Additive manufacturing of advanced ceramic materials.

Progress in Materials Science, 116(October 2019), 100736. doi: 10.1016/j.pmatsci.2020.100736.

Mazzoli, A., Ferretti, C., Gigante, A., Salvolini, E., & Mattioli-Belmonte, M.. (2015). Selective laser sintering manufacturing of polycaprolactone bone scaffolds for applications in bone tissue engineering. *Rapid Prototyping Journal*, 21(4), 386–92. doi: 10.1108/RPJ-04-2013-0040.

Methani, M.M., Revilla-León, M. & Zandinejad, A.. (2020). The potential of additive manufacturing technologies and their processing parameters for the fabrication of all-ceramic crowns: a review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 182–92. doi: 10.1111/jerd.12535.

Methani, M.M., Cesar, P.F., de Paula Miranda, R.B., Morimoto, S., Özcan, M. & Revilla-León, M.. (2020). Additive manufacturing in dentistry: current technologies, clinical applications, and limitations. *Current Oral Health Reports*, 7(4), 327–34. doi: 10.1007/s40496-020-00288-w.

Moon, J.M., Jeong, C.S., Lee, H.J., Bae, J.M., Choi, E.J., Kim, S.T., Park, Y.B. & Oh, S.H.. (2022). A comparative study of additive and subtractive manufacturing techniques for a zirconia dental product: an analysis of the manufacturing accuracy and the bond strength of porcelain to zirconia. *Materials*, 15(15). doi: 10.3390/ma15155398.

Ngo, T.D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K.T.Q. & Hui, D.. (2018). Additive manufacturing (3d printing): a review of materials, methods, applications and challenges. *Composites Part B: Engineering*, 143(December 2017), 172–96. doi: 10.1016/j.compositesb.2018.02.012.

Van Noort, R.. (2012). The future of dental devices is digital. *Dental Materials*, 28(1), 3–12. doi: 10.1016/j.dental.2011.10.014.

Oliveira, T.T. & Reis, A.C.. (2019). Fabrication of dental implants by the additive manufacturing method: a systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 122(3):270–74. doi: 10.1016/j.prosdent.2019.01.018.

Örtorp, A., Jönsson, D., Mouhsen, A. & Steyern, P.V.V.. (2011). the fit of cobalt-chromium three-unit fixed dental prostheses fabricated with four different techniques: a comparative in vitro study. *Dental Materials*, 27(4), 356–63. doi: 10.1016/j.dental.2010.11.015.

Piedra Cascón, W. & Revilla-León, M.. (2018). Digital workflow for the design and additively manufacture of a splinted framework and custom tray for the impression of multiple implants: a dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(6), 805–11. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.02.003.

Pilecco, R.O., Machry, R.V., Baldi, A., Tribst, J.P.M., Sarkis-Onofre, R., Valandro, L.F., Kleverlaan, C.J., Scotti, N. & Pereira, G.K.R.. (2024). Influence of cad-cam milling strategies on the outcome of indirect restorations: a scoping review. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 131(5), 811.e1-811.e10. doi: 10.1016/j.prosdent.2024.02.021.

Prpic, V., Spehar, F., Stajdohar, D., Bjelica, R., Cimic, S. & Par, M.. (2023). Mechanical properties of 3d-printed occlusal splint materials. *Dentistry Journal*, 11(8), 1–10. doi: 10.3390/dj11080199.

Rasperini, G., Pilipchuk, S.P., Flanagan, C.L., Park, C.H., Pagni, G., Hollister, S.J. & Giannobile, W.V.. (2015). 3d-printed

bioresorbable scaffold for periodontal repair. *Journal of Dental Research*, 94(9_suppl), 153S-157S. doi: 10.1177/0022034515588303.

Rengier, F., Mehndiratta, A., von Tengg-Kobligh, H., Zechmann, C.M., Unterhinninghofen, R., Kauczor, H.U. & Giesel, F.L.. (2010). 3d printing based on imaging data: review of medical applications. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 5(4), 335–41. doi: 10.1007/s11548-010-0476-x.

Revilla-León, M., Ceballos, L., Martínez-Klemm, I. & Özcan, M.. (2018). Discrepancy of complete-arch titanium frameworks manufactured using selective laser melting and electron beam melting additive manufacturing technologies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(6), 942–47. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.02.010.

Revilla-León, M., Meyer, M.J. & Özcan, M.. (2019). Metal additive manufacturing technologies: literature review of current status and prosthodontic applications. *International Journal of Computerized Dentistry*, 22(1), 55–67.

Revilla-León, M., Sadeghpour, M. & Özcan, M.. (2020). A review of the applications of additive manufacturing technologies used to fabricate metals in implant dentistry. *Journal of Prosthodontics*, 29(7), 579–93. doi: 10.1111/jopr.13212.

Revilla-León, M., Sánchez-Rubio, J.L., Oteo-Calatayud, J. & Özcan, M.. (2017a). Impression technique for a complete-arch prosthesis with multiple implants using additive manufacturing technologies. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 117(6), 714–20. doi: 10.1016/j.prosdent.2016.08.036.

Revilla-León, M., Klemm, I.M., García-Arranz, J. & Özcan, M.. (2017b). 3d metal printing - additive manufacturing technologies for frameworks of implant-borne fixed dental prosthesis. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*, 25(3), 143–47. doi: 10.1922/EJPRD_RevillaLeon05.

Rexhepi, I., Santilli, M., D'Addazio, G., Tafuri, G., Manciocchi, E., Caputi, S. & Sinjari, B.. (2023). Clinical applications and mechanical properties of cad-cam materials in restorative and prosthetic dentistry: a systematic review. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(8). doi: 10.3390/jfb14080431.

Roohani, I., Entezari, A. & Zreiqat, H.. (2023). Liquid crystal display technique (lcd) for high resolution 3d printing of triply periodic minimal surface lattices bioceramics. *Additive Manufacturing*, 74(August):103720. doi: 10.1016/j.addma.2023.103720.

Schweiger, J., Edelhoff, D. & Güth, J.F.. (2021). 3d printing in digital prosthetic dentistry: an overview of recent developments in additive manufacturing. *Journal of Clinical Medicine*, 10(9). doi: 10.3390/jcm10092010.

Suganna, M., Kausher, H., Tarek Ahmed, S., Sultan Alharbi, H., Faraj Alsubaie, B., Ds, A., Haleem, S. & Meer Rownaq Ali, A.B.. (2022). Contemporary evidence of cad-cam in dentistry: a systematic review. *Cureus*, 14(11). doi: 10.7759/cureus.31687.

Sulaiman, T.A.. (2020). Materials in digital dentistry—a review. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 32(2), 171–81. doi: 10.1111/jerd.12566.

Suzuki, Y., Shimizu, S., Waki, T., Shimpō, H. & Ohkubo, C.. (2021). Laboratory efficiency of additive manufacturing for removable denture frameworks: a literature-based review. *Dental Materials Journal*, 40(2), 265–71. doi: 10.4012/dmj.2020-206.

Tumbleston, J.R., Shirvanyants, D., Ermoshkin, N., Januszewicz, R., Johnson, A.R., Kelly, D., Chen, K., Pinschmidt, R., Rolland, J.P., Ermoshkin, A., Samulski, E.T. & DeSimone J.M.. (2015). Continuous liquid interface production of 3d objects. *Science*, 347(6228), 1349–52. doi: 10.1126/science.aaa2397.

Unkovskiy, A., Spintzyk, S., Brom, J., Huettig, F. & Keutel, C.. (2018). Direct 3d printing of silicone facial prostheses: a preliminary experience in digital workflow. *Journal of Prosthetic Dentistry*, 120(2), 303–8. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.11.007.

Utela, B., Storti, D., Anderson, R & Ganter, M.. (2008). A review of process development steps for new material systems in three dimensional printing (3dp). *Journal of Manufacturing Processes*, 10(2), 96–104. doi: 10.1016/j.jmapro.2009.03.002.

Wang, G., Wang, S., Dong, X., Zhang, Y. & Shen, W.. (2023). Recent progress in additive manufacturing of ceramic dental restorations. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 1028–49. doi: 10.1016/j.jmrt.2023.07.257.

Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J. & Hui, D.. (2017). 3d printing of polymer matrix composites: a review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 110:442–58. doi: 10.1016/j.compositesb.2016.11.034.

Wong, K.V. & Hernandez, A.. (2012). A review of additive manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering* 2012:1–10. doi: 10.5402/2012/208760.