

BİDGE Yayınları

XXXXXXX

Editör: XXXX

ISBN: XXXX

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

Diş Hekimliğinde Bilgisayar Destekli Üretim	4
Nuray İSKEFLİ	4
Dentin Hassasiyet Tedavisinin İn Vitro ve Klinik Koşullarda Değerlendirilmesi.....	29
Pakize Rana ÇETİN	29
Elif ALKAN	29
Dilek TAĞTEKİN.....	29
Diş Hekimliğinde Sürdürülebilirlik Ve Yeşil Diş Hekimliği.....	72
Nilgün AKGÜL.....	72
Adile ÖNAL.....	72
Enerji İçeceklerinin Kompozit Materyallerin Rengi Üzerine Etkisi: Güncel Bakış	96
Nilgün AKGÜL.....	96
Bilge ŞENSÖZ.....	96

BÖLÜM I

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

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

materyal elde edilir. Geleneksel üretim aşamaları büyük oranda 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 yumuşak 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 frezelemde 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 ergitme (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 tekniğin 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 içerdiğinden buralardaki insan müdahalesi ve buna bağlı 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 fotoinitiatörlerden 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. Rezin kazanın 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 oluşturmada 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 yapılar ihtiyacı yok	• Yüzey kalitesi parçacık boyutuna bağlı • Yavaş • Yüksek güç gereksinimi
Malzeme ekstrüzyonu	• 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 ışınlı 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). Kurlenmeyi 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 için 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).

Eklemleri üretim ve polimerler

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

Eklemleri üretim ve seramikler

Metal ve reçine bazlı eklemleri üretim teknolojileri daha önce geliştirilmiş ve yüksek düzeyde bir olgunluğa ulaşmış, birçok alanda yaygın olarak uygulanıyor olsa da, eklemleri 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 eklemleri yöntem ile üretim yapılabilmektedir (Dehurtevent & ark., 2017; Methani & ark., 2020; Wang & ark., 2023).

Eklemleri üretim ve metaller

Metal alaşımlarından eklemleri 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 retiminde SLS tekniğinin kullanımına odaklanmıştır (Barazanchi & ark., 2017). Eklemeli yöntemle titanyum, titanyum alaşımları, paslanmaz elik ve kobalt-krom alaşımlarından üretim yapılabilmektedir (Costa & ark., 2021).

Eklemeli retim diş hekimliğinde:

. Hareketli bölümlü protezlerin altyapılarının dökümde kullanılmak üzere rezin pattern üretimi veya hareketli bölümlü protezin metal altyapısının direk olarak retiminde (Revilla-Len, Meyer & zcan 2019)

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

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

. Mum modelasyonların (pattern) retilmesinde (Alshehri & ark., 2022)

. İmplant st sabit protezlerin retiminde (Revilla-Len & ark., 2018; Revilla-Len & ark., 2017b)

. İmplant st ls alınırken parçaları splintlemek amacı ile kullanılmak üzere metal konstrksyonların elde edilmesinde (Piedra Cascn & Revilla-Len, 2018; Revilla-Len & ark., 2017a)

. Tam protezlerin retiminde (Bidra, Taylor & Agar, 2013)

. Kişiye zel olarak tasarlanmış implantların retiminde (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 Dışhek 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., Janusiewicz, 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.

BÖLÜM II

Dentin Hassasiyet Tedavisinin İn Vitro ve Klinik Koşullarda Değerlendirilmesi

Pakize Rana ÇETİN¹

Elif ALKAN²

Dilek TAĞTEKİN³

Giriş

Dentin hassasiyeti, dişlerde yaygın olarak görülen bir sorundur. Açık dentin yüzeylerinin termal, mekanik, osmotik veya kimyasal etkenlere maruz kalmasıyla tetiklenen, ani ve keskin ağrılarla tanımlanır ve bu ağrılar diğer herhangi bir diş rahatsızlığı veya hastalığı ile ilişkilendirilemez (Dowell & Addy, 1983). Bu durum, ağız içerisindeki bir veya birden fazla dişte ya da spesifik bir

¹ Uzm. Dt., Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul/Türkiye, Orcid:0009-0009-8083-6783, prsoylu@gmail.com

² Uzm. Dt., Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul/Türkiye, Orcid:0000-0001-7167-6946, elifalkan111@gmail.com

³ Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, İstanbul/Türkiye, Orcid:0000-0002-2675-1764, dtagtekin@marmara.edu.tr

dişte meydana gelebilir (Amarasena & ark., 2011; Que & ark., 2010).

Dentin hassasiyetinin arkasındaki mekanizma, Brännström ve Aström tarafından ortaya konulan hidrodinamik teori ile açıklanır (Brännström & Aström, 1972). Bu teoriye göre, termal, kimyasal, dokunsal veya osmotik uyarıcılara maruz kalan açık dentin, dentin tübüllerinde sıvı hareketinin artmasına sebep olur. Bu artış, dentin içerisinde basınç farklılıklarını tetikleyerek, mekanoreseptörler aracılığıyla A delta (A- δ) sinir liflerini uyarır ve sonuç olarak ani ve şiddetli ağrı hissi oluşur (Vongsavan & Matthews, 1992).

Dentin hassasiyetinin tedavisinde kullanılan yöntemler, uygulama yerlerine göre evde gerçekleştirilen tedaviler ve diş hekimi muayenehanesinde uygulanan tedaviler olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Evde kullanım için tasarlanmış hassasiyeti giderici ürünler arasında diş macunları, gargaralar ve sakızlar yer alır. Diş hekimi muayenehanelerinde uygulanan tedaviler ise jeller, solüsyonlar, vernikler, rezin bazlı ürünler, cam iyonomerler ve dentin adezivlerini içerir. Bu profesyonel tedaviler, daha ileri teknikleri de kapsayarak lazer tedavisini de barındırır. Her türlü müdahale, non-invaziv, geri dönüşümlü, zarar vermeyen, kolay uygulanabilir ve ekonomik seçeneklerle başlamalıdır (Schmidlin & Sahrman, 2013).

Hassasiyet giderici ürünlerin etkinlik mekanizmaları, dentin tübüllerinin ağzını tıkayarak içeriklerini izole etme veya doğrudan pulpa sinirlerini duyarsızlaştırma üzerine kuruludur. Potasyum tuzlarının pulpa sinirlerinin hassasiyetini azaltarak dentin hassasiyetinde düşüşe neden olduğu bilinmektedir (Markowitz,

Bilotto & Kim, 1991; Orchardson & Gillam, 2000). Glutaraldehit gibi diğ er tedavi maddelerinin işlevi ise, dentin tübüllerindeki sıvı içindeki serum albumini ile reaksiyona girerek tübül içinde çökelti oluşturup tübüllerin daralmasına ya da tıkanmasına neden olmaktadır (Arrais, Chan & Giannini, 2004; Ishihata & ark., 2011). Stronsiyum tuzları (Olley & ark., 2012), florür (Ehrlich & ark., 1975), oksalat (Cuenin & ark., 1991) ve arginin/kalsiyum (Cummins, 2010; Petrou & ark., 2009) içeren ürünlerin, dentin tübüllerini tıkayıp dentin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturduğu gösterilmiştir. Dental adezivler ve rezin bazlı ürünler, dentin tübüllerini mühürleyerek fiziksel bir engel oluşturur ve dış etkenlerin dentin tübüllerindeki odontoblastik süreçlere doğrudan etki etmesini engeller (Zhao & ark., 2016).

A. In-vitro Değerlendirmeler

Dentin hassasiyeti tedavisinde potansiyel ajanların etkinliğini değerlendirmek için önerilen laboratuvar metodolojileri şunlardır (Carlo Prati, Gillam & Gandolfi, 2015):

- Mikrosertlik  l  m 
- Kantitatif Işık  l  ml  Floresans (QLF, FluoreCam)
- Profilometre
- Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)
- Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)
- Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS, EDX veya XEDS)
- Işık Mikroskobu

- Ultrasonografi
- Çevresel Taramalı Elektron Mikroskobu (ESEM)
- Konfokal Lazer Taramalı Mikroskopi (CLSM)
- Raman ve Mikro-Raman Spektroskopisi
- Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR)
- Odaklanmış İyon Demeti Taramalı Elektron Mikroskobu (FIB-SEM) ve Seri Blok Yüzey Taramalı Elektron Mikroskobu (SBF-SEM)
- Katı Hal Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Spektroskopisi
- Taramalı Elektro-Kimyasal Mikroskopi (SECM)
- Bölümlü Disk Geçirgenlik Cihazı

1-Mikrosertlik Ölçümü

Mikrosertlik ölçümü ile mine ve dentin yüzeyindeki değişikliklerin (demineralizasyon, erozyon vb.) erken evreleri belirlenebilir. Sertlik değerlendirmeleri, bir elmas uçlu aracın doku içine nüfuz etmesi esnasında dokunun gösterdiği direncin ölçülmesi ile yapılır. Bu ölçümler, uygulanan kuvvete ve gözlemlenen değişikliklere bağlı olarak mikro veya nano ölçeğe sertlik olarak sınıflandırılabilir (Arends & ten Bosch, 1992). Knoop ve Vickers sertlik testleri, mikro ölçeğe elmas bir uçla kuvvetin uygulanması prensibine dayanır. Işık mikroskobu altında oluşan izlerin değerlendirilmesi sonucu özel bir formülle test edilen cismin sertlik değeri belirlenir. Sabit bir yük altında yumuşak malzemelerin yüzeyinde batıcı ucun oluşturduğu iz büyük, sert malzemelerin yüzeyinde küçük iz oluşur. Yürütülen çalışmalarda, mineral

içeriğinin belirlenmesi konusunda mikroradyografi ve mikrosertlik testleri arasında olumlu bir ilişki saptanmıştır. Ayrıca, sodyum florürün diş minesindeki ve dentindeki lezyonların remineralizasyonu üzerindeki etkisinin değerlendirildiği in-vitro bir araştırmada, mikrosertlik testi kullanılarak güvenilir sonuçlar alındığı belirlenmiştir(Attin & Wegehaupt, 2014a; Featherstone & ark., 1983; Sivapriya & ark., 2017).

2-Kantitatif Işık Ölçümlü Floresans (QLF, FluoreCam)

Kantitatif Işık Ölçümlü Floresans (QLF) teknolojisi, ultraviyole ışığa benzer kısa dalga boyundaki 405 nm mavi görünür ışığı kullanır. QLF görüntüleme sürecinde, dişin sert dokularında mineral kaybı meydana geldiğinde daha koyu izlenir. Bu teknik, bu prensip doğrultusunda, erken dönem çürük lezyonlarının derinliğinin veya ilerleyişinin non-invaziv tespiti için temel olarak uygulanmıştır (de Josselin de Jong & ark., 2009; George K. Stookey, 2005; van der Veen & de Josselin de Jong, 2000). Diğer yandan, dentin, mineye kıyasla daha yüksek miktarda floresans yaratan floroforlara sahiptir, bu da dentinin mineye oranla daha parlak floresans sergilemesine neden olur(Benedict, 1928). Buna dayanarak çeşitli in vitro çalışmalar QLF'yi diş erozyonunun değerlendirilmesi amacıyla kullanmış ve floresansın dişlerin yapay erozyonu ile kuvvetli bir ilişki sergilediğini ortaya koymuştur (S.-K. Kim & ark., 2019; S. K. Kim & ark., 2017; Lee & ark., 2019). QLF (Kantitatif Işık Floresans Yöntemi), sadece erken çürüklerin tespiti için değil, aynı zamanda bir lezyonun ilerlemesinin veya remineralizasyon sürecinin izlenmesi için de etkili bir teknik olarak önerilmiştir. Bu yöntem, mine lezyonlarının mineral içeriğindeki küçük değişiklikleri niceliksel olarak ölçebilme yeteneği sayesinde,

çürüklerin başlangıç aşamalarının yanı sıra ilerlemelerini ve tedaviye yanıtlarını izleme konusunda yardımcı olabilir. (G.K. Stookey, 2004). FluoreCam cihazı da QLF prensibine benzer çalışmaktadır. FluoreCam'ın kullanıldığı dentin çalışmaları sınırlıdır (Durmusoglu, Tağtekin & Yanıkoğlu, 2012).

3-Profilometre

Profilometre, diş aşınmasının ölçümünde altın standart olarak kabul edilmekte ve en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olarak görülmektedir çünkü bu yöntem, hassas değişikliklerin nicelendirilmesine olanak tanır. Kontakt veya optik olarak 2 çeşit olan profilometre, bir yüzeyden türetilen dijital haritalar oluşturur ve bunlar daha sonra metrolojik yazılım kullanılarak analiz edilir (Field, Waterhouse & German, 2010b; Hjortsjö & ark., 2009).

Kontakt profilometre bir temas kalemi kullanarak doğrudan, lazer profilometre ise dolaylı olarak yüzey ölçümü yapar. Kontakt profilometre daha eski bir yöntemdir. Kontakt profilometre, yüzeyin üzerinden elmas uçlu bir temas kalemi ile geçilmesini içerir. Uç genellikle sabit bir yarıçapa sahiptir, 1.5–2.5 mm; ancak, uç şekli değişebilir. Yük 0.05 ile 100 mg arasında değişebilir (Stachowiak & Batchelor, 2004). Temas kalemi yüzey üzerinden çekildiğinde, dikey hareket analog/dijital bir sinyale dönüştürülür. Tekniğin doğası gereği, temas kalemi neredeyse sürekli olarak ölçülen yüzey ile temas halindedir. Bu, genellikle büyük bir dikey aralığın mümkün olması (tipik olarak 2 ila 250 mm) açısından bir avantaj olsa da elmas uçlu temas kaleminin örneğe zarar verme riski vardır. Yatay çözünürlük temas kaleminin yarıçapına bağlı olmasına rağmen, dikey çözünürlüğün doğruluğu dış titreşimler ve elektriksel müdahalelerden etkilenebilir. Bu etkileri en aza indirmek için kayıt

hızı saniyede yaklaşık 1 mm veya daha az olarak sürdürülür. Düz yüzeyler için dikey çözünürlük 0.1 nm kadar düşük olabilir, pürüzlü yüzeyler veya büyük adımlar için ise 1 nm'ye kadar çıkabilir (Field & ark., 2010b).

Lazer profilometreler, yüzeyle doğrudan temas etmedikleri için kontakt profilometrenin birçok dezavantajını aşabilir. Yüzey üzerine genellikle 100 mm çapın altında bir ışık noktası yönlendirilir. Lazer profilometre, lazer ışınının sapmasını ölçerek veya (beyaz ışık kullanarak) konfokal prensibi kullanarak yüzey topografyasını profileştirebilir. Ancak dışın sert dokularında lazer profilometre ile ölçüm yapıldığında, sonuçlar dentinin renk ve şeffaflık özelliklerinden etkilenebilmektedir (McBride & Maul, 2004; Rodriguez, Curtis & Bartlett, 2009).

4-Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

Atomik kuvvet mikroskobu (AFM), bir atom kadar küçük (10^{-10} m) yükseklik değişikliklerini ölçebilir. Çok yüksek çözünürlüklü bir mikroskopi formudur. Temelde, AFM, örnek yüzeyini taramak için kullanılan bir kantilever içerir. Sabit kuvvet modu, yüzey topografyasını kaydetmek için faydalıdır ve ayrıca torkiyonel esneklik sayesinde, bir yüzeyin sürtünme özellikleri hakkında bilgi verir. Çok yumuşak yüzeylerde, dokunma modu (osile eden bir piezo kristali tarafından yönlendirilir) kullanılır. Yüzey hazırlığı gerekmez ancak görüntüler artefaktlara maruz kalabilir. AFM, dental dokularda erozyonu değerlendirmek için kullanılmıştır ve mine demineralizasyonunun erken aşamalarını ölçmek için uygun bir araç olarak kanıtlanmıştır (Field, Waterhouse & German, 2010a; Finke, Jandt & Parker, 2000; Marshall & ark., 2004).

Çalışmalar, atomik kuvvet mikroskopunun (AFM), yüksek çözünürlük avantajları ve hava veya çözelti içinde çalışma potansiyeli sunması nedeniyle, demineralizasyonu, kurumayı, bağlama süreçlerini ve kalsifiye dokuların mekanik özelliklerini doğrudan gözlemleme konusunda güçlü bir araç sunduğunu göstermiştir (Balooch & ark., 1998; Cassinelli & Morra, 1994; Kinney & ark., 1996; Marshall & ark., 1993).

5-SEM, Boya Penetrasyon Çalışmaları ve EDX

SEM kullanımı, bazı tedavilerin uygulanması öncesi ve sonrasında dentin yüzeyinin morfolojisini tespit etmek ve dentin yüzeyindeki tedavinin direncini/stabilitesini test etmek için önemlidir. Bu metodolojinin ana amacı, dentin tübül parametrelerindeki değişikliklerin nicel olarak belirlenmesi ve farklı ajanların uygulanmasını takiben kapalı/açık dentin tübüllerinin tespit edilmesidir; örneğin, çözeltiler, diş macunu formülasyonları, profesyonel olarak uygulanan cilalama pastaları vb. (Ahmed & ark., 2005; Gillam & ark., 2001; Pashley, 1989). Dentin disklerinin uzunlamasına kesitlerinin analizi, dentin tübül morfolojisini haritalama yeteneğini de sunabilir (Pashley, 1989). Smear tabakası veya diş macunu formülasyonları tarafından oluşturulan smear tıkaçlar, dentin tübüllerini 10 µm'den fazla tıkayabilir veya dentin tübüllerinin orta kısmında bir çökelti ile tıkanabilir. Sıvı akış hızı ölçümü ile birlikte yapılan SEM gözlemleri, hafiften güçlüye asit uygulamasının (örneğin, asidik alkolsüz içecekler, kola, meyve suları vb.) smear tabakasını tamamen çıkarabileceğini ve dentin tübüllerini açabileceğini, bunun sonucunda sıvı akış hızında bir artış olduğunu da göstermiştir. Fosforik, sitrik, pirüvik, maleik, tanik ve asetik asitler ile şarap ve içeceklerde bulunan diğer asitler de dentin geçirgenliğini önemli ölçüde artırabilir ve tüm smear tabakasını

çıkartabileceği SEM ile gösterilmiştir (C. Prati & ark., 2002). Bu da dentin yüzeyinin herhangi bir smear tabakası korumasından tamamen arındırılmasına ve dentin geçirgenliğinde bir artışa neden olur. SEM metodolojisini kullanmanın ek avantajlarından biri, dentin yüzeyi, dentin tıkaçları ve kollajen fibril hakkında detaylar sağlama yeteneğidir, ancak metodolojinin sınırlamaları vardır; örneğin, örnek hazırlanması için gereken zaman, örnek hazırlığı herhangi bir ek araştırmayı sınırlar, örnek kurutulmadan önce görüntüleme yapılırken dentin yapısının kırıkları veya kurumaya bağlı smear tabakaları gibi artefaktlar vb. (Carlo Prati & ark., 2015)

Absi ve ark., dentin geçirgenliği ve terapötik ajanların in vivo değerlendirmesini ilişkilendirmeyi denemiştir (Absi, Addy & Adams, 1987) . Teknikleri, insan dişlerindeki hassas ve hassas olmayan bölgelerdeki dentin tübüllerinin patentliğinin niceliksel bir çalışması için SEM ve klasik boya penetrasyon tekniklerini birleştirmeyi içermiştir. Bu çalışmada, uygun stimülasyon sonrası hassas veya hassas olmayan olarak sınıflandırılan dişler SEM ile incelenmiştir. Hassas dişler, hassas olmayan dişlere kıyasla birim alan başına tübül sayısında önemli derecede artış göstermiştir (yaklaşık 8 kat). Tübül çapları, hassas olmayan dişlere kıyasla hassas dişlerde önemli derecede daha geniş gözlenmiştir (yaklaşık 2 kat). Önemli olarak, açık tübüller ile pulpaya iletim arasındaki bağlantı, hassas örneklerde hem yoğunluk hem de penetrasyon eğilimi açısından önemli derecede daha yüksek olan sonraki boya penetrasyon deneyleri ile sağlanmıştır. Bu araştırmacılar ayrıca, geçirgen dentinin uniform olmadığını, ancak belirli bölgelere kümелendiğini belirttiler. Bu, dentin hassaiyetinin klinik gözlemi ile tutarlıydı ve belirli diş yüzeyi bölgelerine lokalize olduğu

görülüyordu (Pashley, 1992). Ancak, 'hiper hassas' dentinin 'hassas olmayan' dentinden daha geçirgen olduğunu öne süren mevcut bir kanıt bulunmamaktadır. Narhi ve ark. ayrıca, bazı insan dişlerinde, tübüller tıkalı olduğunda bile dentin hassasiyetinin ortadan kalkmadığını bildirmiştir, bu da tübül tıkanıklığından başka faktörlerin dentin üzerinden uyarı iletiminin önlenmesinde rol oynadığını öne sürmektedir (Närhi & ark., 1992).

Enerji dağıtımı X-ışını spektroskopisi (EDS, EDX veya XEDS), örneklerin elementel analizi veya kimyasal bileşiminin belirlenmesinde kullanılan bir analiz yöntemidir. EDX, bir elementin atomik yapısını incelemek üzere taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile birlikte uygulanır. SEM, yapısal incelemeler yaparken EDX ile elementel içerik analiz edilebilir. Elementlerin miktarının belirlenmesi, bir bilgisayar programı aracılığıyla gerçekleştirilir(Hegde & Moany, 2012). Araştırmacılara göre, SEM ve EDX gözlemlerinin kombinasyonu, desensitize edici ajanların etkinliğinin değerlendirilmesinde hayati bir adım olacaktır (Gandolfi & ark., 2008). Örneğin, EDX, dentin yüzeyine çökeltilen çeşitli bileşiklerin, örneğin, çinko, silika ve stronsiyum varlığını doğrulayabilir.

6-Işık Mikroskobu

Bu yöntemde, dişlerden alınan kesitler büyütme ve aydınlatma altında incelenerek lezyon derinlikleri değerlendirilir. Diş aşınmasını belirlemek için ölçüm mikroskobu kullanmak, kolay ve non-invaziv bir yöntem sunar. Ancak, ölçüm doğruluğu, kullanılan objektif merceğin odak derinliği ile belirlendiğinden, ilk eroziv aşınmayı ölçmek için uygun değildir. Bu nedenle, minör aşındırıcı mine kaybını doğru bir şekilde ölçmek için odak derinliği, beklenen

aşındırıcı aşınmadan daha küçük olmalıdır. Ayrıca, numune yüzeyinin odak planına tamamen paralel olması gerektiğinden, detaylı bir numune hazırlama veya numune konumlandırma gereklidir. Aksi takdirde, iki referans alanı arasında yükseklik farkı oluşabilir ve bu da kesin olmayan sonuçlara yol açabilir (Attin & Wegehaupt, 2014b).

7-Ultrasonografi

Ultrasonik görüntüleme sistemleri, prob tarafından yüksek frekanslı dalgaların (1-20 MHz) üretilmesi, bu dalgaların incelenecek doku veya malzemeye uygulanması ve ardından yansıyan dalgaların prob tarafından toplanıp elektriksel sinyallere dönüştürülmesi prensibiyle çalışır. Bu sinyaller daha sonra eko olarak algılanır (Ng & ark., 1988). Genellikle, diş hekimliğinde 3 MHz ile 12 MHz frekansları arasındaki ultrason kullanılır (Demirtürk Kocasarac & Angelopoulos, 2018). Mine, dentin ve yumuşak dokuların akustik özellikleri belirlenmiştir. Ultrason (US), mine ve dentin de dahil olmak üzere çoğu katı maddeye nüfuz etme ve konvansiyonel radyografide zor görülen çürükleri ve çatlakları gösterme yeteneğine sahiptir (Culjat & ark., 2010). Ultrasonik teknikler, dokunun demineralizasyon derecesi ile ilişkili olan lokalize mekanik bilgiler sağladıkları için dentin demineralizasyonunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır çünkü noninvaziv, hızlı ve dokunun yerel mekanik bilgilerini sağlarlar (Rodriguez-Sendra & ark., 2021).

8-Çevresel Taramalı Elektron Mikroskobu (ESEM)

Gandolfi ve arkadaşlarına göre, Çevresel Taramalı Elektron Mikroskobu (ESEM) ıslak dentin örneklerinin kullanımına izin

vermesi ve örneklerin kuruması ile metal/altın kaplama nedeniyle oluşabilecek yüzey değişiklikleri ve artefaktları önlemesi sebebiyle, SEM tekniklerine göre daha uygun bir teknik olabilir. Özellikle nemli veya ıslak örneklerin, örneğin dentin ve hidrolik simanların morfolojisini araştırırken ESEM'in sunduğu çok yönlülük, örnekleri gözlem öncesi suyunun alınması veya metal kaplanması gereksinimini ortadan kaldırır ve bu sayede artefaktların sıklığının nispeten düşük olmasını sağlar (Gandolfi & ark., 2010).

ESEM ile EDX/EDS kullanımı, dentin örneklerinin yüzeyindeki (morfolojik ve kimyasal yüzey modifikasyonları) tespiti için mükemmel bir yöntem kombinasyonudur (Gandolfi & ark., 2012). Örneğin, reaktif bir kalsiyum silikat biyoaktif cam uygulanması, apatit öncülleri olarak kalsiyum fosfat çökeltisi oluşumunu teşvik ettiği ve dentin tübüllerini tıkayıp yüzeyi remineralize edebilen mikro-kalsiyum fosfat çökeltisi oluşturduğu gösterilmiştir (Gandolfi & ark., 2012; Gandolfi & ark., 2008). Bu bağlamda, ESEM/EDX nemli bir dentin yüzeyi gerektirebilecek desensitize edici ajanlar, biyoaktif camlar gibi materyalleri araştırmak için uygun bir araç olarak görünmektedir (Carlo Prati & ark., 2015).

9-Konfokal Optik Mikroskopi (COM) ve Konfokal Lazer Tarama Mikroskobisi (CLSM)

Konfokal optik mikroskopi ve konfokal lazer tarama mikroskobisi, floresan boya çözeltilerinin (örneğin, rodamin B, kalcein vb.) kullanımı ile çökelti oluşumunun izlenmesi (örneğin, bir desensitize edici ajanın uygulanmasından sonra) ve tedavi edilmiş dentin örneğinin uzunlamasına kesitlerinin hazırlanmasını takiben ajanların dentin tübüllerinin derinliğine penetrasyonunun analiz

edilmesini sağlayabilir. Hem diş macunu hem de ağız yıkama bileşenlerinden gelen çökelti, dentin tübüllerine derinlemesine nüfuz edebilir ve sonuç olarak tübülün işlevsel çapını ve tübül aracılığıyla sıvı akış hızını azaltabilir. Başka bir deyişle, dentin tübüllerine akışkan bir macunun uygulanması, tübüllerden tıkaçıcı materyallerin yıkanmasını ve çıkarılmasını önleyebilir. Birçok macun/diş macunu formülasyonu, dentin tübüllerine çökelti/yağışın penetrasyonu ve dağılımı hakkında daha detaylı bilgi elde etmek için bir boya çözeltisi ile işaretlenebilir ve bu şökeltilerin asit meydan okumasına veya soğuk su durulamasına dayanıp dayanamayacağı araştırılabilir. Bu teknikler, ayrıca dentin adeziv ajanlar, cam iyonomer simanlar ve diğeri materyalleri araştırmak için genişletilebilir. CLSM'nin hidratlı dentin örneklerini incelemesi için kullanılması, önerilen diğeri tekniklerle ilişkili herhangi bir artefaktı azaltabilir (Burnett, 2013) ve dentin yüzeyinin değeriendirilmesinde, bir smear tabakasının bütünlüğünün veya modifiye edilmiş olup olmadığının gözlemlenmesinde belirgin avantajlar sunabilir (Carlo Prati & ark., 2015).

10-Raman ve FTIR

Raman ve FTIR teknikleri, dentin yüzeyinde mevcut olabilecek herhangi bir reaktif bileşenin modifikasyonunu tespit etmek için geçerli yöntemler olarak kabul edilebilir (Vollenweider & ark., 2007). Örneğiri, kalsiyum oksalat ağız çalkalama suyunun uygulanması, yalnızca Raman incelemesiyle onaylanabilecek kristal çökelti oluşumunu tetikleyebilir. Raman'ın bu uygulaması Eliades ve ark. tarafından önerilmiştir (Eliades & ark., 2013).

11-Odaklanmış iyon demeti taramalı elektron mikroskobu (FIB-SEM) ve Seri Blok Yüzey Taramalı Elektron Mikroskobu (SBF-SEM)

Odaklanmış iyon demeti taramalı elektron mikroskobu (FIB SEM) da son zamanlarda önerilmiştir (Earl & Langford, 2013) ki bu, örneklerin daha kesin kesitlerinin tespit edilmesini ve SEM ve TEM (STEM) ile birlikte EDS ile dentin ince bir kesitinin gözlemlenmesini sağlar. Bu çok sofistike yöntem, smear tabakasına veya dentin tübüllerine küçük parçacık (örn., SiO₂ veya TiO₂ parçacıkları) penetrasyonunu incelemek için kullanılabilir (Earl & Langford, 2013). FIB-SEM ile yüksek derinliklerde geniş bir hacmi incelemek son derece zaman alıcıdır. Öte yandan, SEM tıkanma derinliği hakkında bilgi sağlamamaktadır. Seri blok-yüzey taramalı elektron mikroskobu (SBF-SEM), SEM odası içerisinde yer alan bir mikrotomda bulunan elmas bıçakla numunenin yüzeyinden nanometre boyutunda dilimler keserek 3 boyutlu görüntüleme sağlayan bir tekniktir. İlk olarak yüzeyden bir görüntü alınır, ardından mikrotom belirli bir derinlikte numuneyi keserek yeni bir yüzeyi açığa çıkarır. Bu süreç otomatik olarak devam eder ve elde edilen görüntüler birleştirilerek numunenin 3 boyutlu bir rekonstrüksiyonu elde edilir (Smith & Starborg, 2019).

12-Katı Hal Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) Spektroskopisi

Daha yakın zamanda, katı hal nükleer manyetik rezonans (NMR) spektroskopisi, iki biyoaktif cam içeren formülasyonun tükürüğe Ca²⁺ iyonları sağlama yeteneklerini ve kristal fazlar üzerindeki etkilerini araştırmak için kullanılmıştır (Grootveld, Silwood & Winter, 2009). Diğer araştırmacılar da çeşitli restoratif

ürünleri karakterize etmek için ^{27}Al , ^{29}Si , ^{19}F ve ^{31}P sihirli açılı döndürme nükleer manyetik rezonansını (MAS-NMR) kullanmışlardır (Brauer & ark., 2013; Brauer & ark., 2010; Lynch & ark., 2012; Mneimne & ark., 2011). Bu çalışmalardaki ilginç gözlemlerden biri, florür konsantrasyonuna bağlı olarak florapatitin (FAP) florit (CaF_2) yerine oluşumu idi ki bu, FAP'in hidroksiapatitten veya karbonatlı hidroksiapatitten daha kimyasal olarak stabil olduğu ve asit meydan okumasına dayanabileceği için dental uygulamalarda (örn. Dentin hassasiyeti veya mine remineralizasyonu) ilgi çekici olabilir (Carlo Prati & ark., 2015).

13-Taramalı Elektro-Kimyasal Mikroskopi (SECM)

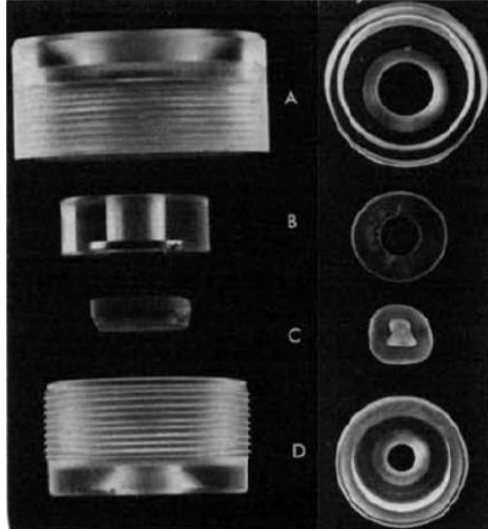
Taramalı elektro-kimyasal mikroskopi (SECM), bir numune yüzeyindeki heterojen olarak dağılan elektro-kimyasal aktiviteyi görselleştirmek ve nicel olarak belirlemek için kullanılan çok yönlü bir analitik araçtır. SECM, bir ucu keskin bir probun incelenen numune yüzeyi üzerinde yakın mesafede taranması yoluyla belirli bir arayüz özelliği hakkında bilgi toplayan taramalı prob mikroskopileri (SPM) kategorisine girer. SECM aracılığıyla genellikle amperometrik biyosensörler veya elektrokimyasal okuma ile elektrokimyasal olarak aktif türlerin üretimi/tüketimi içeren biyosensör prensipleri araştırılmıştır. Biyokatalitik yüzey aktivitesinin görselleştirilmesi, yüksek çözünürlüklü taramalı elektron mikroskobu (SEM), atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve yüksek vakum yüzey analiz teknikleri (ör. XPS) gibi esasen yüzeyin topografyasını ve morfolojisini gösteren tekniklerden elde edilen bilgilere ek kimyasal bilgi sağlar. Bu tekniklerin çoğu, yüksek vakum veya yüzey iletkenliği gibi fizyolojik olmayan koşullar

gerektirdiğinden, genel olarak denatüre olmuş biyolojik nesneleri görselleştirir (Stoica, Neugebauer & Schuhmann, 2008).

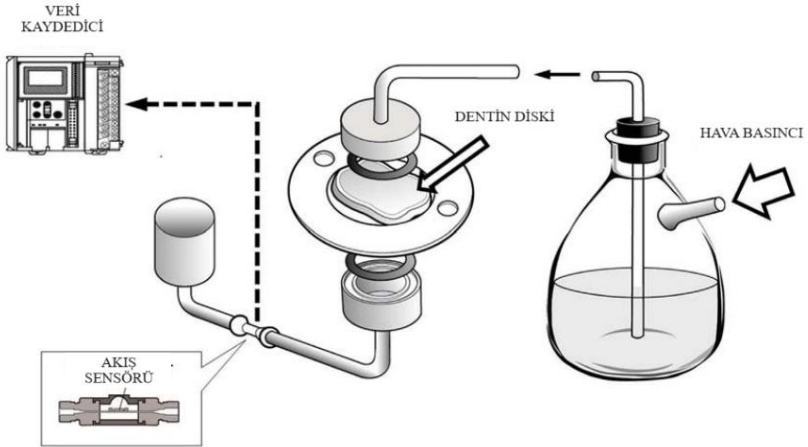
SECM birçok uygulaması arasında, zarlar ve gözenekli malzemeler üzerinden gerçekleşen taşınımın yerel düzeyde görselleştirilmesi ve nicel olarak belirlenmesi en başarılı alanlardan biri olmuştur. Dentin üzerine yapılan örnek çalışmalar yoluyla, küçük bir uç kullanılarak, topografik etkilerden büyük ölçüde arınmış akım haritaları ile nicel görüntülemenin mümkün olduğu gösterilmiştir (McKelvey & ark., 2011).

14-Bölümlü Disk Geçirgenlik Cihazı

Hassasiyet giderici ajanların değerlendirilmesinde dentin disk modelinin uygulanabilirliğini belirlemek amacıyla birkaç çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, Greenhill ve Pashley tarafından geliştirilen metodolojiye dayanmaktadır ve Mordan ve ark. tarafından modifiye edilmiştir (Greenhill & Pashley, 1981; Mordan, Barber & Gillam, 1997). İlk olarak geliştirilen yöntem, dentin hidrolik iletimini yapay bir ortamda değerlendirmek amacıyla kullanılan "split-chamber device (Bölümlü disk geçirgenlik cihazı) Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir. İnsanın çekilmiş 3. molar dişlerinden alınan dentin kesitleri, iki "O" halkası arasına yerleştirilerek sıkıca kapatılmış ve ardından iki ayrı hazne oluşturulmuştur. Bu hazneler silikon kullanılarak hava geçirmez hale getirilmiş ve bir polietilen disk ile geçirgenlik kontrolü sağlanmıştır. Radyoaktif izotop içeren bir çözelti üst hazneye eklenmiş, alt hazne ise geçirgenliği ölçen bir mekanizmayla donatılmıştır (Outhwaite, McKenzie & Pashley, 1974).



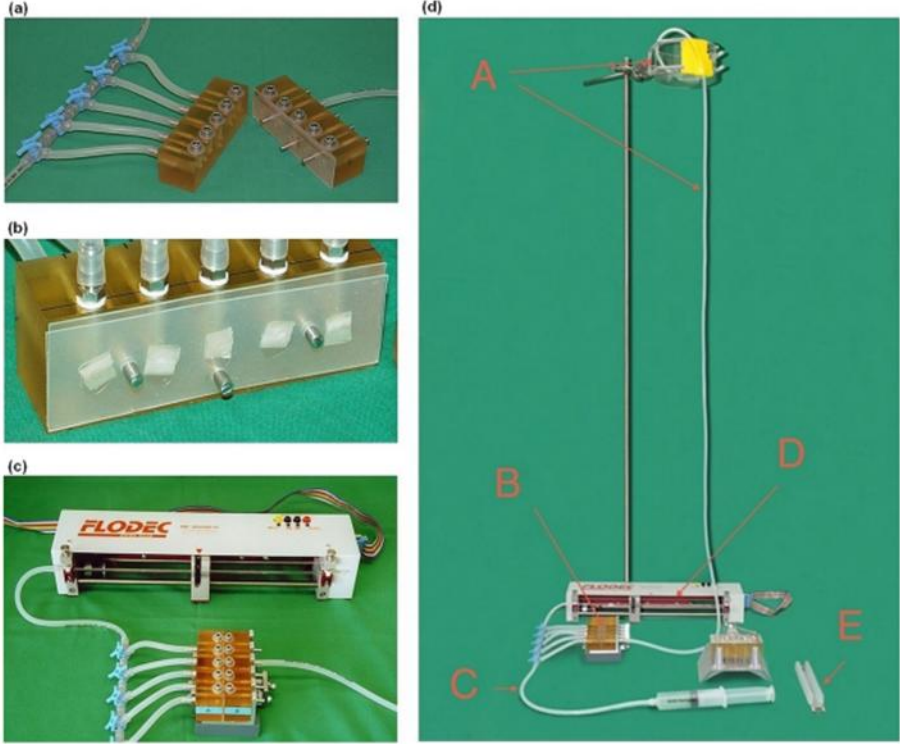
Şekil 1. Parçalı disk geçirgenlik cihazı A: üst hazne B: plastik conta ve silikon “O” halka C: diş kesiti D: cihaz alt parçası (Outhwaite & ark., 1974)



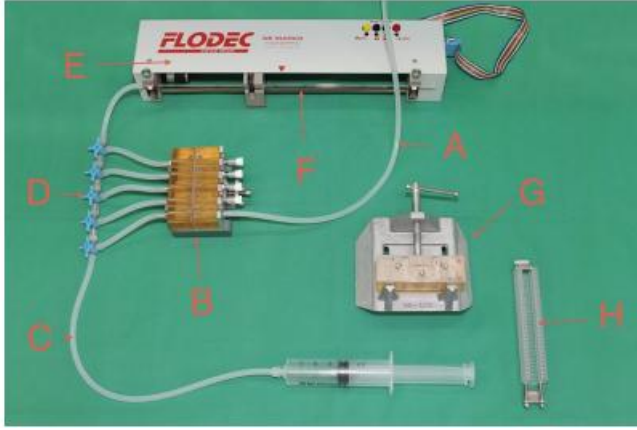
Şekil 2. Dentin disklerinin geçirgenliğini ölçmek için kullanılan cihazın şematik gösterimi. Su, iki O-halkası ile mühürlenmiş odalar

arasına sıkıştırılmış dentin örneğinden ayarlanmış basınç altında perfüze edilir ve elektronik mikro-akış sensöründen geçer, bu sensörde akış verileri her 0.1 saniyede bir kaydedilir ve bir veri kaydediciye aktarılır. Sıvının geçirgenliği için dentin örneğinin yüzeyindeki hedef alan, O-halkalarının temas mühürleme dairesi ile bölümlendirilmiştir (Ishihata & ark., 2017).

Geçirgenlik ölçümünde kullanılan başka bir alet ise Flodec (DeMarco-Engineering SA, Switzerland)'tir. Flodec, Şekil 3 ve 4'te görüldüğü gibi bir kapiller tüp içerisindeki lensin konumunu, tüp dışında bulunan ve bir bilgisayara bağlı optik bir sistem aracılığıyla takip ederek ölçüm yapabilen bir cihazdır (Ozok, Wu & Wesselink, 2002; Pashley & ark., 1996).



Şekil 3. Deneysel kurulumun detayları. (a) açık geçirgenlik odası, yüzeyler beş adet dentin diskini tutacak şekilde bir silikon mat ile kaplanmıştır. (b) geçirgenlik odasının bir kısmındaki silikon matlar içindeki dentin disklerinin detaylı görünümü. (c) kapalı geçirgenlik odasına bağlı Flodec cihazı. (d) tam deneyel kurulum. (A) rezervuarlı su sütunu; (B) kapalı geçirgenlik odası; (C) havasızlaştırma için tüp; (D) sabit iç çapı 873 μm olan cam kapiler içeren Flodec ölçüm ünitesi; (E) termal yaşlandırma için dentin dilim tutucu (Hiller & ark., 2018).



Şekil 4. Flodec ölçüm ünitesi detaylı olarak. Birim parçası olarak cam kapiler (F) ve kapalı geçirgenlik odası bir tüp ile bağlanmıştır ve geçirgenlik odasına (B) yerleştirilen bir dentin diski, uygun 3 yollu valf (D) açılarak geçirgen hale getirilebilir. Musluk (C) ve bağlı şırınga, sistemin havasının alınması için kullanılır. Musluk (A), su sütununun alt kısmıdır. Cihaz (G), dentin disklerine malzeme veya tükürük uygulaması için özel yapılmış bir tutucudur ve (H), termal yaşlandırma için dentin disk tutucusunu gösterir (Hiller & ark., 2018).

Pashley ve ekibi, köpeklerde gerçekleştirdikleri araştırmada, köpeklerin kanin ve molar dişlerinin açık dentin yüzeylerine hem pozitif hem de negatif hidrostatik basınçlar uygulamışlardır. Dentin yüzeyine bir koni şeklinde halka monte edilmiş ve bu halkanın ucuna, mikropipet kullanılarak fosfat tamponlu serum fizyolojik ile doldurulmuş bir hazne yerleştirilmiştir. Pozitif basınç uygulamak için hazne dişin seviyesinden yükseltilmiş, negatif basınç içinse altına alınmıştır. Mikropipet içerisindeki hava kabarcığı, pozitif basınç uygulandığında dişe doğru, negatif basınç uygulandığında ise

dişten uzaklaşacak şekilde hareket etmiştir. Bu deney, canlı bir organizmada dentin içinde sıvı hareketinin gözlemlendiği ilk çalışma olma özelliğini taşıtmaktadır (Pashley & ark., 1981).

B-Klinik Değerlendirmeler

Dentin hassasiyet tedavisi için üretilen dental materyallerin klinik etkinliğini değerlendirmek için çeşitli yöntemler tanımlanmıştır. Bunlar arasında soğuk hava uyarısıyla değerlendirmeler(Ayad & ark., 2009; Schiff & ark., 1994), dokunsal uyarıya yanıt(Ayad & ark., 2009; Docimo & ark., 2009; Sowinski, Kakar & Kakar, 2013) gibi yöntemler yer alır ve elektronik basınç hassas probu (Yeaple probu) ve görsel analog skala (VAS)(Ayad & ark., 2009) kullanılır. Bu yöntemler arasında, hassasiyetin dokunsal ölçümü, dişte hassas bir yanıtı tetiklemek için gereken uyarıcıyı nicel olarak belirlemek için kurulmuş ve iyi belgelenmiş bir prosedürdür. Birçok alışma Yeaple probunu kullanmıştır. Yeaple probu, uygulanan kuvvet miktarını kontrol etmek için bir elektromanyetik cihaz kullanır. 50 g kuvvet sonucu ağrı yokluğunda dişin hassas olmadığının kabul edildiği, dikkatli bir şekilde 10 g aralıklarla kuvvetin artırıldığı bir yöntemdir. Ancak, Yeaple probunun verimlilikle ilgili sınırlamaları arasında yorucu günlük kalibrasyon, değerlendirme sırasında prob ucu gevşemesi, cihaz arızası, operatöre bağımlılık ve muayeneler sırasında çevresel koşulların etkileri bulunur(Sowinski & ark., 2013).

Daha sonra geliştirilen bir cihaz olan Jay Hassasiyet Sensörü Probu (Jay Probe), klinik ortamlarda dokunsal hassasiyeti değerlendiren bir araçtır. Jay Probe, önceden ayarlanmış artışlarla kuvvet limitlerinin mikroişlemci kontrollü değerlendirmesini, programlanmış her kuvvet limiti için işitsel bip seslerini, hasta

yanıtlarını tetikleyen kuvvetin dijital okumasını, ek günlük kalibrasyona gerek kalmadan fabrika kalibrasyonunu ve operatör kolaylığı için ayak kontrolünü içerir (García-Godoy & Trushkowsky, 2013; Sowinski & ark., 2013). Yapılan bir çalışmada Jay Sondası'nın klinik ortamda dokunsal hassasiyeti değerlendirmede etkili bir araç olduğunu belirtmiştir (Kakar & Kakar, 2013).

Jay Sondası, klinik ortamda dokunsal hassasiyeti değerlendirme konusunda avantajlar sunmuştur: kullanım kolaylığı, basınç konusunda objektivite ve güvenilir, tekrarlanabilir veriler üretebilme yeteneği, dentin hassasiyetini değerlendirme konusunda klinisyenin silahları arasında güçlü bir araç olmayı kanıtlamıştır. Dentin hassasiyetinin klinik değerlendirmelerinde Jay Hassasiyet Sensörü kullanımını önermektedir (García-Godoy & Trushkowsky, 2013).

Klinik ortamda dentin hassasiyetinin değerlendirilmesinde kullanılan uyarıcılar (Gillam, 2013)

- Mekanik (dokunsal) uyarıcılar
- Explorer sondası
- Sabit basınç sondası (Yeaple)
- Mekanik basınç uyarıcıları
- Diş taşı temizleme işlemleri
- Tek tüylü fırça
- Kimyasal (osmotik) uyarıcılar

-Hipertonik çözeltiler, örneğin, sodyum klorür, glukoz, sukroz ve kalsiyum klorür

-Elektriksel uyarım

-Elektriksel pulpa test cihazları

-Diş pulpası stetoskopu

-Buharlaştırma uyarıcıları

-Soğuk hava üfleme

-Yeh hava termal sistemi

-Hava jeti uyarıcısı

-Temprtronik cihazı (mikroişlemci kontrollü sıcaklık kontrollü hava dağıtım sistemi)

-Termal uyarıcılar

-Elektronik eşik ölçüm cihazı

-Soğuk su testi

-Isı

-Termo-elektrik cihazları (örn. Biomat Termal Sonda)

-Etil klorür

-Buz çubuğu

1-Dentin Hassasiyet Skalaları

a-Görsel Analog Ölçek (VAS)

Araştırma ve klinik uygulamalarda değişkenlerin ölçümü ve nicelendirilmesi önemlidir. Bu, değişkenlerin seviyesini ve zamanla nasıl değiştiğini anlamamızı sağlar. Hayati değişkenler gibi basit

ölçümler objektif sonuçlar verirken, subjektif semptomlar için de ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Psikoloji ve tıp alanında çeşitli ölçekler ve skorlama araçları kullanılır. Görsel Analog Ölçek (VAS), 1921'den beri kullanılan, rahatsızlıkların seviyesini belirtmek için kullanılan bir yöntemdir ve 25.000'den fazla çalışmada yer almıştır. VAS, hastaların rahatsızlıklarının derecesini görsel bir çizgi üzerinde işaretlemelerini sağlar (Faiz, 2014).

VAS, iki uçta sözel tanımlayıcılarla işaretlenmiş 10 cm uzunluğunda bir yatay çizgiden oluşur: sol tarafta "hiç ağrı yok" ve sağ tarafta "mümkün olan en kötü ağrı" (Şekil 5A). Hasta, ağrı hissini temsil eden çizgi üzerinde bir işaret yapar. Daha sonra, hastanın yaptığı işareten sol uca kadar olan mesafe, bir analog kaliper ile ölçülerek ağrı yoğunluğunu belirler(Williamson & Hoggart, 2005).

b-Sayısal Ölçek (NS)

Bu ölçek, 0'dan 10'a kadar artan sırada düzenlenmiş 11 numaralı maddeden oluşur, burada 0 hiç ağrı olmadığını ve 10 en şiddetli ağrıyı ifade eder(Şekil 5B). Katılımcı, kendi değerlendirdiği dentin hassasiyet ağrısını temsil eden numarayı işaretler(Williamson & Hoggart, 2005).

c-Yüzler Ağrı Ölçeği (FPS)

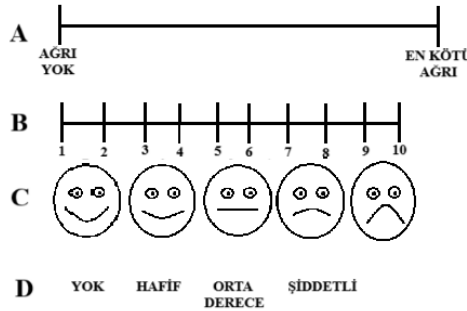
FPS, ağrı yoğunluğunun her aşamasını göstermek için kullanılan yüz ifadesi çizimlerinden oluşan bir settir (Şekil 5C). Hastadan, mevcut durumunu en iyi temsil eden yüzü seçmesi istenir(McGrath & ark., 1996).

d-Sözel Değerlendirme Ölçeği (VES)

VES, ağrı yoğunluğunu tanımlamak için kullanılan sıfatların artan bir şekilde listelendiği bir ölçektir. En yaygın kullanılan kelimeler: hiç ağrı yok, hafif ağrı, orta şiddette ağrı ve şiddetli ağrıdır (Şekil 5D). Hasta, kendi ağrısını en iyi tanımlayanı seçer(Williamson & Hoggart, 2005).

e-Schiff Ölçeği (SS)

Bu ölçek, hastanın uyarıcıya tepkisine göre dentin hassasiyet ağrısının derecesini değerlendirir. SS'de, katılımcı 0'dan 3'e kadar puanlanır: 0 -uyarıcıya tepki göstermez; 1 -uyarıcıya tepki gösterir, ancak uyarıcının kesilmesini talep etmez; 2 - uyarıcıya tepki gösterir ve uyarıcının kesilmesini talep eder veya uyarıcıdan uzaklaşır; 3 - uyarıcıya tepki gösterir, bunu ağırlı bulur ve uyarıcının kesilmesini talep eder. Bu ölçek operatör tarafından doldurulur (Rocha & ark., 2020).



Şekil 5. Dentin hassasiyeti ölçekleri. A) Görsel analog ölçek (VAS)
B) Sayısal ölçek C) Yüzler ağrı ölçeği D) Sözel değerlendirme ölçeği.

2-Replikasyon Teknikleri

Dentin hassasiyeti tedavisinde, terapötik ajanlar ya patent dentin tübüllerine girerek pulpada sinirsel yanıtı değiştirebilir ya da alternatif olarak tübülleri kısmen veya tamamen tıkayabilir (Pashley & Galloway, 1985). Tübülleri tıkayabilecek bileşiklere daha fazla dikkat edilmiş olmasına rağmen, görünüşte etkili ajanların eylemlerini nasıl gerçekleştirdikleri konusunda bir bilgi eksikliği vardır. Bu soruna yeni bir yaklaşım, Absi ve ark. (Absi, Addy & Adams, 1989) tarafından rapor edilmiştir; 'hassas' ve 'hassas olmayan' servikal dentini incelemek için bir replika tekniği geliştirmişlerdir. Bir in vitro pilot çalışmada, tübüllerin açığa çıkarılması için asitle yıkanmış çekilmiş insan dişlerinden silikon izlenimler alınmıştır. Bu izlenimlerden elde edilen epoksi reçine dökümleri SEM ile incelenmiş ve orijinal diş yüzeyleriyle karşılaştırılmıştır. Orijinal ve replika SEM'ler arasında, tübül sayıları ve tübül çapları gibi yüzey detaylarının çözünürlüğü açısından mükemmel bir korelasyon tespit edilmiştir; bu da patent tübülleri göstermektedir. Çalışmanın ikinci kısmı, klinik olarak 'hassas' ve 'hassas olmayan' olarak kategorize edilen dişlerin orijinal ve replika izlenim SEM'lerini karşılaştırmış ve teknikle ilgili dentin yüzey tiplerini ayırt etme yeteneğini göstermiştir. İn vivo sonuçlar, dentin yüzey detaylarının replikasyon tekniğiyle doğal olarak tekrar üretilebileceğini göstermiştir (Absi & ark., 1989). Diğer araştırmacılar bu yöntemle daha az başarı elde etmişlerdir, çünkü bu, araştırmacının diş yüzeylerinden plağı temizleme yeteneğine bağlıdır ve bir smear katmanı oluşturmada yapılmalıdır (Pashley, 1992). Duke ve Lindemuth (Duke & Lindemuth, 1991) hassas dentinde tübül patensisiyle ilgili olarak, hassas olmayan dişlerin

sıklıkla hassas dentinde bulunmayan amorf ve/veya kristalize bir smear katmanıyla kaplandığını gözlemlemiştir. Absi ve ark. (Absi & ark., 1989) tarafından yapılan araştırma birkaç nedenle dikkate değerdir. İlk olarak, patent tübüllerin varlığını ve hassasiyetin hidrodinamik mekanizmasındaki rollerini doğrulamıştır. İkinci olarak, klinisyene hassasiyetin teşhisinde yardımcı olabilir. En önemlisi, tübül tıkanıklığı yoluyla işlev gösterdiği öne sürülen terapötik ajanların etkilerinin doğrudan in vivo değerlendirilmesi için bir fırsat sağlar (Sena, 1990).

3-Dentin Biyopsi Tekniği

Hassas kök yüzeylerinin açık, patent tübüllere sahip olup olmadığını belirleme yaklaşımından bir diğeri, Yoshiyama ve ark. tarafından rapor edilmiştir. Klinik olarak hassasiyet bölgeleri tanımladıktan sonra hassas dentini iç çapı 1 mm olan boş bir çekirdek üreten elmas burgu kullanarak biyopsi yapmışlardır. Silindirik örneklerin yüzeylerinin SEM ile incelenmesi, tübüllerin %75'inin açık olduğunu, buna karşılık 'hassas olmayan' dentin biyopsilerinde bu oranın sadece %24 olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, alt yüzey tübül içeriklerini incelemek için biyopsileri kırdıklarında, hassas dentinde nispeten açık dentin tübülleri görülürken, hassas olmayan dentinin tübülleri mineral birikintileri ile kısmen tıkanmış görülmüştür. SEM, yüzeyel dentindeki tübül lümen ultra yapısını incelemek için kullanılmıştır. Hassas dentinin sadece %15'i, ancak 'hassas olmayan' dentin tübüllerinin %81'i, peritübüler dentinle sürekli görünen yüksek elektron yoğunluğunda malzeme ile tıkanmış olarak görülmüştür. (Yoshiyama & ark., 1989; Yoshiyama & ark., 1990).

Sonuç

Dentin hassasiyeti, karmaşık hidrodinamik mekanizmalarla açıklanan ve birçok farklı tedavi yaklaşımı gerektiren yaygın bir dental sorundur. Gerek in-vitro gerekse klinik değerlendirme yöntemleriyle gerçekleştirilen araştırmalar, tedavi seçeneklerinin dentin tübüllerinin tıkanması veya sinirsel iletimin modülasyonu yoluyla etkinlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. Geleneksel potasyum tuzlarından ileri lazer teknolojilerine kadar uzanan tedavi yelpazesi, dentin hassasiyetinin bireysel varyasyonlarını dikkate alarak etkili çözümler sunmayı amaçlamaktadır. Çeşitli hassasiyet giderici ajanların, dentin tübüllerinde oluşturduğu yapısal değişiklikler ve biyokimyasal etkileşimler, tedavinin başarısını belirlerken, non-invaziv, ekonomik ve kolay uygulanabilir yöntemlerin tercih edilmesi önemli bir avantaj sağlamaktadır. Bu bağlamda, gelecekteki çalışmalar, hem in-vitro hem de klinik bağlamda kullanılan teknolojilerin standardizasyonuna ve hasta uyumunu artırmaya yönelik yenilikçi yaklaşımlar geliştirilmesini hedeflemelidir.

Kaynakça

Absi, E. G., Addy, M., & Adams, D. (1987). Dentine hypersensitivity. A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol*, 14(5), 280-284. doi:10.1111/j.1600-051x.1987.tb01533.x

Absi, E. G., Addy, M., & Adams, D. (1989). Dentine hypersensitivity. The development and evaluation of a replica technique to study sensitive and non-sensitive cervical dentine. *J Clin Periodontol*, 16(3), 190-195. doi:10.1111/j.1600-051x.1989.tb01639.x

Ahmed, T. R., Mordan, N. J., Gilthorpe, M. S., & Gillam, D. G. (2005). In vitro quantification of changes in human dentine tubule parameters using SEM and digital analysis. *J Oral Rehabil*, 32(8), 589-597. doi:10.1111/j.1365-2842.2005.01473.x

Amarasena, N., Spencer, J., Ou, Y., & Brennan, D. (2011). Dentine hypersensitivity in a private practice patient population in Australia. *J Oral Rehabil*, 38(1), 52-60. doi:10.1111/j.1365-2842.2010.02132.x

Arends, J., & ten Bosch, J. J. (1992). Demineralization and remineralization evaluation techniques. *J Dent Res*, 71 Spec No, 924-928. doi:10.1177/002203459207100s27

Arrais, C. A., Chan, D. C., & Giannini, M. (2004). Effects of desensitizing agents on dentinal tubule occlusion. *J Appl Oral Sci*, 12(2), 144-148. doi:10.1590/s1678-77572004000200012

Attin, T., & Wegehaupt, F. J. (2014a). Methods for Assessment of Dental Erosion. In A. Lussi & C. Ganss (Eds.),

Erosive Tooth Wear: From Diagnosis to Therapy (Vol. 25, pp. 0): S.Karger AG.

Attin, T., & Wegehaupt, F. J. (2014b). Methods for Assessment of Dental Erosion. In *Erosive Tooth Wear: From Diagnosis to Therapy* (Vol. 25, pp. 0). doi:10.1159/000360355

Ayad, F., Ayad, N., Delgado, E., Zhang, Y. P., DeVizio, W., Cummins, D., & Mateo, L. R. (2009). Comparing the efficacy in providing instant relief of dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion and 1450 ppm fluoride, and to a control toothpaste with 1450 ppm fluoride: a three-day clinical study in Mississauga, Canada. *J Clin Dent*, 20(4), 115-122.

Balooch, M., Wu-Magidi, I. C., Balazs, A., Lundkvist, A. S., Marshall, S. J., Marshall, G. W., . . . Kinney, J. H. (1998). Viscoelastic properties of demineralized human dentin measured in water with atomic force microscope (AFM)-based indentation. *J Biomed Mater Res*, 40(4), 539-544. doi:10.1002/(sici)1097-4636(19980615)40:4<539::aid-jbm4>3.0.co;2-g

Benedict, H. C. (1928). A Note on the Fluorescence of Teeth in Ultra-Violet Rays. *Science*, 67(1739), 442-442. doi:10.1126/science.67.1739.442.a

Brännström, M., & Aström, A. (1972). The hydrodynamics of the dentine; its possible relationship to dentinal pain. *Int Dent J*, 22(2), 219-227.

Brauer, D. S., Karpukhina, N., Kedia, G., Bhat, A., Law, R. V., Radecka, I., & Hill, R. G. (2013). Bactericidal strontium-releasing injectable bone cements based on bioactive glasses. *J R Soc Interface*, 10(78), 20120647. doi:10.1098/rsif.2012.0647

Brauer, D. S., Karpukhina, N., O'Donnell, M. D., Law, R. V., & Hill, R. G. (2010). Fluoride-containing bioactive glasses: effect of glass design and structure on degradation, pH and apatite formation in simulated body fluid. *Acta Biomater*, 6(8), 3275-3282. doi:10.1016/j.actbio.2010.01.043

Burnett, G. R. (2013). The effect of an experimental anhydrous stannous fluoride dentifrice on the acid resistance of dentin smear layers. *Am J Dent*, 26 Spec No A, 15a-18a.

Cassinelli, C., & Morra, M. (1994). Atomic force microscopy studies of the interaction of a dentin adhesive with tooth hard tissue. *J Biomed Mater Res*, 28(12), 1427-1431. doi:10.1002/jbm.820281207

Cuenin, M. F., Scheidt, M. J., O'Neal, R. B., Strong, S. L., Pashley, D. H., Horner, J. A., & Van Dyke, T. E. (1991). An in vivo study of dentin sensitivity: the relation of dentin sensitivity and the patency of dentin tubules. *J Periodontol*, 62(11), 668-673. doi:10.1902/jop.1991.62.11.668

Culjat, M. O., Goldenberg, D., Tewari, P., & Singh, R. S. (2010). A review of tissue substitutes for ultrasound imaging. *Ultrasound Med Biol*, 36(6), 861-873. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2010.02.012

Cummins, D. (2010). Recent advances in dentin hypersensitivity: clinically proven treatments for instant and lasting sensitivity relief. *Am J Dent*, 23 Spec No A, 3a-13a.

de Josselin de Jong, E., Sundström, F., Westerling, H., Tranaeus, S., Ten Bosch, J. J., & Angmar-Månsson, B. (2009). A New Method for in vivo Quantification of Changes in Initial Enamel Caries with Laser Fluorescence. *Caries research*, 29(1), 2-7. doi:10.1159/000262032

Demirturk Kocasarac, H., & Angelopoulos, C. (2018). Ultrasound in Dentistry: Toward a Future of Radiation-Free Imaging. *Dent Clin North Am*, 62(3), 481-489. doi:10.1016/j.cden.2018.03.007

Docimo, R., Montesani, L., Maturo, P., Costacurta, M., Bartolino, M., Zhang, Y. P., . . . Mateo, L. R. (2009). Comparing the efficacy in reducing dentin hypersensitivity of a new toothpaste containing 8.0% arginine, calcium carbonate, and 1450 ppm fluoride to a benchmark commercial desensitizing toothpaste containing 2% potassium ion: an eight-week clinical study in Rome, Italy. *J Clin Dent*, 20(4), 137-143.

Dowell, P., & Addy, M. (1983). Dentine hypersensitivity--a review. Aetiology, symptoms and theories of pain production. *J Clin Periodontol*, 10(4), 341-350. doi:10.1111/j.1600-051x.1983.tb01283.x

Duke, E. S., & Lindemuth, J. (1991). Variability of clinical dentin substrates. *Am J Dent*, 4(5), 241-246.

Durmusoglu, Ö., Tağtekin, D. A., & Yanıkoğlu, F. (2012). Clinical evaluation of demineralization and remineralization of intact root surface lesions in the clinic by a quantitative light-induced fluorescence system. *Lasers in Medical Science*, 27(2), 397-402. doi:10.1007/s10103-011-0899-9

Earl, J. S., & Langford, R. M. (2013). Physical and chemical characterization of the surface layers formed on dentin following treatment with an experimental anhydrous stannous fluoride dentifrice. *Am J Dent*, 26 Spec No A, 19a-24a.

Ehrlich, J., Hochman, N., Gedalia, I., & Tal, M. (1975). Residual fluoride concentrations and scanning electron microscopic examination of root surfaces of human teeth after topical application of fluoride in vivo. *J Dent Res*, 54(4), 897-900. doi:10.1177/00220345750540043101

Eliades, G., Mantzourani, M., Labella, R., Mutti, B., & Sharma, D. (2013). Interactions of dentine desensitisers with human dentine: morphology and composition. *J Dent*, 41 Suppl 4, S28-39. doi:10.1016/s0300-5712(13)70004-6

Faiz, K. W. (2014). [VAS--visual analog scale]. *Tidsskr Nor Laegeforen*, 134(3), 323. doi:10.4045/tidsskr.13.1145

Featherstone, J. D., ten Cate, J. M., Shariati, M., & Arends, J. (1983). Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. *Caries Res*, 17(5), 385-391. doi:10.1159/000260692

Field, J., Waterhouse, P., & German, M. (2010a). Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *J Dent*, 38(3), 182-190. doi:10.1016/j.jdent.2010.01.002

Field, J., Waterhouse, P., & German, M. (2010b). Quantifying and qualifying surface changes on dental hard tissues in vitro. *Journal of Dentistry*, 38(3), 182-190. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2010.01.002>

Finke, M., Jandt, K. D., & Parker, D. M. (2000). The Early Stages of Native Enamel Dissolution Studied with Atomic Force Microscopy. *J Colloid Interface Sci*, 232(1), 156-164. doi:10.1006/jcis.2000.7200

Gandolfi, M. G., Iacono, F., Pirani, C., & Prati, C. (2012). The use of calcium-silicate cements to reduce dentine permeability. *Arch Oral Biol*, 57(8), 1054-1061. doi:10.1016/j.archoralbio.2012.02.024

Gandolfi, M. G., Silvia, F., H, P. D., Gasparotto, G., & Carlo, P. (2008). Calcium silicate coating derived from Portland cement as treatment for hypersensitive dentine. *J Dent*, 36(8), 565-578. doi:10.1016/j.jdent.2008.03.012

Gandolfi, M. G., Van Landuyt, K., Taddei, P., Modena, E., Van Meerbeek, B., & Prati, C. (2010). Environmental scanning electron microscopy connected with energy dispersive x-ray analysis and Raman techniques to study ProRoot mineral trioxide aggregate and calcium silicate cements in wet conditions and in real time. *J Endod*, 36(5), 851-857. doi:10.1016/j.joen.2009.12.007

García-Godoy, F., & Trushkowsky, R. D. (2013). A diagnostic device to record dentin hypersensitivity. *Am J Dent*, 26 Spec No B, 3b-4b.

Gillam, D. G. (2013). Current diagnosis of dentin hypersensitivity in the dental office: an overview. *Clin Oral Investig*, 17 Suppl 1(Suppl 1), S21-29. doi:10.1007/s00784-012-0911-1

Gillam, D. G., Mordan, N. J., Sinodinou, A. D., Tang, J. Y., Knowles, J. C., & Gibson, I. R. (2001). The effects of oxalate-containing products on the exposed dentine surface: an SEM investigation. *J Oral Rehabil*, 28(11), 1037-1044. doi:10.1046/j.1365-2842.2001.00775.x

Greenhill, J. D., & Pashley, D. H. (1981). The effects of desensitizing agents on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res*, 60(3), 686-698. doi:10.1177/00220345810600030401

Grootveld, M., Silwood, C. J., & Winter, W. T. (2009). High-resolution (1)H NMR investigations of the capacity of dentifrices containing a "smart" bioactive glass to influence the metabolic profile of and deliver calcium ions to human saliva. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 91(1), 88-101. doi:10.1002/jbm.b.31377

Hegde, M. N., & Moany, A. (2012). Remineralization of enamel subsurface lesions with casein phosphopeptide-amorphous calcium phosphate: A quantitative energy dispersive X-ray analysis using scanning electron microscopy: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 15(1), 61-67. doi:10.4103/0972-0707.92609

Hiller, K. A., Buchalla, W., Grillmeier, I., Neubauer, C., & Schmalz, G. (2018). In vitro effects of hydroxyapatite containing toothpastes on dentin permeability after multiple applications and ageing. *Sci Rep*, 8(1), 4888. doi:10.1038/s41598-018-22764-1

Hjortsjö, C., Jonski, G., Thrane, P. S., Saxegaard, E., & Young, A. (2009). The Effects of Acidic Fluoride Solutions on Early Enamel Erosion in vivo. *Caries research*, 43(2), 126-131. doi:10.1159/000209345

Ishihata, H., Finger, W. J., Kanehira, M., Shimauchi, H., & Komatsu, M. (2011). In vitro dentin permeability after application of Gluma® desensitizer as aqueous solution or aqueous fumed silica dispersion. *J Appl Oral Sci*, 19(2), 147-153. doi:10.1590/s1678-77572011000200011

Ishihata, H., Kanehira, M., Finger, W. J., Takahashi, H., Tomita, M., & Sasaki, K. (2017). Effect of two desensitizing agents on dentin permeability in vitro. *J Appl Oral Sci*, 25(1), 34-41. doi:10.1590/1678-77572016-0228

Kakar, A., & Kakar, K. (2013). Measurement of dentin hypersensitivity with the Jay Sensitivity Sensor Probe and the Yeaple Probe to compare relief from dentin hypersensitivity by dentifrices. *American journal of dentistry*, 26 Spec No B, 21B-28B.

Kim, S.-K., Park, S.-W., Lee, H.-S., Lee, E.-S., de Josselin de Jong, E., & Kim, B.-I. (2019). Evaluation of tooth wear by estimating enamel thickness with quantitative light-induced fluorescence technology. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 25, 319-324. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2019.01.016>

Kim, S. K., Lee, H. S., Park, S. W., Lee, E. S., De Josselin De Jong, E., Jung, H. I., & Kim, B. I. (2017). Quantitative light-induced fluorescence technology for quantitative evaluation of tooth wear. *Journal of Biomedical Optics*, 22(12). doi:10.1117/1.JBO.22.12.121701

Kinney, J. H., Balooch, M., Marshall, S. J., Marshall, G. W., & Weihs, T. P. (1996). Hardness and young's modulus of human peritubular and intertubular dentine. *Archives of Oral Biology*, 41(1), 9-13. doi:[https://doi.org/10.1016/0003-9969\(95\)00109-3](https://doi.org/10.1016/0003-9969(95)00109-3)

Lee, H.-S., Lee, Y.-D., Kim, S.-K., Choi, J.-H., & Kim, B.-I. (2019). Assessment of tooth wear based on autofluorescence properties measured using the QLF technology in vitro. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 25, 265-270. doi:<https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2019.01.001>

Lynch, E., Brauer, D. S., Karpukhina, N., Gillam, D. G., & Hill, R. G. (2012). Multi-component bioactive glasses of varying fluoride content for treating dentin hypersensitivity. *Dent Mater*, 28(2), 168-178. doi:10.1016/j.dental.2011.11.021

Markowitz, K., Bilotto, G., & Kim, S. (1991). Decreasing intradental nerve activity in the cat with potassium and divalent cations. *Arch Oral Biol*, 36(1), 1-7. doi:10.1016/0003-9969(91)90047-x

Marshall, G. W., Jr., Balooch, M., Tench, R. J., Kinney, J. H., & Marshall, S. J. (1993). Atomic force microscopy of acid effects on dentin. *Dent Mater*, 9(4), 265-268. doi:10.1016/0109-5641(93)90072-x

Marshall, G. W., Jr., Marshall, S. J., Balooch, M., & Kinney, J. H. (2004). Evaluating demineralization and mechanical properties of human dentin with AFM. *Methods Mol Biol*, 242, 141-159. doi:10.1385/1-59259-647-9:141

McBride, J., & Maul, C. (2004). The 3D measurement and analysis of high precision surfaces using con-focal optical methods. *IEICE Transactions on Electronics*, E87C, 1261-1267.

McGrath, P. A., Seifert, C. E., Speechley, K. N., Booth, J. C., Stitt, L., & Gibson, M. C. (1996). A new analogue scale for assessing children's pain: an initial validation study. *Pain*, 64(3), 435-443. doi:10.1016/0304-3959(95)00171-9

McKelvey, K., Snowden, M. E., Peruffo, M., & Unwin, P. R. (2011). Quantitative Visualization of Molecular Transport through Porous Membranes: Enhanced Resolution and Contrast Using Intermittent Contact-Scanning Electrochemical Microscopy. *Analytical Chemistry*, 83(17), 6447-6454. doi:10.1021/ac201489c

Mneimne, M., Hill, R. G., Bushby, A. J., & Brauer, D. S. (2011). High phosphate content significantly increases apatite formation of fluoride-containing bioactive glasses. *Acta Biomater*, 7(4), 1827-1834. doi:10.1016/j.actbio.2010.11.037

Mordan, N. J., Barber, P. M., & Gillam, D. G. (1997). The dentine disc. A review of its applicability as a model for the in vitro testing of dentine hypersensitivity. *J Oral Rehabil*, 24(2), 148-156. doi:10.1046/j.1365-2842.1997.d01-260.x

Närhi, M., Kontturi-Närhi, V., Hirvonen, T., & Ngassapa, D. (1992). Neurophysiological mechanisms of dentin hypersensitivity. *Proc Finn Dent Soc*, 88 Suppl 1, 15-22.

Ng, S. Y., Ferguson, M. W. J., Payne, P. A., & Slater, P. (1988). Ultrasonic studies of unblemished and artificially demineralized enamel in extracted human teeth: a new method for detecting early caries. *Journal of Dentistry*, 16(5), 201-209. doi:[https://doi.org/10.1016/0300-5712\(88\)90070-X](https://doi.org/10.1016/0300-5712(88)90070-X)

Olley, R. C., Pilecki, P., Hughes, N., Jeffery, P., Austin, R. S., Moazzez, R., & Bartlett, D. (2012). An in situ study investigating dentine tubule occlusion of dentifrices following acid challenge. *J Dent*, 40(7), 585-593. doi:10.1016/j.jdent.2012.03.008

Orchardson, R., & Gillam, D. G. (2000). The efficacy of potassium salts as agents for treating dentin hypersensitivity. *J Orofac Pain*, 14(1), 9-19.

Outhwaite, W. C., McKenzie, D. M., & Pashley, D. H. (1974). A versatile split-chamber device for studying dentin permeability. *J Dent Res*, 53(6), 1503. doi:10.1177/00220345740530064101

Ozok, A. R., Wu, M. K., & Wesselink, P. R. (2002). The effects of post-extraction time on the hydraulic conductance of human dentine in vitro. *Arch Oral Biol*, 47(1), 41-46. doi:10.1016/s0003-9969(01)00090-5

Pashley, D. H. (1989). Dentin: a dynamic substrate--a review. *Scanning Microsc*, 3(1), 161-174; discussion 174-166.

Pashley, D. H. (1992). Dentin permeability and dentin sensitivity. *Proc Finn Dent Soc*, 88 Suppl 1, 31-37.

Pashley, D. H., & Galloway, S. E. (1985). The effects of oxalate treatment on the smear layer of ground surfaces of human dentine. *Arch Oral Biol*, 30(10), 731-737. doi:10.1016/0003-9969(85)90185-2

Pashley, D. H., Kehl, T., Pashley, E., & Palmer, P. (1981). Comparison of in vitro and in vivo dog dentin permeability. *J Dent Res*, 60(3), 763-768. doi:10.1177/00220345810600031801

Pashley, D. H., Matthews, W. G., Zhang, Y., & Johnson, M. (1996). Fluid shifts across human dentine in vitro in response to hydrodynamic stimuli. *Arch Oral Biol*, 41(11), 1065-1072. doi:10.1016/s0003-9969(96)00059-3

Petrou, I., Heu, R., Stranick, M., Lavender, S., Zaidel, L., Cummins, D., . . . Gimzewski, J. K. (2009). A breakthrough therapy for dentin hypersensitivity: how dental products containing 8% arginine and calcium carbonate work to deliver effective relief of sensitive teeth. *J Clin Dent*, 20(1), 23-31.

Prati, C., Gillam, D. G., & Gandolfi, M. G. (2015). Advances in in vitro testing techniques for dentine hypersensitivity. *Dentine Hypersensitivity: Advances in Diagnosis, Management, and Treatment*, 71-83.

Prati, C., Venturi, L., Valdrè, G., & Mongiorgi, R. (2002). Dentin morphology and permeability after brushing with different toothpastes in the presence and absence of smear layer. *J Periodontol*, 73(2), 183-190. doi:10.1902/jop.2002.73.2.183

Que, K., Ruan, J., Fan, X., Liang, X., & Hu, D. (2010). A multi-centre and cross-sectional study of dentine hypersensitivity in

China. *J Clin Periodontol*, 37(7), 631-637. doi:10.1111/j.1600-051X.2009.01513.x

Rocha, M. O. C., Cruz, A., Santos, D. O., Douglas, D. E. O. D. W., Flecha, O. D., & Gonçalves, P. F. (2020). Sensitivity and specificity of assessment scales of dentin hypersensitivity - an accuracy study. *Braz Oral Res*, 34, e043. doi:10.1590/1807-3107bor-2020.vol34.0043

Rodriguez-Sendra, J., Torres, I., Jimenez, N., Sauro, S., & Camarena, F. (2021). Ultrasonic Monitoring of Dentin Demineralization. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*, 68(3), 570-578. doi:10.1109/tuffc.2020.3015668

Rodriguez, J. M., Curtis, R. V., & Bartlett, D. W. (2009). Surface roughness of impression materials and dental stones scanned by non-contacting laser profilometry. *Dent Mater*, 25(4), 500-505. doi:10.1016/j.dental.2008.10.003

Schiff, T., Dotson, M., Cohen, S., De Vizio, W., McCool, J., & Volpe, A. (1994). Efficacy of a dentifrice containing potassium nitrate, soluble pyrophosphate, PVM/MA copolymer, and sodium fluoride on dentinal hypersensitivity: a twelve-week clinical study. *J Clin Dent*, 5 Spec No, 87-92.

Schmidlin, P. R., & Sahrman, P. (2013). Current management of dentin hypersensitivity. *Clin Oral Investig*, 17 Suppl 1(Suppl 1), S55-59. doi:10.1007/s00784-012-0912-0

Sena, F. J. (1990). Dentinal permeability in assessing therapeutic agents. *Dent Clin North Am*, 34(3), 475-490.

Sivapriya, E., Sridevi, K., Periasamy, R., Lakshminarayanan, L., & Pradeepkumar, A. R. (2017). Remineralization ability of sodium fluoride on the microhardness of enamel, dentin, and dentinoenamel junction: An in vitro study. *J Conserv Dent*, 20(2), 100-104. doi:10.4103/jcd.Jcd_353_16

Smith, D., & Starborg, T. (2019). Serial block face scanning electron microscopy in cell biology: Applications and technology. *Tissue and Cell*, 57, 111-122.

Sowinski, J. A., Kakar, A., & Kakar, K. (2013). Clinical evaluation of the Jay Sensitivity Sensor Probe: a new microprocessor-controlled instrument to evaluate dentin hypersensitivity. *Am J Dent*, 26 Spec No B, 5b-12b.

Stachowiak, G., & Batchelor, A. W. (2004). *Experimental Methods in Tribology*: Elsevier Science.

Stoica, L., Neugebauer, S., & Schuhmann, W. (2008). Scanning Electrochemical Microscopy (SECM) as a Tool in Biosensor Research. In R. Renneberg & F. Lisdat (Eds.), *Biosensing for the 21st Century* (pp. 455-492). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Stookey, G. K. (2004). Optical Methods—Quantitative Light Fluorescence. *Journal of Dental Research*, 83(1_suppl), 84-88. doi:10.1177/154405910408301s17

Stookey, G. K. (2005). Quantitative Light Fluorescence: A Technology for Early Monitoring of the Caries Process. *Dental Clinics of North America*, 49(4), 753-770. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cden.2005.05.009>

van der Veen, M. H., & de Josselin de Jong, E. (2000). Application of quantitative light-induced fluorescence for assessing early caries lesions. *Monogr Oral Sci*, 17, 144-162. doi:10.1159/000061639

Vollenweider, M., Brunner, T. J., Knecht, S., Grass, R. N., Zehnder, M., Imfeld, T., & Stark, W. J. (2007). Remineralization of human dentin using ultrafine bioactive glass particles. *Acta Biomater*, 3(6), 936-943. doi:10.1016/j.actbio.2007.04.003

Vongsavan, N., & Matthews, B. (1992). Fluid flow through cat dentine in vivo. *Arch Oral Biol*, 37(3), 175-185. doi:10.1016/0003-9969(92)90087-o

Williamson, A., & Hoggart, B. (2005). Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *J Clin Nurs*, 14(7), 798-804. doi:10.1111/j.1365-2702.2005.01121.x

Yoshiyama, M., Masada, J., Uchida, A., & Ishida, H. (1989). Scanning electron microscopic characterization of sensitive vs. insensitive human radicular dentin. *J Dent Res*, 68(11), 1498-1502. doi:10.1177/00220345890680110601

Yoshiyama, M., Noiri, Y., Ozaki, K., Uchida, A., Ishikawa, Y., & Ishida, H. (1990). Transmission electron microscopic characterization of hypersensitive human radicular dentin. *J Dent Res*, 69(6), 1293-1297. doi:10.1177/00220345900690061401

Zhao, X., Pan, J., Malmstrom, H. S., & Ren, Y. F. (2016). Protective effects of resin sealant and flowable composite coatings against erosive and abrasive wear of dental hard tissues. *J Dent*, 49, 68-74. doi:10.1016/j.jdent.2016.01.013

BÖLÜM III

Diş Hekimliğinde Sürdürülebilirlik Ve Yeşil Diş Hekimliği

Nilgün AKGÜL¹
Adile ÖNAL²

Giriş

Yeşil diş hekimliği sağlık hizmetlerinin kalitesini korurken, çevresel sorumluluklarımızı yerine getirmemize yardımcı olacak yol gösterici ışıktır. Çevrenin korunmasını diş prosedürleriyle birleştiren bir yöntemdir. Yeşil; doğayı hatırlatır, insanı güvende hissettirir. Canlanma, yenilenme ve umudu temsil eder (Soğancı, 2023).

¹ Doç. Dr., Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid: 0000-0002-6732-0485 , nakgul@pau.edu.tr

² Arş. Gör., Pamukkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid: 0009-0002-6121-3256 , aonal@pau.edu.tr

Yeşil dış hekimliği çevre sağlığı üzerinde olumlu bir etki yaratma kapasitesine sahiptir. Yeşil dış hekimliğine geçiş seçenek değil gerekliliktir.

Sürdürülebilirlik Nedir?

Sürdürülebilirlik, kendi ihtiyaçlarımızı karşılarken gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da göz önüne alıp onlara saygı göstererek oluşturulan bir yaşam stilidir. Temiz gezegen ve sağlıklı toplum oluşturma yolunda atılan önemli adımdır.

Sürdürülebilirlik tanımı 1983 yılında hayatımıza girmeye ve etki oluşturmaya başladıktan sonra Birleşmiş Milletlerce hazırlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ adlı raporu (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, Oxford Üniversitesi) 1987 yılında yayınlanmıştır. Bu etki çevre, insanlar ve ekonomik büyümeye yönelik hedefler içermektedir. Belirlenen Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi, önümüzdeki yıllarda insanlar ve dünya için önemli alanlardaki çabaları teşvik edip daha sürdürülebilir bir evren oluşturmaya amaçlamaktadır. 2015 yılından 2030 yılına dek ‘Kimseyi Geride Bırakma’ sloganıyla kalkınma sürecinde hiçbir ülkenin geride kalmaması hedeflenmektedir. Toplam 169 hedef içermekte olup kalkınmanın çevresel, toplumsal ve finansal boyutlarını içermektedir. Koruyucu dış hekimliği uygulamalarıyla, dış hekimleri sürdürülebilir kalkınma hedeflerini günlük hasta sirkülasyonlarına dahil edebilir ve sağlıklı yaşam için yeşil ekonomiye geçişi teşvik edebilir (Assembly, 2015).

Böyle bir senaryoda Dünya Dış Hekimliği Federasyonu (FDI) Ağustos 2017 ‘de ‘Dış Hekimliğinde Sürdürülebilirlik’ başlıklı belgesini yayınladı (Federation, 2017).

Diş Hekimliğinde Sürdürülebilirliğin Parametreleri

- ❖ Seyahat
- ❖ Ekipman
- ❖ Enerji
- ❖ Atık
- ❖ Biyoçeşitlilik
- ❖ Yeşil Alan (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021)

Hasta ve Personel Seyahati (Karbon Emisyonu)

Karbon ayak izine göre diş hekimliğindeki kirliliğin en büyük payı hastaların sağlık hizmetine ulaşmak için yaptığı seyahatten kaynaklanmaktadır (Batsford, Shah, & Wilson, 2022).

Toplu taşımayı kullanmak, yürümek, bisiklete binmek, arabayı daha çok kişiyle paylaşmak daha iyi hava kalitesi sağlayabilir. Kirliliği ve seyahatle ilgili maliyetleri en aza indirebilir (Ercin & Hoekstra, 2012).

Aile toplantıları için rezervasyon yaptırılabilir, tek ziyarette tedaviler tamamlanabilir, çevrim içi tıp ve dijital yönlendirmelerle hasta seyahati azaltılabilir (Duane Brett & ark., 2019).

Sürdürülebilirliğe Göre Ekipman ve Malzeme Seçimi

Ekipman ve malzemeler yalnızca gerektiğinde kullanılmalı, çevre dostu alternatifler bulunmalıdır. Kırtasiye ürünleri geri dönüştürülebilir olmalı, daha az kağıt kullanılmalı, gereksiz çıktılardan kaçınılmalı, yazıcılar çift baskı yapacak şekilde

ayarlanmalıdır. Hastalarla bağlantı için sosyal medya ve çevrim içi araçlar kullanılmalıdır (Avinash & ark., 2013).

Tek kullanımlık malzemeler çok fazla plastik atık ürettiği için bunlardan kaçınılmalı, paslanmaz çelik ölçü kaşıkları, emme uçları kullanılmalıdır. Kullanılan malzemeler sürdürülebilir olmalı ve toksik olmamalıdır. Cıva nörotoksik olduğu için amalgam tıbbi gereksinim olmadıkça kullanılmamalıdır. Kullanılacaksa kapsüllü amalgam ve amalgam ayırıcı kullanılmalıdır (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Amalgam, diş hekiminin kesinlikle gerekli gördüğü durumlar dışında; 15 yaşın altındaki çocukların, süt dişlerinin ve emziren veya hamile kadınların tedavisinde kullanılmamalıdır (Arora, Mittal, & Dogra, 2017; Avinash & ark., 2013).

Stok israfının önüne geçilmeli, ürünlerin raf ömrüne bakılmalıdır. Azot Oksit ile inhalasyon sağlandığında bunların kullanımıyla ilgili tehlikeler konusunda personel eğitilmelidir. Etkili en az doz kullanılmalı ve sızıntılar yok edilmelidir. Atık gaz ünitesi daha az zararlı hale dönüştürülmelidir. Toksik kimyasal kullanımını önlemek için dijital radyografi ekipmanı kullanılmalıdır (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Tablo 1. Az sayıda yüksek teknoloji yeniliği ve bunların çevreye faydaları (Mittal & ark., 2020)

Yüksek Teknoloji Avantajları	Çevresel Avantajları
Dijital Görüntüleme Anlık görüntü kullanılabilirliği Geliştirilmiş görüntü kalitesi Tanısıl etkinliği arttırmak için görüntülerin kolayca büyütülüp değiştirilmesi	Dijital Görüntüleme Hastalar için %75-%90 daha az radyasyon Toksik röntgen geliştirici solüsyonlarının ve kurşun folyoların atılmasının ortadan kaldırılması
CAD-CAM Tek ziyaretin doktorda kalma süresini kısaltması	CAD-CAM Taşıma maliyeti ve karbondioksit salınımında azalma
Buhar Sterilizasyonu Artan zaman verimliliği Cerrahi sınıfta sarılı aletlere kolayca nüfus etmesi	Buhar Sterilizasyonu Kimyasal içermemesi, buhar çıkışı olmaması Tehlikeli atıkların bertarafı için izin alınması zorunluluğunu ortadan kaldırması İç mekanın hava kalitesini arttırması

Diş Hekimliğinde Yüksek Teknoloji Yenilikleri

- CAD-CAM
- Zararlı kimyasalların kullanımını ortadan kaldıran buhar sterilizatörleri
- Dijital görüntüleme

- Amalgamsız estetik restorasyonlar
- Kesici alet imha ekipmanı
- Tıbbi bilgilerin saklanması için bilgisayarlar
- Lazerler
- Yağsız kompresörler
- E posta yoluyla randevu bildirimleri (Mittal & ark., 2020)

Yenilenebilir Enerji ve Enerji Tasarrufu

Karbon ayak izinin yüzde 15'ini binaların enerji tüketimi oluşturur. Tercihimiz yenilenebilir enerji kaynakları olmalıdır. Çünkü fosil yakıtlardan enerji üretimi hava kirliliğine sebep olur (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Gece ve hafta sonları ekipmanlar kapatılmalıdır. Yüksek enerjiyi en aza indirecek ekipman kullanılmalıdır. Cihaz kendi enerjisini üretmeli, elektrik tüketimi karşılaştırılmalıdır ((EPN), 2021; ADA, 2021).

Topraklı ısı pompaları, güneş enerjili su ısıtma, biyokütle sistemleri, güneş panelleri gibi sistemler vardır ki yenilenemeyen yakıtlara bağımlılığı azaltır; sera gazı ve diğer emisyon üretimini azaltıp enerjiye ayrılan faturaları azaltır (ADA, 2021).

Muayenehanelerin ısıtılması da karbon emisyonuna neden olur. Bu nedenle klima kullanımı en aza indirilmelidir. Düşük enerjili floresan veya LED aydınlatma kurulmalıdır (Mittal & ark., 2020). Odaların işlev için optimum kullanım oranları belirlenmelidir (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Atık, Atıkların Bertarafı, Biyoçeşitlilik ve Karbon Ayak İzi

En büyük tasarruf için öncelikle ürün satın alma ve kullanımını azaltmak gerekir. Yeniden düşün-Azalt-Yeniden Kullan-Geri Dönüştür yaklaşımı atıkların ortadan kaldırılmasına ve imha edilmesine, fon tasarrufuna ve atık yakmadan kaynaklanan kirliliğin azaltılmasına yardımcı olabilir (Ercin & Hoekstra, 2012; Mittal & ark., 2020).

Yiyecek artıklarının çöplüklere atılması, metan gazı salınımı nedeniyle ciddi çevresel etkiye sahiptir ve maliyetlidir. Bu nedenle atık imha sözleşmesinin gıda artıklarının geri dönüşümünü kapsadığına emin olunmalıdır (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Bir diğer önemli husus toplam sera gazı miktarı anlamına gelen karbon ayak izi kavramıdır (Cleveland & Morris, 2005; Ercin & Hoekstra, 2012). Dış hekimliğinde karbon ayak izi değerlendirilmelidir.

Muayenehane çevresinde biyoçeşitlilik için yeşil alan sağlanmalıdır. Klinikteki teraslar bitkilendirilmelidir (ADA, 2021; Duane Brett & ark., 2019).

Çevre Dostu Dış Hekimliğinde Dört Faktör

1) Yeniden Düşünün:

Kişinin zihniyetini değiştirmek bir iyileştirme tekniğidir. Yerine kullanabileceğiniz ürünler gibi basit değişiklikler kaynakların korunmasında yardımcı olabilir ve ilk düşünülmesi gereken şeylerden biri su kullanımınıdır (Pockrass & Pockrass, 2008).

2) Azaltın:

Kaynak tüketimi azaltılmalıdır ((EPN), 2021).

3) Yeniden Kullanın:

Çöp sahası atıklarına yol açan öğeyi önler. Ürünlere yeni kullanım alanı bulur ve ürünleri üretmek için kullanılan kaynak sayısını ve enerjiyi azaltır (Mittal & ark., 2020).

4) Geri Dönüştürün:

Ürünlerin geri dönüşmesi kullanılabilir ürünlerin israfını, ham madde israfını, atık depolama alanlarından ve çöp yakma tesislerinden kaynaklanan su ve hava emisyonlarını ortadan kaldırır (Berg, Hager, & Hassenzahl, 2011).

Diş Hekimliğinde Atık ve Kirlilikten Sorumlu Süreçler
(Association ECO Dentistry, 2013)

1)Cıva ve Diğer Ağır Metallerin Yerleştirilmesi ve Çıkarılması

Dental amalgam %50 cıvaya ek olarak kurşun, gümüş, kalay ve çevreye zarar verebilecek diğer elementleri içerir (Anderson, 1999; Chilibeck, 2000; Kao, Dault, & Pichay, 2004; Samek, 1994). Cıvanın biyolojik olarak biriktiği bilinmektedir (Barron, 2004; Clarkson, Magos, & Myers, 2003; Factor-Litvak & ark., 2003; Jones, 2004; Kao, Dault, & Pichay, 2004).

Dental Amalgam Atık Ürünlerinin En İyi Yönetim Çalışmaları

Dental amalgamın yerleştirilmesi ve çıkarılması sırasında atık ürünler oluşur. Amalgam parçalarının toplanması, saklanması ve

imha edilmesi gerekir (Association American Dental, 2004; Condrin, 2004).

Amalgam yerine kompozit, seramik gibi diğer restoratif materyaller de kullanılabilir (Association American Dental, 2004; Condrin, 2004).

Atık depolama kapları bir yetkili tarafından ıslah edilmek üzere toplanmalıdır (Anderson, 1999; Association American Dental, 2004; Barron, 2004; Condrin, 2004; Fan & ark., 1997; Johnson & Pichay, 2001; Pichay, 2004; Samek, 1994). Atıkları toplayan personel maske ve gözlük kullanılmalıdır (Association American Dental, 2004; Condrin, 2004).

Gümüş: Su sistemimize girebilecek bir diğer ağır metal de gümüştür. Radyografik fiksatorün gümüş tiyosülfat içermesi çevresel kaygılara yol açar (Anderson, 1999; Naik & ark., 2011).

Kurşun: Her film paketinde bulunan kurşun bariyerler de kalıcıdır ve tehlikelidir (Anderson, 1999; Swanson, Roethel, & Bauer, 1999).

Biyomedikal Atık: Biyomedikal atığa hastalık yayma potansiyeli olan, dokulara ve şırıngalara batırılmış gazlı bezi örnek verebiliriz (Stark, 1998).

Biyomedikal atık maddelerinden keskin olmayanlar, biyolojik tehlike etiketi ile uygun şekilde etiketlenmiş kırmızı torbada saklanmalıdır. Keskin olarak kabul edilen şırınga ve iğnelerin, diğer genel veya biyomedikal atık malzemeleri içeren torbalardan ayrılıp bir yerde tutulmaları gerekir. Bunlar sızdırmaz, delinmeye karşı

dayanıklı ve uygun şekilde etiketlenmiş bir kaptanır ve bertaraf edilir (Naik & ark., 2011).

2. Geleneksel Röntgen Sistemleri

Kurşun ve gümüş iki önemli tehlikedir. X ışınının sebebiyet verdiği kirliliği bertaraf etmek için uygulanması gereken talimatlar:

- Atık kurşunu toplayın. Filtrede kullanılan sabitleyiciyi kullanın.
- Geliştiriciyi seyreltin (gerekirse).
- Sistemde krom olmayan geliştirici temizleyicileri kullanın.
- X-ışını filmini hurda metal olarak geri kazanıp dönüştürün.
- Diş hekimliğinde dijital teknolojilere geçin. Bu teknolojilerin avantajları arasında daha düşük radyasyona maruz kalma, kimyasal işlemenin olmaması sayılabilir (Anderson, 1999).

3. Tek kullanımlık bariyerler, sterilizasyon malzemeleri ve toksik dezenfektanları içeren enfeksiyon kontrol yöntemleri

Lateks eldivenler, önlükler, baş desteği kaplamaları, şırıngalar, plastik poşetler ve plastik emme uçları tek kullanımlık malzemelere örnektir (Soğancı, 2023). Kirliliği önlemek için bu tek kullanımlık ürünler atılıp yeniden kullanılabilir olanlarla değiştirilebilir. Örneğin bez hasta önlüğü gibi (Anderson, 1999). Temizlik personeli dezenfeksiyon işlemlerinde kağıt havlu, pamuklu veya yün rulo ya da bir kısmı veya bütünüyle geri dönüştürülmüş olan ürünleri kullanabilir (Anderson, 1999; Naik & ark., 2011).

4. Geleneksel vakumlu tükürük emici sistemleri

Diş hekimliğinin önemli ekipmanıdır. Vakum sistemlerinin aşırı su tüketimi suyun israfına ve kirlenmesine sebep olmaktadır (Hiltz, 2007). Bu sebeple günümüzde kuru vakum sisteminin kullanılması zorunludur.

Atık yönetiminde izlenecek adımlar:

- İncelenmesi
- Ayırıştırması: Atıkların farklı olanlarının farklı bölümlere yerleştirilmesini sağlar.
- Depolama ve biriktirme: Geçici olarak ya da uzun sürelidir.
- Taşınması: Araçlarla ve konteynerlerle taşınır.
- İşlenmesi: Hastalık oluşturmayacak ve güvenli bir şekilde depolanabilecek şekilde dezenfekte edilen bir süreçtir.
- Bertarafı: Mikrodalga ısınlama, kimyasal dezenfeksiyon, atıkları yakma, inertleştirme, ıslak ve kuru ısıt işlemleri barındırır.
- Minimalize edilmesi: Azaltma, geri dönüşüm, yeniden kullanma yöntemlerini içerir (Singh & ark., 2014).

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017 yılında sürdürülebilir kalkınma prosedürleri çerçevesinde meydana gelen atıkları kontrol altında tutmak ve gelecek nesillere daha temiz bir yaşam alanı sağlamak için “Sıfır Atık” projesini hayata geçirmiştir (Ahmetreisoglu, 2020).

Projenin hayata geçirildiği yerler;

- Hastaneler
- Kamu kurumları
- Büyük iş merkezleri
- Alışveriş merkezleri
- Eğlenme ve dinlenme tesisleri
- Eğitim kurumları

Sıfır atık projesinin yayılması ile, israfın engellenip maliyetlerin azaltılması ve verimliliğin artırılması hedeflenmektedir.

Sıfır Atık Renk Skalası renk skalası şu biçimdedir:

- Yeşil renk cam atıklar,
- Mor renk ekmek artıkları,
- Sarı renk plastik atıklar,
- Gri renk metal atıklar,
- Siyah renk geri dönüşümsüz atıklar,
- Şeffaf renk tehlikeli ve elektronik atıklar,
- Mavi renk kâğıt-karton atıkları,
- Kahverengi renk organik atıklar,
- Beyaz renk yemek kalıntıları içindir.

- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliğince tıbbi atıklar için kırmızı renk kullanımı poşetlerde, turuncu renk kullanımı kova ve konteynerlerde zorunludur.
- Geçici depolama,
- Kazaya hemen müdahale
- Atıkların teslim ve beyanı (Eşkin, 2018)

Yeşil Diş Hekimliğinin Dört Yönetim Protokolü

- 1.Diş hekimlerine sor
- 2.Değerlendirir
- 3.Tavsiye ver
- 4.Yardım et (Soğancı, 2023)

Yeşil diş hekimliğinin geleceğinde önemli yer kaplayan ‘wellness based’ (iyilik durumu) yöntemleri şunlardır:

1. Teşhiste lazer yardımıyla erken çürüklerin tespiti
2. Lazerin periodontal hastalık tedavisinde kullanımı
3. Ağız kanserinde erken teşhis için VELscope gibi araçların kullanımı
4. Patojenik bakterileri tanımlamak ve genetik yatkınlık faktörlerini tespit etmek için tükürük testi
5. Hastalarda rahatlama sağlayan aromaterapi
6. El veya ayak masajı
- 7.Homeopatik tedavi (diş tedavilerinden sonra oluşan morarma ve şişliği azaltabilir.

8.Tedavi odasında oksijenlenme sağlanması için canlı yeşil bitkilerin bulunması

9. CoQ10 besin koenzimi

10. Partikülleri uzaklaştırmak için UV antiseptik hava temizleyicileri ve HEPA tipi hava temizleyicileri (Rathakrishnan & Priyadarhini, 2017)

LEED Nedir?

Yeşil bina derecelendirme sistemidir. (Enerji ve çevresel tasarımda liderlik) Sürdürülebilirlikte ulusal düzeyde başarıdır (Avinash & ark., 2013; Council, 2021).

Tuğla yerine beton kullanımı termal açıdan verimlilik sağlar. Boyaların çevre dostu olanları kullanılmalıdır (Chopra & ark., 2014). Linolyum, döşeme içinde kullanılmalıdır (Arora, Mittal, & Dogra, 2017).

LEED Sertifikası enerji kullanımının sürdürülebilirliğini ve dikkatli kaynak kullanımını sağlar, emisyonları azaltır, klinik akışlarını optimize eder. Zamanın etkili kullanılması, maliyet planlaması sağlar. İnsan sağlığına fayda sağlayan çevre koşulları sağlar (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021).

Sürdürülebilirlik Dış Hekimliği Uygulamalarıyla Nerede İlgilidir?

Dr. Ali Farhani (Farahani & Suchak, 2007) yeşil dış hekimliğini kaynak tüketimini doğa ekonomisine uygun tutarak, dış çevreyi koruyarak, sürdürülebilir uygulamaları hayata geçiren dış hekimliği yaklaşımı olarak tanımlar.

Sürdürülebilirlik, çoğu diş hekimi tarafından bilinmemektedir (Wilson, Shah, & Pugh, 2020).

Diş hekimliği muayenahaneleri her yıl milyonlarca sterilizasyon poşetini, sandalye bariyerini vb. atmaktadır. Eldivenler, maskeler, emme uçları, tükürük emiciler, iğneler ve kağıt gibi diğer tek kullanımlık malzemelerin parçalanması zordur. Yapılan araştırmaya göre diş hekimlerinin amalgamı çöpe atması ve uygun imha uygulamalarının bulunmaması nedeniyle amalgam ayırıcıların kullanımının düşük olduğu belirtilmiştir (Zia & ark., 2024).

Enzim bazlı temizleyiciler biyolojik olarak parçalanabilir ve sert kimyasallar içermez; bu da onları yeşil uygulamalar için ideal kılmaktadır (Duane B & ark., 2020).

Diş tedavisini destekleyen farmakolojik protokoller söz konusu olduğunda sürdürülebilirlik önemlidir. Örneğin antibiyotiklerin gereksiz kullanımı ve bunun sonucunda ortaya çıkan antibiyotik direncindeki hızlı artış sürdürülebilir kalkınmaya yönelik tehdittir (Machowska & Stålsby Lundborg, 2019).

Diş hekimliği mesleğinde mevcut prosedürlerin yerine geçen uygulamalar kullanılmasıyla sürdürülebilirliğe katkı sağlanabilir. Örneğin ağız içi tarayıcıların kullanılması çevresel etkiyi düşürür ve macun, silikon gibi kimyasal ölçü malzemelerinin atılmasına gerek olmadığı bildirilmektedir (Mazur & ark., 2021).

Ayrıca yapay zeka tekniklerinin kullanılması diş hekimliğinde hem fotoğraf görüntülerine hem de radyolojik incelemelere dayalı teşhisin gelişimini desteklemektedir (Askar & ark., 2021).

Mümkünse diş hekimliği muayenehanesinin çevresinde yerli, böcek dostu bitkilerin dikilmesi, herbisitlerden kaçınılması, kuş besleyicileri ve doğal yaşam alanlarının oluşturulması (dal, yaprak bırakma) yoluyla yerel ekosistemin desteklenebileceği yeşil bir alan oluşturulması önerilir (ADA, 2021; Duane Brett & ark., 2019).

Önleme:

Ağız ve diş hastalıklarının önlenmesi sürdürülebilirliğinin en önemli yoludur.

Seyahat:

Hastaların diş tedavileri alabilmek için seyahat etmeleri gerekmektedir. Çevrimiçi toplantılar, konferanslar ve eğitim kursları; katılımı artıran, oldukça iyi işlediği kanıtlanmış, mesleki faaliyetlere erişimi kolaylaştıran uygulamalar da seyahati azaltır (Soğancı, 2023).

Diş malzemeleri:

Çok sayıda restoratif maddenin çevreye etkisi vardır. Kompozitlerin yerleştirilmesi ve çıkarılması atık sistemi kirlenme potansiyeline sahip mikropartikül kirleticiler üretir (Mulligan & ark., 2018).Cıva atığı çevreye zararlı olmasına rağmen amalgamın hala kullanılması sorundur.

Dental ürünler ve satın alma:

Sürdürülebilir uygulamaların üretim, dağıtım faaliyetlerine dahil edilmesi üreticilerin ve tedarikçilerin ortak çevresel sorumluluklarındandır (Soğancı, 2023).

Atık Yönetimi:

Çevresel atıkların minimuma indirilmesi esas amaçtır.

Yeşil enerji:

Uygulamalar mülk yalıtımına yatırım yapabilir, enerji tüketimini izleyebilir ve yeşil enerji sağlayıcılarına yönelebilir (Soğancı, 2023).

Sonuç

Diş hekimliğinde çevre dostu uygulamalara ilişkin yeterli literatürün bulunmaması, çalışmaların doğrulanmasını zorlaştırmaktadır. Diş hekimleri çevre dostu diş hekimliği uygulamalarına aşinadır ve çevrenin korunmasındaki rollerine dair pozitif bakış açısına sahiptir, ancak bunun pratikte uygulanmasının yeterli olmadığı görülmektedir (Zia & ark., 2024).

Sağlık sektörü etkili bakım sağlamaya karardır. Sağlık ve diş bakımı sağlayıcılarının sürdürülebilirlikten ziyade verimliliğe öncelik verdiği ve bunun da çok fazla atık ve karbondioksit emisyonunun oluşmasına yol açtığı görülmektedir (Duane B & ark., 2020).

Klinisyenleri araştırma yapmaya ve tedavilerinde onları ekolojik açıdan daha bilinçli hale getirecek değişiklikler yapmaya teşvik etmek önemlidir. Diş hekimleri olarak yalnızca insan sağlığını ve refahını değil aynı zamanda çevreyi de teşvik etmeyi önemsemeliyiz. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerini günlük pratiğimize entegre etmeliyiz (Beşiroğlu, Tağtekin, & Beşiroğlu, 2021). Kamu yararına olan diş hekimliği hizmetleri sunarken çevreye en az zararı vererek çalışmak yalnızca yasal

yükümlölüğümüz değil, aynı zamanda ahlaki ve etik yükümlölüğümüz olmalıdır (Soğancı, 2023).

KAYNAKÇA:

- (EPN), E. P. N. (2021). Project: Paper Saving & Efficiency
Retrieved from [https:// environmentalpaper.org/project/paper-saving-efficiency/](https://environmentalpaper.org/project/paper-saving-efficiency/)
- ADA. (2021). 80 Ways to Make Your Dental Practice Green.
Retrieved from:
https://success.ada.org/en/practicemanagement/dental-practice-success/dps-summer-2018/~link.aspx?_id=69540EF6CC2249EDAA702386A3C0CF68&_z=z
- Ahmetreisoglu, A. K. (2020). *Diş Hekimliği Hizmetlerinde Oluşan Atıkların Geri Dönüşümü*.
- Anderson, K. (1999). Creating an environmentally friendly dental practice. *CDS review*, 12-18.
- Arora, S., Mittal, S., & Dogra, V. (2017). Eco-friendly dentistry: Need of future. An overview. *Journal of Dental & Allied Sciences*, 6(1).
- Askar, H., Krois, J., Rohrer, C., Mertens, S., Elhennawy, K., Ottolenghi, L., Mazur, M., Paris, S., & Schwendicke, F. (2021). Detecting white spot lesions on dental photography using deep learning: A pilot study. *Journal of dentistry*, 107, 103615.
- Assembly, G. (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 11 September 2015. *New York: United Nations*.
- Association, A. D. (2004). Best management practices for amalgam waste. *Journal-Oklahoma Dental Association*, 95(1), 28-30.

Association, E. D. (2013). What exactly is green dentistry? Retrieved from <http://www.ecodentistry.org/>

Avinash, B., Avinash, B., Shivalinga, B., Jyothikiran, S., & Padmini, M. (2013). Going green with eco-friendly dentistry. *The journal of contemporary dental practice*, 14(4), 766.

Barron, T. (2004). Mercury in our environment. *Journal of the California Dental Association*, 32(7), 556-563.

Batsford, H., Shah, S., & Wilson, G. J. (2022). A changing climate and the dental profession. *British dental journal*, 232(9), 603-606.

Berg, L. R., Hager, M. C., & Hassenzahl, D. M. (2011). *Visualizing environmental science*: Wiley.

Beşiroğlu, S., Tağtekin, D., & Beşiroğlu, Ş. (2021). Sustainability In Dentistry. *European Journal of Research in Dentistry*, 5(2), 91-98.

Chilibeck, R. (2000). Mercury pollution in dental office waste water. *Journal (Canadian Dental Association)*, 66(4), 174-175.

Chopra, A., Gupta, N., Rao, N. C., & Vashisth, S. (2014). Eco-dentistry: The environment-friendly dentistry. *Saudi Journal for Health Sciences*, 3(2), 61-65.

Clarkson, T. W., Magos, L., & Myers, G. J. (2003). The toxicology of mercury—current exposures and clinical manifestations. *New England Journal of Medicine*, 349(18), 1731-1737.

Cleveland, C. J., & Morris, C. G. (2005). *Dictionary of energy*: Elsevier.

Condrin, A. K. (2004). The use of CDA best management practices and amalgam separators to improve the management of dental wastewater. *Journal of the California Dental Association*, 32(7), 583-592.

Council, T. U. S. G. B. (2021). What is LEED? . Retrieved from <https://www.usgbc.org/help/what-lead>

Duane, B., Croasdale, K., Ramasubbu, D., Harford, S., Steinbach, I., Stancliffe, R., & Vadher, D. (2019). Environmental sustainability: measuring and embedding sustainable practice into the dental practice. *British dental journal*, 226(11), 891-896.

Duane, B., Stancliffe, R., Miller, F., Sherman, J., & Pasdeki-Clewer, E. (2020). Sustainability in dentistry: a multifaceted approach needed. *Journal of dental research*, 99(9), 998-1003.

Ercin, E., & Hoekstra, A. Y. (2012). *Carbon and water footprints: Concepts, methodologies and policy responses*: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO).

Eşkin. (2018). Tüm Detayları ile Sıfır Atık Projesi Retrieved from <http://ekolojist.net/tum-detaylari-ile-sifir-atik-projesi/>

Factor-Litvak, P., Hasselgren, G., Jacobs, D., Begg, M., Kline, J., Geier, J., Mervish, N., Schoenholtz, S., & Graziano, J. (2003). Mercury derived from dental amalgams and neuropsychologic function. *Environmental Health Perspectives*, 111(5), 719-723.

Fan, P., Arenholt-Bindslev, D., Schmalz, G., Halbach, S., & Berendsen, H. (1997). Environmental issues in dentistry-mercury. *International dental journal*, 47(2), 105-109.

Farahani, A., & Suchak, M. (2007). Eco-friendly dentistry, the environmentally responsible dental practice. *University of Waterloo, Ontario, Canada April*, 3.

Federation, F. W. D. (2017). Sustainability in Dentistry. Retrieved from: <https://www.fdiworldddental.org/sustainability-dentistry>

Hiltz, M. (2007). The environmental impact of dentistry. *Journal of the Canadian Dental Association*, 73(1).

Johnson, W. J., & Pichay, T. J. (2001). Dentistry, Amalgam and Pollution Prevention. *Journal of the California Dental Association*, 29(7), 509-516.

Jones, D. (2004). Putting dental mercury pollution into perspective. *British dental journal*, 197(4), 175-177.

Kao, R. T., Dault, S., & Pichay, T. (2004). Understanding the mercury reduction issue: the impact of mercury on the environment and human health. *Journal of the California Dental Association*, 32(7), 574-579.

Machowska, A., & Stålsby Lundborg, C. (2019). Drivers of irrational use of antibiotics in Europe. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 27.

Mazur, M., Jedlinski, M., Ndokaj, A., Cipollone, A., Nardi, G., Ottolenghi, L., & Guerra, F. (2021). Challenges in diagnosing and managing non-cavitated occlusal caries lesions. A Literature

overview and a report of a case. *La Clinica Terapeutica*, 172(1), 80-86.

Mittal, R., Maheshwari, R., Tripathi, S., & Pandey, S. (2020). Eco-friendly dentistry: Preventing pollution to promoting sustainability. *Indian Journal of Dental Sciences*, 12(4), 251-257.

Mulligan, S., Kakonyi, G., Moharamzadeh, K., Thornton, S., & Martin, N. (2018). The environmental impact of dental amalgam and resin-based composite materials. *British dental journal*, 224(7), 542-548.

Naik, R., Sureshchandra, B., Hegde, S., Damda, A., & Malik, M. (2011). Best management practices for hazardous dental waste disposal. *Endodontology*, 23(2), 108-113.

Pichay, T. J. (2004). Dental amalgam: regulating its use and disposal. *Journal of the California Dental Association*, 32(7), 580-582.

Pockrass, F., & Pockrass, I. (2008). The four “R’s” of Eco-friendly dentistry. *Am Dent Hyg Assoc*, 22(8), 18-21.

Rathakrishnan, M., & Priyadarhini, A. (2017). Green dentistry: The future. *Journal of the International Clinical Dental Research Organization*, 9(2), 59-61.

Samek, L. (1994). Disposing of hazardous waste. An update on waste management studies. *Ontario Dentist*, 71(7), 19-20, 35.

Singh, H., Bhaskar, D., Dalai, D. R., Rehman, R., & Khan, M. (2014). Dental biomedical waste management. *International Journal of Scientific Study*, 2(4), 66-68.

Soğancı, C. (2023). Green Dentistry: Sustainability In Dentistry. *International Journal of Environmental Trends (IJENT)*, 7(2), 88-100.

Stark, A. M. (1998). Disposal options for infectious medical waste generated during home-based dental care. *Special Care in Dentistry*, 18(5), 207-213.

Swanson, R., Roethel, F., & Bauer, H. (1999). Reuse of lead from dental X-rays. *New York State Dental Journal*, 65(3), 34.

Wilson, G. J., Shah, S., & Pugh, H. (2020). What impact is dentistry having on the environment and how can dentistry lead the way? *Faculty Dental Journal*, 11(3), 110-113.

Zia, N., Doss, J. G., John, J., & Panezai, J. (2024). Sustainability in Dentistry: Assessing knowledge, attitude, and practices of dental practitioners about green dentistry. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 40(1Part-I), 233.

BÖLÜM IV

Enerji İçeceklerinin Kompozit Materyallerin Rengi Üzerine Etkisi: Güncel Bakış

**Nilgün AKGÜL¹
Bilge ŞENSÖZ²**

Giriş

Rezin kompozitler; mükemmel estetik görünüşleri, iyi mekanik özellikleri, kolay manipülasyon olanakları, diş sert dokularına bağlanma yeteneği, formülasyonlarındaki iyileştirmeler ve dişlerdeki hasar görmüş sert dokuların doğrudan rekonstrüksiyonunda kullanılabilmesi nedeniyle oldukça yoğun bir şekilde tercih edilmektedir (Badra ark., 2005; De Moraes ark., 2008; Szalewski ark., 2016). Başarılı bir kompozit rezin restorasyonu diş rengini taklit etmeli ve ağız sıvılarıyla teması sonucunda uzun süre

¹ Doç. Dr. Nilgün AKGÜL, Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid: 0000-0002-6732-0485, nakgul@pau.edu.tr

² Arş. Gör. Bilge ŞENSÖZ, Pamukkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Denizli/Türkiye, Orcid: 0009-0001-4233-491X, bsensoz@pau.edu.tr

rengini koruyabilmelidir (Malekipour ark., 2012). Renk değişimi, kompozit restorasyonların yenilenmesini gerektiren bir dezavantajdır (Al Kheraif ark., 2013).

Kompozitlerin renk değişimi intrinsek veya ekstrinsek faktörlerden kaynaklanabilmektedir (Ahmadizenouz ark., 2016). İntrensek renk değişikliği, rezin matrisi ve doldurucu maddelerindeki değişiklikler, doldurucu maddelerinin boyutu ve dağılımı, fotobaşlatıcı tipi (özellikle kamforkinon) ve eksik polimerizasyon (Erdemir, Yıldız, & Eren, 2012; Kang ark., 2012; Svizero ark., 2014) gibi nedenlerle ilişkili olabilmektedir (Barutcgil & Yıldız, 2012). Ekstrinsik renk değişikliği ise diyet, kötü ağız hijyeni, sigara içme gibi alışkanlıklar ile dış kaynaklı lekelerin adsorpsiyonu veya emiliminden kaynaklanabilmektedir (Bagheri, Burrow, & Tyas, 2005; Kang ark., 2012).

Bowen'in piyasaya BisGMA (bisglisidil metakrilat)'yı sürmesiyle başlayan serüvene UDMA (üretan dimetakrilat) ve TEGDMA (triötilen glikol dimetakrilat) gibi monomer ve komonomerlerin de dahil olmasıyla kompozit rezinler gelişmeye ve geliştirilmeye devam etmektedir. Farklı rezin matriks tiplerine ve doldurucu oranlarına sahip kompozitlerin intrinsek ve ekstrinsek nedenlerle boyanmaya yatkınlığı farklıdır. Kompozitlerin yapısında kullanılan UDMA'nın kompozit materyaline diğer monomerlerden farklı olarak daha iyi renk stabilitesi özelliğini verdiği bilinmektedir (Dietschi ark., 1994). Literatürdeki çalışmalarda çay, kahve, kola ve kırmızı şarap gibi içeceklerin tüketimine bağlı olarak kompozitlerde renk değişikliği rapor edilmiştir. Renk değişim potansiyeli malzemelerin özelliklerine ve bileşimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Ahmadizenouz ark., 2016; Al Kheraif ark., 2013).

Spor aktiviteleriyle ilgilenen bireyler ve özellikle gençler arasında enerji içecekleri önceki yıllara göre popüler hale gelmiştir (Seifert ark., 2011). Başlangıçta sporcu içecekleri olarak piyasaya sürülen bu içecekler elektrolit ve karbonhidrat replasmanı sağlamak amacıyla geliştirildi. Daha sonra, uyarıcılar ve katkı maddeleri eklenen enerji içecekleri çoğu spor salonları ve marketler aracılığıyla daha yoğun kullanım alanı buldu (Higgins, Tuttle, & Higgins, 2010). Marketler artık sporcu içecekleri yanında enerji içeceklerini sergilemekte ve bu da tüketiciyi yanıltarak bunların benzer ürünler olduğunu düşünmesine neden olabilmektedir. Sporcu içecekleri gerçekten de hidrasyon, elektrolitlerin ve karbonhidratların yenilenmesini sağlayabilirken, enerji içeceklerindeki yüksek kafein düzeyleri, diüreti (idrar çıkışı) ve natriüreti (Na'un idrar yoluyla atılması) artıran, ilk kez kullananlarda daha belirgin olan diüretik etkilere sebep olabilmektedir (Riesenhuber ark., 2006).

Son 10 yılda enerji verme amaçlı kafeinli içeceklerin tüketimi önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Enerji içeceklerinin yakın zamanda toplam market içecek pazarının %20'sini oluşturduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Gunja & Brown, 2012). Enerji içeceklerinin kompozit rezin restorasyonlarının renklenmesini araştıran çok az çalışma yapılmıştır ve bunlardan bazıları bu içeceklerin nano dolgulu, mikro hibrit ve metil metakrilat kompozit rezinlerin lekelenmesindeki rolünü göstermektedir (Al-Dharrab, 2013; Bayindir, Kürklü, & Yanikoğlu, 2012; Erdemir, Yıldız, & Eren, 2012).

Bu kitap bölümünün amacı, günümüzde gittikçe kullanımı artmakta olan enerji içeceklerinin kompozit rezinlerin rengi üzerine etkisine güncel bir bakış açısıyla yaklaşmaktır.

1. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Kompozit rezin restorasyonlar restoratif diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit rezinlerin popülaritesi esas olarak estetik özelliklerinden, diş yapısına bağlanma kabiliyetlerinden ve indirekt restorasyonlara kıyasla daha düşük maliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Ahmadizenouz ark., 2016).

Kompozit rezinler 3 ana yapıdan oluşmaktadır, bunlar; organik faz, inorganik faz ve ara bağlayıcıdır.

Organik Faz; Bu faz içinde monomerler, komonomerler, polimerizasyon başlatıcıları, inhibitörler, plastize edici maddeler ve pigmentler bulunmaktadır. Bu fazın artması polimerizasyon büzülmesini ve yalıtkanlığı arttırmaktadır, bunun yanı sıra ısı iletkenliğinin azalmasını sağlamaktadır (Altun, 2005).

Inorganik Faz; Silika partikülleri (lityum silikat, bor silikat, lityum alüminyum silikat vb.), cam partikülleri, baryum, kuartz, stronsiyum, koloidal silika ve alüminyum oksitten oluşmaktadır, matriks içine dağılırlar ve çeşitli şekil ve büyüklükte olabilmektedirler. Kompozit rezinlerin mekanik özelliklerini belirlemekle kalmazlar aynı zamanda mineye benzer yarı-şeffaf görünüm kazandırır. Materyalin aşınmaya karşı direncinin artırılması için partikül boyutu azaltılmalı ve miktarı artırılmalıdır (Altun, 2005).

Ara Bağlayıcı; Silan olarak adlandırılırlar, iki faz arasında köprü görevi görmektedirler. Materyallerin kimyasal ve mekanik özelliklerini güçlendirmektedirler.

Kimyasal yolla ve ışıkla polimerize olabilen kompozit rezinler zamanla intrensek ve ekstrensek kaynaklı boyanmalara maruz kalmaktadır. Dental kompozitler, kompozit gelişim sürecinde büyük kazanım olmasına rağmen bu kompozit rezinlerde renk stabilitesi hala çözülememiştir (Altun, 2005).

2. Güncel Kompozit Resinler

Ormoserler, organik modifiye seramik sözcüklerinin ilk hecelerinin birleştirilmesiyle oluşmaktadırlar. Geleneksel kompozitlerde bulunan dimetakrilat monomerlerinin alerjik reaksiyon göstermesi nedeniyle ormoserlerde organik matrikste esas yapı metakrilat polisiloksandır. Organik- inorganik kopolimerlerden oluşmaktadırlar. Yapılan modifikasyonlarla yüksek molekül ağırlıklı, esnek ve düşük viskoziteye sahip bir yapı oluşturulmuş bu sayede polimerizasyon büzülmesi azaltılmıştır, aynı zamanda biyoyoumlu olması ve çürüklere karşı koruyucu olması gibi avantajları bulunmaktadır (Gökçe, 2005).

Siloranlar, oksiren ve siloksan moleküllerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır (Ilie & Hickel, 2011). Siloksanın hidrofobik yapısı nedeniyle kompozitlerin su emilimi ve suda çözünmesi azaldığından renk stabilizasyon özellikleri artmaktadır. Oksiren kısmı katyonik halkadır, polimerize olduğunda halka açılır böylece düşük polimerizasyon stresi meydana gelmektedir. Bu kompozitlerin dişe daha iyi bağlanabilmesi için yapısında iki bileşen bulunan kendi adeziv sistemleri mevcut olup geleneksel dimetiltetakrilat esaslı kompozitlere göre marjinal adaptasyonları daha iyi olmaktadır (Uluakay ark., 2011).

Giomerler, organik monomerlerden Bis-GMA ve TEGDMA'nın önceden reaksiyona girmiş floroboro-aluminosilikat cam partiküllerinin(S-PRG) bir araya gelmesiyle oluşmaktadırlar. S-PRG flor alümina- salınımına izin veren, üç katmanlı cam partiküldür (Kooi ark., 2012). Ayrıca giomerler, asitleri nötralize etme ve ikincil çürükleri önleme yeteneğine sahip olduğu düşünülen güncel kompozit rezinlerdir (Itota ark., 2005).

Fiberle güçlendirilmiş kompozitler, madde kaybı fazla olan dişlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini arttırmak ve desteklemek amacıyla dentini taklit edebilen kompozitlerdir. Cam, karbon/grafit, metal, polietilen ve boron fiberler çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır. Cam doldurucu içeren fiberler alanımızda daha çok kullanılmaktadır. Bu yapı nemden etkilenmesi nedeniyle dış ortama kapalı olmalıdır, bu sebeple de diş yüzeyinin geleneksel bir kompozit ile örtülmesi gerekmektedir (Candan & Eronat, 2008).

Bulk-fill kompozitler, ışık geçişine izin veren inorganik doldurucu içeriği ile pigment düzeyinin azaltılarak daha saydam (transludent) bir kompozit elde edilmesiyle oluşmaktadırlar (Benetti ark., 2015). Polimerizasyon derinliğinin 2 mm'den fazla olduğu kaviterlerde zaman tasarrufu sağlamak amacıyla üretilen bu kompozitler, basamak sayısını azalttığı için teknik hassasiyet ihtiyacını azaltır böylece tabakalar arası kontaminasyon ve hava kabarcığı gibi ihtimaller azaltılmış olmaktadır. Bulk- fill kompozitlerin renk stabilitesi, cilalanma özellikleri, aşınma dirençleri ve kırılma dayanımları geleneksel kompozitlerle benzer görülmektedir (Bayraktar ark., 2017; Buyukcavus, 2021; Karakuyu, 2017).

Self Adeziv Kompozitler, yapıları geleneksel metakrilata benzer bir yapıya sahiptir. Bu kompozitler, mine ve dentin dokularıyla hidrofilik fosfat grubu aracılığıyla mikromekanik ve kimyasal bağlar oluştururken, aynı zamanda metakrilat grubuyla materyalin mekanik dayanıklılığını sağlarlar. Bununla birlikte, self adeziv kompozitlerin sunduğu avantajlar geleneksel kompozit sistemlerden farklıdır. Öncelikle, bu kompozitler uygulanmadan önce diş dokularında herhangi bir ön hazırlık gerektirmezler. Ayrıca, karıştırıldıktan sonra tek basamaklı bir uygulama ile kolayca uygulanabilirler. Bu özellik, smear tabakasının kaldırılmasına gerek olmaksızın uygulandığından post-operatif hassasiyet olasılığını minimuma indirir. Bu nedenle, self adeziv kompozitlerin diş hekimliğinde giderek daha fazla tercih edildiği gözlemlenmektedir (Çilingir & Gömeç, 2008).

3. Enerji İçecekleri

Enerji içecekleri üreticiler tarafından özel olarak geliştirildiği iddia edilen, kullanıcıların yoğun zihinsel ve fiziksel aktiviteleri esnasında kullanmak için pazara satışı sunulan ve her geçen gün yeni markaların katılımıyla sektörün gelişme göstermesini sağlayan ürünlerdir (Meier, 2013). Kullanıcı verimini artırıcı etkisi bulunduğu ileri sürülse de bu etkilerin varlığı ve derecesi bilinmemektedir (Reissig, Strain, & Griffiths, 2009). Red Bull, 1987'de Avusturya'da, 1997'de Amerika Birleşik Devletleri'nde ve 1998'de Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nde piyasaya sürüldü (Varım ark., 2015). İlerleyen yıllarda piyasaya farklı markalarda dahil olmakta ve pazarlanmaktadır (Bryce & Dyer, 2007). Red Bull firmasını %30'luk Pazar payını Coca-Cola İçecek bünyesindeki Burn takip etmektedir. Türkiye'de 2006 yılındaki yasal düzenlemeye

kadar yasak olan enerji içecekleri, içeriğindeki kafein miktarının 150 mg/l aşmaması koşulu ile günümüzde marketlerde yer almaktadır. Bunların yanı sıra 42 farklı marka Türkiye piyasasına sunulmuştur ve kullanılmaktadır (Avcı, 2017). İngiltere’de enerji içeceklerinin en büyük tüketicileri 25-34 yaş arası erkeklerdir, ancak kadınlar arasında da popülerliği artmaktadır; 16-44 yaş arası kadınların %38’i bu içecekleri en az haftada bir kullandığını bildirmektedir (Clapp, Morgan, & Fairchild, 2019).

Enerji içecekleri yüksek oranda serbest şeker içerir ve pH’ı çok düşüktür; bunun ağız sağlığı ve daha geniş anlamda halk sağlığı üzerinde diş çürüğü, diş erozyonu ve obezite gibi olumsuz etkilerin olduğu çalışmalarla ortaya konmuştur (Moynihan & Kelly, 2014; Pinto ark., 2013; Te Morenga, Mallard, & Mann, 2013).

Tablo 1: Enerji içecekleri ve genel bilgileri

Enerji İçeceği	Şeker(g)/ 100 ml	Porsiyon Büyüklüğü (ml)	Şeker (g)/ Porsiyon Büyüklüğü (ml)	Günlük Şeker Tavsiyesinin Yüzdesi
Red Bull	11.0	250	25.5	69
Monster	12.2	500	60.9	165
Burn	13.0	250	32.5	88

*(Clapp, Morgan, & Fairchild, 2019)

Red Bull’un 100 ml’da 11.0 gr serbest şeker bulunmaktadır. Red Bull’un 250 ml olarak satılan 1 kutusunda 25.5 ml serbest şeker bulunmaktadır. Bu şeker günlük alınması gereken şeker tavsiyesinin %69’unu oluşturmaktadır. Bu yüzden günlük 1 kutunun aşılması önerilmektedir (Clapp, Morgan, & Fairchild, 2019).

Monster’da 100 ml’da 12.2 gr serbest şeker ve 500 ml’da 60.9 gr serbest şeker bulunmaktadır. Monster Energy’de diğer şeker

türlerine ek olarak tek yapay tatlandırıcı olan sukraloz mevcuttur. Sukraloz, fermente edilemeyen, kalorisiz bir şekerdir, (Sharma ark., 2016) diğer şekerlere göre daha düşük karyojenik özelliklere sahiptir (Matsukubo & Takazoe, 2006; Nadimi ark., 2011).

Burn'de 100 ml'da 13.0 gr serbest şeker ve 250 ml'da 32.5 gr serbest şeker bulunmaktadır.

4. Enerji İçeceklerinin Bileşenleri

Enerji içeceklerinin ana aktif bileşenleri arasında değişen miktarda kafein, glukuronolakton, taurin, inositol ve B kompleks vitaminleri bulunur. Alkolsüz olan bu enerji içeceklerinin bir kısmı %12-14 konsantrasyonunda şeker içerir ve geri kalanı şekersiz formüle edilerek fiziksel direnci arttırmak, odaklanmayı arttırmak ve metabolizmayı uyarmak amacıyla pazarlanmaktadır (Cavalcanti ark., 2010; Gunja & Brown, 2012). Enerji içeceklerinin içerdiği uyarıcılar hipertansiyon, anksiyete ve kalp çarpıntısı ile ilişkili olduğundan endişe kaynağıdır (Harris & Munsell, 2015).

Tablo 2: Red Bull, Monster ve Burn enerji içeceklerinin içeriği:

Enerji İçeceği	Malzeme Listesi
Red Bull (Orijinal)	Su, sukroz, glukoz, asitleştirici sitrik asit, karbondioksit, taurine (0.4%), asit düzenleyici (sodyum karbonatlar, magnezyum karbonat), kafein (0.03%), vitaminler (niacin, pantotenik asit, B6, B12), aromalar, renklendiriciler (karamel, riboflavin)
Monster Enerji İçeceği	Karbonatlı su, sakaroz, glikoz şurubu, asit (sitrik asit), doğal aromalar, taurin (%0,4), asitlik düzenleyici (sodyum sitrat), panax ginseng kökü ekstraktı (%0,08), l-karnitin l-tartrat (%0,04), kafein (%0,03), koruyucular (sorbik asit, benzoik asit), renklendirici (antosiyantinler), vitaminler (B2, B3, B6, B12), sodyum klorür, D-glukuronolakton, guarana tohumu ekstraktı (%0,002), inositol, tatlandırıcı (sukraloz)
Burn	Su, şeker, sitrik asit, karbondioksit, taurin, sodyum sitrat, kafein, tatlar, renk, vitaminler (B1, B3), guarana, ginseng, arginin, askorbik asit, maltodekstrin, glukoronolakton , E150d, E202

*(Clapp, Morgan, & Fairchild, 2019)

5. Enerji İçeceklerinin İçinde Bulunan Bazı Maddelerin Özellikleri

5.1. Kafein: Kafein (1,3,7-trimetilksantin) doğal olarak bulunan bir alkaloiddir. Yutulduktan sonra, mide-bağırsak kanalından hızla ve tamamen kan dolaşımına emilir ve tüm vücuda kolaylıkla dağılır. Kafeinin en önemli etki mekanizması, adenosin reseptörlerinin antagonizması olup, bunun sonucunda beyinde norepinefrin, dopamin ve serotonin salınımı ve dolaşımdaki katekolaminlerin artışı meydana gelmektedir (Nawrot ark., 2003). Merkezi ve periferik sinir sistemindeki nöronal kontrol yollarının aktivitesini etkileyebilir. Kafein, kalp atış hızını ve kan basıncını yükselten ergojenik bir bileşik olarak bilinir (Jones, 2008). Kafein içeriği kutu veya şişe başına 50 mg'dan endişe verici bir miktar olan

505 mg'a kadar değişmektedir (Weise, 2008). Olumsuz etkiler tipik olarak 200 mg'dan fazla kafein alımıyla ortaya çıkar ve bu etkiler uykusuzluk, sinirlilik, baş ağrısı, taşıkardi, aritmi ve mide bulantısı şeklinde görülebilir (Calamaro, Mason, & Ratcliffe, 2009; Clauson ark., 2008). Kafeinin dayanıklılık için etkili bir ergojenik yardımcı olduğu gösterilmiştir ve Uluslararası Olimpiyat Kurulu tarafından yasaklanan maddeler listesinde yer alması dikkat çekicidir (Clarkson, 1996). Enerji içeceklerinin önemli bir olumsuz etkisi de kafein zehirlenmesi riskidir. Kafein zehirlenmesinin ortak özellikleri arasında huzursuzluk, sinirlilik, heyecan, uykusuzluk, diürez, gastrointestinal rahatsızlık, kas seğirmesi, başboş düşünce ve konuşma akışı, kardiyak aritmiler ve psikomotor ajitasyon yer alır (American Psychiatric Association & Association, 2013). Doz aşımı vakalarında kafein intoksikasyonu sonucu ölümle sonuçlanabilecek hipertansiyon, hipotansiyon, aritmi ve nöbetler rapor edilmiştir (Yamamoto ark., 2015).

5.2. Taurin: Enerji içeceklerinde bulunan bir diğer bileşik olan taurin ise kükürt içeren bir amino asittir. İnsanlarda en çok bulunan hücre içi amino asittir ve insan diyetinin normal bir bileşenidir (Gaull, 1989). Popüler enerji içeceklerinde bulunan taurin miktarları, terapötik faydalar veya olumsuz olaylar sağlaması beklenen miktarların çok altındadır (Clauson ark., 2008). Taurin, iskelet kası kasılma fonksiyonunu modüle eder ve egzersizin neden olduğu DNA hasarını hafifletebilir; egzersiz kapasitesini ve performansını artırma yeteneğini gösteren bazı argümanlar vardır; ancak bu kesin olarak kanıtlanmamıştır (Ballard, Wellborn-Kim, & Clauson, 2010).

5.3. B Vitaminleri: Enerji retiminde temel olarak karbonhidratlar kullanılmaktadır, bu üretim döngülerinde

reaksiyonların gerçekleşebilmesi için vitaminlere ihtiyaç vardır. Dolayısıyla özellikle B vitaminlerinin, enerji içeceklerindeki basit şekerlerin sağladığı tüm enerjinin kilidini açmak için gereken “anahtar” olduğu düşünülmektedir bu nedenle de, enerji içeceklerinin yapısında genellikle bulunmaktadır (Higgins, Tuttle, & Higgins, 2010).

5.4. Şeker: Uzun süreli egzersiz (>1 saat) öncesinde, sırasında ve sonrasında glikoz veya diğer karbonhidratların verilmesinin yorgunluğu ertelediği, kas glikojenini koruduğu ve performansı arttırdığı gösterilmiştir (Higgins, Tuttle, & Higgins, 2010).

6. Boyayıcı Faktörlerin Kompozit Resinin Renk Stabilitesine Etkisi

Kompozit rezinlerin formülasyonlarındaki gelişmeler, uygulamadaki adezyon prosedürlerinin sadeleştirilmesi ve en önemlisi hastaların artan estetik beklentileri son yıllarda kompozitlerin diş restorasyonlarında kullanımını arttırmıştır (Sarac ark., 2006; Villalta ark., 2006; Yap ark., 2004).

Optimum estetiğin elde edilmesinde rengin önemli bir rolü vardır ancak kompozit rezinlerin dezavantajı renk değiştirme eğilimlerinin olmasıdır (Al-Negrish, 2002; Nasim ark., 2010). Aslında restoratif materyallerden beklentimiz doğal diş görünümünü taklit etmesi, renk uyumu ve renk stabilitesine bağlı kalmasıdır (Ergücü, Türkün, & Aladag, 2008). Kompozit rezinler ağız ortamındaki yiyecek ve içeceklerle uzun süre maruz kalmasından sonra renk değiştirir eğer kabul edilemez bir renk uyumsuzluğu varsa restorasyonların değiştirilmesi kaçınılmazdır (Villalta ark., 2006).

Restorasyonların renginin değişmesi intrinsek ve ekstrinsek nedenlerden kaynaklanabilir. Ekstrinsek renk değişikliği, kötü ağız hijyeni, bireyden bireye değişen beslenme şekilleri, tütün kullanımı ve rezin matrisi boyunca suda çözünebilen moleküllerin adsorpsiyonundan kaynaklanabilir (Asmussen & Hansen, 1986; Bagheri, Burrow, & Tyas, 2005). Renklenmeye neden olabilen intrinsek faktörler, fotobaşlatıcı türü, rezin matrisindeki parçacıkların boyutu, tipi, miktarı ve dağılımlarıdır (Barutçigil & Yıldız, 2012; Sarafianou ark., 2007). Bu özellikler kompozitlerin fiziksel özelliklerini belirler (Chen, 2010). Su adsorbe edebilen rezin kompozitler aynı zamanda pigmentle sahip diğer sıvıları da emerek renk değişikliğine sebep olabilir. Var olan suyun bu süreçte bir iletken görevi gördüğü varsayılmaktadır (Bagheri, Burrow, & Tyas, 2005; Satou ark., 1989; Schulze ark., 2003). Kompozit malzemelerin rezin matrisi, çevreden suyun bir kısmını emebilse de inorganik doldurucular su ememez. Kompozit restorasyonların aşırı su emilimi, rezin bileşenin yapısını değiştirerek, plastikleşme süreciyle birlikte silan hidrolize eder ve mikro çatlak oluşumuna neden olarak rezin kompozitinin ömrünü kısaltabilir. Sonuç olarak, doldurucu ile matris arasındaki arayüzdeki mikro yarıklar veya ara yüzey boşlukları, lekenin nüfuz etmesine ve renk bozulmasına izin verir (Bagheri, Burrow, & Tyas, 2005).

Kola, kahve ve çay gibi bazı içeceklerin tüketimi restoratif materyallerin fiziksel ve estetik özelliklerini etkileyerek restorasyonun kalitesini düşürebilir (Ertas ark., 2006; Nasim ark., 2010). Renk değişikliği görsel olarak ve enstrümantal yöntemler kullanılarak değerlendirilebilir. Enstrümantal yöntemler, görsel renk kıyaslamasının doğasında var olan subjektif yorumu ortadan kaldırır.

Bu nedenle spektrofotometreler ve kolorimetreler dental restoratif materyallerdeki renk değişikliklerini saptamak için yararlanılan aletlerdir (Asmussen & Hansen, 1986; Barutçigil & Yıldız, 2012). Ölçümlerden elde edilen veriler, renk farkı formülleri aracılığıyla karşılaştırılarak gözün algılayamayacağı küçük renklemelerden klinik olarak kabul edilemeyen renklemeler olarak sınıflandırılabilir (Paravina, Pérez, & Ghinea, 2019).

Uzun süreli tüketim sonrası enerji içeceklerinin aşındırıcı ve lekeleyici etkileri konusunda dikkatli olunmalıdır. Enerji içeceklerinin düşük pH yapısı, matriksin yapısını değiştirerek yüzey bütünlüğünü olumsuz yönde etkileyebileceği, cam fazından kalsiyum, alüminyum, silika vb. yapısal iyonların kaybına neden olabileceği ve rezin aşınma direncini etkileyebileceği rapor edilmiştir. Yüzey yapısı bozulan dental kompozit restorasyonların renk değişikliği gösterdiği düşünülmektedir (Erdemir, Yıldız, & Eren, 2012).

Tablo 3: Enerji içeceklerinin dental kompozitlerin rengine etkisi ile ilgili yapılmış olan bazı çalışmalar

YAZAR	Kullanılan Materyaller	İçecekler	Örnek Boyutu	Süre
Uğur Erdemir ve ark. (2012)	-Clearfil Majesty Posterior -Filtek Supreme -Clearfil APX -Filtek Z250	-Powerade -Red Bull -Burn -Distile su	-10 mm çap -2 mm kalınlık (Disk şeklinde)	Oda sıcaklığında günde 2 dakika
Ayman Al-Dharrab (2013)	-Filtec Z350XT -Tetric EvoCeram -Filtec Z250XT	-Red Bull -Bison -Power Horse -Distile su	-6 mm çap -3 mm kalınlık (Disk şeklinde)	1,7,30,60

Ghazaleh Ahmadizeno uz ve ark. (2016)	-Filtec Z250XT -Filtec Z350XT -Filtec P90	-Red Bull -Hype -Yapay Tükürük	-5 mm uzunluk -5 mm genişlik -2 mm kalınlık	1 hafta, 1 ay (Her gün 5 dk)
Ji-Won CHOI ve ark. (2019)	-Filtek Z250 -Dyract XP (Kompomer) -Beautifill II (Giomer)	-Delmonte premuium orange juice 100 -Cantata Americano -Hot6 -Coca-Cola -Jeju samdasoo	-6 mm çapı -2 mm kalınlık (Disk şeklinde)	5 gün boyunca günde 3 saat boyunca (Başlangıç, 1.gün, 5.gün ölçüldü.)
S.N.Al-Haj Ali ve ark. (2021)	-Filtek Z250XT -Filtek Z350XT -Tetric N-Cerem	-Soğuk çay -Red Bull -Portakal suyu -Kola -Distile su	-10 mm çap -3 mm kalınlık (Disk şeklinde)	15 gün
Abeer E ElEmbaby ve ark. (2021)	-Filtek Z350XT Flowable -Fusio Liquid Dentin -Admira Fusion Flow	-Yapay tükürük -Avohex -Colgate Plax -Crest 3D White -Listerine orijinal -Kahve -Sporcu içeceği -Enerji İçeceği	-12x10 mm çap -2 mm kalınlık (Oval disk şeklinde)	14 gün
Saijai Tanthanuch ve ark. (2022)	-Filtek One Bulk Fill Posterior Restorative -Premise	-Sponsor -M-150(Enerji İçeceği)	-10 mm çap -2 mm kalınlık(	7 ve 14.gün 5 sn içeceğe 5 sn yapay

	-Ketac Universal	-Deiyonize su	Disk şeklinde)	tükürüğe (24 döngü)
MB Uctaslı ve ark. (2023)	-Filtek Universal Restorative -SDR flow+ -everX Flow -G-aenial A'CHORD -G-aenial Universal Flo -G-aenial Universal Injectable	-Red Bull -Coca-Cola (Kola) -Kahve -Kırmızı Şarap -Distile Su	-8 mm çap -3 mm kalınlık (Disk şeklinde)	84 gün
İrem İpek ve Kübra Bilge (2024)	-Omnichroma -G-aenial A'chord -Charisma Diamond One -Omnichroma Flow Bulk	-Distile su - Coca-Cola -Red Bull -Kahve	-10mm çap -2mm kalınlık (Disk şeklinde)	14 gün

Erdemir ve ark.'nın yaptığı çalışmada Clearfil Majesty Posterior, Filtek Supreme, Clearfil APX ve Filtek Z250 kompozitleri üzerinde çalışılmış ve her kompozitten 28 disk şeklinde numune hazırlanmıştır. Örnekler 1 ve 6 ay boyunca Powerade, Red Bull, Burn ve Distile suda bekletilmiştir. Enerji içeceklerine oda sıcaklığında günde 2 dakika daldırılmış ve geri kalan sürede distile suda bekletilmiştir ve sonuçlar CIELAB sistemine göre ölçülerek kaydedilmiştir. Test edilen rezin kompozitler, 6 aylık değerlendirme süreleri boyunca renk değişiklikleri göstermiştir. 1. ayda Burn'a batırılan Clearfil APX numunelerinde en yüksek düzeyde renk değişimi gözlenirken ($p < 0.01$), Clearfil Majesty Posterior, 6 ay sonra test edilen tüm kompozit malzemelerde daha az renk değişikliği göstermiştir ($p < 0,001$). Test edilen kompozitlerden

bağımsız olarak Burn, her iki daldırma süresinden sonra en yüksek düzeyde renk bozulmasına neden olduğu araştırmacılar tarafından bulunmuştur ($p < 0.01$) (Erdemir, Yıldız, & Eren, 2012).

Başka bir çalışmada Filtek Z250XT, Filtek Z350XT ve Tetric EvoCeram kompozitleri üzerinde çalışmış ve her kompozitten 80 disk şeklinde numune (6 mm çapx3 mm kalınlık) hazırlamıştır. Örnekler 1,7,30 ve 60 gün boyunca Red Bull, Bison, Power Horse ve distile suda tüm gün bekletilmiştir ve sonuçlar CIELAB sistemine göre kolorimetre (Konica Minolta CR-400/410; Minolta Co, Osaka, Japan) ile ölçülerek kaydedilmiştir. Tetric EvoCeram kompozitinin rengi daldırmadan en az etkilenen renk olurken, Filtek Z220XT rezin kompozit renk değişimine en yatkın olan olarak bulunmuştur. Tüm örneklerde 1,7,30 ve 60 günlük bir süre sonrasında Δb^* sarılığına doğru renk değişimlerinde artış görülürken, en yüksek toplam ΔE^*_{ab} , 60 gün sonra Red Bull grubunda görüldüğü bildirilmiştir (Al-Dharrab, 2013).

Ghazaleh Ahmadizenouz ve ark.nın yaptığı çalışmada Filtek Z250XT, Filtek Z350XT ve Filtek P90 kompozitleri üzerinde çalışmışlar ve her kompozitten 30 kübik numune (5x5x2) hazırlamışlardır. Örnekler 1 hafta ve 1 ay boyunca günde 5 dk Red Bull, Hype ve yapay tükürükte bekletilmiş ve sonuçlar CIELAB sistemine göre spektrofotometre (Vita Easyshade, Vident, Brea, CA, USA) ile ölçülerek kaydedilmiştir. Filtek Z250 kompoziti her iki zaman noktasında da çözeltilerden bağımsız en yüksek ΔE 'yi göstermiştir. Yedi gün ve bir ay sonra en düşük ΔE değerleri sırasıyla yapay tükürüğe daldırılan Filtek Z350XT ve Filtek P90 kompozitlerinde gözlenmiştir. Filtek Z250 ve Z350XT kompozitlerinin Red Bull ve Hype enerji içecekleri ile indüklenen

ΔE değerleri önemli ölçüde farklı bulunamamıştır. Filtek P90'ın renk değişimi her iki zaman noktasında da Red Bull enerji içeceğinde daha yüksek bulunmuştur. Red Bull enerji içeceğinin neden olduğu renk değişimi Hype enerji içeceğinden daha fazla bulunmuştur. Her üç çözeltide de uzun süreli daldırma süresi, tüm kompozitlerin ΔE değerlerini arttırmış. Ancak ΔE değerleri her iki zaman noktasında da klinik olarak kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur ($<3,3$) (Ahmadizenouz ark., 2016).

İçeceklerin renklenme üzerine etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada Filtek Z250, Dyract XP (Kompomer), Beautifill II (Giomer) örnekleri üzerinde çalışılmış ve deney başına 75 örnek ve toplam 225 örnek ölçülmüştür. Örnekler 1 ve 5 gün boyunca günde 3 saat Delmonte premium orange juice 100 (Portakal Suyu), Cantata Americano (Kahve), Hot6 (Enerji İçeceği), Coca-Cola (Kola) ve Jeju samdasoo (Su) (kontrol grubu)'da bekletilmiştir ve CIELAB sistemine göre spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Rezin kompozit ve giomer için 5. günden sonra kontrol grubunun suyu ile deney grubunun kola, portakal suyu, kahve ve enerji içeceği arasındaki renk değişiklikleri anlamlı bulunmuştur. Ayrıca restoratif materyallerin karşılaştırılması, kompozit rezindeki değişikliklerin en küçük olduğunu göstermiştir (Choi ark., 2019).

S.N.Al-Haj Ali ve ark.nın yaptığı çalışmada Filtek One Bulk Fill Posterior, Restorative Premise ve Ketac Universal örnekleri üzerinde toplam 90 disk (n=30) olacak şekilde çalışılmıştır. Her bir malzemeden 6 disk, 15 gün boyunca soğuk çay, Red Bull, Portakal suyu, kola ve distile suda bekletilmiştir. Renk ölçümü CIELAB sistemine göre spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda değerlendirilen içecekten bağımsız olarak, Filtek Z350 örnekleri en yüksek ortalama ΔE değerini göstermiş ve Filtek Z250 ve Tetric N-Ceram örneklerinden önemli ölçüde farklı bulunmuştur($p<0.05$). Kullanılan kompozit malzemeden bağımsız olarak, buzlu siyah çaya daldırma en yüksek ortalama ΔE değerlerine yol açarken, bunu portakal suyu izlemiştir, diğer içeceklere daldırılan disk örneklerinden önemli ölçüde farklı bulunmuştur($p<0.05$). Kola ve Red Bull'a daldırma, orta düzeyde ortalama ΔE değerleriyle sonuçlanırken, distile suya daldırma, önemli ölçüde düşük ortalama ΔE değeriyle sonuçlandığı yapılan çalışmada bildirilmiştir (Al-Haj Ali ark., 2021).

Abeer E ElEmbaby ve ark.nın yaptığı çalışmada Filtek Z350XT Flowable, Fusio Liquid Dentin ve Admira Fusion Flow örnekleri üzerinde çalışılmış ve deney başına 80 örnek ve toplam 240 örnek ölçülmüştür. Örnekler 2 hafta boyunca yapay tükürük (kontrol grubu), Avohex (CHX gargara), Colgate Plax (florür içeren gargara), Crest 3D White (beyazlatma etkili gargara), Listerine orijinal (alkol içeren gargara), kahve, sporcu içeceği (Gatorade) ve enerji İçeceği (Power Horse)'da bekletilmiştir. CIELAB sistemine göre başlangıçta ve 14.gün sonunda spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Geleneksel akışkan kompozit, test edilen malzemeler arasında en yüksek renk kararlılığına sahip bulunmuş ve bunu akışkan nanohibrit ormoser ve en az kararlılık gösteren self-adheziv akışkan kompozit izlemiştir. Yapılan çalışmada kahve en büyük renk bozulması etkisine sahip bulunurken, bunu spor içeceği ve ardından enerji içeceği izlemiştir. Ancak, ağız gargaralarının önemli bir renk bozulması etkisi yok olarak ifade edilmiştir (ElEmbaby ark., 2021).

Enerji ieeği ve sporcu ieeğinin Filtek One Bulk Fill Posterior Restorative, Premise, Ketac Universal rnekleri üzerine etkisine bakmak için her materyalden 147 disk numunesi hazırlanmıştır. Örnekler 7 ve 14 gün boyunca enerji ieeği, sporcu ieeği ve deiyonize suda (kontrol grubu) bekletilmiştir ve CIELAB sistemine göre spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Cam iyonomer restoratif materyalin (Ketac Universal (3M ESPE, St.Paul, MN, USA)) daldırma sonrasında istatistiksel olarak diğerlerine göre daha fazla renk değişikliğine sahip olduğu görülmüştür. ($p < 0,05$). Enerji ieeği grupları istatistiksel olarak spor ieeği gruplarına göre daha fazla renk değişikliğine neden olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Enerji ieeğine daldırılan cam iyonomer restoratif materyal en fazla bozunan materyal olurken bunu sırasıyla nanohibrit ve bulk fill rezin kompozit takip etmiştir (Tanthanuch ark., 2022).

Yapılan başka bir çalışmada Filtek Universal Restorative, SDR flow+ , everX Flow, G-aenial A'CHORD, G-aenial Universal Flo, G-aenial Universal Injectable kompozitleri üzerinde çalışılmış ve her kompozitten 25 disk şeklinde numune hazırlanmıştır. Örnekler 84 gün boyunca enerji ieeği, kola, kahve, kırmızı şarap ve distile suda bekletilmiştir ve CIELAB sistemine göre spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Test edilen örnekler hem malzeme türü hem de boyama solüsyonunun renk stabilitesi üzerinde önemli bir etkisi olduğu bulunmuştur ($p < 0.05$). Diğer içeceklerle karşılaştırıldığında, kahve ve şarap içerisine batırılan örneklerin renk değerleri istatistiksel olarak en anlamlı ΔE 'yi göstermiştir. ($p < 0.05$) Kahve ve şaraptaki SDR akışı+, test edilen diğer materyallerle karşılaştırıldığında en yüksek ΔE 'yi sunmuştur ($p < 0.05$). G-aenial Universal Flo ve A'CHORD ise enerji ieeğine

batırıldıktan sonra en yüksek ΔE değerlerini sergilemiştir ($p < 0,05$) (Uctasli ark., 2023).

İrem İpek ve Kübra Bilge'nin yaptığı çalışmada Omnichroma (OMN), G-aenial A'chord (GA), Charisma Diamond One (CDO) ve Omnichroma Flow Bulk (OMF)  rnekleri üzerinde çalışılmış ve her materyal için 30 olmak üzere toplam 120 örnek araştırmacılar tarafından  l lm ştir. Örnekler 14 gün boyunca distile su, Coca-Cola (Kola), Red Bull ve kahvede bekletilmiştir. CIEDE2000 sistemine göre başlangıçta ve 14.gün sonunda spektrofotometre ile ölçülerek kaydedilmiştir. Renk değişimleri (ΔE) sonuçları incelendiğinde; CDO grubunun en yüksek renk değişimine, OMF grubunun ise en düşük değerlere sahip olduğu g r lm ştir (İpek & Bilge, 2024).

Sonuc

Diş hekimlerinin enerji içeceklerinin popülerliğini kabul etmeleri ve hastalarının bu ürünlerin kullanımını azaltmalarına yardımcı olmaları gerektiği tavsiye edilmektedir. Rezin esaslı kompozit restorasyon uygulanan kişiler, yüksek pigmentasyona sahip sıvıların tüketime dikkat etmesi gerektiği düşünmektedir.

Kaynakçalar

Ahmadizenouz, G., Esmaeili, B., Ahangari, Z., Khafri, S., & Rahmani, A. (2016). Effect of energy drinks on discoloration of silorane and dimethacrylate-based composite resins. *Journal of Dentistry (Tehran, Iran)*, 13(4), 261.

Al-Dharab, A. (2013). Effect of energy drinks on the color stability of nanofilled composite resin. *The journal of contemporary dental practice*, 14(4), 704.

Al-Haj Ali, S., Alsulaim, H., Albarrak, M., & Farah, R. (2021). Spectrophotometric comparison of color stability of microhybrid and nanocomposites following exposure to common soft drinks among adolescents: An in vitro study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 22, 675-683.

Al-Negrish, A. R. S. (2002). Composite resin restorations: a cross-sectional survey of placement and replacement in Jordan. *International Dental Journal*, 52(6), 461-468.

Al Kheraif, A. A. A., Qasim, S. S. B., Ramakrishnaiah, R., & ur Rehman, I. (2013). Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dental materials journal*, 32(2), 326-331.

Altun, C. (2005). Kompozit dolgu materyallerinde son gelişmeler. *Gülhane tıp dergisi*, 47(1), 77-82.

American Psychiatric Association, D., & Association, A. P. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (Vol. 5): American psychiatric association Washington, DC.

Asmussen, E., & Hansen, E. K. (1986). Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *European Journal of Oral Sciences*, 94(2), 174-177.

Avcı, E. (2017). Türkiye'deki Enerji İçeceği Kullanım Sıklığının Belirlenmesinde Klasik ve Bayesci Meta-analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 320-330.

Badra, V. V., Faraoni, J. J., Ramos, R. P., & Palma-Dibb, R. G. (2005). Influence of different beverages on the microhardness and surface roughness of resin composites. *Oper Dent*, 30(2), 213-219.

Bagheri, R., Burrow, M., & Tyas, M. (2005). Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. *Journal of dentistry*, 33(5), 389-398.

Ballard, S. L., Wellborn-Kim, J. J., & Clauson, K. A. (2010). Effects of commercial energy drink consumption on athletic performance and body composition. *The Physician and sportsmedicine*, 38(1), 107-117.

Barutçigil, Ç., & Yıldız, M. (2012). Intrinsic and extrinsic discoloration of dimethacrylate and silorane based composites. *Journal of dentistry*, 40, e57-e63.

Bayindir, F., Kürklü, D., & Yanikoğlu, N. D. (2012). The effect of staining solutions on the color stability of provisional prosthodontic materials. *Journal of dentistry*, 40, e41-e46.

Bayraktar, Y., Ercan, E., Hamidi, M. M., & Çolak, H. (2017). One-year clinical evaluation of different types of bulk-fill

composites. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 8(2), e12210.

Benetti, A. R., Havndrup-Pedersen, C., Honoré, D., Pedersen, M. K., & Pallesen, U. (2015). Bulk-fill resin composites: polymerization contraction, depth of cure, and gap formation. *Operative Dentistry*, 40(2), 190-200.

Bryce, D. J., & Dyer, J. H. (2007). Strategies to crack well-guarded markets. *Harvard Business Review*, 85(5), 84-92, 144.

Buyukcavus, E. (2021). Bulk-fill Kompozit Rezinlere Genel Bakış. *Aydın Dental Journal*, 7(1), 21-32.

Calamaro, C. J., Mason, T. B., & Ratcliffe, S. J. (2009). Adolescents living the 24/7 lifestyle: effects of caffeine and technology on sleep duration and daytime functioning. *Pediatrics*, 123(6), e1005-e1010.

Candan, Ü., & Eronat, N. (2008). Fiberle Güçlendirilmiş Rezin Kompozitler.

Cavalcanti, A. L., Costa Oliveira, M., Florentino, V., Dos Santos, J., Vieira, F., & Cavalcanti, C. (2010). In vitro assessment of erosive potential of energy drinks. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 11, 253-255.

Chen, M.-H. (2010). Update on dental nanocomposites. *Journal of dental research*, 89(6), 549-560.

Choi, J.-W., Lee, M.-J., Oh, S.-H., & Kim, K.-M. (2019). Changes in the physical properties and color stability of aesthetic restorative materials caused by various beverages. *Dental materials journal*, 38(1), 33-40.

Clapp, O., Morgan, M. Z., & Fairchild, R. M. (2019). The top five selling UK energy drinks: implications for dental and general health. *British Dental Journal*, 226(7), 493-497.

Clarkson, P. M. (1996). Nutrition for improved sports performance: current issues on ergogenic aids. *Sports Medicine*, 21, 393-401.

Clauson, K. A., Shields, K. M., McQueen, C. E., & Persad, N. (2008). Safety issues associated with commercially available energy drinks. *Journal of the American Pharmacists Association*, 48(3), e55-e67.

Çilingir, A. Ç., & Gömeç, Y. (2008). Self-adesif reçine simanlar. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*, 42(3-4), 31-40.

De Moraes, R. R., Marimon, J. L. M., Jochims Schneider, L. F., Sinhoret, M. A. C., Correr-Sobrinho, L., & Bueno, M. (2008). Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics*, 17(4), 323-326.

Dietschi, D., Campanile, G., Holz, J., & Meyer, J.-M. (1994). Comparison of the color stability of ten new-generation composites: an in vitro study. *Dental materials*, 10(6), 353-362.

ElEmbaby, A. E., Slais, M., Alawami, A., Alabbad, M., Alsowyan, M., Hanna, N., & Bahgat, H. (2021). Spectrophotometric analysis of different flowable restorative materials. *The journal of contemporary dental practice*, 22, 111-116.

Erdemir, U., Yıldız, E., & Eren, M. M. (2012). Effects of sports drinks on color stability of nanofilled and microhybrid composites after long-term immersion. *Journal of dentistry*, 40, e55-e63.

Ergücü, Z., Türkün, L. S., & Aladag, A. (2008). Color stability of nanocomposites polished with one-step systems. *Operative Dentistry*, 33(4), 413-420.

Ertas, E., Gueler, A. U., Yucel, A. C., Köprülü, H., & Güler, E. (2006). Color stability of resin composites after immersion in different drinks. *Dental materials journal*, 25(2), 371-376.

Gaull, G. E. (1989). Taurine in pediatric nutrition: review and update. *Pediatrics*, 83(3), 433-442.

Gökçe, K. (2005). Kompozit restorasyonlarda son gelişmeler. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 2005(3), 52-60.

Gunja, N., & Brown, J. A. (2012). Energy drinks: health risks and toxicity. *Medical Journal of Australia*, 196(1), 46-49.

Harris, J. L., & Munsell, C. R. (2015). Energy drinks and adolescents: what's the harm? *Nutrition reviews*, 73(4), 247-257.

Higgins, J. P., Tuttle, T. D., & Higgins, C. L. (2010). *Energy beverages: content and safety*. Paper presented at the Mayo clinic proceedings.

Ilie, N., & Hickel, R. (2011). Resin composite restorative materials. *Australian dental journal*, 56, 59-66.

Ipek, İ., & Bilge, K. (2024). The effect of different liquids on the surface roughness and color stability of single shade and nanohybrid resin composites: An AFM and SEM analysis. *Microscopy Research and Technique*.

Itota, T., Al-Naimi, O. T., Carrick, T. E., Yoshiyama, M., & McCabe, J. F. (2005). Fluoride release and neutralizing effect by resin-based materials. *Operative Dentistry-University of Washington*, 30(4), 522.

Jones, G. (2008). Caffeine and other sympathomimetic stimulants: modes of action and effects on sports performance. *Essays in biochemistry*, 44, 109-124.

Kang, A., Son, S.-A., Hur, B., Kwon, Y. H., Ro, J. H., & Park, J.-K. (2012). The color stability of silorane-and methacrylate-based resin composites. *Dental materials journal*, 31(5), 879-884.

Karakuyu, H. (2017). Bulk-fill kompozit rezinler ile geleneksel kompozit rezinlerin klinik olarak karşılaştırılması.

Kooi, T., Tan, Q., Yap, A., Guo, W., Tay, K., & Soh, M. (2012). Effects of food-simulating liquids on surface properties of giomer restoratives. *Operative Dentistry*, 37(6), 665-671.

Malekipour, M. R., Sharafi, A., Kazemi, S., Khazaei, S., & Shirani, F. (2012). Comparison of color stability of a composite resin in different color media. *Dental research journal*, 9(4), 441.

Matsukubo, T., & Takazoe, I. (2006). Sucrose substitutes and their role in caries prevention. *International Dental Journal*, 56(3), 119-130.

Meier, B. (2013). Energy drinks promise edge, but experts say proof is scant. *Energy*.

Moynihan, P., & Kelly, S. (2014). Effect on caries of restricting sugars intake: systematic review to inform WHO guidelines. *Journal of dental research*, 93(1), 8-18.

Nadimi, H., Wesamaa, H., Janket, S.-J., Bollu, P., & Meurman, J. (2011). Are sugar-free confections really beneficial for dental health? *British Dental Journal*, 211(7), E15-E15.

Nasim, I., Neelakantan, P., Sujeer, R., & Subbarao, C. (2010). Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of dentistry*, 38, e137-e142.

Nawrot, P., Jordan, S., Eastwood, J., Rotstein, J., Hugenholtz, A., & Feeley, M. (2003). Effects of caffeine on human health. *Food Additives & Contaminants*, 20(1), 1-30.

Paravina, R. D., Pérez, M. M., & Ghinea, R. (2019). Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 31(2), 103-112.

Pinto, S. C., Bandeca, M. C., Silva, C. N., Cavassim, R., Borges, A. H., & Sampaio, J. E. (2013). Erosive potential of energy drinks on the dentine surface. *BMC research notes*, 6, 1-6.

Reissig, C. J., Strain, E. C., & Griffiths, R. R. (2009). Caffeinated energy drinks—a growing problem. *Drug and alcohol dependence*, 99(1-3), 1-10.

Riesenhuber, A., Boehm, M., Posch, M., & Aufricht, C. (2006). Diuretic potential of energy drinks. *Amino acids*, 31, 81-83.

Sarac, D., Sarac, Y. S., Kulunk, S., Ural, C., & Kulunk, T. (2006). The effect of polishing techniques on the surface roughness and color change of composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 96(1), 33-40.

Sarafianou, A., Iosifidou, S., Papadopoulos, T., & Eliades, G. (2007). Color stability and degree of cure of direct composite restoratives after accelerated aging. *Operative Dentistry*, 32(4), 406-411.

Satou, N., Khan, A., Matsumae, I., Satou, J., & Shintani, H. (1989). In vitro color change of composite-based resins. *Dental materials*, 5(6), 384-387.

Schulze, K. A., Marshall, S. J., Gansky, S. A., & Marshall, G. W. (2003). Color stability and hardness in dental composites after accelerated aging. *Dental materials*, 19(7), 612-619.

Seifert, S. M., Schaechter, J. L., Hershorin, E. R., & Lipshultz, S. E. (2011). Health effects of energy drinks on children, adolescents, and young adults. *Pediatrics*, 127(3), 511-528.

Sharma, A., Amarnath, S., Thulasimani, M., & Ramaswamy, S. (2016). Artificial sweeteners as a sugar substitute: Are they really safe? *Indian journal of pharmacology*, 48(3), 237.

Svizero, N. d. R., Góes, A. R. C. G. d., Bueno, T. d. L., Di Hipolito, V., Wang, L., & D'Alpino, P. H. P. (2014). Micro-sized erosions in a nanofilled composite after repeated acidic beverage exposures: consequences of clusters dislodgments. *Journal of Applied Oral Science*, 22, 373-381.

Szalewski, L., Szalewska, M., Kleinrok, P., Skalicka-Wozniak, K., & Bozyk, A. (2016). The impact of energy drinks on the composite resin. *Eur J Med Technol*, 1(10), 31-36.

Tanthanuch, S., Kukiattrakoon, B., Thongsroi, T., Saesaw, P., Pongpaiboon, N., & Saewong, S. (2022). In vitro surface and color changes of tooth-colored restorative materials after sport and energy drink cyclic immersions. *BMC Oral Health*, 22(1), 578.

Te Morenga, L., Mallard, S., & Mann, J. (2013). Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *Bmj*, 346.

Uctasli, M., Garoushi, S., Uctasli, M., Vallittu, P., & Lassila, L. (2023). A comparative assessment of color stability among various commercial resin composites. *BMC Oral Health*, 23(1), 789.

Uluakay, M., Hüseyin, İ., Yamanel, K., & Arhun, N. (2011). Kompozit rezinler ve polimerizasyon büzülmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 5(2), 895-902.

Varım, C., Varım, P., Acar, B. A., Vatan, M. B., Tezcan, K., Türkan, A., & Tamer, A. (2015). Enerji İçecekleri Ruhu Kanatlandırıyor ya Bedeni? *Journal of Human Rhythm*, 1(3), 79-82.

Villalta, P., Lu, H., Okte, Z., Garcia-Godoy, F., & Powers, J. M. (2006). Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 95(2), 137-142.

Weise, E. (2008). Petition calls for FDA to regulate energy drinks. *USA Today*.

Yamamoto, T., Yoshizawa, K., Kubo, S.-i., Emoto, Y., Hara, K., Waters, B., . . . Ikematsu, K. (2015). Autopsy report for a caffeine intoxication case and review of the current literature. *Journal of toxicologic pathology*, 28(1), 33-36.

Yap, A. U., Yap, S., Teo, C., & Ng, J. (2004). Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Operative Dentistry-University of Washington*, 29, 275-279.