

ORTODONTİ ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

EDİTÖR

DOÇ. DR. TÜRKAN SEZEN ERHAMZA

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2024

ISBN • 978-625-6319-77-6

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ORTODONTİ ALANINDA ULUSLARARASI AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

Editör

Doç. Dr. Türkan Sezen Erhamza

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

OBSTRÜKTİF UYKU APNE SENDROMU VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Perihan Dalgat Evli 1

Bölüm 2

İNERDİSİPLİNER YAKLAŞIMLA ORTODONTİ-PERİODONTOLOJİ
İLİŞKİSİ

Büşra Özal Güneş, İsmayıl Malıkov, Türkan Sezen Erhamza 11

Bölüm 3

MAKSİLLER TRANSVERSAL YETERSİZLİK VE TEDAVİSİ

Yasemin Tunca, Yeşim Kaya 29

Bölüm 4

TEMPOROMANDİBULAR EKLEM RAHATSIZLIKLARI

İsmayıl Malıkov, Türkan Sezen Erhamza 41

Bölüm 5

ORTODONTİDE RETANSİYON

İrem Öztürk Kırkpınar, Ebru İlhan Koçak, Alaattin Tekeli 63

Bölüm 6

İNDİREKT BONDİNG TEKNİĞİ

Burçin Akan, Sevgi Kaptıkaçtı, İlknur Veli 85

Bölüm 7

ORTODONTİK TEDAVİLERDE YAPAY ZEKA VE DİJİTAL TEKNOLOJİ
UYGULAMALARI

Alaattin Tekeli, Ebru İlhan Koçak 105

Bölüm 8

ŞEFFAF PLAKLAR İLE ORTODONTİK DİŞ HAREKETLERİ

Burçin Akan, Gülçe Nailer, İlknur Veli 125



Bölüm 1

OBSTRÜKTİF UYKU APNE SENDROMU VE TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

Perihan Dalgacı Evli¹

¹ Dr.Öğr.Üyesi Perihan DALGALI EVLİ, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği
Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID : [0000-0002-1469-6729](https://orcid.org/0000-0002-1469-6729)

1. UYKU TANIMI VE UYKU FİZYOLOJİSİ

Uyku, canlıların dinlenmesini sağlayan, hareketin olmadığı bir yenilenme dönemidir. Organizmanın çevresel uyaranlarla iletişiminin geçici bir şekilde kesilmesi durumudur (Köktürk, 1998).

Normal bireyler günlük 7.5-8.5 saat civarında uykuya ihtiyaç duymaktadır. Uyku miktarını belirleyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Genetik yapı, sirkadyen ritim ve bireysel kontrol uyku süresini belirlemektedir. Normal uyku temelde iki evreden oluşmaktadır. Sessiz evre olarak bilinen ve ilk evre olan Non-REM evresinde kişi sakin, nabız ve solunum sayısı düşüktür. Uykunun sonraki safhası olan REM (Rapidly Eye Movement) uykusunda ise beyinde yüksek aktivite mevcuttur vücut ise paralize haldedir. Hızlı göz hareketleri görüldüğü için bu evre bu isimle adlandırılmaktadır. Gözler, kapalı göz kapakları ardında hızlı bir biçimde hareket ettiği için senkronize göz hareketleri meydana gelir. Otonom sistem oldukça aktif olduğu için, kalp atışları bir düzen halinde değildir, nabız tansiyon gibi değerler sayısal olarak artmış ve düzensiz bir yapıdadır. Bu aktivitelerdeki artışın aksine kas aktivitelerinde azalma, başta kol ve bacak kaslarında olmak üzere tonusta kayıp mevcuttur. REM uykusu esnasında solunumun düzensiz olması beklenen bir durum olduğundan dolayı belli bir süreye kadar apne görülmesi normal kabul edilmektedir. Bu süre çocuklarda 10 sn, erişkinlerde ise 20 saniyeye kadardır. Normal uyku sırasında, NonREM ve REM uykuları birbirini takip eder ve bu siklus 90 dk civarında sürer ve her seferinde tekrar başa döner. REM evresi süreleri uykunun başlarında daha kısarken uyku ilerledikçe REM uykusu süresi artar (Meyer, J. B. ve ark. 1989). Uyku apneli bireylerde uykuda ciddi kesintiler görülmektedir ve uyku kalitesi azalmıştır. Daha derin evre olan REM uykusu da bölünerek süre olarak azalmaktadır (Krieger J. 1990).

2. UYKU BOZUKLUĞUNA SAHİP BİREYLERİN ANATOMİK VE FİZYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Horlayan bireyler ve obstrüktif uyku apne sendromuna (OSAS) sahip hastaların bazılarında maksilla ve mandibulanın geri pozisyonda olması, mandibuler ramusun kısa olması gibi anatomik farklılıklar bulunduğu görülmüştür. Ayrıca üst solunum yolunun manyetik rezonans görüntülemesinde kontrol grubuna göre hem anteroposterior olarak hem de lateral çapında azalma olduğu tespit edilmiştir. Kilo fazlalığına bağlı olarak yağ doku miktarında artışla beraber dil hacminde artış da sık rastlanan bir durumdur. OSAS hastalarında genioglossus ve tensor veli kaslarında aktivite azalması sonucu solunum yolunun şeklinin korunmasına bu kasların yeterince destek olamadıkları da gösterilmiştir. Septum deviasyonu gibi burun boşluğundaki mekanik nedenler ve inflamatuvar nedenlerle nazal obstrüksiyon meydana gelmesi de OSAS oluşumunda bir risk faktörüdür. Ayrıca uzun hava yolu varlığı da kollabe olma riskini artırdığı için OSAS prevalansını artıran anatomik bir

durumdur. (Ivanhoe ve ark. 1999 ; Johal, A ve ark. 2001 ; Meyer ve ark. 1989 ; Gaudette E ve ark.2010; Gharibeh T ve ark. 2010)

3. OSAS TANIMI VE SINIFLAMASI

Apne: Hava akışında 10 sn veya daha fazla süreli kesilme olmasıdır (Schwartz BA 1976).

Hipopne: Hava akışının 10 sn veya daha uzun süre ile % 50 veya daha fazla azalmasına ek olarak oksijen saturasyonunun % 4 veya daha fazla oranda düşmesi durumuna verilen isimdir.

Apnenin üç tipi bulunmaktadır.

- Abdominal ve torasik solunum devam ederken, burun solunumunda kesilme olması durumu obstrüktif uyku apnesi olarak tanımlanmaktadır.
- Hem abdominal ve torasik solunumun durması hem de ağız ve burun solunumunun kesintiye uğraması santral uyku apnesi olarak tanımlanmaktadır.
- Santral uyku apnesi şeklinde başlayıp obstrüktif uyku apnesi şeklinde devam eden apne tipine ise mikst uyku apnesi adı verilmektedir.

Aynı zamanda apne hipopne indeksine (AHI) göre ise OSAS üçe ayrılmaktadır.

Hafif dereceli OSAS: Apne Hipopne İndeksi: 5 -15 arası,

Orta dereceli OSAS: Apne Hipopne İndeksi: 15 -30 arası,

Ağır dereceli OSAS: Apne Hipopne İndeksi: >30 olarak tanımlanmıştır. (Iber C ve ark. 2007)

4. OSAS EPİDEMİYOLOJİSİ

Erişkin bireylerde yapılan kesitsel özellikteki çalışmalarda OSAS prevalans bildirimleri yapılmaktadır. Hastalık tanısı koymak için baz alınan değerlere ve kriterlere göre prevalans oranları değişebilmektedir. Apne hipopne indeksinin 5'ten büyük olmasını baz alan çalışmalarda OSAS prevalansının erkeklerde %24 iken, kadınlarda: %9 olduğu bildirilmiştir. Gündüz uyku hali bulunan 30-60 yaş arası bireylerde yapılan bir çalışmada laboratuvarında uyku solunum çalışması ile OSAS tanı oranı erkeklerde %4, kadınlarda ise %2 olarak rapor edilmiştir (Young T ve ark.1993). Farklı araştırmalarda OSAS prevalansının erkeklerde %3.1-%7.5 aralığında, kadınlarda ise %2.1-%4.5 aralığında değiştiği gösterilmiştir (Punjabi NM 2008). 65 yaş ve üstü bireylerde OSAS prevalansının yaş artışıyla birlikte arttığı düşünülmektedir (Partinen M. ve ark. 1998). Ancak yaş ile OSAS prevalansı arasındaki ilişki sanıldığı kadar basit değildir. 65 yaş üstü bireylerin değerlendirildiği bir çalışmada obstrüktif uyku apnesi prevalansının %62 olduğu bildirilmiştir (Ancoli-Israel

S ve ark. 1991). Hastalığın yaşla birlikte artışı 65'in üstündeki yaşlarda 65 yaş altındaki kadar belirgin bulunmamıştır (Young T ve ark. 2002).

OSAS prevalansında cinsiyetin etkisi değerlendirildiğinde orta yaş erkeklerde OSAS prevalansının kadınlara göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Erkeklerde kadınlara göre daha fazla görülen OSAS prevalansı klinik çalışmalarda epidemiyolojik çalışmalara göre daha da yüksektir. Cinsiyete bağlı farklılık kadınların apne, horlama, boğulurcasına uyanma gibi OSAS semptomlarını daha az bildirmeleri, bu semptomlarla doktora daha az sıklıkla başvurmaları ve doktorların OSAS tanısını kadın hastada aynı yakınma ile gelen erkek hastaya göre daha az sıklıkla düşünmelerinden kaynaklanabilir. (Calverley 1998)

Türkiye'de çocuklarda OSAS prevalansı ve horlamanın değerlendirildiği çalışmalar bulunmaktadır (Sogut A ve ark. 2005; Ersu R ve ark. 2004). Zonguldak'ta yapılan ve 3-11 yaş grubundaki çocukların anket ile değerlendirildiği çalışmada semptomlar değerlendirilmiş ve horlama görülen olan çocuklar polisomnografi ile değerlendirilmiştir. Çocuklardan 944'ünde horlama görülmez iken (%79.5), 205'i arasına horlama bildirmiş (%17.2), 39 çocuk ise habitüel horlama (%3.3) bildirmiştir. Habitüel horlamanın cinsiyetten bağımsız olduğu bildirilmiştir. Aynı zamanda habitüel horlaması olan çocuklarda alerjik rinit ve/veya uyku sorunu semptomları olduğu gösterilmiştir (Sogut A ve ark. 2005) İstanbul'da yapılan 5-13 yaş arası 2147 çocuğun değerlendirildiği bir başka çalışmada ise habitüel horlama prevalansı %7 olarak bildirilmiştir. Aynı zamanda astım, alerjik rinit varlığı, sigara maruziyeti, gündüz uykululuk hali varlığının habitüel horlama prevalansı ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Ersu R ve ark. 2004).

5. KLİNİK MUAYENE VE OSAS TANISI

Dişhekimleri OSAS hastaları ya da görülme ihtimali yüksek hastaların belirlenmesinde önemli bir role sahiptir ve teşhis ekibinin bir parçası olması gerektiği bildirilmiştir (Ivanhoe, J. R ve ark. 1999).

Hekimin yapacağı fiziki muayenede dilin boyutu, pozisyonu ve damakla olan ilişkisi değerlendirilmelidir. Mallanpati klasifikasyonu ve Friedman Dil Pozisyonu (FDP) sınıflaması dilin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerdendir (Friedman M ve ark. 1999; Mallampatti SR ve ark. 1985). FDP'de hastanın dilinin yumuşak damak ile olan ilişkisine göre 1 ile 4 arasında skorlama yapılır. Tonsilla palatina ve palatum mollenin tamamı görünüyorsa FDP1, palatum molle görünmezken sadece palatum durum görünüyorsa FDP4 olarak değerlendirilir. OSAS'lı olgularda FDP skoru arttıkça OSAS şiddetinin de arttığı gösterilmiştir.

6. OSAS TEŞHİSİNDE LATERAL SEFALOMETRİK DEĞERLENDİRME

İskeletsel yapıların standart bir şekilde değerlendirilebildiği bir radyograf olduğu için sefalometri, günümüzde oldukça sık tercih edilen bir radyolojik tanı aracıdır. Sefalometrik analizlerde iskelet ve yumuşak dokuya ait mesafe, açı ve alan ölçümleri yapılmaktadır. Çenelerin birbiriyle ilişkisinde sorun olduğu muayene sırasında görülüyorsa ve OSAS tedavisi için ağız içi aparey kullanımı planlanıyorsa mutlaka tanı için lateral sefalometri kullanılmalıdır (Johal, A ve Battagel J.M 2001).

Horlama veya OSAS hastalarının sefalometrik ölçümleri ile sağlıklı kontrol grupları arasında anlamlı farklılıklar olduğu bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Bu üç grubun sefalometrik ölçümlerinden kranial taban açısı ve mandibuler korpus uzunluğunun kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha düşük olduğu bildirilmiştir. Hyoid kemiğin pozisyonu, orofaringeal alan ölçümleri, yumuşak damak uzunluğu ve kalınlığı, dil alanı gibi ölçümlerde de istatistiksel olarak anlamlı belirgin farklılıklar olduğu rapor edilmiştir (Johal, A ve Battagel, J. M 2000; Bernhold, M ve ark. 1998; Yamaoka, M ve ark. 2003)

7. OSAS TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

OSAS şiddetine bakılmaksızın, tedavide ilk adım davranışsal düzenlemeler olarak tanımlanan kilo verme, yatış pozisyonunu düzenleme gibi uygulamalardır. Bir kulak burun boğaz uzmanına konsültasyon yapılarak OSAS'a sebep olabilecek obstrüksiyon yapan bir patoloji olup olmadığının ve varsa tedavisi için cerrahi gereksiniminin değerlendirilmesi gerekmektedir. OSAS tedavisinde davranışsal düzenlemeler, ağız içi apareyler, cerrahi uygulamalar ve pozitif havayolu basıncı uygulaması (PAP) kullanılmaktadır. Altın standart tedavi yöntemi ise PAP tedavisidir. Amaç tam bir tedavi sağlanamasa bile hastalığın verdiği zararın en aza indirilmesidir.

7.1. DAVRANIŞ DÜZENLEMELERİ

Davranışsal düzenlemeler konservatif tedavileri içermektedir. Bu düzenlemelere örnek olarak hastanın kilo vermesi, sigara ve alkolü azaltmak ya da bırakmak, solunum yolunu daha açık tutacak baş pozisyonunu sağlamak için başi ekstansif konumda tutacak boyunluklardan yararlanmak verilebilir. OSAS tedavisinde zayıflama temel yaklaşımdır. Hastanın kilo vermesiyle hem boyun çevresindeki hem de dildeki yağ dokusu miktarı azalacağı için OSAS semptomlarını azaltabilir ya da yok edebilir. Kilo verme ile apne sıklığının azalması arasında ilişki gösterilen çalışmalar bulunmaktadır (Bradly, W. G. ve ark. 2001; Johal, A ve ark. 2001)

7.2 İLAÇ TEDAVİSİ

Obstrüktif uyku apnesi tedavisinde medikal ilaç kullanımını ve faydasını değerlendiren çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Ivanhoe, J. R ve ark. 1999;

Lyons, M. F ve ark. 2001). Ancak çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde çok az sayıda çalışmada olumlu sonuçlar bildirildiği görülmektedir. Genellikle tercih edilen ilaçlar antidepresanlardır. Faydasının çok olmaması ve yan etkilerinden dolayı OSAS tedavisinde ilaç kullanımı çok tercih edilmemektedir.

7.3 PAP(POZİTİF HAVA YOLU BASINCI) UYGULAMASI

OSAS tedavisinde kullanılan PAP uygulamasında; üst solunum yolunun (ÜŞY) uyku esnasında açık olmasını sağlayarak, apne oluşumunun önüne geçmek ve kaliteli bir uyku sağlamaktır. Bu cihazlar kalıcı bir düzelme sağlamaz, sadece hasta kullandığı sürece geçici etki göstermektedir.

7.4. AĞIZ İÇİ APAREY (AİA) TEDAVİSİ

Ağız içi apareylerin kullanım amacı, uyku esnasında üst solunum yolunun pozisyonunu kısmen değiştirip hava yolunun genişlemesini sağlamak, kas fonksiyonları üzerine etki ederek rezistansını düşürerek üst solunum yolunun daralmasını engellemektir.

Endikasyonları:

Ağız içi aparey tedavisinin endikasyonları şu şekilde belirtilmiştir. (Cartwright R 2001)

- Davranışsal düzenlemelerin ve konservatif yaklaşımların yetersiz olduğu hafif dereceli OSAS'larda ve basit horlamalarda [apne-hipopne indeksi (AHİ<5)]
- PAP tedavisinin yapılamadığı veya kabul edilmediği orta ve ağır OSAS'larda

- Cerrahi işlem gereken ancak reddeden hastalarda

Kontrendikasyonları:

- Santral apne varlığı
- Artrit varlığı
- Uygun pozisyonun sağlanamadığı hastalar
- Temporomandibular eklem semptomuna sahip hastalar
- Nazal obstrüksiyon varlığı
- Tutuculuğu sağlayacak yeteri kadar diş olmayan vakalar

7.4.1. Ağız İçi Aparey Tipleri

Dili önde konumlandıran ve mandibulayı önde konumlandıran apareyler OSAS tedavisinde kullanılabilen ağız içi apareylerdendir (Ivanhoe, J. R ve ark. 1999). Mandibulayı anteriorda konumlandıran apareylerin kullanımı hasta açısından daha kabul edilebilir olduğu için, yapılan çalışmaların çoğunda bu apareyler kullanılmıştır (Lyons, M. F ve ark. 2001).

7.4.1.1. Dili Önde Konumlandırılan Ağız İçi Apareyler

Polivinilden üretilen ve yumuşak olan bu tip apareyler dilin uyku esnasında ve sırt üstü pozisyonunda geriye doğru kaçmasını engellemektedirler. Anterior dişler arasında sıkışmış olarak bulunan baloncukta oluşan negatif basınç sayesinde dilin anteriorda pozisyonlanması sağlanmaktadır. Bu şekilde kullanılan apareyler büyük dilli hastalarda, kronik çene ağrısı çekenlerde, daha çok pozisyona bağlı apne-hipoapneli olanlarda yararlı olduğu bulunmuştur. Diş gıcırdatma alışkanlığı olanlarda dilin ağız içerisinde yeterli hareketinin sağlanamadığı ve kronik burun tıkanıklığı olanlarda dili önde tutan ağız içi aparey kullanılmamalıdır. Bu apareylerin kullanımı hastaları nazal yolla solunum yapmaya zorlamakta, bu nedenle burun tıkanıklığı olanlar ve nazal alerjisi olanlar kullanım zorluğu yaşamaktadır. Bu şekilde kullanım güçlüğü yaşayan hastalar için geliştirilen tipinde apareyin her iki yanına solunum tüpleri yerleştirilerek hastanın kolay nefes alması sağlanmıştır (Johal A ve ark. 2001)

7.4.1.2. Mandibulayı İleri Alan Apareyler

Mandibulanın öne doğru ilerletilmesini sağlayan araçlar mandibulada, maksillada veya her iki çenedeki dişlerden destek alırlar. Mandibulayı öne ilerleten araçların kullanılabilmesi için hastanın her iki çenesinde de 6-10 arasında dişlerinin olması gerekmektedir. Palatum molle ve farenksin arka duvarı arasında kalan mesafenin genişlemesini sağlarlar (Sarı E ve ark. 2006; Johal A ve ark. 2001). Hastanın özel ölçümlerle analizi yapılır ve mandibulanın ne kadar öne doğru çekileceği belirtilir. Bu özel ölçümlere göre laboratuvar ortamında hastaya ait protez yapılır. Mandibulayı öne ilerleten araçların kolay ayarlanabilir olması, gerektiğinde sabit olarak kalabilmesi, lateral ve anterior mandibule hareketlerine olanak tanınması etkinliğini arttırmaktadır. Bu tip apareylerin hafif-orta dereceli OSAS'larda, mikrognatili hastalarda, ideal kilosunun yarısı kadar fazla olanlarda ve burun solunumu yapabilen hastalarda endikasyonu vardır. Mandibulayı öne ilerleten araçlar ağır dereceli OSAS'larda, eklem rahatsızlığı olanlarda, diş eti hastalığı olanlarda, alt çene eklemlerinde hareket kısıtlılığı olanlarda ve ciddi ritim bozukluğu yaşayanlarda kullanılmamalıdır. (Lindman R ve ark. 2001) Hastanın yatış pozisyonu da bu apareylerin etkinliğini arttırmaktadır. (Kato J ve ark. 2000)

Snore Guard

Mandibulayı ilerde konumlandırır monoblok şeklindedir. Maksillada tüm dişler ile alt çeneden molarların haricinde kalan dental arkdan destek alır. Mandibula 7 mm açık kalır ve protrüzyonun 3 mm gerisinde pozisyonlandırılır. Yumuşak polivinil esaslı malzemedir yapılması ve sadece anteriorda kullanılması hastanın apareyi rahat kullanmasını sağlamaktadır. Ayarlanabilme özelliğinin olmaması bir dezavantajdır.

Snore

Uyku ve noktürnal obstrüktif apne azaltıcı aparey olan Snore apareyi mandibulayı 6-7 mm önde konumlandırıp, 17 mm ve üzeri vertikal olarak açan akrilik bir plaktır. Mandibulanın aşağıda ve önde konumlanmasıyla dil, farenksin arka duvarından ve yumuşak damaktan uzaklaşmaktadır.(Manuel FG ve ark. 1998)

Klearway

Hava yolunu açık tutmak için mandibulayı ileride konumlandırırken, dili de önde konumlandırılan bir apareydir. Üst çenede tüm dental arkdan destek alırken, alt çenede molarların haricindeki dental arkdan destek almaktadır. Dil boşluğuna uzanmamaktadır. Termoaktif bir maddeden üretildiği için dişlerde ve yumuşak dokuda rahatsızlık vermemektedir. Ayarlanabilen bir aparey olduğu için mandibulanın yan ve dikey hareketlerine imkan tanımaktadır. (Manuel FG ve ark. 1998)

Herbst

Mandibulanın hem serbest hem de okluzyondayken ileride konumlandırılmasını sağlar. Ayarlanabilen iki parçadan oluşur. Tüm dental arkdan destek almaktadır. Diğer rijit apareylere göre mandibulanın açılmasına ve lateral hareketlerine olanak sağlamaktadır. Düzenli kullanımı sayesinde apnenin şiddetini azaltabilmektedir. (Netzer NC ve ark. 1998)

Elastik Mandibula İlerletici (EMA)

Mandibulanın vertikal, anteroposterior ve lateral hareket etmesini sağlayan bu aparey basınçla şekillenen şeffaf maddeler ve fleksible elastik bantlardan oluşmaktadır. Apareyde bulunan şeffaf tablalar dişlerin oklüzal ve undercut alanlarından destek alırlar. Şeffaf tablaların sert materyalden yapılması; apareyin uyku esnasında düşmesini engellediği gibi dişlerin hareket etmesini önler. Apareyin alt çenede molar bölgesinde, üst çenede ise kanin bölgesinde plastik çengel butonlar bulunmaktadır. (Parker JA 1999)

7.5. MAKSİLLER-MANDİBULER ADVANCEMENT (MMA) CERRAHİSİ

OSAS durumunda MMA cerrahisi endikasyonları şunlardır;

- Şiddetli klinik OSAS durumu.
- Girişimsel olmayan tedaviler uygulanamayan ya da uygulanmasına rağmen başarısız olunan hastalar.
- Fujita sınıflamasına göre 2. ve 3. tip hipofaringeal darlık varlığı.
- Retrognati gibi kraniofasiyal iskelet deformitelerinin yokluğunda bile yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Ancoli-Israel, S., Ancoli-Israel, S., Kripke, D. F., Kripke, D. F., Klauber, M. R., Mason, W. J., ... & Kaplan, O. (1991). Sleep-disordered breathing in community-dwelling elderly. *Sleep*, 14(6), 486-495.
- Bernhold, M., & Bondemark, L. (1998). A magnetic appliance for treatment of snoring patients with and without obstructive sleep apnea. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 113(2), 144-155.
- Bradly, W. G. (2001). *Neurology in Clinical Practice (The Neurology Disorders)*. Volume II, London, 1798-1799
- Calverley, P. M. A. (1998). Impact of sleep on respiration. *European respiratory monograph*, 10, 9-27.
- Cartwright, R. (2001). What's new in oral appliances for snoring and sleep apnea: an update. *Sleep Medicine Reviews*, 5(1), 25-32.
- Ersu, R., Arman, A. R., Save, D., Karadag, B., Karakoc, F., Berkem, M., & Dagli, E. (2004). Prevalence of snoring and symptoms of sleep-disordered breathing in primary school children in Istanbul. *Chest*, 126(1), 19-24.
- Friedman, M., Tanyeri, H., La Rosa, M., Landsberg, R., Vaidyanathan, K., Pieri, S., & Caldarelli, D. (1999). Clinical predictors of obstructive sleep apnea. *The Laryngoscope*, 109(12), 1901-1907.
- Gaudette, E., & Kimoff, R. J. (2010). 3 Pathophysiology of OSA. *European Respiratory Monograph*, 50, 31.
- Gharibeh, T., & Mehra, R. (2010). Obstructive sleep apnea syndrome: natural history, diagnosis, and emerging treatment options. *Nature and science of sleep*, 233-255.
- Iber, C. (2007). *The AASM manual for the scoring of sleep and associated events: rules, terminology, and technical specification*. (No Title).
- Ivanhoe, J. R., Cibirka, R. M., Lefebvre, C. A., & Parr, G. R. (1999). Dental considerations in upper airway sleep disorders: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*, 82(6), 685-698.
- Johal, A., & Battagel, J. M. (1999). An investigation into the changes in airway dimension and the efficacy of mandibular advancement appliances in subjects with obstructive sleep apnoea. *British Journal of Orthodontics*, 26(3), 205-210.
- Johal, A., & Battagel, J. M. (2001). Current principles in the management of obstructive sleep apnoea with mandibular advancement appliances. *British Dental Journal*, 190(10), 532-536.
- Kato, J., Isono, S., Tanaka, A., Watanabe, T., Araki, D., Tanzawa, H., & Nishino, T. (2000). Dose-dependent effects of mandibular advancement on pharyngeal mechanics and nocturnal oxygenation in patients with sleep-disordered breathing. *Chest*, 117(4), 1065-1072.

- Köktürk, O. (1998). Uykuda solunum bozuklukları. *Tarihçe, tanımlar, hastalık spektrumu ve boyutu. Tüberküloz ve Toraks Dergisi*, 46, 187-92.
- Krieger, J. (1990). Obstructive sleep apnea: Clinical manifestations and pathophysiology. *Handbook of sleep disorders*, 259-284.
- Lindman, R., & Bondemark, L. (2001). A review of oral devices in the treatment of habitual snoring and obstructive sleep apnoea. *Swedish dental journal*, 25(1), 39-51.
- Lyons, M. F., Cameron, D. A., & Banham, S. W. (2001). Snoring, sleep apnoea and the role of dental appliances. *Dental Update*, 28(5), 254-256.
- Mallampati, S. R., Gatt, S. P., Gugino, L. D., Desai, S. P., Waraksa, B., Freiburger, D., & Liu, P. L. (1985). A clinical sign to predict difficult tracheal intubation; a prospective study. *Canadian Anaesthetists' Society Journal*, 32, 429-434.
- Meyer Jr, J. B., & Knudson, R. C. (1989). The sleep apnea syndrome. Part I: Diagnosis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 62(6), 675-679.
- Netzer, N., Loube, D., & Belfer, W. (1998). Evaluation of a combination mandibular advancement and tongue positioning device for the treatment of obstructive sleep apnea patients. *Chest*, 114, 337S-378S.
- Parker, J. A., Kathawalla, S., Ravenscraft, S., & Fox, J. (1999). A prospective study evaluating the effectiveness of a mandibular repositioning appliance (PM Positioner) for the treatment of moderate obstructive sleep apnea. *Sleep*, 22(1), 230-1.
- Partinen, M., & McNicholas, W. T. (1998). Epidemiology, morbidity and mortality of the sleep apnoea syndrome. *European Respiratory Monograph*, 10, 63-74.
- Punjabi, N. M. (2008). The epidemiology of adult obstructive sleep apnea. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 5(2), 136-143.
- Sarı, E., Liebermann, L., & Karaçay, Ş. (2006). Oral Horlama ve Obstrüktif Uyku Apne-sinde Kullanılan Apareyler. *Türk Ortodonti Dergisi*, 19, 181-96.
- Schwartz, B. A., & Escande, J. P. (1968). Respiration hypnique pickwickienne. *The Abnormalities of Sleep in Man*, edited by H. Gastaut, E. Lugaresi, G. Berti Ceroni, and G. Coccagna. Bologna: Gaggi, 209-214.
- Sogut, A., Altin, R., Uzun, L., Ugur, M. B., Tomac, N., Acun, C., ... & Can, G. (2005). Prevalence of obstructive sleep apnea syndrome and associated symptoms in 3-11-year-old Turkish children. *Pediatric pulmonology*, 39(3), 251-256.
- Yamaoka, M., Furusawa, K., Uematsu, T., Okafuji, N., Kayamoto, D., & Kurihara, S. (2003). Relationship of the hyoid bone and posterior surface of the tongue in prognathism and micrognathia. *Journal of Oral Rehabilitation*, 30(9), 914-920.
- Young, T. (1993). Sleep disordered breathing. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 47(9), 417.
- Young, T., Shahar, E., Nieto, F. J., Redline, S., Newman, A. B., Gottlieb, D. J., ... & Sleep Heart Health Study Research Group. (2002). Predictors of sleep-disordered breathing in community-dwelling adults: the Sleep Heart Health Study. *Archives of internal medicine*, 162(8), 893-900.



Bölüm 2

İTERDİSİPLİNER YAKLAŞIMLA ORTODONTİ- PERİODONTOLOJİ İLİŞKİSİ

Büşra Özal Güneş¹, İsmayıl Malıkov², Türkan Sezen Erhamza³

1 Arş. Gör. Büşra Özal Güneş, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0009-0007-7987-8973

2 Arş. Gör. İsmayıl Malıkov, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7013-1573

3 Doç. Dr. Türkan Sezen Erhamza, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-9540-9906

1. Giriş

Dişleri çevreleyen ve destekleyen dokuların sağlığı ve doğru oklüzal ilişkiler bütün dental tedavilerin başarılı sonuçları için önemlidir (M. A. Ong, Wang, & Smith, 1998). Periodontal tedavinin öncelikli hedeflerinden biri de bakteriyel enfeksiyonu ortadan kaldırmak ve patojen bakterilerin çoğalmasına uygun olmayan bir ortam oluşturmaktır. Bunun için plak retansiyonunu kolaylaştıracak alanların da ortadan kaldırılması gerekir (Kishore, Barai, Siva, & Venkatesan, 2021). Araştırmalarda, maloklüzyonun periodontal hastalık için bir risk işareti olduğu belirtilmiştir (Ngom, Benoist, Thiam, Diagne, & Diallo, 2007). Bu anlamda ortodontik tedavi, periodontal sağlığın eldesini tek başına sağlamasa da diş hareketleri sonucu retansiyon alanlarının en aza indirilmesinde ve periodontal sağlığın uzun dönemde korunmasında faydalıdır (Vanarsdall, 1995).

Ortodontik tedavi planlamasını yaparken, maloklüzyonun tipini ve etyolojisini belirlemek gerekir. Çünkü hastanın ihtiyacına göre yardımcı ya da kapsamlı ortodontik tedavi planlanır. Yardımcı ortodontik tedavi; hastanın mevcut ağız sağlığını iyileştirmek, hastalığı kontrol etmek, fonksiyonu restore etmek veya görünümü daha iyi hale getirmek için; gerekli diğer dental prosedürleri kolaylaştırmak amacıyla planlanan ve gerçekleştirilen diş hareketleridir. Kapsamlı ortodontik tedavi ise maloklüzyonu tüm yönleriyle düzeltmeyi hedefler. Teşhis doğru yapıldığında, hasta ortodontik tedaviden fayda görecektir (M. M. Ong & Wang, 2002). Periodontal doku desteğinin kaybı; bir ya da bir grup dişte patolojik migrasyon, ekstrüzyon, intrüzyon ve flaring görülmesine ya da diş kaybına sebep olabilir. Bu diş hareketleri; diastema oluşumu, keser proklinasyonu, posterior dişlerde rotasyon ve devrilmeler sonucu dikey boyutta azalma veya bazı dişlerde overerüpsiyonlar ile sonuçlanabilir. Ortodontik tedavi bu problemlerin çözümü için gereklidir. Buna ek olarak uygun interdental embraşürlerin ve uygun kök pozisyonunun sağlanması, travmatik derin kapanış vakaları, travmaya sebep olan erken temas ve çapraz kapanış vakaları, fazla ya da eksik pontik mesafesinin gelecek restorasyonlar için ayarlanmasını gerektiren vakalar, marjinal diş eti sınırlarının asimetrik olduğu durumlar da ortodontik tedavi ile yönetilebilir (M. A. Ong et al., 1998). Ortodontist – Periodontolog işbirliği ile gerçekleştirilecek bir ortodontik tedavi; periodontal sağlığı geliştirebilir ve periodontal tedavi de ortodontik tedavi sonuçlarının başarısını arttırabilir (Enhoş, Enhos, & Uysal, 2011).

Bu bölümde; ortodontik tedavilerde periodontal sağlık, diş hareketlerine periodontal dokuların cevabı ve ortodontik tedaviye ek olarak uygulanabilecek periodontal prosedürler anlatılacaktır.

2. Ortodontik Tedavilerde Periodontal Sağlık

Ortodontik tedavi sağlıklı periodonsiyum varlığında yapılmalıdır. Diş hareketi sırasında, bütün yumuşak doku ve kemik komponenti de dişle bir-

likte hareket eder. Bağı dokusu ataşman seviyesi kök yüzeyi boyunca değişirse de dişler düzeltilindiğinde ve özellikle uprighting hareketi ile; kristal kemikte önemli morfolojik değişiklikler meydana gelir (Kishore et al., 2021). Diş çevresi dokuları da ilgilendiren hareketler meydana geleceği için, periodontal sağlık tedavinin seyri ve sonuçları için önemli bir role sahiptir ve planlama daima interdisipliner bir yaklaşım ile yapılmalıdır. Ortodontik tedaviye başlamadan önce hastaların periodontal değerlendirmesi dikkatlice yapılmalıdır (Kumari, Chauhan, & Sharma, 2023). Bu değerlendirme, ağız bakımını, varsa periodontal hastalıkları saptamayı, oklüzal travmanın kontrolünü ve diğer tüm mukogingival problemleri kapsar. Bir problem tespit edilirse, ortodontik tedavi öncesinde gerekli periodontal bakım uygulanmalı ve eklemler diş yüzeylerinden uzaklaştırılmalıdır. Genelde başlangıç tedavisi; diş taşı temizliği ve kök yüzeyinin düzleştirilmesidir. Ayrıca idame fazında oral hijyen kontrol edilmeli, motivasyon tekrarlanmalıdır (Enhoş et al., 2011). Periodontal hastalığa yatkın bireylerde olduğu gibi, periodontal olarak sağlıklı bireylerde de interdisipliner bir yaklaşım, hasta için faydalıdır. Başlangıçta sağlıklı bireylerde de ortodontik tedavi süresince yumuşak dokularda istenmeyen defektlerle karşılaşılabilir. Diş eti çekilmeleri, düzensiz gingival marjinler, diş eti gülümsemesi ya da interdental papilde kayıplar bunlardan bazılarıdır. Bu durumların tedavileri de ortodontik tedaviye ilave periodontal cerrahileri içerebilir (Uludağ & Şar, 2014).

3. Ortodontik Diş Hareketinin Etkileri

Ortodontik tedavi; dişe uzun süreli hafif bir baskı uygulandığında, diş çevresindeki kemiğin remodellinge uğrayacağı ve diş hareketinin gerçekleşeceği ilkesine dayanır. Esasen diş, diş soketinin göç etmesiyle birlikte bağlantı aparatını beraberinde taşıyarak kemik içinde hareket eder. Kemik cevabına periodontal ligament (PDL) aracılık ettiğinden diş hareketi öncelikle bir PDL fenomenidir (Proffit, Fields, Larson, & Sarver, 2019).

PDL'nin majör komponenti kolajen liflerdir ve normal şartlarda PDL, tüm kökün etrafında 0,25mm genişliğinde bir yer kaplar (L. W. Graber, Huang, Vanarsdall, & Vig, 2016). Dişi içinde bulunduğu alveol kemiğine bağlayan bu özel lif grubu bir yanda semente diğer yanda lamina duraya bağlıdır ve özel dizilimleriyle dişin normal fonksiyon sırasında yer değiştirmesine direnç gösterir. PDL bu liflerin haricinde çeşitli hücreler, kan damarları, sinir sonlanmaları içerir ve vasküler sistemden gelen bir miktar sıvı ile doludur. PDL'nin özel yapısı ve bu sıvı, dokunun bir şok absorban olarak çalışmasını sağlar (Proffit et al., 2019).

Çiğneme fonksiyonu esnasında dişler ve periodontal dokular aralıklı ağır kuvvetlere maruz kalırlar. Bir saniye ya da daha az süren diş kontakları esnasında kuvvetler oldukça ağırdır, yumuşak bir madde çiğnenirken bu kuvvet 1-2 kg iken daha sert maddelerde 50 kg'a kadar çıkabilir. Bu tür yoğun kuv-

vetlerle karşılaştığında dişin PDL boşluğu içinde yer değiştirmesi, PDL'deki doku sıvısının sıkıştırılmaz özelliği ile engellenmeye çalışılır. Bunun yerine kuvvet alveol kemiğine iletilir. PDL kısa süreli kuvvetlere karşı güzel bir uyum sağlasa da, doku sıvısı sınırlı bir alanda sıkıştırılmaya devam ettikçe adaptif özelliği kaybolur. Uzun süreli kuvvetler düşük şiddette bile bir fizyolojik tepkiye sebep olur ve komşu kemikte remodelling meydana gelir. Ortodontik diş hareketi de bu şekilde gerçekleşir. Bunun haricinde dişlere gelen hafif şiddette sürekli kuvvetler; dil, yanaklar ve dudaklar gibi hastanın dokuları tarafından da uygulanırsa ortodontik kuvvet uygulanmış gibi etki ederek diş hareketi ile sonuçlanabilir (Proffit et al., 2019). Temelde, fizyolojik diş sürmesi ile ortodontik diş hareketi incelendiğinde doku reaksiyonu açısından bir farklılık da gözlenmemiştir. Alveol kemiği basınca karşı rezorpsiyon, gerilime karşı apozisyon cevabı verir. Dişin hareket edeceği yöne doğru yani rezorpsiyon yüzeyine doğru osteoklast hücreleri hücum eder. Dişin uzaklaştığı tarafta yani apozisyonun gerçekleşeceği tarafta ise osteoblast hücreleri aktiftir ve osteoid oluşumu başlar. Kuvvet uygulanmaya başladığında, PDL'nin sıkışması bazı bölgelerde vasküler dolaşımı ve hücre diferansiyasyonunu engeller, bu da yapıların çoğalıp farklılaşması yerine bozulmasına sebep olur. Bunun sonucunda mikroskopta cam benzeri görüntüye sahip bir yapının oluştuğu görülür. Bu oluşuma hyalinizasyon denir. Hyalinizasyon dokusu oluştuğunda diş hareketi durur, ortadan kalktığına diş hareketi tekrar başlar (L. W. Graber et al., 2016).

4.Ortodontik Tedavide Periodontolojinin Rolü

Ortodonti tedavi öncesinde hastalar her zaman mükemmel periodontal sağlıkta olmazlar, hafif dereceden şiddetliye birçok periodontal soruna sahip olabilirler. Tedavi öncesinde mevcut inflamatuvar durum ortadan kaldırılmalı, tekrarlamasının önüne geçmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Oral hijyen motivasyonu verilmelidir ve kontrol muayeneleri yapılmalıdır (Uludağ & Şar, 2014). Sabit tedavi sırasında kullanılan çeşitli ağız içi aygıtlar, oral hijyen uygulamalarını zorlaştırır. Bu; ortodontik tedavi sırasında gingivitis ile karşılaşma ihtimalini arttırırsa da, ortodontik tedavinin bu hastalıklara sebep olduğunu söylemek hatalı olur, bu durum öncelikle yetersiz oral hijyen ve mikrobiyal dental plak kaynaklıdır (T. M. Graber, Eliades, & Athanasiou, 2004). Ortodontik tedavi süresince oluşan enflamasyon genellikle diş eti ile sınırlıdır. Hastanın hijyen kurallarına uygun ağız bakımı yapmasıyla ve tedavinin bitimiyle geriler (Enhoş et al., 2011). Ortodontik tedavi süresince yetersiz oral hijyene sahip hastalarda periodontal yıkım olabilir. Tedavi sırasında diş eti hiperplazisi ve cep oluşumu ile de karşılaşılabilmesi göz önünde bulundurulmalıdır (Atack, Sandy, & Addy, 1996). Ancak tek başına ortodontik tedavinin mevcut periodontal duruma etkisi azdır ve tedaviye cevap verebilir seviyededir (Enhoş et al., 2011). Ayrıca araştırmalar göstermiştir ki, periodontal stabilizasyon sonrası yapılacak ortodontik tedavi, periodontal problemlere sahip hastalarda

herhangi olumsuz bir etkiye sahip değildir ve periodontal tedavi ile elde edilen faydalara katkıda bulunabilir (A. Gupta, 2023).

5.1. Ortodontik Tedaviye Ek Olarak Uygulanabilecek Periodontal Prosedürler

Bu prosedürler, tedavinin kapsamı ve ortodontik tedaviye katılımı açısından minimal, orta ve ciddi müdahaleler olarak sınıflandırılabilirler.

5.1.1. Minimal müdahaleler

5.1.1.1. Sirkümfrensiyal Suprakrestal Fiberotomi (CSF)

Minimal müdahalelerden olan sirkümfrensiyal suprakrestal fiberotomi (CSF), sabit ortodontik tedavi sonrası retansiyonu artırmak için gerçekleştirilen yaygın bir prosedürdür. Burada suprakrestal liflerin ayrılmasıyla, yeniden belirlenen diş pozisyonunda reorganizasyonu hedeflenir (Kishore et al., 2021). Bu işlem ortodontik tedavi öncesinde rotasyona uğramış olan tüm dişlerde, özellikle de maksiller ve mandibular keser dişlerde uygulanabilir. Debonding öncesinde dişlerde hafif bir aşırı düzeltim (3-5 derece) yapıldıktan sonra fiberotomi yapılmalıdır. Cerrahi işlemden 1 hafta sonra ve retansiyon apareyleri yapılmadan önce aşırı düzeltim yok edilmeli ve dişler kusursuz seviyelenmiş olmalıdır. (T. Graber, Vanarsdall, & Vig, 2005). Ortodontik tedavi sonrasında liflerin reorganizasyonu, bitimden 6 ay sonrasında dahi gerçekleşmeye devam edebilir. Bu nedenle retansiyon süresi her zaman minimum 12 ay olarak önerilir. Literatür, aparey çıkarıldıktan sonraki ilk 5 saatte en fazla relapsın gerçekleştiğini öne sürmektedir (M. M. Ong & Wang, 2002). Bu nedenle, fiberotominin ortodontik tedavinin bitirme aşamasının sonunda yapılması idealdir. Yapılan çalışmalar, fiberotomi uygulanan dişlerde relaps görülme oranının ilk 4-6- yıl içerisinde %30 oranında azaldığını göstermiştir (Edwards, 1988).

Fiberotomi işlemi geleneksel yöntemlerle bistüriler aracılığıyla, elektrocerrahi ya da lazer kullanılarak yapılabilir. Yapılan çalışmalar tercih edilen yöntemin relaps riskini azaltmaya olan etkide anlamlı bir fark oluşturmadığını göstermektedir. Seçilecek yöntem hastanın talebi ve hekimin tecrübesi doğrultusunda belirlenebilir (Yamacı, 2021).

5.1.1.2. Frenektomi

Frenulum, mukoz membran, bağ dokusu ve miyofibrillerden oluşan katlanmış anatomik bir yapıdır. Labial frenulum, üçgen şeklinde olup, yanağı ve dudakları alveolar mukoza, diş eti ve periost ile birleştirir (Tanık & Çiçek, 2021). Labial frenulum genellikle iki santral keser diş arasında bulunur. Bazen, maksiller labial frenulum, diastemaya, cep oluşumuna ya da serbest diş etinin apikale migrasyonuna neden olacak kadar güçlü ve uzun olma eğilimindedir. Frenektomi; yüksek frenulum ataçmanını kaldırmak için ya-

pılan bir periodontal plastik cerrahi işlemidir (Gani & Satya, 2023). Bu tür durumlarda, ortodontik tedaviye, yardımcı frenektomi prosedürü, boşlukların kapanmasından sonra relaps ihtimalini azaltır. Genellikle bu operasyon ortodontik tedavi tamamlandıktan sonra veya tedavinin bitirme aşamasında yapılır (Kishore et al., 2021). Graber'a göre de maksiller labial frenulumun cerrahi olarak çıkarılması, dokunun boşluk kapanmasını engellemediği veya ağırlı ve travmatize olmadığı sürece ortodontik tedavi sonrasına kadar ertelenmelidir (L. W. Graber et al., 2016).

Operasyon bistüri ile, elektro cerrahi ile ya da yumuşak doku lazerlerinin kullanımı ile gerçekleştirilebilir (Tanık & Çiçek, 2021). Konvansiyonel cerrahi tekniklere göre lazer kullanımının lokal anestezi gerektirmemesi, kansız bir operasyon sahası sağlaması, işlem sonunda dikiş atılmaması ve periodontal pat ile örtülmeye gerek kalmaması, hızlı olması, daha az skar dokusu ile iyileşmesi gibi avantajları mevcuttur (Gontijo, Navarro, Haypek, Ciamponi, & Haddad, 2005). Diastema söz konusu olduğunda, boşluk kapatıldıktan sonra, özellikle anterior bölgede, ek olarak sabit pekiştirme apareylerinin kullanılması, nüks riskini minimum seviyeye düşürmek için değerlendirilmelidir (Edwards, 1977).

Anormal frenulumların frenektomi ile çıkarılması diastemaların kapatılmasında fayda sağlayabilir. Ayrıca frenektomi uygulaması diş eti miktarını arttırabilir ve cep derinliğini, diş eti çekilmesini, plak miktarını ve kanamayı azaltabilir (Tanık & Çiçek, 2021).

5.1.1.3. Gingivektomi – Gingivoplasti

Gingivektomi, dişetinin bir kısmının cerrahi olarak çıkarıldığı bir prosedürdür. Gingivoplasti ise dişetini; cepler olmadan fizyolojik konturları yeniden oluşturmak amacıyla, şekillendirme işlemidir. Bu işlemler, estetiği iyileştirmek ve dişlerin prognozunu arttırmak amacıyla birlikte gerçekleştirilebilir (Newman, Takei, Klokkevold, & Carranza, 2011).

Diş tellerinin ve braketlerin yerleştirilmesi sırasında diş eti büyümesi (gingival hiperplazi) sıkça görülür ve bu durum, gingivektomi ile tedavi edilebilir. Aynı şekilde, diş eti konturlarının düzensiz olduğu durumlarda, gingivoplasti uygulanarak estetik bir görünüm elde edilebilir (Dhande et al., 2022). Yüksek gülme hattına sahip hastalarda da diş eti seviyeleri ortodontik diş hareketleri ile ya da gingivektomi ile yeniden düzenlenebilir (Enhoş et al., 2011). Bu prosedürler ortodontik tedavi sırasında diş eti sağlığını korumak ve tedavi sonucunu optimize etmek için etkili yöntemlerdir (Dhande et al., 2022).

5.1.2. Orta Dereceli Müdahaleler

5.1.2.1. Depigmentasyon

Normal diş eti rengi soluk pembe, ancak nüfusun bir kısmında, epitelin bazal ve suprabazal hücre katmanlarında bulunan melanositler tarafından

aşırı melanin üretimi bulunur (Geeti Gupta et al., 2014). Bu hiperpigmentasyon, yapışık dişetinde, yaygın ve çeşitli koyu renklerde renk değişikliği veya çizgiler olarak ortaya çıkar. Bu, bazı popülasyonlarda genetik bir özellik olarak da ortaya çıkabilir. Özellikle gülüş esnasında belirgin diş eti görünümü olan hastalarda hiperpigmentasyon varlığı hastalar tarafından estetik bir sorun olarak algılanabilir. Bu durum dış kaynaklı ve iç kaynaklı faktörlere bağlı olabilir. Dış kaynaklı faktörler, ağır metallerle temas ve sigara kullanımını içerir. İç kaynaklı faktörler ise endokrin ve genetik bozuklukları içerir. Gingival depigmentasyon, mukozada daha doğal bir renk elde etmek için yapılan bir periodontal prosedürdür. Elmas frezler, bistüri, yumuşak doku lazerleri, asitler veya diğer kimyasal ajanlar kullanılarak yapılabilir ve ortodontik tedaviye yardımcı, orta dereceli müdahaleler grubundadır (Meligy, Ahmed, & El-Shall, 2023).

5.1.2.2. Yönlendirilmiş Doku Rejenerasyonu (YDR)

Ortodontik tedavilerde temel prensip hafif ve devamlı kuvvetlerin uygulanmasıdır. Bu şekilde uygulanan kuvvetler genelde çevre kemik dokuda direkt yıkıcı bir etki oluşturmaz, yapım ve yıkım dengesi sağlanmış olur. Ancak ağır kuvvetlerin kemik yıkımına sebep olması mümkündür. Ayrıca çeşitli periodontal hastalıklar ve kötü bir ağız bakımı da uzun vadede kemik yıkımına sebep olabilir (Akca et al., 2003).

Kaybolan dokuların form ve fonksiyonunu geri kazanmak, rejeneratif tedaviler ile mümkündür. Bu da iyileşme süresinde bağ dokusu ve epitelden gelen hücrelerin yara dokusuna göçünün önlenmesi ve periodontal ligament hücrelerinin bölgeye hareketine izin verilmesi ile sağlanabilir (Caffesse & Becker, 1991). Yönlendirilmiş doku rejenerasyonu, yetersiz hacim veya boyutlarda kemik ve dişeti olan bölgelere, yeni kemik ve dişeti dokusunun büyümesini yönlendirmek için biyoyumlu bariyer membranların kullanıldığı cerrahi bir prosedürdür (Çakar, 2003).

İleri maloklüzyon vakalarında diş hareketleri sonrasında diş eti çekilmeleri ve kemik defektleri oluşabilir. YDR, ortodontiye ek olarak uygulanır ve periodontal ataçmanı yeniden kurmayı sağlar. Bu şekilde dişleri kemik içi defektlere doğru taşımak veya kemik desteği azalmış dişlerin dikey hareketlerini yönlendirmek için ortodontik tedavi öncesinde veya sonrasında koşulları iyileştirmeye katkı sağlar (Polimeni, Xiropaidis, & Wikesjö, 2006). Eksik dişlerin varlığında ortodontik tedavi planlanırken; boşluğun kapatılması ya da devrilmiş dişlerin dikleştirilmesi ile boşluğun açılması ve tedavi sonrası implant yerleştirilmesi için hazırlanması düşünülebilir. Boşluklar kapatırken gerçekleşecek diş hareketleri yeni kemik oluşumunu indükleyebilir. Ancak bu her zaman mümkün değildi. Tedavi sonrası dental implantların kullanılması planlandığında bölgede yeterli kemik hacmi ve kalitesi elde etmek ve implantın stabilitesini arttırmak için YDR kullanılabilir (Buser, Dula, Hirt, & Schenk, 1996), (Schwarz, Derks, Monje, & Wang, 2018).

5.1.2.3. Gingival Küretaj

Gingival küretaj, bir küret yardımıyla periodontal cebin enfekte veya etkilenmiş yumuşak doku tabakasının çıkartılmasını amaçlayan ve sadece gingival bağ dokusu tabakasını bırakıldığı cerrahi bir prosedürdür. Küretajın amacı, gingivanın büzülmesini teşvik ederek, periodontal cebi ortadan kaldırmak veya derinliğini azaltmak ve yeni bağ dokusu ataşmanı elde etmektir (Faizah & Silmina, 2021).

Gingival küretaj;

1. Hafif ila orta seviyede ceplerin bulunduğu durumlarda, gingival ataşmanları düzeltmek için yapılabilir.
2. Agresif tedavinin kontrendike olduğu durumlarda, gingival iltihabı azaltmak için uygulanabilir.
3. Tekrarlayan enflamasyon durumlarında, gingival sağlığı sağlamak için yapılabilir.

Birçok durumda, diş pozisyonlarını düzelterek, kemik içi cepleri düzeltmek ve periodontal ataşmanın yeniden kurulmasını sağlamak ortodontinin yardımıyla mümkün olabilir. Ortodontik ve periodontal tedavi kombinasyonu, hastanın periodontal durumunu iyileştirmeye ve oral sağlığını sürdürmeye yardımcı olabilir (Kishore et al., 2021).

5.1.2.4. Kron Boyu Uzatma

Kron boyu uzatma, dişin klinik kron boyunu artırmak için gerçekleştirilen bir periodontal cerrahi işlemdir. Bu prosedür, genellikle diş etlerinin ve gerektiğinde kemik dokusunun çıkarılması yoluyla gerçekleştirilir. Kron boyu uzatma, dişlerin daha estetik ve fonksiyonel bir görünüme kavuşmasına yardımcı olur. Kron boyu uzatma, dişeti gülümsemesini (gummy smile) düzeltmek için ya da braket yerleştirilmesi gerektiren ancak kısa klinik kron boyuna sahip dişler için yapılır (Gunjan Gupta, Gupta, Gupta, & Gupta, 2015).

Dişeti gülümsemesinin sebebi dişlerin malpozisyonu olduğunda, ilk tedavi seçeneği cerrahi değildir. Bu durumda dişler daha estetik ve fonksiyonel bir pozisyona taşınmalıdır ve gülüş gingival marjinlerin ortodontik olarak seviyelenmesi ile düzeltilmelidir. Ortodontik tedaviler sırasında, diş hareketleri ve hizalanmaları sonucunda da diş eti seviyelerinde değişiklikler meydana gelebilir. Bu gibi durumlarda, kron boyu uzatma işlemi, ortodontik tedavi ile kombine edilerek daha estetik bir gülüş elde edilmesine olanak tanır. Ayrıca, kron boyu uzatma işlemi, dişlerin restoratif tedavilere daha uygun hale gelmesini sağlayarak, diş sağlığını ve uzun ömürlülüğünü artırır. Bu nedenle, ortodontist ve periodontolog için, bu iki prosedürü birlikte değerlendirmek ve hangi dişler cerrahi ile tedavi edilebilir ve hangi dişler için ortodontik tedaviden fayda sağlanabilir ayırt etmek önemlidir (Naumann et al., 2023).

Dişeti gülüşü genellikle üç ana nedenden kaynaklanır;

Bunlardan ilki maksiller aşırı büyümedir. Bu durum ortodonti ve cerrahi kombinasyonu ile tedavi edilir. İkinci olarak, dudağın kısa anatomik yapısı, ve üçüncü olarak maksiller dişlerin overerüpsiyonu ve gecikmiş apikal migrasyonu sonucu ekstrüviz pozisyonlanması sayılabilir (Dym & Pierre, 2020).

Diş eti marjinlerinin farklılığı 4 parametre ile değerlendirilebilir;

1. Maksiller santral kesicinin diş eti kenarı ile hastanın dudak çizgisi arasındaki ilişki
2. Labial sulkus derinliğinin değerlendirilmesi
3. En kısa santral kesici ile yanındaki lateral kesici arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi
4. Atrizyon için kesici kenarlarının değerlendirilmesi

Bazı durumlarda, azı dişlerinin kron yüksekliği kısa olabilir ve ortodontik bantların yerleştirilmesi, biyolojik genişliğin ihlali nedeniyle ataşman kaybına yol açabilir. Bu tür sorunları önlemek için, ortodontik bantların yerleştirilmesinden önce bir kron boyu uzatma prosedürü düşünülmelidir.

Braketleme öncesinde de uygun kron-kök oranını elde etmek için, kron boyu uzatma prosedürü gerekebilir çünkü bu ortodontik tedavinin sonuçları için kritik bir adımdır ve doğru oranlar daha spesifik sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilir (Allen, 1993).

5.1.2.5. Diş Eti Çekilmesi ve Kök Yüzeyi Kapatma

Diş eti çekilmesi, gingivanın mine-sement sınırının apikalinde doğru göçü ve kök yüzeyinin açığa çıkması olarak tanımlanır. Diş eti çekilmesi tek başına ortodontik tedavi kaynaklı değildir, çok faktörlü bir sorundur. Bu problem patolojik, fizyolojik, anatomik ya da bunların kombinasyonlarını içeren çeşitli sebeplerle meydana gelebilir (Manav, Çörekci, & Çetiner, 2024). Yanlış ağız hijyeni uygulamaları, kötü alışkanlıklar, bruksizm, travmatik erken temaslar, yüksek kas ataşmanları, ağız içi ve çevresi piercing kullanımı, dişlerin malpozisyonları, diş taşı birikimi, hatalı restoratif ve periodontal tedavi uygulamaları diş eti çekilmesi ile ilişkili faktörlerdendir (Lindhe, Lang, & Karring, 2008). Bir diğer faktör de ortodontik kuvvetler olabilir. Mandibular keser dişlerde diğer dişlere göre daha fazla diş eti çekilmesi görülür ve kesici inklinasyonu da etyolojik faktörler arasında sayılabilir. Bütün bu faktörlere ek olarak, diş etinde görülen çekilme enflamasyonla yakından ilişkilidir (Kurgan, Bilgin, Kayasu, Akçam, & Kurşunoğlu). Marjinal diş etinin mine-sement sınırından uzaklaşarak yer değiştirmesi, hastalarda hassasiyete ve estetik şikayetlere sebep olur ve ilgili bölgenin plak kontrolünü daha da zorlaştırır (Smith, 1997).

Ortodontik kuvvetlere dokuların yanıtı ile periodonsiyum sağlığı arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Sağlıklı dokularda, doğru ortodontik kuvvetler uygulandığında tedavi tek başına periodontal soruna sebep olmaz. Ağızda plak ve diş taşı birikimlerinin olduğu durumlarda ise ortodontik kuvvetlerin uygulanması diş eti çekilmesi ve ataçman kaybı ile sonuçlanabilir. Ortodontik kuvvetlerin hatalı ya da şiddetli uygulanması veya kökün kemikten uzaklaşmasına sebep olacak şekilde uygulanması ise dehisense, kök rezorpsiyonuna ya da kemik kaybına sebep olabilir (Kurgan et al.).

Diş eti çekilmesinin tedavisi için birçok yöntem ve çeşitli greftleme teknikleri mevcuttur. Geleneksel olarak saplı greftler daha önce kök yüzeyi örtülmesi için kullanılmıştır ancak günümüzde bağ doku greftleri kök yüzeyi örtülmesinde tercih edilen tedavi yöntemi olmuştur. Daha fazla kök yüzeyi örtülmesi, üstün estetik ve hasta konforu gibi avantajları bulunmaktadır. Genellikle, greftleme işlemi ortodontik tedavi sonrasında gerçekleştirilir. Ancak bazı durumlarda, kök yüzeyinde yetersiz diş eti miktarı ve şiddetli çekilmeler nedeniyle prosedür, ortodontik tedavi öncesinde veya sırasında da yapılabilir. (Dinç & Özcan, 2021).

5.1.3. Ciddi Müdahaleler

5.1.3.1. Kemik Greftleri

Osseöz kraterler; ortodontik tedavi ile düzeltilmeyen veya iyileşmeyen kemik defektleridir, bu nedenle bunlar herhangi bir ortodontik tedavi başlamadan önce tedavi edilmelidir. Bunlar genellikle interproksimal iki duvarlı defektlerdir, düzeltme veya müdahale gerekiyorsa, defekt şekillendirilip cep derinliği azaltılarak yönetilebilir. Burada cerrahiye olan ihtiyaç, hasta uyumu, defektin yeri ve periodonsiyum tarafından tedaviye karşı olan direnç gibi birçok faktöre dayanmaktadır. Üç duvarlı defektler genellikle rezorbe olabilen membranlarla birlikte otojen kemik greftlerini veya allogreftleri gerektirir. Gerekli müdahaleden sonra periodontal tedavinin sonuçları 3-6 ay sonra stabil ise, o zaman ortodontik tedavi düşünülebilir.

5.1.3.2. Ortodontik Tedavide Diş Hareketini Hızlandıran Periodontal Uygulamalar

Dişler ve çevre dokuların ortodontik tedavi boyunca zarar görmemesi için hafif ortodontik kuvvetlerin tercih edilmesi esastır. Ancak diş hareketleri, kuvvetin özellikleriyle beraber uygulandığı dokunun özellikleriyle de ilgilidir ve biyolojik cevaba göre elde edilen bu sonuç, tedavi sürelerinin uzamasına sebep olabilmektedir. Kuvvetin şiddetli arttırılması, hareketi hızlandırmadığı gibi, uygulandığı bölgede kan akımının durması ve hücresel faaliyet azalmasıyla sonuçlanır. Hyalinizasyon dokusu oluşur ve daha şiddetli kuvvetlerde kök rezorpsiyonu, periodontal hasar ya da diş eti çekilmesi görülebilir. Ancak bölgedeki kan akımını arttırırken doku direncini azaltan, periodontal doku hasarını minimize eden yöntemler hafif kuvvetlerle birlikte

kullanıldığında tedavi süresini kısaltır ve başarılı sonuçlar verirler (Ekrem, Türker, & Şeker, 2017).

Bölgesel hızlanma fenomeni (“Regional Acceleratory Phenomenon” (RAP)), Frost tarafından “memeli dokuların çeşitli zararlı uyaranlara verdiği karmaşık bir tepki” olarak tanımlanmıştır (Frost, 1983). Bu fenomen; vücudun çeşitli bölgelerinde meydana gelen bir dizi biyolojik yanıtın sonucu olarak, hızlanmış doku iyileşmesi ve kemik remodellingi şeklinde ortaya çıkar ve ortodontik tedavi sürecini olumlu şekilde etkileyebilir (Lee, 2018). Bu prensiple, sert dokuda oluşan bir perforasyon, iltihabi mediyatörlerde artışla sonuçlanır ve kemik yoğunluğu azalır, osteoklastik aktivite artar. Bunun sonucunda demineralizasyon-remineralizasyon süreci de hızlanır ve daha hızlı ortodontik diş hareketi ile daha az kök rezorpsiyonu gerçekleşir (Oral, Türker, & Şeker, 2017). Dokunun reaksiyonu, uyarının süresine, şiddetine ve boyutuna göre değişir. RAP travma, vitamin D, tiroksin ve elektriksel stimülasyon gibi birden çok uyarın sonucunda gelişebilir. Maksilla ve mandibulada da diş çekimi, kırıklar, implant yerleştirilmesi ve periodontitis gibi fiziksel ve enfeksiyöz uyaranlar da, ortodontik diş hareketleri de RAP ile sonuçlanabilir (Lee, 2018). RAP etkisiyle, kemikler iyileşme sürecinde iken doku yapım ve yıkım faaliyetleri ilk üç hafta içinde üç katına çıkar ve bu etki dört aya kadar devam eder. Artmış metabolik faaliyetler sonucu hyalinizasyon dokusu daha çabuk yıkılır ve yenilerinin oluşma riski de azalır (Schilling, Müller, Minne, & Ziegler, 1998).

Wilko ve diğerleri (W. M. Wilcko, Wilcko, Bouquot, & Ferguson, 2001) 2001 yılında “Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti” (Accelerated Osteogenic Orthodontics (AOO)) tekniğinden bahsederek bu bahsedilen mekanizmayı izah etmiş ve daha sonra adını “Periodontal Olarak Hızlandırılmış Osteojenik Ortodonti” (Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics (PAOO)) olarak değiştirmişlerdir. Ortodontist ve periodontolog iki kardeş olan William ve Thomas Wilko’nun ismini alarak bu teknik “Wilkodontics” adıyla tanınarak patentlenmiştir ve seçilen bölgenin labial ya da lingual korteksinin seçici olarak dekortike edilmesiyle ortodontik diş hareketinin hızlandırılması işlemidir. Yazarların çalışmalarında bu hızlanmış hareketin mekanizmasını daha farklı açıklamaları öne çıkmıştır. İşlem sonrası görülebilecek komplikasyonları (relaps, fenestrasyon, dehisens gibi) engellemek amacıyla kemik grefti kullanımının gerekliliğinden bahsetmişlerdir (M. T. Wilcko, Wilcko, & Bissada, 2008).

5.1.3.2.1. Kortikotomi

Ortodontik tedaviye yardımcı ciddi müdahaleler sınıfında olan kortikotomi (kortikal kemik osteotomisi) ortodontik tedavi süresini kısaltmak için gerçekleştirilen bir cerrahi prosedür olarak tanıtılmıştır (Lee, 2018). Diş hareketine karşı başlıca direnç ile kortikal tabakada karşılaşıldığından, korti-

kotomi prosedürü istenmeyen yan etkiler olmadan dişleri daha hızlı hareket ettirmeyi mümkün kılar (Kishore et al., 2021). İşlem sırasında çenede ortodontik kuvvetlere güçlü bir şekilde direnen kortikal kemik çıkartılır ve kan dolaşımını sürdürmek ve kemik dokularının sürekliliğini sağlamak için geri kalan yapı korunur. Bu, nekroz riskini azaltır ve diş hareketini kolaylaştırır. Ayrıca işlem bölgesinin etrafında gerçekleşen demineralizasyon-remineralizasyon süreci de buna katkı sağlar (Lee, 2018).

Kortikotomi prosedürü başlangıçta el aletleri ve cerrahi frezler kullanılarak yapılmaktaydı, ancak hastaya verilen zararı azaltmak amacıyla zamanla piezoelektrik cihazlar, lazer, chisel ve çekiç veya disk gibi çeşitli cihazlar da kullanılmaya başlanmıştır. İşlem önceden kökler arasında vertikal kesiler olacak şekilde dizayn edilirdi ancak daha sonra küçük bir rond frez ile kök etrafında oluklar oluşturmak tercih edildi (Patterson, Dalcı, Darendeliler, & Papadopoulou, 2016). Bir ya da iki seansta gerçekleştirilebilen bu işlem için lokal anestezi yeterlidir ancak hasta konforunu arttırmak için sedasyon da tercih edilebilir. İki seans yapılması durumunda alveolar kemik palatal ve bukkal parçalar olarak iki ayrı bölge olarak düşünülür ve iki hafta arayla kortikotomize edilir (Choo, Heo, Yoon, Chung, & Kim, 2011). Tek seansta gerçekleştirilen işlemde tam kalınlık flep kullanılır ve periost elevatörüyle periost kaldırılır. Bukkal ve lingual kortikal kemikler kortikotomi bölgesinin apikaline kadar açığa çıkartılır. İşlem sırasında yeterli irrigasyona ve yumuşak doku zararını minimize etmeye özen göstermelidir. Aksi halde operasyon sonrası yumuşak dokularda nekroz görülebilir. Bu açıdan piezoelektrik cihazların kullanımı öncelenebilir ya da yeterli soğutma ile 2 ya da 4 mm'lik rond fezler dikkatlice kullanılabilir (Lee, 2018).

AOO ya da PAOO için, kortikotomi kesileri ve kemik perforasyonları malpoze dişlerin etrafında rond frezlerle oluşturulur. Bu kesiler alttaki yapılara zarar vermemek için kansellöz kemiği perfore etmeyecek derinlikte yapılmalıdır. İşlemin amacı yalnızca RAP cevabını başlatmak olmalı, hareketli kemik segmentleri elde edilmemelidir (Cano, Campo, Bonilla, & Colmenero, 2012). Gerekli bölgelerde dekortike edilmiş alana partikül kemik grefti uygulanır. Flepler, rezorbe olmayan süturlarla eski konumuna getirilir. Operasyon günü, dişlere ortodontik kuvvetler uygulanmalıdır. Artan osteoklastik aktivite, kolay diş hareketi için geçici kemik içi osteopeniye neden olur (Lee, 2018). Diş hareketleri hızlanacağından, ortodontik tedavi için kontrol randevu aralıkları daha kısa (2 hafta) olmalıdır (Cano et al., 2012).

Kortikotomi destekli ortodonti ile gömülü dişlerin sürdürülmesi mümkündür. Yine overerüpte azı dişlerinin intrüzyonunda, şiddetli prokline ve diastemalı keser dişlerin hızlı retraksiyonunda, şiddetli çapaşıklıkların çözümünde kortikotomi kullanılabilir. Birinci premolar diş çekimi sonrası kanin dişin retraksiyonunda ya da ortodontik tedavi sonrası stabilizasyonun artırılmasında kortikotomiye başvurulabilir. Belirgin ark boyu farklılıkları

olan durumların ve transvers yönde daralmış üst çene vakalarının çözümünde de kortikotomi faydalıdır ve tek taraflı çapraz kapanış durumlarında karşı tarafta overekspansiyona sebep olmadan unilateral ekspansiyonun daha iyi kontrol edilmesini sağlar. Ayrıca azı dişlerinin distalizasyonunu artırmak için kortikotomi yarar sağlayabilir (Cano et al., 2012). Kortikotomi sonrası cerrahi ve ortodontik prosedürlerin çoğunun ilk 3-4 ay içinde, diş-kemik birleşiminden önce gerçekleştirilmesini önerilmiştir (Spena, Caiazzo, Gracco, & Siciliani, 2007). Ortodontik diş hareketine ise, cerrahiden hemen sonra yani kemik iyileşmesi gerçekleşmeden başlamak önemlidir (Lee, 2018). Çünkü cAMP'nin salınması ve kemik remodellinginin başlaması yaklaşık 4 saat sürer, bu yüzden kortikotomi prosedüründen hemen sonra tedavinin ortodontik aşamasına geçmek daha doğrudur. Kortikotomi sonrası ortodontistin hızlanmış diş hareketi elde edeceği, hyalinizasyon dokusunun daha az oluştuğu, 3-4 aylık bir pencere dönem oluşur. Bundan sonra ortodontik diş hareketleri normal hızına döner (Cano et al., 2012).

5.1.3.2.2. Diğer Yöntemler

Ortodontik diş hareketini hızlandırmak için yıllar içinde birçok farklı cerrahi yöntem denenmiştir. Kortikotomi ve osteotominin kombinasyonları; cerrahlar tarafından tekniklerin çeşitlendirilmesi ile farklı farklı isimlendirilebilmektedir (Ekrem et al., 2017). Örneğin 1.premolar çekimli vakalarda kanin dişlerin distalizasyonunu hızlandırmak için kullanılmış “Periodontal Ligament Distraksiyonu” yöntemi Liou ve Huang (Liou & Huang, 1998) tarafından tanıtılmıştır. Burada çekim seansında interseptal kemiğin tabanyla bukkal ve lingual duvarlarda kesiler oluşturulmuştur. İnterseptal kemik mesiodistal olarak kesilmemiştir. Molar ve kanin dişler arasında bir distraksiyonu apareyi ile birlikte lingualden elastik zincir uygulanmıştır ve yaklaşık üç haftada kanin dişlerin istenilen distalizasyonu tamamlanmıştır.

Kişnişçi ve arkadaşları (Kişnişçi, İşeri, Tüz, & Altug, 2002) ise “Dento-alveolar Distraksiyon” yöntemi üzerine çalışmalar yapmıştır. Bu yöntemde kullanılan aparey önceki yöntemlere göre daha kompakt bir yapıya sahiptir ve daha rijittir. Farklı olarak çekim sonrasında kanin dişin çevresinden geçen bir osteotomi yapılmış ve çekim socketinin bukkal kortikal kemiği kaldırılmıştır. Kanin dişin distalizasyonu için daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir ancak daha invaziv bir tekniktir.

Kortikotomiye alternatif olarak “Kortizisyon” uygulaması 2006 yılında Park ve arkadaşları (Park, Kang, & Kim, 2006) tarafından tanıtılmıştır. Bu işlemde lokal anestezi altında, dişlerin uzun aksıyla 45-60 derece açılı tutulan bir bistüri papillanın 5 mm altından interradiküler diş etine yerleştirilir, bir çekiç yardımı ile vurularak kesi oluşturulur. Flep kaldırılmadan, transmucozal olarak oluşturulan kesiler 10 mm derinliğinde ve diş kökünün 2/3'ü uzunluğunda olmalıdır. Kesiler sonrasında serum fizyolojik ile bol irrigas-

yon yapılmalıdır. Bu yöntem minimal invaziv olmasıyla öne çıkmıştır ancak greftlemeye imkan sağlamaması ve hasta konforunun düşük olması dezavantajlarına sahiptir.

“Piezosizyon” yöntemi piezocerrahi enstrümanları kullanılarak yapılan ve greftlemeye imkan tanıyan, flep kaldırılmayan bir yöntemdir ve 2009 yılında Dibart ve arkadaşları (Dibart, Sebaoun, & Surmenian, 2009) tarafından tanıtılmıştır. Bu yöntemde periosta uzanan insizyonlar, yalnızca kortikotomi yapılacak ilgili bölgeye atılır. Piezocerrahi testeresi ile 3 mm uzunluğunda ve 3 mm derinliğinde piezoinsizyonlar oluşturulur. Greftleme gerekirse tünel şeklinde tam kalınlık flep kaldırılıp greft materyali yerleştirilebilir. Greft kullanılmadıysa, işlem sonrasında suture kullanmak gerekmez. Bu yöntem minimal invaziv ve pratik olmasıyla ilgi çekmiştir. Ayrıca kullanılan piezocerrahi cihazının oluşturduğu vibrasyon, kesilerle birlikte RAP oluşumunu desteklediği için diş hareketi konusunda başarılı sonuçlar vermesi de tercih edilirliliğini arttırmıştır.

“Mikroosteoperforasyon” yönteminde flep kaldırılarak veya kaldırılmadan kortikal tabakada küçük perforasyonlar oluşturulur (Teixeira et al., 2010). Bu yöntemi hastalarında uygulayan Alikhani ve arkadaşları (Alikhani et al., 2013), hareketi istenen dişin etrafındaki kortikal kemiğe 2-3 mm derinliğinde ve 1,5 mm genişliğinde perforasyon alanları oluşturacak bir cihaz tasarlamış ve vertikal yönde birbiri ardına sıralanmış üç nokta şeklinde perforasyon alanlarını açtıktan sonra dişlere kuvvet uygulamışlardır. Nispeten ağrısız bir yöntemdir ve daha hızlı diş hareketi elde etmekte başarılı olmuştur.

KAYNAKÇA

- Alikhani, M., Raptis, M., Zoldan, B., Sangsuwon, C., Lee, Y. B., Alyami, B., . . . Khoo, E. (2013). Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 144(5), 639-648.
- Allen, E. P. (1993). Surgical crown lengthening for function and esthetics. *Dental Clinics of North America*, 37(2), 163-179.
- Atack, N. E., Sandy, J. R., & Addy, M. (1996). Periodontal and microbiological changes associated with the placement of orthodontic appliances. A review. *Journal of Periodontology*, 67(2), 78-85.
- Buser, D., Dula, K., Hirt, H. P., & Schenk, R. K. (1996). Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 54(4), 420-432.
- Caffesse, R. G., & Becker, W. (1991). Principles and techniques of guided tissue regeneration. *Dental Clinics of North America*, 35(3), 479-494.
- Cano, J., Campo, J., Bonilla, E., & Colmenero, C. (2012). Corticotomy-assisted orthodontics. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 4(1), e54.
- Choo, H., Heo, H.-A., Yoon, H.-J., Chung, K.-R., & Kim, S.-H. (2011). Treatment outcome analysis of speedy surgical orthodontics for adults with maxillary protrusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(6), e251-e262.
- Çakar, G. (2003). *Periodontal Kemik İçi Defektlerin Yönlendirilmiş Periodontal Doku Rejenerasyonu ve Kemik Greftleri İle Tedavisinde Antimikrobiyal Uygulamaların Etkinliğinin İncelenmesi*. Marmara Üniversitesi (Turkey),
- Dhande, S., Langade, N., Khan, M., Meeyajiwala, Y., Hegde, R., & Muglikar, S. (2022). Gingivectomy as a Treatment Option for Gingival Enlargement Induced by Orthodontic Treatment: A Case Report. *J Dent Rep*, 2(1), 1-9.
- Dibart, S., Sebaoun, J., & Surmenian, J. (2009). Piezocision: minimally invasive, periodontally accelerated orthodontic tooth movement procedure. *Compend Contin Educ Dent*, 30(6), 342-344.
- Dinç, M., & Özcan, G. (2021). Dişeti Çekilmelerinin Tedavisinde Başarıyı Etkileyen Faktörler. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 10(3), 207-213.
- Dym, H., & Pierre, R. (2020). Diagnosis and treatment approaches to a "gummy smile". *Dental Clinics*, 64(2), 341-349.
- Edwards, J. G. (1977). The diastema, the frenum, the frenectomy: a clinical study. *American journal of orthodontics*, 71(5), 489-508.
- Edwards, J. G. (1988). A long-term prospective evaluation of the circumferential supracrestal fiberotomy in alleviating orthodontic relapse. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 93(5), 380-387.
- Ekrem, O., Türker, G., & Şeker, E. D. (2017). Ortodontik diş hareketini hızlandıran cerrahi yöntemler. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2), 142-150.

- Enhoş, Ş., Enhos, S., & Uysal, T. (2011). Ortodonti ve periodontoloji işbirliği. Modern biyolojik ortodontide periodontal konular. *Cumhuriyet Dental Journal*, 14(1), 51-63.
- Faizah, A., & Silmina, I. (2021). *Curettage as a Follow-up Treatment in Lower Anterior Gingivitis Cases: Case Report*. Paper presented at the Prosiding University Research Colloquium.
- Frost, H. M. (1983). The regional acceleratory phenomenon: a review. *Henry Ford Hosp Med J*, 31(1), 3-9.
- Gani, A., & Satya, D. E. (2023). Perio-ortho interdisciplinary management for midline diastema related to abberant frenulum. *Makassar Dental Journal*, 12(3), 452-455.
- Gontijo, I., Navarro, R. S., Haypek, P., Ciamponi, A. L., & Haddad, A. E. (2005). The applications of diode and Er: YAG lasers in labial frenectomy in infant patients. *Journal of dentistry for children*, 72(1), 10-15.
- Graber, L. W., Huang, G. J., Vanarsdall, R. L., & Vig, K. W. (2016). *Current principles and techniques*: Elsevier Health Sciences.
- Graber, T., Vanarsdall, R., & Vig, K. (2005). Current principles and techniques. *Orthodontic Book, USA*, 607-611.
- Graber, T. M., Eliades, T., & Athanasiou, A. E. (2004). *Risk management in orthodontics: experts' guide to malpractice*.
- Gupta, A. (2023). Ortho-perio integrated approach in periodontally compromised patients. *International Journal of Life Sciences, Biotechnology and Pharma Research Vol. 12*(April-June 2023).
- Gupta, G., Gupta, R., Gupta, N., & Gupta, U. (2015). Crown lengthening procedures-A review article. *IOSR Journal of Dental and Medical Sciences*, 14(4), 27-37.
- Gupta, G., Kumar, A., Khatri, M., Puri, K., Jain, D., & Bansal, M. (2014). Comparison of two different depigmentation techniques for treatment of hyperpigmented gingiva. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 18(6), 705-709.
- Kishore, S., Barai, V., Siva, S., & Venkatesan, K. (2021). Orthodontic-Periodontics: An Interdisciplinary Approach.
- Kişnişci, R. Ş., İşeri, H., Tüz, H. H., & Altug, A. T. (2002). Dentoalveolar distraction osteogenesis for rapid orthodontic canine retraction. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 60(4), 389-394.
- Kumari, R., Chauhan, S. S., & Sharma, A. (2023). Interdisciplinary Periodontics-A Brief Review. *Guident*, 16(10).
- Kurgan, Ş. A., Bilgin, A. M., Kayasu, T., Akçam, O., & Kuşunoğlu, S. (2010). Ortodontik Kuvvetlerin Neden Olduğu Dişeti Çekilmeleri Vaka Serisi. *A.Ü. Diş Hek. Derg.* 37(3), 161-167.
- Lee, W. (2018). Corticotomy for orthodontic tooth movement. *Journal of the Korean Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*, 44(6), 251.

- Lindhe, J., Lang, N. P., & Karring, T. (2008). *Clinical periodontology and implant dentistry* (Vol. 1): Blackwell Munksgaard Oxford.
- Liou, E. J., & Huang, C. S. (1998). Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114(4), 372-382.
- Manav, I., Çörekci, A. U., & Çetiner, D. (2024). Dişeti Çekilmelerinin Tedavisinde Tünel Tekniği ve Modifikasyonlarının Klinik Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *ADO Klinik Bilimler Dergisi*, 13(1), 228-237.
- Meligy, N., Ahmed, O. E., & El-Shall, O. S. (2023). Clinical Evaluation of Different Techniques of Gingival Depigmentation. *Al-Azhar Dental Journal for Girls*, 10(1), 413-423.
- Naumann, M., Adali, U., Rosentritt, M., Happe, A., Frankenberger, R., & Sterzenbach, G. (2023). Effect of apical root resection, orthodontic extrusion, and surgical crown lengthening on load capability. *Clinical Oral Investigations*, 27(8), 4379-4387.
- Newman, M. G., Takei, H., Klokkevold, P. R., & Carranza, F. A. (2011). *Carranza's clinical periodontology*: Elsevier health sciences.
- Ngom, P., Benoist, H., Thiam, F., Diagne, F., & Diallo, P. (2007). Influence of orthodontic anomalies on periodontal condition. *Odonto-stomatologie tropicale= Tropical dental journal*, 30(118), 9-16.
- Ong, M. A., Wang, H. L., & Smith, F. N. (1998). Interrelationship between periodontics and adult orthodontics. *Journal of clinical periodontology*, 25(4), 271-277.
- Ong, M. M., & Wang, H.-L. (2002). Periodontic and orthodontic treatment in adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(4), 420-428.
- Oral, E., Türker, G., & Şeker, E. D. (2017). [Ortodontik diş hareketini hızlandıran cerrahi yöntemler]. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 10(2), 142-150. doi:10.26559/mersinsbd.321138
- Park, Y., Kang, S., & Kim, S. (2006). Accelerated tooth movement by corticision as an osseous orthodontic paradigm. *Kinki Tokai Kyosei Shika Gakkai Gakujuutsu Taikai, Sokai*, 48(6), 6-15.
- Patterson, B. M., Dalci, O., Darendeliler, M. A., & Papadopoulou, A. K. (2016). Corticotomies and orthodontic tooth movement: a systematic review. *Journal of oral and maxillofacial surgery*, 74(3), 453-473.
- Polimeni, G., Xiropaidis, A. V., & Wikesjö, U. M. (2006). Biology and principles of periodontal wound healing/regeneration. *Periodontology 2000*, 41(1), 30-47.
- Proffit, W., Fields, H., Larson, B., & Sarver, D. (2019). Contemporary orthodontics 6th edition William proffit. In: Philadelphia.
- Schilling, T., Müller, M., Minne, H., & Ziegler, R. (1998). Influence of inflammation-mediated osteopenia on the regional acceleratory phenomenon and the systemic acceleratory phenomenon during healing of a bone defect in the rat. *Calcified tissue international*, 63, 160-166.

- Schwarz, F., Derks, J., Monje, A., & Wang, H. L. (2018). Peri-implantitis. *Journal of clinical periodontology*, 45, S246-S266.
- Smith, R. G. (1997). Gingival recession Reappraisal of an enigmatic condition and a new index for monitoring. *Journal of clinical periodontology*, 24(3), 201-205.
- Spena, R., Caiazzo, A., Gracco, A., & Siciliani, G. (2007). The use of segmental corticotomy to enhance molar distalization. *Journal of Clinical Orthodontics*, 41(11), 693.
- Tanık, A., & Çiçek, Y. (2021). Evaluation of the distance between the central teeth after frenectomy: a randomized clinical study. *European Oral Research*, 55(2), 99-103.
- Teixeira, C., Khoo, E., Tran, J., Chartres, I., Liu, Y., Thant, L., . . . Alikhani, M. (2010). Cytokine expression and accelerated tooth movement. *Journal of dental research*, 89(10), 1135-1141.
- Uludağ, İ., & Şar, Ç. (2014). Ortodonti-Periodontoloji ilişkisi. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(2), 291-300.
- Vanarsdall, R. L. (1995). Orthodontics and periodontal therapy. *Periodontology 2000*, 9(1), 132-149.
- Wilcko, M. T., Wilcko, W. M., & Bissada, N. F. (2008). *An evidence-based analysis of periodontally accelerated orthodontic and osteogenic techniques: a synthesis of scientific perspectives*. Paper presented at the Seminars in Orthodontics.
- Wilcko, W. M., Wilcko, M. T., Bouquot, J., & Ferguson, D. J. (2001). Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 21(1), 9-20.
- Yamacı, İ. (2021). *Fiberotomi ve Ortodontik Nükse Etkisi*. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi,



Bölüm 3

MAKSİLLER TRANSVERSAL YETERSİZLİK VE TEDAVİSİ

Yasemin Tunca¹, Yeşim Kaya²

1 Dr. Öğr. Üy. Yasemin Tunca, Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti ABD, ORCID ID: 0000-0003-4933-1380

2 Doç. Dr. Yeşim KAYA, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti ABD, ORCID ID 0000-0002-5795-7327

Sagittal, vertikal ve transversal yönlerde gözlenebilen maksiller iskeletsel anomalilerin en yaygın olanı tek başına veya diğer anomalilerle birlikte görülebilen transversal anomalilerdir (Bin Dakhil ve Bin Salamah, 2021). Ancak, posterior maksillanın görünürlüğünün az olması nedeniyle, sagittal ve/veya vertikal yöndeki anomalilere kıyasla sadece transversal yetersizliğe sahip hastalarda tedavi talebinin daha az olduğu bildirilmektedir (Bin Dakhil ve Bin Salamah, 2021; Reyneke ve Conley, 2020).

Transversal yönde maksillanın mandibuladan daha dar olması posterior bölgede tek ya da çift taraflı çapraz kapanış, çapraşıklık, gömülü diş ve geniş bukkal koridorlar gibi fonksiyonel ve estetik problemlere neden olmaktadır (S.-R. Lee ve ark., 2020). Bu maloklüzyona sahip hastalarda çiğneme fonksiyonu ve kondil-fossa ilişkisini olumsuz etkileyen mandibular fonksiyonel kayma, kas ve baş ağrısı ile temporomandibular eklem sorunları da gözlenebilmektedir (Graber ve ark., 2011; S.-R. Lee ve ark., 2020).

Transversal maksiller büyüme ile ilişkili başlıca büyüme bölgesinin midpalatal sütür olmasından dolayı, üst çene genişletme apareyleriyle bu sütürün ortopedik seperasyonu başlıca tedavi yöntemini oluşturmaktadır (Graber ve ark., 2011; Proffit ve ark, 2014). Ancak, midpalatal sütür ile beraber maksillanın eklem yaptığı internazal, nazomaksiller, frontomaksiller, frontonazal, frontozigomatik, zigomatikomaksiller, transpalatal sütür, zigomatikoteporal ve pterygopalatin gibi sütürların yaşla artan mekanik dirençleri üst çene genişletme tedavisinin etkilerini sınırlamaktadır (Cantarella ve ark, 2018). Midpalatal sütürün genellikle 15-19 yaş aralığında kapandığı belirtilmiştir (Persson ve Thilander, 1977). Ok ve ark. (Ok ve ark., 2021), 7 ve 30 yaşları arasında midpalatal sütürün diğer sütürlarla korelasyonunu değerlendirdikleri araştırmalarında pozitif korelasyon olduğunu ifade etmişlerdir. Govaerts ve ark. (Govaerts ve ark, 2023) ise zigomatikomaksiller sütürün kadınlarda 15 yaşından sonra büyük oranda maturasyonunu gerçekleştirdiğini aynı zamanda sütürların maturasyon durumlarını sırasıyla pterygopalatin sütür, transpalatal sütür, midpalatal sütür ve zigomatikomaksiller sütür olduğunu belirtmiştir.

Bu nedenle, bu tedavi yöntemi adolosan dönemin farklı evrelerinde ve erişkinlerde farklı genişletme apareyleri ve uygulama protokolleri kullanılarak yaşamın her döneminde uygulanabilmektedir (S-R Lee ve ark., 2020, Graber ve ark., 20113) .

1. Erken Adolosan Dönemde Üst Çene Genişletmesi

Üst çene genişletmesinin başlıca amacı iskeletsel etkiyi maksimize edip dentoalveolar yan etkileri minimumda tutmaktır (Hartono, Soegiharto ve Widayati, 2018; Proffit ve ark, 2014). Geç karma dişlenme dönemine tekabül eden bu dönemde hem yavaş hem de hızlı üst çene genişletmesi uygulanabilmektedir. Ancak, tedavi protokolü olarak haftada 0,5-1 mm aktivasyonla 45-900 gr kuvvetin 2-6 ay boyunca uygulandığı yavaş üst çene genişletmesi doku

bütünlüğünün korunması amacıyla daha sık tercih edilmektedir (Bishara ve Staley, 1987; Proffit ve ark, 2014).

Uygulanan hafif kuvvetlerin fizyolojik sınırlar içinde olması midpalatal süturda ve çevre dokularda daha az rezidüel yük oluşturacağından, yavaş üst çene genişletmesi sonrası relapsın daha az olması beklenmektedir (Proffit ve ark, 2014). Bununla birlikte, yavaş üst çene genişletmesi ise eşit oranda iskeletsel ve dental etki elde edildiği ifade edilmektedir (Proffit ve ark, 2014; Sandikçioğlu ve Hazar, 1997).

Yavaş üst çene genişletmesinde Quad heliks apareyi, W ark, paslanmaz çelik, nikel titanyum yaylar veya nikel-titanyum teller içeren genişleticiler kullanılabilir (Proffit ve ark, 2014; Rutili ve ark, 2022; Sandikçioğlu ve Hazar, 1997). Ayrıca, ortasında genişletme vidası bulunan standart hareketli üst çene genişletme aparelerine yavaş üst çene genişletme protokolü uygulanarak da elde edilmektedir (Proffit ve ark, 2014; Rutili ve ark, 2022).

Boysen ve ark. (Boysen, La Cour, Athanasiou ve Gjessing, 1992) hareketli üst çene genişletme apareyi ile Quad-heliks apareyinin dentoalveolar etkilerini karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda iki grupta da yeterli genişletme elde edilmiş, ancak Quad-heliks grubunda daha çok bukkale devrilme görülmüştür. Karaman'ın (Karaman, 2002) yaptığı çalışmada posterior çapraz kapanışa sahip 16 çocukta Ni-Ti genişletme apareyinin dentofasiyal yapılara olan etkisini değerlendirilmiştir. Tedavi sonucunda hem iskeletsel genişleme hem de dentoalveolar genişleme elde edilmiş, aynı zamanda üst kesici dişler ekstrüzyona ve retrüzyona uğramıştır. Defraia ve ark. (Defraia ve ark., 2008), tek taraflı posterior çapraz kapanışa sahip 23 hastada iki şekilli midpalatal tel yayları olan hareketli bir aparey kullanmıştır. Tedavi edilmeyen 20 kişilik kontrol grubuyla karşılaştırıldığında süt veya erken karma dişlenme dönemindeki bir posterior çapraz kapanışın hareketli yaylı aparey ile düzeltilmesinin, postero-anterior sefalogramlar üzerinde çalışıldığında hem diş hem de iskelet yapıları üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

2. Orta Adeloasan Dönemde Üst Çene Genişletmesi

Orta adeloasan dönemde midpalatal süturun hızlı üst çene genişletmesiyle ayrılma oranının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir (Akyalcın ve Alev, 2023; Proffit ve ark, 2014). Hızlı üst çene genişletmesinde vidanın haftada iki çeyrek tur ($\approx 0,5$ mm) çevrilmesiyle sütur etrafında 4,5-9 kg basınç ve 2-3 haftada 1cm veya daha fazla genişleme elde edilmektedir (Proffit ve ark, 2014).

Ankraj dişler aracılığıyla maksillaya uygulanan ağır ortopedik kuvvetler periodontal ligamentin hyalinizasyonunu indükleyerek diş hareketini engelleyip ortopedik etki sağlamaktadır (Lo Giudice ve ark., 2018; McMullen ve ark, 2022; Proffit ve ark, 2014). Midpalatal ve sirkummaksiller süturların ayrılmasıyla maksilla hem horizontal hem de frontal düzlemlerde rotasyo-

na uğrayarak öne ve aşağı doğru yer değiştirmektedir (Haas, 1965). Posterior bölgede maksillanın eklem yaptığı kemiklerin direnci ve midpalatal sütünun posterior bölgeden kapanmaya başlamasından dolayı midpalatal sütünun horizontal düzlemde 'V' şeklinde anterior bölgede daha fazla açılmaktadır. Maksiller santral kesici dişler arasında da diastema gözlenmektedir (D.-W Lee ve ark., 2021; Lione ve ark. 2008). Frontal düzlemde ise dönme noktası frontomaksiller sütün civarında olan ve tabanı ağız boşluğuna bakan piramit şeklinde bir açılma gerçekleşmektedir (Braun ve ark, 2000; Cantarella ve ark., 2018).

Literatürde, diş destekli Hyrax ve Hafızalı vidalı apareyler ile diş doku destekli Haas, Metalik cap split ve Akrilik cap split apareylerinin konvansiyonel hızlı üst çene genişletmesinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir (Rutili ve ark, 2022).

Weissheimer ve ark. (Weissheimer ve ark., 2011) konik ışınli bilgisayarli tomografi (KIBT) kullanarak Haas tipi ve Hyrax tipi genişleticilerle transvers düzlemde hızlı maksiller genişletmenin etkilerini karşılaştırdığı randomize klinik araştırma sonucu her iki aparey de transvers maksiller eksikliği düzeltmede etkili olmuştur. İskeletsel ekspansiyon dental ekspansiyondan daha fazla olarak rapor edilmiştir. Hyrax tipi genişletici, Haas tipi genişleticiden daha fazla ortopedik etki yaratmıştır, ancak bu etki her bir taraf için 0,5 mm'den azdır ve klinik olarak anlamlı bulunmamıştır. Hızlı maksiller ekspansiyon sonrası volümetrik kök rezorpsiyonunu KIBT kullanarak Hyrax ve Haas tipi genişleticilerle karşılaştırıldığı bir başka araştırma sonucunda Hyrax genişletici grubunda daha fazla rezorpsiyon gözlenmiştir, ancak bu istatistiksel olarak anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır (Dindaroğlu ve Doğan, 2016).

3. Geç Adelosan Dönemde Üst Çene Genişletmesi

Geç adelosan dönemde midpalatal ve sirkummaksiller sütünların artan interdijitasyonları konvansiyonel hızlı üst çene genişletme apareylerinin iskeletsel ekspansiyon oranını azaltırken; dentoalveolar yan etki oranını arttırmaktadır (D.-W. Lee ve ark., 2021; Naveda ve ark., 2023). Ankraj dişler aracılığıyla uygulanan ağır kuvvetler dentoalveolar tippinge, kök rezorpsiyonuna, alveolar kemik yüksekliğinde azalmaya, dehisenslere, dişeti çekilmelerine ve uzun dönem stabilite kaybına neden olmaktadır (Chun ve ark., 2022; D.-W. Lee ve ark., 2021). Bu olası yan etkilerin önlenmesi veya azaltılması amacıyla diş-kemik destekli (hibrid) ve kemik destekli (bone) minivida destekli hızlı üst çene genişletme apareyleri tasarlanmıştır. (Akyalcin ve Alev, 2023; L. Lin ve ark., 2015)

Minivida destekli genişletme apareylerinin aparey dizaynına, minivida lokalizasyonuna ve monokortikal/bikortikal ankraj alınmasına bağlı olarak iskeletsel ve dentoalveolar etkileri değişmektedir (Bazzani ve ark., 2023; Li ve ark., 2020). Bikortikal ankraj alınan minividaların damağın en derin ve

posterior kısmına yerleştirilmesiyle daha paralel bir açılma elde edileceği belirtilmektedir (Bazzani ve ark., 2023; Colak ve ark., 2020).

Literatürde yer alan konik ışınli bilgisayarlı tomografi (KIBT) çalışmalarda diş-kemik (hibrid) destekli genişletme apareylerinde diş destekli genişletme apareyelerine kıyasla iskeletsel ekspansiyon oranının daha fazla olduğu (An, Seo ve Ahn, 2021; Chun ve ark., 2022; Jia ve ark. 2021), paralel bir sutural ayrılma sağladığı (An ve ark., 2021; Chun ve ark., 2022), dik yön yüz boyutlarını arttırmadan maksillayı öne hareket ettirdiği (An ve ark., 2021), destek dişlerde daha az devrilmeye neden olduğu (Chun ve ark., 2022; Jia ve ark., 2021), bukkal alveolar kemik yüksekliğinde daha az azalma gözleendiği (Jia ve ark., 2021) ve uzun dönem stabilitesinin daha iyi olduğu (Chun ve ark., 2022) bildirilmiştir. Kemik destekli genişletme apareylerin de diş destekli apareylerle oranla daha fazla iskeletsel genişleme sağladığı, dik yön yüz boyutlarında artışa neden olmadığı ve destek dişlerde oldukça düşük düzeyde devrilmeye neden olduğu belirtilmiştir (L. Lin ve ark., 2015).

Diş-kemik destekli ve kemik destekli genişletme apareyelerinin KIBT ile karşılaştırıldığı çalışmalarda her iki grupta da anlamlı iskeletsel genişleme meydana geldiği (Bazzani ve ark., 2023; Moon ve ark., 2020), diş-kemik destekli aparey grubunda daha paralel bir sütünal ayrılma (Bazzani ve ark., 2023), destek dişlerde daha fazla devrilme (Moon ve ark., 2020) ve bukkal alveolar kemik yüksekliğinde azalma (Moon ve ark., 2020), kemik destekli grupta ise 'V' şeklinde bir sütünal ayrılma (Bazzani ve ark., 2023) olduğu ifade edilmiştir.

4. Erişkin Dönemde Üst Çene Genişletmesi

Dünya sağlık örgütü tarafından adolosan dönemin 19 yaşında sona erdiği ve erişkin dönemin başladığı belirtilmiştir (Akyalcin ve Alev, 2023). Erişkin bireylerde midpalatal sütünal ayrılma başarı oranını tahmin etmek tam mümkün olmayacağından hastalar bu konuda ayrıntılı bir şekilde bilgilendirilmelidir (Akyalcin ve Alev, 2023; Brunetto ve ark., 2017). Bununla birlikte, sütünlardaki progresif kalsifikasyon ve interdijitasyon dikkate alındığında olası yan etkileri azaltmak amacıyla diş-kemik destekli ve kemik destekli genişletme apareyleri tercih edilmelidir (Akyalcin ve Alev, 2023; Naveda ve ark., 2023). 18-29 yaş aralığındaki genç erişkinlerde ve 30-45 yaş aralığındaki orta erişkinlerde diş-kemik destekli genişletme tedavisinin KIBT ile değerlendirildiği Naveda ve ark.'nın çalışmasında midpalatal sütünal ayrılma başarı oranının sırasıyla %100 ve %81 olduğu sonucuna varılmıştır (Naveda ve ark., 2023). Choi ve ark.'da benzer şekilde 18-28 yaş aralığındaki genç erişkinlerde diş-kemik destekli genişletme apareyelerinin midpalatal sütünal ayrılmadaki başarı oranının %86,96 olduğunu belirtmişlerdir (Choi ve ark., 2016).

Midpalatal sütünal ayrılmanın başarısız olduğu bireylerde cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesi uygulanmaktadır (Proffit ve ark. 2014, Chun

JH ve ark. 2022). Cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesinde midpalatal ve sirkummaksiller süturların dirençlerinin azaltılması amacıyla kemik kesileri yapılmaktadır (Proffit ve ark, 2014). Son aşamadaki down-fracture dışında Lefort I osteotomisindeki tüm kesilerle beraber maksilla ve damağa medyan osteotomi uygulanmaktadır (Proffit ve ark, 2014; Zupan ve ark., 2022).

Lin ve ark.'nın (J.-H. Lin ve ark., 2023) cerrahi destekli hızlı üst çene ekspansiyon sonrası maksillanın sagittal ve vertikal boyuttaki değişikliklerini analiz ettikleri çalışmada, maksillanın istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde öne ve saat yönünde aşağı doğru hareket ettiğini bildirmiştir. Lee ve ark. cerrahi destekli genişletme uygulamalarında postero dişlerde bukkale devrilme meydana gelmeden başarılı bir genişletme elde edilebildiğini belirtmiştir (H. K. Lee ve ark., 2014). Kim, periodontal hastalığa veya posterior dişlerin bukkal tarafında ince bir alveolar kemiğe sahip bireylerde, dentoalveolar devrilme diş destekli ayaçlara göre daha az olduğu için kemik destekli üst çene genişletmesinin tercih edilen bir yöntem olduğunu rapor etmiştir (Kim, 2014). Araştırmalar sonucuna cerrahi destekli genişletme uygulamalarında geleneksel ayaçlara göre bazal iskeletsel kaidede daha fazla genişlik elde edilebilir (Cantarella ve ark, 2017; Celenk-Koca ve ark, 2018; L. Lin ve ark., 2015; Yılmaz ve ark., 2015).

Genel anestezi altında uygulanan bu teknikte ölüm riski ve kalıcı sekel gibi major komplikasyonlar görülebileceği gibi, basit hasta takibi gerektiren epitaksis, postoperatif ağrı, asimetrik ve yetersiz genişleme gibi minör komplikasyonlar görülebilmektedir (Carvalho ve ark, 2020). Mevcut komplikasyonların azaltılması amacıyla pterigomaksiller ayırma yapılmadan cerrahi destekli üst çene genişletmesi (Seeberge ve ark., 2010), nazal septumun korunması (Reinbacher ve ark., 2013), parasagittal osteotomi (Seeberger ve ark., 2015) ve modifiye lateral osteotomi (Habersack ve ark 2014) gibi farklı teknikler geliştirilmiştir.

SONUÇ

Maksiller transversal yetersizliğin tedavisinde çeşitli ayaçlar kullanılabilir. Farklı ayaçlar ve ekspansiyon protokolleri ile genişletmenin stabilitesi değişkenlik gösterebilir. Adelosan dönemin başında yapılan maksiller ekspansiyon hem midpalatal sütürde hem de sirkummaksiller yapılarda iskelet düzeyde daha etkili ve uzun vadeli değişiklikler göstermektedir. Geç adelosan dönemde gerçekleştirilen tedavilerde ise iskeletsel değişimler dentoalveolar değişimlere kaymaktadır. Yetişkin bireylerde midpalatal sütürü ayırma için cerrahi destekli tedaviler düşünülebilir.

KAYNAKLAR

- Akyalcin, S. ve Alev, Y. (2023). Clinical advances in maxillary skeletal expansion and introduction of a new MARPE concept. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry: Official Publication of the American Academy of Esthetic Dentistry*, 35(1), 291-298. doi:10.1111/jerd.12994
- An, J.-S., Seo, B.-Y. ve Ahn, S.-J. (2021). Comparison of dentoskeletal and soft tissue changes between tooth-borne and tooth-bone-borne hybrid nonsurgical rapid maxillary expansions in adults: A retrospective observational study. *BMC oral health*, 21(1), 658. doi:10.1186/s12903-021-02008-x
- Bazzani, M., Cevidanes, L. H. S., Al Turkestani, N. N., Annarumma, F., McMullen, C., Ruellas, A. C. O., ... Migliorati, M. (2023). Three-dimensional comparison of bone-borne and tooth-bone-borne maxillary expansion in young adults with maxillary skeletal deficiency. *Orthodontics & Craniofacial Research*, 26(2), 151-162. doi:10.1111/ocr.12595
- Bin Dakhil, N. ve Bin Salamah, F. (2021). The Diagnosis Methods and Management Modalities of Maxillary Transverse Discrepancy. *Cureus*, 13(12), e20482. doi:10.7759/cureus.20482
- Bishara, S. E. ve Staley, R. N. (1987). Maxillary expansion: Clinical implications. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 91(1), 3-14. doi:10.1016/0889-5406(87)90202-2
- Boysen, B., La Cour, K., Athanasiou, A. E. ve Gjessing, P. E. (1992). Three-dimensional evaluation of dentoskeletal changes after posterior cross-bite correction by quad-helix or removable appliances. *British Journal of Orthodontics*, 19(2), 97-107. doi:10.1179/bjo.19.2.97
- Braun, S., Bottrel, J. A., Lee, K. G., Lunazzi, J. J. ve Legan, H. L. (2000). The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 118(3), 257-261. doi:10.1067/mod.2000.108254
- Brunetto, D. P., Sant'Anna, E. F., Machado, A. W. ve Moon, W. (2017). Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dental Press Journal of Orthodontics*, 22(1), 110-125. doi:10.1590/2177-6709.22.1.110-125.sar
- Cantarella, D., Dominguez-Mompell, R., Mallya, S. M., Moschik, C., Pan, H. C., Miller, J. ve Moon, W. (2017). Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 34. doi:10.1186/s40510-017-0188-7
- Cantarella, D., Dominguez-Mompell, R., Moschik, C., Mallya, S. M., Pan, H. C., Alkahtani, M. R., ... Moon, W. (2018). Midfacial changes in the coronal plane induced by microimplant-supported skeletal expander, studied with cone-beam computed tomography images. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 154(3), 337-345. doi:10.1016/j.ajodo.2017.11.033

- Carvalho, P. H. A., Moura, L. B., Trento, G. S., Holzinger, D., Gabrielli, M. a. C., Gabrielli, M. F. R. ve Pereira Filho, V. A. (2020). Surgically assisted rapid maxillary expansion: A systematic review of complications. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 49(3), 325-332. doi:10.1016/j.ijom.2019.08.011
- Celenk-Koca, T., Erdinc, A. E., Hazar, S., Harris, L., English, J. D. ve Akyalcin, S. (2018). Evaluation of miniscrew-supported rapid maxillary expansion in adolescents: A prospective randomized clinical trial. *The Angle Orthodontist*, 88(6), 702-709. doi:10.2319/011518-42.1
- Choi, S.-H., Shi, K.-K., Cha, J.-Y., Park, Y.-C. ve Lee, K.-J. (2016). Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *The Angle Orthodontist*, 86(5), 713-720. doi:10.2319/101415-689.1
- Chun, J.-H., de Castro, A. C. R., Oh, S., Kim, K.-H., Choi, S.-H., Nojima, L. I., ... Lee, K.-J. (2022). Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): A prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC oral health*, 22(1), 114. doi:10.1186/s12903-022-02138-w
- Colak, O., Paredes, N. A., Elkenawy, I., Torres, M., Bui, J., Jahangiri, S. ve Moon, W. (2020). Tomographic assessment of palatal suture opening pattern and pterygopalatine suture disarticulation in the axial plane after midfacial skeletal expansion. *Progress in Orthodontics*, 21(1), 21. doi:10.1186/s40510-020-00321-9
- Defraia, E., Marinelli, A., Baroni, G. ve Tollaro, I. (2008). Dentoskeletal effects of a removable appliance for expansion of the maxillary arch: A postero-anterior cephalometric study. *European Journal of Orthodontics*, 30(1), 57-60. doi:10.1093/ejo/cjm079
- Dindaroğlu, F. ve Doğan, S. (2016). Evaluation and comparison of root resorption between tooth-borne and tooth-tissue borne rapid maxillary expansion appliances: A CBCT study. *The Angle Orthodontist*, 86(1), 46-52. doi:10.2319/010515-007.1
- Govaerts, D., Da Costa, O., Garip, M., Combes, F., Jacobs, R. ve Politis, C. (2023). Can surgically assisted rapid palatal expansion (SARPE) be recommended over orthodontic rapid palatal expansion (ORPE) for girls above the age of 14? : A cone-beam CT study on midpalatal suture maturation. *Journal of Orofacial Orthopedics* doi:10.1007/s00056-023-00487-x
- Graber, L. W., Vanarsdall, R. L. ve Vig, K. W. L. (2011). *Orthodontics - E-Book: Orthodontics*. Elsevier Health Sciences.
- Haas, A. J. (1965). The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. *The Angle Orthodontist*, 35, 200-217. doi:10.1043/0003-3219(1965)035<0200:TTOMDB>2.0.CO;2
- Habersack, K., Becker, J., Ristow, O. ve Paulus, G. W. (2014). Dental and skeletal effects of two-piece and three-piece surgically assisted rapid maxillary expansion with complete mobilization: A retrospective cohort study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. 72(11), 2278-2288. doi:10.1016/j.joms.2014.04.013

- Hartono, N., Soegiharto, B. M. ve Widayati, R. (2018). The difference of stress distribution of maxillary expansion using rapid maxillary expander (RME) and maxillary skeletal expander (MSE)-a finite element analysis. *Progress in Orthodontics*, 19(1), 33. doi:10.1186/s40510-018-0229-x
- Jia, H., Zhuang, L., Zhang, N., Bian, Y. ve Li, S. (2021). Comparison of skeletal maxillary transverse deficiency treated by microimplant-assisted rapid palatal expansion and tooth-borne expansion during the post-pubertal growth spurt stage. *The Angle Orthodontist*, 91(1), 36-45. doi:10.2319/041920-332.1
- Karaman, A. I. (2002). The effects of nitanium maxillary expander appliances on dentofacial structures. *The Angle Orthodontist*, 72(4), 344-354. doi:10.1043/0003-3219(2002)072<0344:TEONME>2.0.CO;2
- Kim, K. (2014). Bone-Anchored Rapid Palatal Expansion (ss. 99-117). doi:10.1007/978-3-642-55052-2_7
- Lee, D.-W., Park, J. H., Moon, W., Seo, H. Y. ve Chae, J.-M. (2021). Effects of bicortical anchorage on pterygopalatine suture opening with microimplant-assisted maxillary skeletal expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 159(4), 502-511. doi:10.1016/j.ajodo.2020.02.013
- Lee, H. K., Bayome, M., Ahn, C. S., Kim, S.-H., Kim, K. B., Mo, S.-S. ve Kook, Y.-A. (2014). Stress distribution and displacement by different bone-borne palatal expanders with micro-implants: A three-dimensional finite-element analysis. *European Journal of Orthodontics*, 36(5), 531-540. doi:10.1093/ejo/cjs063
- Lee, S.-R., Lee, J.-W., Chung, D.-H. ve Lee, S.-M. (2020). Short-term impact of microimplant-assisted rapid palatal expansion on the nasal soft tissues in adults: A three-dimensional stereophotogrammetry study. *Korean Journal of Orthodontics*, 50(2), 75-85. doi:10.4041/kjod.2020.50.2.75
- Li, N., Sun, W., Li, Q., Dong, W., Martin, D. ve Guo, J. (2020). Skeletal effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on maxillary expansion using cone-beam computed tomography in young adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 157(5), 651-661. doi:10.1016/j.ajodo.2019.05.021
- Lin, J.-H., Wang, S., Abdullah, U. A., Le, A. D., Chung, C.-H. ve Li, C. (2023). Sagittal and Vertical Changes of the Maxilla after Surgically Assisted Rapid Palatal Expansion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(10), 3488. doi:10.3390/jcm12103488
- Lin, L., Ahn, H.-W., Kim, S.-J., Moon, S.-C., Kim, S.-H. ve Nelson, G. (2015). Tooth-borne vs bone-borne rapid maxillary expanders in late adolescence. *The Angle Orthodontist*, 85(2), 253-262. doi:10.2319/030514-156.1
- Lione, R., Ballanti, F., Franchi, L., Baccetti, T. ve Cozza, P. (2008). Treatment and post-treatment skeletal effects of rapid maxillary expansion studied with low-dose computed tomography in growing subjects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 134(3), 389-392. doi:10.1016/j.ajodo.2008.05.011

- Lo Giudice, A., Barbato, E., Cosentino, L., Ferraro, C. M. ve Leonardi, R. (2018). Alveolar bone changes after rapid maxillary expansion with tooth-borne appliances: A systematic review. *European Journal of Orthodontics*, 40(3), 296-303. doi:10.1093/ejo/cjx057
- McMullen, C., Al Turkestani, N. N., Ruellas, A. C. O., Massaro, C., Rego, M. V. N. N., Yatabe, M. S., ... Cevidanes, L. H. S. (2022). Three-dimensional evaluation of skeletal and dental effects of treatment with maxillary skeletal expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 161(5), 666-678. doi:10.1016/j.ajodo.2020.12.026
- Moon, H.-W., Kim, M.-J., Ahn, H.-W., Kim, S.-J., Kim, S.-H., Chung, K.-R. ve Nelson, G. (2020). Molar inclination and surrounding alveolar bone change relative to the design of bone-borne maxillary expanders: A CBCT study. *The Angle Orthodontist*, 90(1), 13-22. doi:10.2319/050619-316.1
- Naveda, R., Dos Santos, A. M., Miranda, F., da Cunha Bastos, J. C. ve Garib, D. (2023). Immediate dentoskeletal and periodontal effects of miniscrew-assisted rapid palatal expansion: Comparison between young vs middle-aged adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 164(3), 416-422. doi:10.1016/j.ajodo.2023.02.014
- Ok, G., Sen Yilmaz, B., Aksoy, D. O. ve Kucukkeles, N. (2021). Maturity evaluation of orthodontically important anatomic structures with computed tomography. *European Journal of Orthodontics*, 43(1), 8-14. doi:10.1093/ejo/cjaa009
- Persson, M. ve Thilander, B. (1977). Palatal suture closure in man from 15 to 35 years of age. *American Journal of Orthodontics*, 72(1), 42-52. doi:10.1016/0002-9416(77)90123-3
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM .(2014) . Contemporary orthodontics, 5th ed.:Elseiver, Mosby:2013
- Reinbacher, K. E., Wallner, J., Pau, M., Feichtinger, M., Kärcher, H., Quehenberger, F. ve Zemann, W. (2013). Surgically assisted rapid maxillary expansion: Feasibility of not releasing the nasal septum. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 42(3), 321-325. doi:10.1016/j.ijom.2012.09.021
- Reyneke, J. P. ve Conley, R. S. (2020). Surgical/Orthodontic Correction of Transverse Maxillary Discrepancies. *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America*, 32(1), 53-69. doi:10.1016/j.coms.2019.08.007
- Rutili, V., Nieri, M., Franceschi, D., Pierleoni, F., Giuntini, V. ve Franchi, L. (2022). Comparison of rapid versus slow maxillary expansion on patient-reported outcome measures in growing patients: A systematic review and meta-analysis. *Progress in Orthodontics*, 23(1), 47. doi:10.1186/s40510-022-00440-5
- Sandikçioğlu, M. ve Hazar, S. (1997). Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 111(3), 321-327. doi:10.1016/s0889-5406(97)70191-4
- Seeberger, R., Gander, E., Hoffmann, J. ve Engel, M. (2015). Surgical management of cross-bites in orthognathic surgery: Surgically assisted rapid maxillary expansion

- sion (SARME) versus two-piece maxilla. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*: ,43(7), 1109-1112. doi:10.1016/j.jcms.2015.05.012
- Seeberger, R., Kater, W., Davids, R. ve Thiele, O. C. (2010). Long term effects of surgically assisted rapid maxillary expansion without performing osteotomy of the pterygoid plates. *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 38(3), 175-178. doi:10.1016/j.jcms.2009.07.003
- Weissheimer, A., de Menezes, L. M., Mezomo, M., Dias, D. M., de Lima, E. M. S. ve Rizzato, S. M. D. (2011). Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: A randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(3), 366-376. doi:10.1016/j.ajodo.2010.07.025
- Yılmaz, A., Arman-Özçirpici, A., Erken, S. ve Polat-Özsoy, Ö. (2015). Comparison of short-term effects of mini-implant-supported maxillary expansion appliance with two conventional expansion protocols. *European Journal of Orthodontics*, 37(5), 556-564. doi:10.1093/ejo/cju094
- Zupan, J., Ihan Hren, N. ve Verdenik, M. (2022). An evaluation of three-dimensional facial changes after surgically assisted rapid maxillary expansion (SARME): An observational study. *BMC oral health*, 22(1), 155. doi:10.1186/s12903-022-02179-1



Bölüm 4

TEMPOROMANDİBULAR EKLEM RAHATSIZLIKLARI

Ismayıl Malıkov¹, Türkan Sezen Erhamza²

1 Arş. Gör. İsmayıl Malıkov, Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7013-1573

2 Doç. Dr. Türkan Sezen Erhamza, Kırıkkale Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-9540-9906

1. Giriş

Son yıllarda, temporomandibular eklem rahatsızlıkları (TMR) ve bu rahatsızlıkların diş hekimliği ile ilişkisi oldukça tartışmalı bir konu haline gelmektedir. TMR, çene eklemine ve çene hareketini kontrol eden kaslarda ağrıya ve işlev bozukluğuna neden olan bir grup durumu ifade etmektedir (Okeson, 2019).

Epidemiyolojik araştırmalar, yetişkin nüfusun yaklaşık %75'inin muayene sırasında en az bir eklem disfonksiyonu belirtisi gösterdiğini ve bu kişilerin üçte birinden fazlasında en az bir semptomun olduğunu ortaya koymaktadır. Buna karşın, TMR semptomları olan yetişkinlerin yalnızca %5'inin tedaviye ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir (Koh & Robinson, 2003; Rutkiewicz, Könönen, Suominen-Taipale, Nordblad, & Alanen, 2006).

TMR'nin etiolojisi çok faktörlü olup, kapsül enflamasyonu veya hasarı, kas ağrısı veya spazmı, anormal oklüzyon, parafonksiyonel alışkanlıklar (örneğin brüksizm [diş gıcırdatma], diş sıkma, dudak ısırma), stres, anksiyete veya eklem içi disk anormallikleri gibi durumlardan kaynaklanabilmektedir (Dworkin, LeResche, & Von Korff, 1990; McNamara, Seligman, & Okeson, 1995). Son yıllarda, TMR gelişimi ile ilgili birçok teori incelenmiştir. Bu teoriler, oklüzyon bozukluğu olan veya olmayan bireylerde TMR semptomlarının eşit derecede sık görülebildiğini göstermektedir. Buna rağmen, oklüzyonun düzeltilmesinin TMR semptomlarını tamamen ortadan kaldırmadığı gözlemlenmiştir. Parafonksiyonel alışkanlıkların, temporomandibular ekleminde (TME) mikrotravmalara veya çiğneme kaslarında aşırı aktiviteye neden olabileceği düşünülmektedir. Ancak, bu tür alışkanlıklar asemptomatik hastalarda da sıklıkla görülmesine rağmen, TME semptomlarıyla net bir ilişki belirlenememiştir (Okeson, 2019).

2. Genel Bilgiler

2.1 Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları

TMR terimi, TME ile ilgili olmanın ötesinde daha geniş bir anlam taşımaktadır. Bu terim, TME'yi etkileyen çeşitli durumları bünyesinde barındırmaktadır. Bu koşullar arasında TME'de veya ilişkili kaslarda ağrı, eklem hareketinde kısıtlanma, disk yer değiştirmesi, disk çıkığı, mandibulada deviasyon, osteoartrit ve artralji gibi durumlar bulunmaktadır (Al-Ani, Davies, Gray, Sloan, & Glenny, 2004).

2.2 Temporomandibular Eklem Anatomisi

Mandibula kondili ile temporal kemiğin skuamoz bölümü arasındaki eklem, TME olarak tanımlanmaktadır. TME artikülasyon sistemi, bir menteşe (TME), motorlar (çiğneme ve yardımcı kaslar) ve dişler arasındaki temaslardan (oklüzyon) oluşmaktadır. Temporal kemik, eklem yüzeyinin konkav

eklem çukuru ve konveks eklem eminensinden oluşmaktadır. Diğer taraftan, kondil ise mediolateral yönde eliptik bir şekle sahiptir (Johnson & Moore, 1997).

TME, konuşma, çiğneme ve yutkunma gibi önemli işlevleri yerine getiren, mandibulanın üç düzlemde hareketini sağlayan çift taraflı sinovyal bir eklemdir. Eklem yüzeylerinin tipik olarak hiyalin kıkırdakla kaplı olması yerine, beyaz fibrokartilaj (çoğunlukla kolajen ve sadece birkaç kıkırdak hücresi içeren) ile kaplı olması, bu eklemi atipik kılmaktadır. Kondil başının eklem yüzeyinin altında hiyalin kıkırdak tabakası bulunmaktadır (Johnson & Moore, 1997). TME, mandibula kondili, glenoid fossa, artiküler disk, eklem kapsülü, ligamentler, çiğneme kasları ve kan-sinir temini gibi çeşitli anatomik yapıların birleşiminden oluşmaktadır (Johnson & Moore, 1997).

2.2.1 Mandibula Kondili

Mandibula, kavisli bir gövdeden ve yukarı doğru uzanan iki dikey ramustan oluşmaktadır. Ramusun üst kısmında kavis ile birbirinden ayrılan koronoid ve kondiler çıkıntılar bulunmaktadır. Koronoid proses, yukarı doğru çıkıntı yapan üçgen şeklinde bir yapıdır. Kondil formu, yanlarda daha geniş iken, ön-arka yönde silindirik bir forma sahiptir. Mediolateral ölçüleri ise 13 ila 25 mm arasında değişmektedir. Kondil başının aşağı doğru uzayan ve incelen kısmı kondil boynu olarak adlandırılmaktadır ve buraya lateral pterygoid kası bağlanmaktadır (Johnson & Moore, 1997; Liebgott, 2001).

2.2.2 Glenoid Fossa

Glenoid fossa temporal kemiğin skuamoz kısmında yer alıp TME'nin üst artiküler kısmını oluşturmaktadır. Anteriyorda temporal kemiğin artiküler tüberkülü, posteriyorda ise timpanik kısmı ile sınırlanarak meatus acusticus externus'tan ayrılmaktadır. Glenoid fossa, petrotimpanik fissür olarak adlandırılan sığ bir fissür ile iki kısma bölünmektedir (Johnson & Moore, 1997).

2.2.3 Artiküler Disk (Menisküs)

Menisküs, kondil ile temporal kemiği ayıran fibröz, eyer şeklinde bir yapıdır ve kalınlığı farklı bölümlerinde değişkenlik göstermektedir:

1. Orta bölge – diskin en ince bölümüdür;
2. Anterior bölüm – artiküler eminensin arka kısmının altında yer alan kalın bölümdür;
3. Posterior bölüm – kondilin üst kısmında konumlanan kalın bölümdür.

Disk, üstten artiküler eminensle ve alttan kondilin artiküler kenarıyla temas halindedir. Disk, lateral pterygoid kasın superior başıyla önden bağlantılıdır. Ayrıca disk, arka tarafta glenoid fossanın arka duvarına ve alt tarafta

kondil boynunun altına tutunmaktadır. Bu bölge, kondilin öne doğru hareketinde önemli rol oynayan, vasküler ve sinirsel yapılara sahip posterior bilaminar bölge olarak 1954'te Rees tarafından tanımlanmıştır (Liebgott, 2001).

2.2.4 Eklem Kapsülü

Eklem kapsülü, yukarıda mandibular fossanın çevresine, hemen önündeki eklem tüberkülüne ve aşağıda mandibula kondilinin boynuna bağlanan, ince ve gevşek bir tabakadan oluşmaktadır. Kapsül, eklemi tamamen çevreleyerek sarmakta ve eklem kompleks hareketlerin gerçekleşmesine olanak tanıyan bir stabilizatör rolü oynamaktadır. Eklem kapsülünün iç yüzeyini kaplayan sinovyal membranlar, eklem diskinin üst ve alt kısımlarında yer almaktadır. Mandibular fossayı ve artiküler tüberkülü çevreleyen kıkırdağın kenarından, diskin üst yüzeyine doğru uzanan üst bölge, diskin alt yüzeyinden kondilin boyuna doğru ilerleyen alt bölgeye göre daha büyük ve esnek bir yapıya sahiptir. Sinovyal membran, iki katmandan oluşmaktadır: hücresel katman ve vasküler katman. Hücresel tabaka, fagositik özelliğe sahip A tipi hücreler ve sinovyal sıvıda hyaluronat sentezleyen B tipi hücreler içermektedir. Vasküler tabaka ise, gevşek bir bağ dokusu matriksi içinde kan damarları ve lenfatik damarlardan oluşmaktadır. Sinovyal membranın temel görevi, eklem yüzeylerini ve her iki kompartmanın iç yüzeylerini kayganlaştırmak ve beslemek amacıyla sinoviyal sıvı salgılamaktır (Bell, 1982).

2.2.5 Ligamentler

TME ile bağlantılı biri majör ve ikisi minör olmak üzere toplam üç ligament vardır. Temporomandibular ligament, eklem kapsülünün yan tarafına doğru kalınlaşmasıyla oluşur ve biri diğerinin önünde olmak üzere iki demetten oluşmaktadır. Yukarıdan zigomatik arkın lateral yüzeyine ve alt kenarındaki tüberküle, aşağıdan ise mandibula boynunun lateral yüzeyine ve arka kenarına tutunmaktadır. Üst kısmı alt kısımdan daha geniştir ve lifleri aşağıya ve arkaya doğru eğimli olarak uzanmaktadır. Sphenomandibular ve stylomandibular ligamentler, TME çevreleyen minör ligamentler arasında yer almakla birlikte, genellikle yardımcı ligamentler olarak kabul edilmektedir (H. Gray, Standring, & Berkovitz, 2005).

2.2.6 Çiğneme Kasları

Çiğneme işlemi birçok kasın katılımıyla gerçekleşmektedir, ancak başlıca çiğneme kasları temporalis, masseter, medial pterygoid ve lateral pterygoid kaslarıdır. Diğer çiğneme kasları ise suprahoid, infrahyoid, digastrik ve geniohyoid kaslarından oluşmaktadır. Bu kaslar, çene kemiğine farklı noktalardan bağlanarak çeneye tüm yönlerde hareket kabiliyeti kazandırmaktadır (H. Gray et al., 2005).

2.2.7 Kan dolaşımı ve İnnervasyon

TME, aurikülotemporal sinir ve masseterik sinirin dalları tarafından inerve edilmektedir. Bu sinirler, trigeminal sinirin mandibular bölümünün dalları olup, eklem üzerinde etkili olan kasların da innervasyonunu sağlamaktadır. TME'de propriosepsiyon, dört farklı reseptör - Ruffini cisimciği, Pacini cisimciği, Golgi tendon organı ve serbest sinir uçları aracılığıyla sağlanmaktadır. TME'nin kan desteği ise dış karotid arterin maksiller ve yüzeyel temporal dallarından karşılanmaktadır (Bell, 1982).

2.3 Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Etiyolojisi

TMR tam olarak bilinmeyen bir etiyolojiye sahip olmasına rağmen, çoğu uzman birden fazla faktörün rol oynayabileceği konusunda hemfikirdir. Bununla birlikte, travma ve hastalık gibi durumların dışındaki olası nedenlerin TMR üzerindeki etkileri hala tartışmalı bir konudur. TMR'nin etiyolojisine yönelik belirtilen faktörlerin hangilerinin gerçek nedenler, hangilerinin risk faktörleri ve hangilerinin tesadüfi olduğu konusu hala net değildir (Mew, 1997). Etiyolojide rol oynayan faktörler şunlardır:

Travma – Bazı klinisyenler, doğrudan eklemde ya da baş ve boyun bölgesinde meydana gelen bir travmanın TMR'ni tetikleyebileceğini düşünmektedir (McCarty, 1980). Örneğin, yüzün yan tarafından alınan ağır bir darbe kondilin kırılmasına ya da diskin yer değiştirmesine neden olabilmektedir. Benzer şekilde, bir araba kazası sırasında yaşanan yaralanma, dokuları ve bağları gererek veya yırtarak diskin yerini değiştirebilir, hatta kanamaya neden olarak yara oluşumuna yol açabilir ve hareket kabiliyetini azaltıp ağrıya sebep olabilmektedir (Salé & Isberg, 2007). Wilkes (Wilkes, 1989), travmanın TMR'nin en yaygın nedeni olduğunu iddia etmiştir. Bununla birlikte, bazı uzmanlar belirli travmatik etkilerin klinik semptomları tetiklemiş gibi görünmesine rağmen, her zaman rahatsızlığın kaynağı olmayabileceğine inanmaktadır (Ryan, 1993);

Lokal veya sistemik hastalıklar – TME, vücuttaki diğer eklemler gibi osteoartrit, romatoid artrit, gut ve tümör gibi hastalıklara karşı hassasiyet göstermektedir. Bu hastalıklar nadir görünse de, TME'yi etkileyerek ağrıya ve fonksiyon kaybına yol açabilmektedir (McCarty, 1980);

Konjenital hastalıklar – Bazı araştırmacılar, TMR ile serotonin reseptörleri veya taşıyıcı genleri arasında bir ilişki olabileceğini düşünmektedir. Mutlu ve ark. (Mutlu, Erdal, Herken, Oz, & Bayazit, 2004), 5-HT2A reseptör geninin T102C polimorfizmi ile TMR arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırmaya 63 TMR hastası ve 54 sağlıklı gönüllü dahil edilmiştir. 5-HT2A reseptör geninin T102C polimorfizminin moleküler analizi PCR tekniği kullanılarak yapılmıştır. Araştırmacılar C/C genotipinin TMR grubunda fazla olduğunu, T/T genotipinin ise kontrol grubunda fazla olduğunu saptamıştır.

Bu nedenle, T102C polimorfizminin TMR etiolojisinde rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır. TMR'de 5-HT_{2A} reseptör geninin C/C varyasyonunun aşırı derecede görülmesi, bu hastalıkta serotonerjik sistemin özellikle reseptör düzeyinde olası bir rolüne işaret etmektedir. Diğer taraftan, TMR'si olan hastaların genotip dağılımı TMR'si olmayanlardan farklı bulunmamıştır.

Alışkanlık ve postür – Baş postüründeki değişikliklerin, stomatognatik sistemdeki değişikliklerle ilişkilendirilmesi nedeniyle, baş postürünün TME ve ilgili yapıların biyomekanik hareketleri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Bazı çalışmalar baş pozisyonunun mandibulanın dinlenme pozisyonunu etkilediğini (Solow & Tallgren, 1976; Goldstein, Kraus, Williams, & Glasheen-Wray, 1984), dolayısıyla kas aktivitesini artırdığını (Funakoshi, Fujita, & Takehana, 1976) ve TME'nin iç yapısında değişikliğe yol açtığını (Visscher, Huddleston Slater, Lobbezoo, & Naeije, 2000) bildirmektedir. TMR için tedaviye başvuran kişilerin çoğunda eklem kaynaklı bir sorundan ziyade miyofasiyal ağrı disfonksiyonu görülmektedir. Bu sebeple, genellikle TMR hastaları baş, boyun ve üst sırt bölgelerinde çeşitli derecelerde ağrı hissetmektedir. Birçok çalışma, TMR ile sırt ağrısı da dahil olmak üzere vücudun diğer bölgelerindeki ağrı arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermektedir (Allerbring & Haegerstam, 1993; Hagberg, Hagberg, & Kopp, 1994; Türp, Kowalski, O'Leary, & Stohler, 1998);

Sert gıdalar – Helkimo (Helkimo, 1974), sert gıdaların hastalığın oluşmasında etiolojik bir faktör olmadığını belirtmesine rağmen, bu konu yeterince araştırılmamıştır ve gıda sertliği TMR'yi etkileyebilmektedir. Birçok klinisyen, TMR hastalarına ağızın tam açılmasını gerektiren veya sert yiyeceklerin tüketilmesinden kaçınılmasını önermektedir. Raphael ve ark. (Raphael, Marbach, & Klausner, 2000), şiddetli miyofasiyal ağrısı olan hastalarda ağrını ve çiğneme aktivitesini azaltmak için lif alımının kısıtlanmasını önermektedir;

Bruksizm, stress ve psikososyal faktörler – Bruksizm, hem gündüz hem de gece boyunca meydana gelen, diş sıkma veya gıcırdatmayı kapsayan parafonksiyonel bir aktivite olarak tanımlanmaktadır. Genel popülasyonda bruksizm prevalansının, anket yöntemiyle değerlendirildiğinde %8 ile %21 arasında olduğu tahmin edilirken, klinik muayeneler ile değerlendirildiğinde bu oranın %48 ile %58 arasında değiştiği tahmin edilmektedir (Seligman & Pullinger, 1991). Bruksizmin etiolojisi henüz tam olarak belirlenmemiştir ve çok faktörlü psikosomatik bir fenomen olduğu öne sürülmektedir (Olkinuora, 1972). Bruksizm rahatsızlığı olan bireylerin yüksek düzeyde stres ve anksiyete, bozulmuş uyku düzeni ve depresif semptomlar sergileyebileceği öne sürülmektedir (Dao, Lund, & Lavigne, 1994). Çalışmalar bruksizm ve diğer parafonksiyonel alışkanlıkların baş ve yüz ağrısı ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Glaros, Glass, & Williams, 1998).

TMR hastaları yüksek somatizasyon, stres, anksiyete ve depresyon gibi çeşitli davranış özellikleri sergilemektedir (Pankhurst, 1997). Ağrı algısının, genellikle kişinin psikolojik durumu tarafından etkilendiği görülmektedir (Price, 2000). TMR bağlamında da, psikolojik faktörlerin belirgin bir rol oynadığı belirtilmiştir (Kight, Gatchel, & Wesley, 1999). Psikolojik etkenlerin, TMR'nin etiolojisinde ve sürekliliğinde rol oynayabileceği öne sürülmektedir (Rugh, Woods, & Dahlström, 1993). Ayrıca, bu faktörlerin hastalığın kronikleşmesine katkıda bulunduğu dair kanıtlar da mevcuttur (Gatchel, Garofalo, Ellis, & Holt, 1996);

Maloklüzyon ve kas parafonksiyonu – TME'nin gelişimi için öne sürülen bir diğer etiyojik teori de maloklüzyondur; ancak bu teori pek çok tartışmaya konu olmuştur. Bu teorinin popülerliğine rağmen, maloklüzyon ile TME bozuklukları arasındaki sebep-sonuç ilişkisi bilimsel olarak kanıtlanamamıştır (Okeson, 2019).

2.4 Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Epidemiyolojisi

Proffit (Proffit & Fields, 2013) TMR klinik prevalansının, gözlemlenen belirti ve semptomlara bağlı olarak %5 ile %35 arasında değiştiğini belirtmiştir. Motegi ve ark. (Motegi, Miyazaki, Ogura, Konishi, & Sebata, 1992), 7337 Japon çocuk üzerinde yaptıkları bir çalışmada, altı ila on sekiz yaş aralığındaki bireylerin %12,2'sinde TME belirtileri görüldüğünü bildirmiştir. TME rahatsızlıklarının görülme sıklığı yaşla birlikte artmış ve kızlarda (%13) erkeklerden (%11,1) biraz daha fazla olduğu görülmüştür, ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Eklem sesleri, vakaların %89,3'ünde mevcut olan en yaygın semptom iken, ses ve ağrı kombinasyonu vakaların %2,2'sinde görülmüştür. LeResche (LeResche, 1997), TME bölgesindeki ağrının daha yaygın olduğunu ve on sekiz yaşın üzerindeki bireylerin yaklaşık %10'unu etkilediğini göstermiştir. Ayrıca, bu durum çocuk ve yaşlılardan daha çok genç ve orta yaşlı yetişkinlerde görülmektedir. Bu rahatsızlık kadınlarda erkeklere kıyasla yaklaşık iki kat daha fazla görülmektedir. Ek olarak, belirti ve semptomlar (örneğin eklem sesleri ve ağrı) kadınlarda erkeklere göre daha yaygındır.

TMR için tedavi görmek isteyen kişiler arasında yapılan anketlerde TMR'li kadınların üstünlüğü daha fazla olup bu oran 4:1 ila 5:1 arasındadır (Dworkin et al., 1990; Dworkin & LeResche, 1992; Bush, Harkins, Harrington, & Price, 1993). Malikov ve ark.'nın 220 katılımcı üzerinde yaptığı çalışmada, TMR'nin kadınlarda erkeklere oranla 1.909 kat daha sık görüldüğü rapor edilmiştir (Malikov, I, Erhamza, T.S, Öncel, 2024). Bazı çalışmalar kadınların erkeklerden daha fazla sağlık hizmetlerinden yararlandığını söylerken, diğerleri kadınların ağrıya karşı daha az toleransları olduğunu belirtmektedir (H. Gray et al., 2005).

2.5 Temporomandibular Eklemi Etkileyen Durumlar

TME'yi etkileyebilecek durumlardan bazıları aşağıda yer almaktadır:

1. TME'de veya ilgili kaslarda ağrı;
2. TME hareketinde kısıtlanmalar;
3. Disk deplasmanı;
4. Kondiler dislokasyon;
5. Deviasyon ve defleksiyon;
6. Sistemik otoimmün hastalıklar, bağ dokusu hastalıkları ve artrit hastalıklar;
7. Osteoartrit;
8. Tümörler.

2.5.1 Temporomandibular Eklem veya İlgili Kaslarda Ağrı

Ağrı, eklemlerden, kaslardan veya bu ikisinin kombinasyonundan kaynaklanabilmektedir. Belirtiler farklılık gösterebilir ve genellikle hafif kronik bir ağrıdan orta şiddetli ağrıya kadar değişebilmektedir. Ağrı, ağız çevresindeki kaslarda çene ağrısı olarak veya temporalis kasındaki enflamasyona bağlı olarak temporal baş ağrısı şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Eklemdeki ağrı genellikle yapının içindeki enflamasyondan kaynaklanmaktadır. Bazen bu semptomlar diğer yüz yapılarına da yansiyabilmektedir; örneğin kulak ağrısı, diş ağrısı veya boyun ağrısı. TMR'de ağrı, spazm veya çene kaslarının aşırı kullanımını nedeniyle ortaya çıkabilmektedir. Semptomlar genellikle kroniktir ve tedavide tetikleyici faktörlerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır (Bumann & Lotzmann, 2002).

2.5.2 Temporomandibular Eklem Hareketinde Kısıtlanmalar

Bu terim, maksimum ağız açıklığındaki azalmayı veya lateral hareketlerdeki kısıtlanmayı ifade etmektedir. Çene hareketleri sırasındaki insizal açıklık (üst keser dişin insizal kenarından alt keser dişin insizal kenarına kadar olan mesafe) bireysel farklılıklar göstermekle birlikte, genel olarak kadınlarda yaklaşık 35 mm, erkeklerde ise ortalama 40 mm civarındadır. Bununla birlikte, insizal açıklık değeri 35 ila 50 mm aralığında değişebilmektedir (Harris, Feinmann, Wise, & Treasure, 1993). Lateral hareketler, dişler temas halindeyken mandibulayı laterale doğru hareket ettirme kabiliyetidir ve ortalama hareket aralığı her iki yönde yaklaşık 8 mm'dir. Eğer her iki yöndeki lateral hareket bir alt kesici diş genişliğinden daha az ise lateral hareketin azaldığı düşünülmektedir (Harris et al., 1993).

Dikey yöndeki hareketlerdeki azalma veya ağzın tam olarak açılmaması trismus olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, ağrı nedeniyle hastanın ağzını

tam olarak açamamasından kaynaklanabileceği gibi fiziksel bir engelden de kaynaklanabilmektedir. Ağrı, kaslar problemlerin bir göstergesi olabileceği gibi, disk deplasmanına bağlı fiziksel engeller ile de ilişkilendirilmektedir. Trismus'un devamlı ve kalıcı olması durumu ankiloz olarak tanımlanmaktadır. Bu durum kondil kırığı sonrasında ortaya çıkabilmekte ve etiolojisi ekstra-auriküler ve intra-auriküler olmak üzere sınıflandırılmaktadır (van der Waal, 1991).

TME ankilozunu Kazanjian (Kazanjian, 1938) gerçek veya yalancı olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Gerçek ankiloz eklem patolojik durumlarıyla ilişkilendirilirken, yalancı ankiloz eklem dışı rahatsızlıklardan kaynaklı hareket kısıtlamalarını ifade etmektedir. Çoğu klinisyenin trismus olarak nitelendirdiği ikinci tip ankilozdur (Luyk & Steinberg, 1990).

Trismus oluşumuna sebep olan veya tetikleyen çeşitli durumlar bulunmaktadır. Trismusun etiolojisi aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır (Dhanrajani & Jonaidel, 2002):

1. Enfeksiyon: odontojenik veya non-odontojenik enfeksiyonlar;
2. Travma: özellikle mandibuladaki kırıklar trismusun neden olmaktadır;
3. Diş tedavileri: oral cerrahi prosedürleri veya diş çekimi trismusun neden olabilmektedir;
4. TMR;
5. Tümörler;
6. İlaçlar: süksinilkolin, fenotiyazin ve trisiklik antidepresanlar sekonder olarak trismusun neden olabilmektedir;
7. Radyoterapi veya kemoterapi;
8. Konjenital sorunlar;
9. Psikojenik histeri ve lupus eritematoz gibi çeşitli bozukluklar.

2.5.3 Disk Deplasmanı

Disk deplasmanı, diskin mandibular kondil ve temporal kemiğin artiküler kısmı ile normal fonksiyonel ilişkisinden saparak eklem iç kısmında meydana gelen bir bozukluk olarak tanımlanmaktadır. Anterior disk deplasmanı, diskin kondilin ön kısmından daha anteriora doğru yer değiştirdiği durumları ifade etmektedir. Bu durumda, diskin anterior translasyonu ile birlikte, diskin posterior kısmı kondil önünde kalmakta ve bu durum bilaminar bölgenin aşırı gerilmesine ve incelmesine neden olmaktadır. Kondil belirli bir noktaya geldiğinde, yer değiştirmiş olan arka kısım genellikle normal pozisyonuna dönmektedir (Dolwick ve ark., 1983).

2.5.4 Kondiler Dislokasyon

Kondiler dislokasyon, çenenin kilitlenmesi ve ağzın kapatılmaması ile kendini gösteren bir durumdur. Bu patolojik tablo, eklemün doğru pozisyonuna geri dönene kadar önemli fonksiyonel rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Normal şartlarda kondili yerinde tutan ligamentlerin “gevşemesi” ve kondilin eklem eminensinin ötesine hareket etmesine olanak sağlaması durumunda, kondiler dislokasyon meydana gelmektedir. Bu patolojik durumda, çevredeki kaslarda genellikle spazm gözlenmekte ve kondilin disloke pozisyonunda kalmasını sağlamaktadır. Kısmi çene çıkığı olan subluksasyon ise genellikle kendiliğinden iyileşmekte ve rutin tedavi gerektirmemektedir. Buna karşın, tekrarlayan eklem çıkıklarında cerrahi müdahale seçeneği değerlendirilebilmektedir (Perrini et al., 1997).

TME’de anatomik bir deformite olmadığında, çenede çıkık nadiren görülmektedir. Genellikle travma ile ilişkilidir, hastanın ağzı açıkken darbe alması ile meydana gelmektedir (R. J. Gray, Davies, & Quayle, 1994), ancak kapsül ve bağlarda gevşeme olduğu durumlarda esneme veya yemek yeme sırasında ağzın geniş açılması sonucu da görülebilmektedir (Perrini et al., 1997). Cerrahi müdahaleler ve genel anestezi sırasında yapılan entübasyonun çene eklemi rahatsızlıklarına ve dislokasyona neden olduğu bilinmektedir (Ting, 2006).

Ehler-Danlos ve Marfan sendromlu hastalarda, kolajen ve bağ dokusu bozukluklarına bağlı olarak ligamentlerde aşırı elastikiyet görülmektedir. Bu durum eklemlerde hipermobilitate ve sıklıkla TME dislokasyonuna yol açabilmektedir (De Coster, Van den Berghe, & Martens, 2005).

2.5.5 Deviasyon ve Defleksiyon

Açma veya kapama sırasında meydana gelen sapmalar (deviasyon ve defleksiyon) çeşitli nedenlere bağlı olabilmektedir (R. J. Gray et al., 1994):

1. Defleksiyon, düz bir çizgi boyunca kademeli bir sapmadır ve eklem içindeki adezyonlardan kaynaklanabilmektedir. Öte yandan, maksimum açıklığa doğru çene açılmaya çalışıldığında, başlangıçta çene orta hattı yüz orta hattını takip edip, ardından lateral yönde herhangi bir yöne doğru sapa-bilmektedir. Bu durum genellikle redüksiyonsuz anterior disk deplasmanından kaynaklanmaktadır.

2. Deviasyon, ağız açma sürecinde çene orta hattının yüz orta hattından herhangi bir yönde saparak daha sonra tekrar orta hatta gelmesini ifade etmektedir. Bu, redüksiyonlu disk deplasmanı ile ilişkili olabilmektedir.

2.5.6 Sistemik Otoimmün Hastalıklar, Bağ Dokusu Hastalıkları ve Artrit Hastalıkları

Sistemik otoimmün hastalıklar, vücudun bağışıklık sisteminin bir dizi organ, doku ve hücreye karşı saldırıya geçtiği bir dizi hastalıktır. Bu hastalıklara sistemik lupus eritematozus, romatoid artrit, skleroderma, sjögren sendromu örnek verilebilmektedir:

Konnektif bağ doku hastalıkları, başlıca hedefinin konnektif bağ dokusu olduğu vücut bozuklukları olarak tanımlanmaktadır. Bu bozukluklar kalıtsal veya otoimmün kökenli olabilmektedir. Kalıtsal konnektif bağ dokusu bozukluklarına Marfan sendromu, Ehlers-danlos sendromu, Stickler sendromu örnek gösterilebilir.

TMR, otoimmün ve bağ doku hastalıkları olan bireylerde oldukça yaygındır (De Coster et al., 2005; Ardic et al., 2006). Romatoid artrit hastalığından etkilenen bazı kişilerde TME'nin ilk etkilenen eklem olduğu bildirilmiştir (Uotila, 1964). Romatoid artritte TME tutulum sıklığı %2 ile %86 arasında değişmektedir (Kopp & Rockler, 1979; Larheim, Smith, & Aspestrand, 1990). Bu hastalarda ayrıca, magnetik rezonans görüntüleme sinovyal proliferasyon ve eklem efüzyonu gözlenebilmektedir (Suenaga, Ogura, Matsuda, & Noikura, 2000; Melchiorre et al., 2003). Romatizmal hastalığı olan hastalarda, ağrı, krepitus ve TME hareketlerinde kısıtlanma sık görülen klinik bulgular dandır. Ayrıca, mandibular kondilin erozyonları ve kistleri de tipik radyolojik bulgular arasında yer almaktadır. Juvenil romatoid artrit vakalarında, TME tutulumunun sıklığının %17 ile %87 aralığında değiştiği bildirilmektedir (Müller et al., 2009).

2.5.7 Osteoartrit

Osteoartrit, eklem yapısındaki dokularda meydana gelen dejenerasyon ve aşınma sonucunda, eklem yüzeylerinin düzleşmesi ile karakterize edilebilen dejeneratif bir eklem hastalığıdır. Bu durum, bir veya daha fazla eklem kıkırdağında bozulmaya ve nihai kıkırdak kaybına yol açabilmektedir. Çocuklarda TME'yi etkileyen osteoartrit, diş ve iskelet yapılarında değişikliklere yol açabilmekte ve çalışmalar, bunun mandibular retrognati ve/veya mandibular deviasyon ile sonuçlanarak mandibular büyümeyi potansiyel olarak engelleyebileceğini öne sürmektedir. Ortodontik tedavi sırasında TME osteoartriti ortaya çıkan olgularda, mandibula genellikle posterior yönde rotasyon göstermekte ve bu durum, özellikle daha önceden mandibular retrognati mevcut olan hastalarda estetik açıdan istenmeyen bir profil oluşumuna neden olabilmektedir (Yamada, Saito, Hanada, & Hayashi, 2004).

2.5.8 Tümörler

TME bölgesinin tümör ve tümör benzeri hastalıkları son derece nadirdir (Benson & Otis, 1994) ve literatürde yer alan vakaların çoğu izole vaka rapor-

larıdır (Mock, 1999). TME bölgesinde görülen neoplazi ile ilişkili semptomlar arasında klik sesi, preauriküler şişlik, mandibular hareket kısıtlılığı/trismus, ağrı, çene deviasyonu (Mock, 1999), progresif mandibular asimetri ve maloklüzyon yer almaktadır (Benson & Otis, 1994). Kondilde en sık görülen tümör, çok nadir görülmesine rağmen osteokondromdur (Kerscher, Piette, Tideman, & Wu, 1993). Prostat, tiroid ve meme tümörleri de zaman zaman kondil başına metastaz yapabilmektedir (DeBoom, Jensen, Siegel, & Bloom, 1985).

2.6 Temporomandibular Eklem Rahatsızlıkları ve Oklüzyon

Ortodontik tedavi ideal bir kapanış sağlamayı amaçlamaktadır (Andrews, 1972). İdeal statik oklüzyonun ideal fonksiyonel oklüzyonla aynı anlama geldiği kabul edilmektedir (Andrews, 1976; Roth, 1976), ancak durum her zaman böyle olmayabilir. Bu nedenle, fonksiyonel oklüzyon ile uyumlu ve/veya zararlı olabileceği düşünülen özelliklerin değerlendirilmesi oldukça önemlidir.

2.6.1 Sentrik İlişki ve Sentrik Oklüzyon

Sentrik ilişki (centric relation-CR), mandibular kondillerin merkezi ve en posterior konumda olduğu, üst ve alt dişlerin ilk temas ettiği oklüzal ilişkiyi tanımlamaktadır. Sentrik oklüzyon (centric occlusion-CO), dişlerin maksimum interküspasyonda olduğu oklüzal pozisyonudur (Clark & Evans, 2001). Genel olarak çoğu bireyde CR ve CO arasında antero-posterior yönde küçük bir kayma olduğu kabul edilmektedir. Çalışmalar bu sapmanın 0,5 ila 1,5 mm arasında olduğunu bildirmektedir (Agerberg & Inkapööl, 1990; Utt, Meyers, Wierzba, & Hondrum, 1995).

Birçok yazar, ideal bir oklüzal tedavi hedefi olarak, CO ile CR çakışması gerektiğini öne sürmektedir (Williams, 1971; Roth, 1981; Williamson, 1981). Ayrıca, bazı çalışmalar, CR-CO uyumsuzluğu ile TMR arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir (Solberg, Woo, & Houston, 1979; Ingervall, Mohlin, & Thilander, 1980; Pullinger, Seligman, & Solberg, 1988).

2.6.2 Lateral Hareketlerde Posterior Dişler Arasında İlişki

Posterior lateral hareketler grup fonksiyonu veya kanin rehberliği şeklinde olabilmektedir. Grup fonksiyonu, çalışan taraftaki arka dişlerin bukkal tüberküllerinin tüm lateral hareket boyunca temas halinde olması ancak çalışmayan tarafta diş temasının bulunmaması durumunda meydana gelen oklüzal ilişkidir. Kanin rehberliği, lateral hareketler sırasında üst ve alt kanin ile sadece çalışan taraftaki birinci premolar arasında temas olması şeklinde tanımlanmaktadır. Diş hekimliğinde önemli bir yer tutan kanin koruyucu oklüzyon teorisinin temel prensipleri Nagao (Nagao, 1919) tarafından oluşturulmuştur. Kanin dişi, ağır oklüzal yükleri tolere edebilen iyi bir kron-kök oranı sahip olması, komşu dişlere göre daha geniş bir yüzey alanı ve propriyosepsiyon sağlaması, ayrıca konkav damak yüzeyi sayesinde lateral mandibu-

lar hareketleri yönlendirmek için en uygun diş olarak değerlendirilmektedir (Clark & Evans, 2001).

Roth (Roth, 1981) kanin rehberliğini savunmuş ve bu durumu “karşılıklı koruyuculu oklüzyon” olarak adlandırmıştır. Williamson ve Lundquist (Williamson & Lundquist, 1983) kanin rehberliği ve grup fonksiyonu olan bireylerde lateral hareketler sırasında temporalis ve masseter kaslarının elektromiyografik aktivitesini incelemiş ve kanin rehberliği olan bireylerde önemli ölçüde daha az kas aktivitesi gözlemlendiğini tespit etmiştir. Belser ve Hannam (Belser & Hannam, 1985) benzer bir çalışma yürütmüş ve kanin koruyuculu oklüzyonun çiğneme sırasında kas aktivitesini önemli ölçüde etkilemese de diş sıkma sırasında kas aktivitesini önemli ölçüde azalttığı sonucuna varmıştır.

Selaimen ve ark.’nın (Selaimen et al., 2007) güncel bir vaka-kontrol çalışmasında, TMR oluşumunda oklüzal faktörlerin rolü incelenmiştir. Çalışmada sosyo-demografik faktörlerin (meslek, yaş, sigara ve alkol kullanımı) yanı sıra çeşitli oklüzal faktörler de değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kanin rehberliğinin olmaması başta olmak üzere, overbite, overjet, anterior ve posterior diş sayısı ile protrüziv hareketlerin, TMR için risk faktörü olabileceğini doğrulamıştır.

2.6.3 Oklüzal İnterferanslar

Oklüzal interferanslar, “fonksiyonel veya parafonksiyonel hareketleri ciddi şekilde engelleyen oklüzal kontakt ilişkileri” olarak tanımlanmaktadır (Ash & Ramfjord, 1998). Bu faktörlerden bazılarının TMR belirti ve semptomlarına yol açtığı düşünülmektedir. Bunlara aşağıdakiler örnek gösterilebilir:

Çalışmayan tarafta oklüzal kontaktlar (Mohlin & Thilander, 1984);

CR’de tek taraflı temaslar (Seligman & Pullinger, 1991);

CR-CO arasında 1 mm’den fazla sapmalar (Pullinger et al., 1988);

CR-CO arasında asimetrik kayma (Pullinger et al., 1988);

Liu ve Tsai (Liu & Tsai, 1998) tedavi edilmemiş ortodonti hastalarında fonksiyonel oklüzyonun TMR üzerindeki rolünü değerlendirmiştir. Toplam 508 ortodonti hastası çalışmaya dahil edilmiş ve tedavi öncesinde fonksiyonel oklüzyon durumu ve TMR’nin klinik bulguları incelenmiştir. Retrüziv konumda interferansları olan hastaların %44.2’sinde, olmayanların ise %38.1’inde TMR bulunduğu tespit etmiştir. Protrüzif interferansları olan hastalarda TMR sıklığı olmayanlara göre daha fazla bulunmuştur (%32.2’ye karşı %18.4). Balanslı interferansları olan hastalarda da TMR sıklığı olmayanlara göre anlamlı derecede daha yüksek olduğu görülmüştür (%49.2’ye karşı %23.9).

2.7 Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Tedavisi

TMR tedavisi iki ana gruba ayrılmaktadır. Birinci grup, psikolojik destek, fizyoterapi, ilaç tedavisi, oklüzal splint ve düşük seviyeli lazer tedavisini içeren cerrahi olmayan tedavilerdir. İkinci grup ise TME artrosentezi ve açık cerrahi yöntemler kullanılarak artroskopi (artrotomi), artroplasti ve TME deplasmanını içeren cerrahi tedavidir. Kuru iğneleme, botox enjeksiyonu ve transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), TMR hastalarında ağrının giderilmesi için kullanılan diğer yöntemlerdir. Bu tedavilerin temel amaçları; ağrının azaltılması, hastaların fonksiyonel performanslarının iyileştirilmesi ve yaşam kalitelerinin artırılmasıdır. Ağız açma kısıtlılığı olan hastaların ağrısını azaltan bir diğer cerrahi ve cerrahi olmayan tedavi yöntemi de TME'ye kortikosteroid enjeksiyonudur. Hyaluronik asit enjeksiyonu, sodyum hyaluronat ve ozon tedavisi de diğer tedavi yöntemlerindedir (Okeson, 2019).

Cerrahi girişimler genellikle yakın anatomik yapılarda çeşitli komplikasyonlara yol açabilir. Bunlar arasında; enfeksiyonlar, aşırı duyarlılık reaksiyonları, intrakraniyal hematoma, maloklüzyon ve maksiller arter, dış kulak yolu, timpanik membran ve orta kulak yapılarında meydana gelen hasarlar yer almaktadır. Yukarıdaki komplikasyonların riskini azaltmak için, genellikle minimal invaziv ve cerrahi olmayan tedaviler tercih edilmektedir. Konservatif tedaviler, hastalar tarafından genellikle cerrahi müdahalelere göre daha kabul edilebilir olduğundan, bazı TMR hastalarında kesin bir tedavi seçeneği olarak kullanılabilir (Okeson, 2019).

KAYNAKÇA

- Agerberg, G., & Inkapööl, I. (1990). Craniomandibular disorders in an urban Swedish population. *Journal of Craniomandibular Disorders: Facial & Oral Pain*, 4(3), 154–164. Retrieved from <https://research.ebsco.com/c/6s5zai/viewer/pdf/wkxnbzlon?route=details>
- Al-Ani, M. Z., Davies, S. J., Gray, R. J. M., Sloan, P., & Glenny, A. M. (2004). Stabilisation splint therapy for temporomandibular pain dysfunction syndrome. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1), 7–8. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002778.pub2>
- Allerbring, M., & Haegerstam, G. (1993). Characteristics of patients with chronic idiopathic orofacial pain. A retrospective study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 51(1), 53–58. <https://doi.org/10.3109/00016359309041148>
- Andrews, L. F. (1972). The six keys to normal occlusion. *American Journal of Orthodontics*, 62(3), 296–309. [https://doi.org/10.1016/s0002-9416\(72\)90268-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9416(72)90268-0)
- Andrews, L. F. (1976). The straight-wire appliance, origin, controversy, commentary. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 10(2), 99–114. Retrieved from <https://www.jco-online.com/archive/1976/02/99-the-straight-wire-appliance-origin-controversy-commentary/>
- Ardic, F., Gokharman, D., Atsu, S., Guner, S., Yilmaz, M., & Yorgancioglu, R. (2006). The comprehensive evaluation of temporomandibular disorders seen in rheumatoid arthritis. *Australian Dental Journal*, 51(1), 23–28. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.2006.tb00396.x>
- Ash, M. M., & Ramfjord, S. P. (1998). Reflections on the Michigan splint and other intraocclusal devices. *The Journal of the Michigan Dental Association*, 80(8), 32–35, 41–46. Retrieved from <https://www.bauersmiles.com/wp-content/uploads/2012/10/Michigan-occlusal-splint.pdf>
- Bell, W. E. (1982). *Clinical Management of Temporomandibular Disorders*. Year Book Medical Publishers.
- Belser, U. C., & Hannam, A. G. (1985). The influence of altered working-side occlusal guidance on masticatory muscles and related jaw movement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 53(3), 406–413. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(85\)90523-2](https://doi.org/10.1016/0022-3913(85)90523-2)
- Benson, B. W., & Otis, L. L. (1994). Disorders of the temporomandibular joint. *Dental Clinics of North America*, 38(1), 167–185. Retrieved from <https://www.science-direct.com/journal/dental-clinics-of-north-america/vol/38/issue/1>
- Bumann, A., & Lotzmann, U. (2002). *TMJ Disorders and Orofacial Pain: The Role of Dentistry in a Multidisciplinary Diagnostic Approach*. Thieme.
- Bush, F. M., Harkins, S. W., Harrington, W. G., & Price, D. D. (1993). Analysis of gender effects on pain perception and symptom presentation in temporomandibular pain. *Pain*, 53(1), 73–80. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(93\)90058-W](https://doi.org/10.1016/0304-3959(93)90058-W)

- Clark, J. R., & Evans, R. D. (2001). Functional occlusion: I. A review. *Journal of Orthodontics*, 28(1), 76–81. <https://doi.org/10.1093/ortho/28.1.76>
- Dao, T. T., Lund, J. P., & Lavigne, G. J. (1994). Comparison of pain and quality of life in bruxers and patients with myofascial pain of the masticatory muscles. *Journal of Orofacial Pain*, 8(4), 350–356. Retrieved from <https://www.jofph.com/articles/10.11607/jofph.08350>
- De Coster, P. J., Van den Berghe, L. I., & Martens, L. C. (2005). Generalized joint hypermobility and temporomandibular disorders: Inherited connective tissue disease as a model with maximum expression. *Journal of Orofacial Pain*, 19(1), 47–57. Retrieved from <https://www.jofph.com/articles/10.11607/jofph.1947>
- DeBoom, G. W., Jensen, J. L., Siegel, W., & Bloom, C. (1985). Metastatic tumors of the mandibular condyle. Review of the literature and report of a case. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 60(5), 512–516. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(85\)90240-3](https://doi.org/10.1016/0030-4220(85)90240-3)
- Dhanrajani, P. J., & Jonaidel, O. (2002). Trismus: Aetiology, differential diagnosis and treatment. *Dental Update*, 29(2), 88–92, 94. <https://doi.org/10.12968/denu.2002.29.2.88>
- Dworkin, S. F., & LeResche, L. (1992). Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: Review, criteria, examinations and specifications, critique. *Journal of Craniomandibular Disorders: Facial & Oral Pain*, 6(4), 301–355. Retrieved from <https://ubwp.buffalo.edu/rdc-tmdinternational/wp-content/uploads/sites/58/2017/01/RDC-TMD-Patient-history-questionnaire-formatted-8-04-07.pdf>
- Dworkin, S. F., LeResche, L., & Von Korff, M. R. (1990). Diagnostic studies of temporomandibular disorders: Challenges from an epidemiologic perspective. *Anesthesia Progress*, 37(2–3), 147–154. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2190309/>
- Funakoshi, M., Fujita, N., & Takehana, S. (1976). Relations between occlusal interference and jaw muscle activities in response to changes in head position. *Journal of Dental Research*, 55(4), 684–690. <https://doi.org/10.1177/00220345760550042401>
- Gatchel, R. J., Garofalo, J. P., Ellis, E., & Holt, C. (1996). Major psychological disorders in acute and chronic TMD: An initial examination. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 127(9), 1365–1370, 1372, 1374. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1996.0450>
- Glaros, A. G., Glass, E. G., & Williams, K. B. (1998). Clinical examination findings of temporomandibular disorder patients: A factor analytic study. *Journal of Orofacial Pain*, 12(3), 193–202. Retrieved from <https://www.jofph.com/articles/10.11607/jofph.12193>
- Goldstein, D. F., Kraus, S. L., Williams, W. B., & Glasheen-Wray, M. (1984). Influence of cervical posture on mandibular movement. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 52(3), 421–426. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(84\)90460-8](https://doi.org/10.1016/0022-3913(84)90460-8)

- Gray, H., Standring, S., & Berkovitz, B. K. B. (2005). *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice*. Elsevier Churchill Livingstone.
- Gray, R. J., Davies, S. J., & Quayle, A. A. (1994). A clinical approach to temporomandibular disorders. 1. Classification and functional anatomy. *British Dental Journal*, 176(11), 429–435. <https://doi.org/10.1038/SJ.BDJ.4808473>
- Hagberg, C., Hagberg, M., & Kopp, S. (1994). Musculoskeletal symptoms and psychosocial factors among patients with craniomandibular disorders. *Acta Odontologica Scandinavica*, 52(3). <https://doi.org/10.3109/00016359409027592>
- Harris, M., Feinmann, C., Wise, M., & Treasure, F. (1993). Temporomandibular joint and orofacial pain: Clinical and medicolegal management problems. *British Dental Journal*, 174(4), 129–136. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4808098>
- Helkimo, M. (1974). Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state. *Svensk Tandlakare Tidskrift. Swedish Dental Journal*, 67(2), 101–121. Retrieved from <https://www.scienceopen.com/document?vid=a773e46f-dedc-4d6f-949a-09c1977a5265>
- Ingervall, B., Mohlin, B., & Thilander, B. (1980). Prevalence of symptoms of functional disturbances of the masticatory system in Swedish men. *Journal of Oral Rehabilitation*, 7(3), 185–197. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.1980.tb00435.x>
- Johnson, D. R., & Moore, W. J. (1997). *Anatomy for Dental Students* (3rd ed.). New York: Oxford University Press.
- Kazanjian, V. H. (1938). Ankylosis of the temporomandibular joint. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 24(12), 1181–1206. [https://doi.org/10.1016/S0096-6347\(38\)90337-0](https://doi.org/10.1016/S0096-6347(38)90337-0)
- Kerscher, A., Piette, E., Tideman, H., & Wu, P. C. (1993). Osteochondroma of the coronoid process of the mandible. Report of a case and review of the literature. *Oral Surgery, Oral Medicine, and Oral Pathology*, 75(5), 559–564. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(93\)90224-r](https://doi.org/10.1016/0030-4220(93)90224-r)
- Kight, M., Gatchel, R. J., & Wesley, L. (1999). Temporomandibular disorders: Evidence for significant overlap with psychopathology. *Health Psychology: Official Journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 18(2), 177–182. <https://doi.org/10.1037//0278-6133.18.2.177>
- Koh, H., & Robinson, P. G. (2003). Occlusal adjustment for treating and preventing temporomandibular joint disorders. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, (1). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003812>
- Kopp, S., & Rockler, B. (1979). Relationship between clinical and radiographic findings in patients with mandibular pain or dysfunction. *Acta Radiologica: Diagnosis*, 20(3), 465–477. <https://doi.org/10.1177/028418517902000309>
- Larheim, T. A., Smith, H. J., & Aspestrand, F. (1990). Rheumatic disease of the temporomandibular joint: MR imaging and tomographic manifestations. *Radiology*, 175(2), 527–531. <https://doi.org/10.1148/radiology.175.2.2326477>

- LeResche, L. (1997). Epidemiology of temporomandibular disorders: Implications for the investigation of etiologic factors. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine: An Official Publication of the American Association of Oral Biologists*, 8(3), 291–305. <https://doi.org/10.1177/10454411970080030401>
- Lieb Gott, B. (2001). *The Anatomical Basis of Dentistry* (2nd ed.). Mosby.
- Liu, J. K., & Tsai, M. Y. (1998). Association of functional malocclusion with temporomandibular disorders in orthodontic patients prior to treatment. *The Functional Orthodontist*, 15(3), 17–20.
- Luyk, N. H., & Steinberg, B. (1990). Aetiology and diagnosis of clinically evident jaw trismus. *Australian Dental Journal*, 35(6), 523–529. <https://doi.org/10.1111/j.1834-7819.1990.tb04684.x>
- Malıkov, I, Erhamza, T.S, Öncel, S. Y. (2024). Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Öğrencilerinde Temporomandibular Eklem Rahatsızlıklarının Sıklığı ve Şiddetinin Değerlendirilmesi. *Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 26(1). <https://doi.org/10.24938/kutfd.1416548>
- McCarty, D. J. (1980). American rheumatology—The future of our guild. Antidissempmentarianism. *Arthritis and Rheumatism*, 23(9), 969–976. <https://doi.org/10.1002/art.1780230902>
- McNamara, J. A. J., Seligman, D. A., & Okeson, J. P. (1995). Occlusion, Orthodontic treatment, and temporomandibular disorders: A review. *Journal of Orofacial Pain*, 9(1), 73–90. Retrieved from <https://www.jofph.com/articles/10.11607/jofph.0973>
- Melchiorre, D., Calderazzi, A., Maddali Bongi, S., Cristofani, R., Bazzichi, L., Eligi, C., ... Ciompi, M. (2003). A comparison of ultrasonography and magnetic resonance imaging in the evaluation of temporomandibular joint involvement in rheumatoid arthritis and psoriatic arthritis. *Rheumatology*, 42(5), 673–676. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/keg181>
- Mew, J. R. (1997). The aetiology of temporomandibular disorders: A philosophical overview. *European Journal of Orthodontics*, 19(3), 249–258. <https://doi.org/10.1093/ejo/19.3.249>
- Mock, D. (1999). The differential diagnosis of temporomandibular disorders. *Journal of Orofacial Pain*, 13(4), 246–250. Retrieved from <https://www.jofph.com/articles/10.11607/jofph.13246>
- Mohlin, B., & Thilander, B. (1984). The importance of the relationship between malocclusion and mandibular dysfunction and some clinical applications in adults. *European Journal of Orthodontics*, 6(3), 192–204. <https://doi.org/10.1093/ejo/6.3.192>
- Motegi, E., Miyazaki, H., Ogura, I., Konishi, H., & Sebata, M. (1992). An orthodontic study of temporomandibular joint disorders. Part 1: Epidemiological research in Japanese 6-18 year olds. *The Angle Orthodontist*, 62(4), 249–256. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1992\)062<0249:AOSOTJ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1992)062<0249:AOSOTJ>2.0.CO;2)

- Müller, L., Kellenberger, C. J., Cannizzaro, E., Ettl, D., Schraner, T., Bolt, I. B., ... Saurenmann, R. K. (2009). Early diagnosis of temporomandibular joint involvement in juvenile idiopathic arthritis: A pilot study comparing clinical examination and ultrasound to magnetic resonance imaging. *Rheumatology*, 48(6), 680–685. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kep068>
- Mutlu, N., Erdal, M. E., Herken, H., Oz, G., & Bayazit, Y. A. (2004). T102C polymorphism of the 5-HT2A receptor gene may be associated with temporomandibular dysfunction. *Oral Diseases*, 10(6), 349–352. <https://doi.org/10.1111/j.1601-0825.2004.01037.x>
- Nagao, Masaru. (1919). *Comparative studies on the curve of spee in mammals with a discussion of its relation to the form of the Fossa mandibularis*. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.101902>
- Okeson, J. P. (2019). *Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion: Management of Temporomandibular Disorders and Occlusion*. Elsevier Health Sciences.
- Olkinuora, M. (1972). A psychosomatic study of bruxism with emphasis on mental strain and familiar predisposition factors. *Proceedings of the Finnish Dental Society. Suomen Hammaslaakariseuran Toimituksia*, 68(3), 110–123.
- Pankhurst, C. L. (1997). Controversies in the aetiology of temporomandibular disorders. Part I. Temporomandibular disorders: All in the mind? *Primary Dental Care: Journal of the Faculty of General Dental Practitioners*, 4(1), 25–30.
- Perrini, F., Tallents, R. H., Katzberg, R. W., Ribeiro, R. F., Kyrkanides, S., & Moss, M. E. (1997). Generalized joint laxity and temporomandibular disorders. *Journal of Orofacial Pain*, 11(3), 215–221. <http://doi.org/10.11607/jofph.11215>
- Price, D. D. (2000). Psychological and neural mechanisms of the affective dimension of pain. *Science*, 288(5472), 1769–1772. <https://doi.org/10.1126/science.288.5472.1769>
- Proffit, W. R., & Fields, H. W. (2013). *Contemporary Orthodontics*. Elsevier/Mosby.
- Pullinger, A. G., Seligman, D. A., & Solberg, W. K. (1988). Temporomandibular disorders. Part II: Occlusal factors associated with temporomandibular joint tenderness and dysfunction. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 59(3), 363–367. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(88\)90191-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(88)90191-6)
- Raphael, K. G., Marbach, J. J., & Klausner, J. (2000). Myofascial face pain. Clinical characteristics of those with regional vs. Widespread pain. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 131(2), 161–171. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2000.0143>
- Roth, R. H. (1976). The maintenance system and occlusal dynamics. *Dental Clinics of North America*, 20(4), 761–788. [https://doi.org/10.1016/S0011-8532\(22\)00917-X](https://doi.org/10.1016/S0011-8532(22)00917-X)
- Roth, R. H. (1981). Functional occlusion for the orthodontist. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 15(1), 32–40, 44–51. Retrieved from <https://www.jco-online>.

com/archive/1981/01/32/

- Rugh, J. D., Woods, B. J., & Dahlström, L. (1993). Temporomandibular Disorders: Assessment of Psychological Factors. *Advances in Dental Research*, 7(2), 127–136. <https://doi.org/10.1177/08959374930070020301>
- Rutkiewicz, T., Könönen, M., Suominen-Taipale, L., Nordblad, A., & Alanen, P. (2006). Occurrence of clinical signs of temporomandibular disorders in adult Finns. *Journal of Orofacial Pain*, 20(3), 208–217. <https://doi.org/10.11607/jofph.20208>
- Ryan, D. E. (1993). Temporomandibular disorders. *Current Opinion in Rheumatology*, 5(2), 209. Retrieved from https://journals.lww.com/co-rheumatology/abstract/1993/05020/temporomandibular_disorders.14.aspx
- Salé, H., & Isberg, A. (2007). Delayed temporomandibular joint pain and dysfunction induced by whiplash trauma: A controlled prospective study. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 138(8), 1084–1091. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2007.0320>
- Selaimen, C. M. P., Jeronymo, J. C. M., Brillhante, D. P., Lima, E. M., Grossi, P. K., & Grossi, M. L. (2007). Occlusal risk factors for temporomandibular disorders. *The Angle Orthodontist*, 77(3), 471–477. Retrieved from <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/77/3/471/132161/Occlusal-Risk-Factors-for-Temporomandibular>
- Seligman, D. A., & Pullinger, A. G. (1991). The role of functional occlusal relationships in temporomandibular disorders: A review. *Journal of Craniomandibular Disorders: Facial & Oral Pain*, 5(4), 265–279. Retrieved from <https://research.ebsco.com/c/6s5zai/viewer/pdf/w3zef6dd2f?route=details>
- Solberg, W. K., Woo, M. W., & Houston, J. B. (1979). Prevalence of mandibular dysfunction in young adults. *Journal of the American Dental Association*, 98(1), 25–34. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.1979.0008>
- Solow, B., & Tallgren, A. (1976). Head posture and craniofacial morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 44(3), 417–435. <https://doi.org/10.1002/ajpa.1330440306>
- Suenaga, S., Ogura, T., Matsuda, T., & Noikura, T. (2000). Severity of synovium and bone marrow abnormalities of the temporomandibular joint in early rheumatoid arthritis: Role of gadolinium-enhanced fat-suppressed T1-weighted spin echo MRI. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 24(3), 461–465. <https://doi.org/10.1097/00004728-200005000-00020>
- Ting, J. (2006). Temporomandibular joint dislocation after use of a laryngeal mask airway. *Anaesthesia*, 61(2), 201–201. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2005.04526.x>
- Türp, J. C., Kowalski, C. J., O'Leary, N., & Stohler, C. S. (1998). Pain maps from facial pain patients indicate a broad pain geography. *Journal of Dental Research*, 77(6), 1465–1472. <https://doi.org/10.1177/00220345980770061101>
- Uotila, E. (1964). The temporomandibular joint in adult rheumatoid arthritis. A clinical

- cal and roentgenologic study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 22, Suppl 39:1-91.
- Utt, T. W., Meyers, C. E., Wierzba, T. F., & Hondrum, S. O. (1995). A three-dimensional comparison of condylar position changes between centric relation and centric occlusion using the mandibular position indicator. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 107(3), 298–308. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(95\)70146-x](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(95)70146-x)
- van der Waal, I. (1991). Non-plaque related periodontal lesions. An overview of some common and uncommon lesions. *Journal of Clinical Periodontology*, 18(6), 436–440. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051x.1991.tb02313.x>
- Visscher, C. M., Huddleston Slater, J. J., Lobbezoo, F., & Naeije, M. (2000). Kinematics of the human mandible for different head postures. *Journal of Oral Rehabilitation*, 27(4), 299–305. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2000.00518.x>
- Wilkes, C. H. (1989). Internal derangements of the temporomandibular joint. Pathological variations. *Archives of Otolaryngology--Head & Neck Surgery*, 115(4), 469–477. <https://doi.org/10.1001/archotol.1989.01860280067019>
- Williams, R. L. (1971). Occlusal treatment for the postorthodontic patient. *American Journal of Orthodontics*, 59(5), 431–442. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90079-0](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90079-0)
- Williamson, E. H. (1981). Dr. Eugene H. Williamson on occlusion and TMJ dysfunction. Interview by S. Brandt. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 15(5), 333–350. Retrieved from <https://www.jco-online.com/archive/1981/06/393/>
- Williamson, E. H., & Lundquist, D. O. (1983). Anterior guidance: Its effect on electromyographic activity of the temporal and masseter muscles. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 49(6), 816–823. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(83\)90356-6](https://doi.org/10.1016/0022-3913(83)90356-6)
- Yamada, K., Saito, I., Hanada, K., & Hayashi, T. (2004). Observation of three cases of temporomandibular joint osteoarthritis and mandibular morphology during adolescence using helical CT. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31(4), 298–305. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2003.01246.x>



Bölüm 5

ORTODONTİDE RETANSİYON

İrem Öztürk Kırkpınar¹, Ebru İlhan Koçak², Alaattin Tekeli³

1 Arş.Gör.İrem Öztürk Kırkpınar, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-9630-3708

2 Dr.Öğretim Üyesi Ebru İlhan Koçak, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID:0000-0003-1926-1828

3 Dr.Öğretim Üyesi Alaattin Tekeli, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0009-0002-0366-1659

1.GİRİŞ

Ortodontik tedavinin başarısı, yüz estetiği, oklüzyon ve stabilite ile ölçülmektedir (W. R. Proffit, Jr, & Sarver, 2012, s. 754). 20. yüzyılın başından beri, ortodontik müdahalelerle düzeltilen maloklüzyonların sonuçlarının korunması, literatürde tartışılan bir konudur ve bazı çalışmalarda retansiyon sorunları hastaların ortodontik tedavisindeki zorluklardan daha önemli olarak nitelendirilmiştir.(Case, 2003; Knierim, 1973). Ortodontik retansiyon, aktif ortodontik tedaviden sonra dişlerin düzeltilmiş konumlarında tutulmasını amaçlayan bir tedavi aşaması olarak tanımlanmaktadır (Littlewood, Millett, Doubleday, Bearn, & Worthington, 2006). Bu dönem, retansiyon dönemi ve retansiyon sonrası dönem olmak üzere iki alt faza ayrılabilir. Retansiyon fazında, periodontal ligamentin yenilenmesi ilk üç ile dört ay içinde gerçekleşmektedir. Dişeti kolajen ağının yeniden yapılması ise tipik olarak dört ile altı ay sürmektedir. Bununla birlikte elastik suprakrestal liflerin 232 güne kadar etkilenebildiği bildirilmiştir (Melrose & Millett, 1998). Retansiyon fazı, ortodontik tedavinin devamı olarak kabul edilir (Thilander, 2000). Retansiyon fazı tamamlandıktan sonra başlayan retansiyon sonrası faz ise, hastanın geri kalan yaşam süresini kapsamaktadır. Bu dönemde dişler, nöromusküler kuvvetler, dentoalveolar gelişim ve büyüme gibi faktörlere maruz kalmaktadır (Pratt, Kluemper, Hartsfield, Fardo, & Nash, 2011).

Little (R. M. Little, 1990; Robert M. Little, Riedel, & Artun, 1988) yaptığı araştırmalarda, uzun vadeli uyumun hem değişken hem de öngörülemez olduğunu göstermektedir. Ortodontik tedaviden on yıl sonra, hastaların oklüzyonlarına bakıldığında %40 ile %90 arasındaki bir oranda kabul edilemez bir diş dizilimine sahip olduğu bildirilmiştir (Thilander, 2000). Ark formundaki değişiklikler, büyüme, nöromusküler etkiler, kolajen veya elastik suprakrestal liflerdeki geri dönüş etkisi, dişlerdeki erüpsiyonlar, dentisyonun mezializasyonu ve yetersiz retansiyon süreleri, ortodontik tedavi sonrası dişlerin istenmeyen konumlanmasının potansiyel nedenleri olarak tanımlanmaktadır (Robert M. Little vd., 1988; Thilander, 2000).

Literatürde, aktif ortodontik tedavi sonrasında kullanılan retansiyon protokollerinde farklılıklar olduğu görülmektedir (Pratt vd., 2011; Wong & Freer, 2005). Tedavi sonrası stabiliteyi artırmak için Blake ve arkadaşları (Blake & Bibby, 1998) altı temel prensip önermişlerdir:

1. Hastanın tedaviden önce mevcut olan alt ark formuna sadık kalınmalıdır.
2. Alt arkta kaninler arası mesafenin korunmasına özen gösterilmelidir.
3. Mandibular ark uzunluğundaki azalmalar göz önünde bulundurulmalıdır.

4. En stabil alt kesici diş pozisyonu tedavi öncesi pozisyonu olarak kabul edilmelidir.

5. Fiberotomi rotasyonel relapsı azaltmada etkili bir yöntem olarak kullanılabilir.

6. Alt kesici diş reproximasyonu relapsı önlemeye yardımcı olabilir.

Melrose ve arkadaşları (Melrose & Millett, 1998), ortodontik retansiyon ve nüks ile ilgili kanıtları gözden geçirerek, periodontal dokular, orofasiyal yumuşak dokular, oklüzyon ve tedavi sonrası fasiyal gelişimden kaynaklanan dengeleyici kuvvetler oluştuğunda stabilizasyonun sağlanabileceğini vurgulamışlardır. Bazı ortodontistler ise nüksün önlenmesinin tek yolunun uzun süreli retansiyon olduğunu belirtmektedir (Robert M. Little vd., 1988).

2.RETANSİYON VE STABİLİTE

Ortodontik tedavi süresince kurulan mekanikler ile hareket ettirilen dişlerin, cerrahi tedavi ile yeniden konumlandırılması sağlanan veya fonksiyonel apareyler ile büyümesi yönlendirilen iskelet yapılarının eski hallerine geri dönme eğilimlerine relaps adı verilmektedir. Tedavi sonucunda ulaşılan uygun fonksiyonel ve estetik sonuçların stabilizasyonu amacıyla aktif ortodontik tedaviyi takip eden pasif tedavi aşamasına ise retansiyon adı verilmektedir. Retansiyonun tipi ve süresi pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar; dişlerin hareket miktarı, oklüzyon, maloklüzyonun sebebi, yapılan tedavinin hızı, hastanın yaşı, tüberkül yükseklikleri, çevre dokuların sağlığı, eğimli düzlemlerin ilişkisi, ark büyüklükleri ve arklar arasındaki uyum, kas basınçları, proksimal temas noktaları, hücrel metabolizma ve atmosferik basınç olarak sayılabilmektedir (Bister, 2005, ss. 1123-1151). Retansiyona ihtiyaç duyulmasının üç temel sebebi vardır:

1) Periodontal yapılar diş hareketlerinden etkilenirler ve tedavi sonrasında reorganize olmaları zaman alır.

2) Tedavi sonunda dişlerin stabil olmayan bir pozisyonda olduğu durumlarda yumuşak dokuların devamlı baskısı relapsa sebebiyet verebilir.

3) Büyüme nedeniyle meydana gelen değişimler tedavinin sonucunu etkileyebilir (William R. Proffit & Fields, 2000, ss. 597-614).

2.1.RETANSİYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

2.1.1.Gingival ve periodontal dokulardan kaynaklanan kuvvetlerin relaps üzerindeki etkisi

Ortodontik tedavi ile diş hareketi elde edildikten sonra periodonsiyumda rezidüel kuvvetlerin bulunduğu bildirilmektedir (King & Keeling, 1995; Moss, 1980; Tanne, Inoue, & Sakuda, 1995).Periodontal ligamentin yeniden yapılanması, tedaviden sonraki 3-4 ay içinde gerçekleşmektedir. (Reitan, 1967,

1969). Gingival kollajen lif ağının yeniden şekillenmesi 4-6 ay sürmektedir. Elastik suprakrestal fibriller ise 232 günden fazla süre düzensiz kalabilmektedir (Reitan, 1967). Bu durum, özellikle rotasyonlu dişlerin düzeltilmesi ve boşluk kapatılması sonrasında görülen nüksün en önemli nedenleri arasında sayılmaktadır. Alt keser, kanin ve ikinci küçük azı dişlerinin ise diğer dişlere kıyasla eski konumlarına dönme eğiliminin daha fazla olduğu bildirilmektedir. (Southard, Southard, & Tolley, 1992).

2.1.2. Orofasiyal dokulardan kaynaklanan kuvvetlerin relaps üzerindeki etkisi

Kasların çalışma şeklinin ortodontik tedavi ile değiştirilebildiği kanıtlanmış olup ortodontik tedavi sonrası stabiliteyi artırmak için kas fonksiyonlarındaki değişikliklerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu nedenle yumuşak dokunun koyduğu sınırlar dahilinde tedavi yapmak oldukça önem arz etmektedir (Fränkel & Fränkel, 1989; Mills, 1968; Moss, 1980).

Dişler çiğneme, konuşma, yutkunma sırasındaki kuvvetleri karşılar fakat hareket etmez. Bununla birlikte dişlere ortodontik apareyler ile devamlı bir kuvvet uygulanırsa, uygulanan kuvvet önceden var olan dengeyi değiştirir ve dişler hareket eder. Diş hareketine sebep olabilecek kuvvetlerde dengesizlik olup olmadığına bakıldığında sadece uzun süreli hafif kuvvetler (günde 6 saat veya üstü) bu konuda önem arz etmektedir. Dilin uyguladığı uzun süreli basınç ile dudak ve yanakların uyguladığı basınç arasındaki denge değiştiğinde diş hareketinin oluşabilmesi bu konuya örnek olarak gösterilebilmektedir (William R. Proffit & Fields, 2000, ss. 124-126). Yutma, çiğneme veya konuşma gibi fonksiyonlar esnasında görev alan yanak, dil veya dudak tarafından oluşturulan basınç, ortodontik diş hareketini sağlayabilecek seviyede olsa da bu kuvvetlerin süresi ark formunu değiştirmek için yeterli değildir (Mills, 1968; W. R. Proffit, 1978). Yumuşak dokuların istirahat halinde oluşturduğu basınç, nihai diş pozisyonunu ve tedavi stabilitesini belirlemektedir (Fränkel & Fränkel, 1989; Luffingham, 1969; W. R. Proffit, 1978).

2.1.3. Oklüzal faktörlerin relaps üzerindeki etkisi

Angle 1907'de yaptığı çalışmada, oklüzal faktörlerin tedavi sonrası stabilizasyon ile olan ilişkisini tanımlamıştır. Bu araştırmaya göre; çapraz kapanış düzeltilmesinden sonra olduğu gibi, dişlerin oklüzyon tarafından stabil halde tutulduğu vakalarda retansiyon apareylerine gerek duyulmamaktadır (Angle, 1907).

İyi bir interdijitasyona sahip oklüzyon, diş hareketini önlemektedir ve tedavi sonrası elde edilen Sınıf I molar ilişkisi, stabiliteye yardımcı olmaktadır (Harris & Behrens, 1988; Moss & Picton, 1974; Panherz, 1991).

2.1.4. Büyüme ve gelişimin relaps üzerindeki etkisi

Yüz yapılarının gelişimi, yaşam boyu devam etmekte ve bireyler arasında farklılıklar göstermektedir (R. G. Behrents, 1985a, 1985b). Büyümesi devam etmekte olan hastalarda, tedavi sonrasında tam bir iskeletsel ve dental stabiliteden bahsetmek doğru olmayacaktır. Hastanın tedavi sonrası büyüme paternine bağlı olarak vertikal, sagittal veya transversal iskeletsel boyutlarda relaps oluşabilmektedir (R. Behrents, Harris, Vaden, Williams, & Kemp, 1989; Herold, 1989; Lopez-Gavito, Wallen, Little, & Joondeph, 1985; Wieslander, 1993).

İyi interdijitasyona sahip oklüzyonlarda, tedavi sonrası dişler bu büyüme değişikliklerine dentoalveolar adaptasyon ile cevap vermektedir (R. Behrents vd., 1989; Schudy, 1974).

2.1.5. Üçüncü molar dişlerin relaps üzerindeki etkisi

3. molar dişlerin kesici diş çapraşıklığı üzerindeki etkisi uzun süredir araştırılmaktadır. Ancak, 3. molar dişler ile ortodontik relaps arasındaki ilişki tartışmalıdır ve klinik uygulamalarda 3. molar dişlerin profilaktik olarak çıkarılması konusunda farklılıklar bulunmaktadır (Fekci vd., 2009). Bu konuda literatürde hala bir fikir birliği sağlanamamıştır. Bazı çalışmalarda ortodontik tedavi görmüş hastalarda mandibular 3. molar dişlerin varlığının ya da yokluğunun ön çapraşıklığın tekrarlamasını etkilemediği bildirilirken (Castillo, Janson, Arriola-Guillén, Laranjeira, & Garib, 2018; Cotrin vd., 2020; Pithon, Baiao, Sant'Anna, Coqueiro, & Maia, 2017) diğer çalışmalarda bu dişlerin kesici dişlerin çapraşıklığına katkıda bulunabileceği bildirilmektedir (Cheng, Peng, Hsieh, & Tam, 2018; Husain & Rengalakshmi, 2021; Niedzielska, 2005).

Zachrisson (B. Zachrisson, 2005), ortodontik tedavi sonrası alt kesici diş çapraşıklığının etiolojisinin multifaktöriyel olduğunu belirtmiştir. Angle (Angle, 1907) interdijitasyon ile normal oklüzyonun kesici diş çapraşıklığının tekrarını önleyeceğini savunmaktadır. Ancak Vego (Vego, 1962), sürmekte olan alt 3. molar dişlerin komşu dişler üzerinde kuvvet uygulayabileceğini bildirmiştir. Yakın zamanda konik ışınli bilgisayarlı tomografi üzerinden yapılan bir çalışmanın sonuçları, çapraşıklığın multifaktöriyel etiyojijiye sahip karmaşık bir fenomen olmasıyla birlikte 3. molarların kesici diş çapraşıklığı üzerinde etkisi olduğunu öne sürmüştür (Husain & Rengalakshmi, 2021). Öte yandan, yakın zamanda yapılan bir meta-analiz ve sistematik derlemede, 3. molar dişleri olan hastalar ile bu dişlerin agenezisi olan hastalar arasında ortodontik tedavi sonrası kesici diş çapraşıklığı derecesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır (Pithon vd., 2017).

2.2.TEDAVİ TİPLERİNİN RELAPS ÜZERİNDEKİ ETKİSİ VE RETANSİYON PROSEDÜRLERİ

2.2.1.Çekimli ve çekimsiz tedavilerde retansiyon

Diş çekimi ile tedavi edilecek olan ortodontik vakalarda, çekim zamanlamasının relaps üzerindeki etkisi konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Diş çekimi gerektiren tedavilerde çekim zamanlamasının nüks miktarı açısından önemli olduğunu kabul eden çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca, erişkin hastalarda yapılan çekimlerin, çekimsiz tedaviye kıyasla daha stabil sonuçlar sağladığı bildirilmektedir (Degirmenci & Ozsoy, 2011; R. M. Little, Riedel, & Engst, 1990). Seri çekim hastalarında pekiştirme aşamasının uygulanması konusunda farklı fikirler bulunmaktadır. Tweed (Tweed, 1944), dişlerin erken dönemde düzenlenmesinin nüks olasılığını azalttığını belirtirken, bazı araştırmalar, seri çekimden yıllar sonra tekrar çapraşıklığın arttığını, ancak bu artışın ark boyunun kısılması veya interkanin mesafe ile ilgili olmadığını göstermiştir (Persson, Persson, & Skagius, 1989).

Persson ve arkadaşları (Persson vd., 1989) tarafından yapılan çalışmada, 42 hastada seri çekimden sonra çapraşıklığın 20 yıl içinde arttığını, ancak tedavi öncesi döneme göre daha az olduğu bulunmuştur. Tedavi aşamasında birinci ve ikinci premolar dişlerin çekiminin çapraşıklığa olan etkilerine bakıldığında ise iki grup arasında retansiyon sonrası oluşan çapraşıklık açısından farklılık bulunmadığı bildirilmektedir (McReynolds & Little, 1991).

Çekimsiz tedavilerde, kanin-kanin arası dişlerde uygulanan sabit retainer teller, günümüzde sıklıkla tercih edilen retansiyon yöntemlerinden biridir. Böylece, periodontal ve gingival liflerin yeniden düzenlenmesi sırasında, ön dişlerin başlangıç konumlarına dönmesi önlenebilmektedir. Çekimli vakalarda, bitirme aşamasında kök paralellikleri sağlanarak oluşabilecek büyük diş hareketlerinin engellenebileceği bildirilmektedir. Bununla birlikte bazı vakalarda tedavi sonrasında çekim boşluğuna komşu dişler arasında boşluk açıldığı görülebilmektedir. Bu durumda, Wraparound apareyi, dişlerin oklüzal uyumlanmasına izin verirken, dişler arasında boşluk açılmasını da önleyecektir. Bazı vakalarda ise birbirine doğru hareket eden dişler arasında dişeti sıkışması görülebilmektedir (Edwards, 1971).Bu aralıkta sıkışan fazla dişeti dokusu, boşluğun tamamen kapanmasına engel olabilir veya nükse neden olabilir. Böyle durumlarda fazla dişeti dokusunun cerrahi olarak uzaklaştırılması önerilmektedir (Acar, 2017).

2.2.2.Derin kapanış olgularının tedavisinde retansiyon

Derin kapanış vakalarında, nüks görülme oranları oldukça yüksek bulunmaktadır. Klinik gözlemler ve etiyoloji dikkate alındığında, üst keser dişlerin tedavi sonrası konumları ile dudak yumuşak dokularındaki dengesizlikler veya üst dudağın yüksek pozisyonu nedeniyle üst keserler üzerine uygulanan

artmış basınç, relaps oluşumunun temel nedenleri olarak değerlendirilmektedir (Lapatki, Klatt, Schulte-Mönting, Stein, & Jonas, 2004).

Retansiyon aşamasında, üst çeneye takılan ve alt kesici ile kanin dişlerin aşırı erüpsiyonunu engelleyecek şekilde damakta ısırma platformu içeren bir Hawley apareyinin, geceleri kullanımı önerilmektedir (Acar, 2017). Derin kapanış olgularında, posteriorda maksimum vertikal gelişim elde edilirken, anterior bölgede minimum overbite miktarının korunması için, diğer vakalara kıyasla daha uzun süreli retansiyon gerekebilmektedir (Schütz-Fransson, Bjerklin, & Lindsten, 2006).

2.2.3. Açık kapanış olgularının tedavisinde relaps

Lopez-Gavito ve arkadaşları (Lopez-Gavito vd., 1985), tedavi edilen açık kapanış vakalarının dokuz yıllık retansiyonun sonrasında vakalarının üçte birinden fazlasında en az 3 mm'lik relaps gözlemlendiğini bildirmiştir. Açık kapanış olgularında uzun süreli retansiyon önerilmekle birlikte, relaps sıklığı ile ilgili net veriler bildirilmemektedir. Bu hastalarda retansiyon aygıtı olarak arka ısırma blokları kullanılması önerilse de bu apareylerin uzun vadeli etkileri hakkında yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Açık kapanış olgularında uygun ortodontik tedaviden sonra positioner apareyi retansiyon amacıyla kullanılabilir (English, Akyalcin, Peltomäki, & Litschel, 2014).

2.2.4. Transvers yön anomalilerinin tedavisinde relaps

Hızlı üst çene genişletmesi tedavisi, ark formunu etkileyen önemli bir işlemdir. Tedavi sonrasında, 3-6 ay boyunca transpalatal ark gibi sabit retansiyon apareyleri veya genişletme apareyinin kendisi ile retansiyon sağlanması gerekmektedir (Cleall, Bayne, Posen, & Subtelny, 1965; Ekström, Henrikson, & Jensen, 1977). Daha sonra, yarı zamanlı kullanılan Hawley veya Essix plakları ile çenelerde elde edilen genişlemenin korunması sağlanmalıdır (English vd., 2014).

Storey (Storey, 1973) yaptığı çalışmada, süturalarda büyüme devam ederken yapılan yavaş genişletme tedavisinin en iyi stabiliteyi sağladığını bildirmektedir. Birçok yazar, yavaş ve sürekli kuvvetlerle gerçekleştirilen genişletmenin daha stabil sonuçlar verdiğini ve histolojik olarak distraksiyona benzediğini onaylamaktadır (Cotton, 1978; Hicks, 1978).

2.2.5. Sagittal yön anomalilerinin tedavisinde relaps

Sagittal yön uyumsuzluklarının tedavisinde, ideal büyüme dönemlerinde kullanılan fonksiyonel apareyler ile büyümenin yönlendirilmesi sağlanabilmektedir. Hastanın Sınıf II problemi ne kadar ciddi ise ve tedavinin sonlandırıldığı yaş ne kadar küçük olursa, retansiyon apareyi olarak headgear veya fonksiyonel aparey kullanımı da o kadar uygun olmaktadır (Degirmenci & Ozsoy, 2011).

Sınıf II maloklüzyona sahip ve apareyler ile tedavi edilmiş hastalarda, apareyler söküldükten sonra en azından hastanın büyümesi tamamlanana kadar geceleri aktivatör veya bionator gibi hareketli bir aparey kullanılması önerilir (Nanda & Nanda, 1992).Fonksiyonel apareyler veya Sınıf II elastikler ile yapılan tedavilerde, Sınıf I ilişki sağlandıktan sonra biraz daha tedaviye devam edilerek, dil, dudak ve periodontal ligament arasındaki dengelerin yeniden kurulmasına izin verilmelidir. Elastik kullanımı yavaş yavaş azaltılarak sonlandırılmalı ve sökümünden önce birkaç ay elastik kullanımına tamamen ara verilerek, dil ve dudağın yeni dişsel konumlara alışması sağlanmalıdır (English vd., 2014).

Sınıf III maloklüzyon tedavilerinde retansiyon, önemli bir sorundur (Degirmenci & Ozsoy, 2011). Alt çene büyümesinin, özellikle erkeklerde 20 yaşına kadar devam ettiği düşünüldüğünde, elde edilen düzelmelerin korunması zaman zaman zor olabilmektedir. Yüz maskesi tedavisi sırasında, mandibulanın büyüme potansiyeli dikkate alınarak, Sınıf II ilişki oluşacak şekilde aşırı düzeltim yapılması bir önlem olarak önerilmektedir (Westwood, McNamara, Baccetti, Franchi, & Sarver, 2003).Yüz maskesinden sonra sabit tedaviye başlanana kadar, geceleri Frankel III veya mandibuler retraktör gibi fonksiyonel apareyler ya da yüz arkı kaydı ve artikülator transferi ile hazırlanan gnatolojik “positioner” apareyleri kullanılabilir (Acar, 2017). Çenelik ile yapılan retansiyonla, mandibula aşağı ve geriye doğru rotasyon yapar. Hastanın büyüme yönü vertikal ise, çenelik alt yüz yüksekliğini daha da arttıracığından, istenmeyen bir sonuç ortaya çıkabilmektedir (Degirmenci & Ozsoy, 2011). Yüz maskesi, kamufraj tedavisi veya ortognatik cerrahi uygulanacak vakalarda, doğru endikasyon konulması ve büyüme tamamlanana kadar uygun apareyler ile retansiyon sağlanması, tedavi sonrasındaki başarı ve kalıcılık oranını artırmaktadır (Acar, 2017).

3. PEKİŞTİRME TEDAVİSİ

Başarılı bir ortodontik tedavi sonucunda, dişler en ideal konumlarına ulaştırılmaktadır. Bu yeni diş pozisyonlarının korunması gerekmektedir (Bresonis & Grewe, 1974).Aktif ortodontik tedavi ile elde edilen başarılı sonuçların, tekrar tedavi öncesi haline dönmemesi için uygulanan pasif tedavi aşamasına, ‘pekiştirme tedavisi’ denilmektedir (Degirmenci & Ozsoy, 2011).

Aktif ortodontik tedavi sonrasında, dişlerin ideal konumlarında stabil kalabilmesi için uygulanan retansiyon tedavisinin gerekliliği ve önemi, hastalara tedaviye başlamadan önce açıklanmalıdır. Kullanılacak retansiyon apareyi seçilirken, hastanın büyüme aşaması, periodontal sağlığı, uygulanan tedavinin türü, başlangıç maloklüzyonu ve hastanın uyumu göz önünde bulundurulmalıdır (Melrose & Millett, 1998).

3.1.Pekiştirme Apareyi

3.1.1.Sabit retansiyon apareyi

Sabit retansiyon apareyi (retainer), ilk olarak 1965 yılında Newman tarafından kullanılmıştır (Newman, 1965). Dişlerin ideal konumlarını korurken, fizyolojik hareketlerine de izin vermesi, bu apareyinin önemli özelliklerinden biridir (Atack, Harradine, Sandy, & Ireland, 2007).

Sabit retansiyon apareylerinin endikasyonları arasında; tedavi öncesi şiddetli alt kesici diş çapraşıklığı veya rotasyonu bulunan vakalar, alt interkanin genişliğinde planlı değişikliklerin yapıldığı vakalar, tedavi sırasında alt kesici dişlerin ilerletildiği vakalar ve derin kapanışın düzeltildiği vakalar örnek gösterilebilmektedir (Lee, 1981).

Sabit retansiyon apareylerinde farklı tipteki teller ve kompozitler kullanılmaktadır. Zachrisson'un ilk kez 1977'de tanıttığı, paslanmaz çelikten yapılmış çok esnek bir telin, 6 anterior dişe tutturulmasıyla oluşan retainer, uzun süre popüler kalmıştır. 0.027 inçlik esnek spiral telden oluşan bu retainerden sonra, Zachrisson 3 tip retainer daha tanıtmıştır. Birinci nesil retainerler, 0.032 - 0.036 inçlik "Blue Elgily" telden üretilmiştir. Kanin dişlerin lingual yüzeylerinde sonlanım bölgelerine U şeklinde bükümler yapılmıştır. İkinci nesil retainerler, 1983'te bu tasarımın yerini, 2 veya 3 sarımlı 0.032 inçlik esnek tellere bırakmıştır. Bu tip retainerlerde, spiral yapı yeterli retansiyonu sağlayacağından, telin sonlanım bölgesine U bükümü yapılmamıştır. Adaptasyon ise daha kolaydır. Üçüncü nesil retainerler ise kısa sürede önemli klinik sonuçlar sağlamıştır. Çok sarımlı tellerin, fizyolojik diş hareketlerine izin verme yetenekleri nedeniyle popüleritesi artmaktadır. Esnek sabit retansiyon apareyleri, median diastema, aralıklı ön dişler, diş migrasyonu, maksiller kesici dişlerin kaybı ve ardından boşluk kapanması, yeniden boşluk açılması, rotasyonlu maksiller kesici dişler ve palatal olarak gömülü köpek dişleri vakalarında önerilmektedir (B. Zachrisson, 2008).

Yapıştırılmış sabit tutucuların başarısızlık oranları %10 ile %47 arasında değişmektedir. Üst çenede oluşan başarısızlık oranının alt çenedeki başarısızlık oranına göre iki kat fazla bulunduğu bildirilmektedir (Bearn, 1995) Stormann ve Ehmer (Störmann & Ehmer, 2002), sadece kaninlere yapıştırılmış (iki dişe yapıştırılmış) tutucuları, farklı boyutlardaki kanin-kanin arası yapıştırılmış (altı dişe yapıştırılmış) tutucularla karşılaştırarak incelemişlerdir. Kanin-kanin arası tutucuların daha düşük bir ayrılma oranı sergilediği bulunmuştur. Kanin-kanin arası tutucuların bulunduğu dentisyonda kesici dişlerin daha stabil olduğu bildirilmektedir. Ayrıca hastalar sadece kaninlere yapıştırılmış tutucularda daha yüksek oranda subjektif rahatsızlık bildirmişlerdir. Tüm sabit tutucu tiplerinde plak birikiminin artmış olduğu gösterilmiştir (Störmann & Ehmer, 2002).

Çok sarımlı ve yuvarlak tel bağlantılı lingual tutucuların dişeti sağlığı, plak birikimi ve dentisyonun stabilitesi etkileri üzerine yapılan bir çalışmada, çok sarımlı tutuculara sahip bireylerde alt ön bölgedeki dişlerin distal yüzeylerinde daha fazla plak birikimi olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, bu tip tutucuların kesici dişlerin hizalamasını korumada daha etkili olduğu bildirilmektedir (Al-Nimri, Habashneh, & Obeidat, 2009).

3.1.2.Hawley Apareyi

Charles Hawley tarafından 1900'lü yıllarda tasarlanan Hawley apareyi, hareketli pekiştirme apareyi türlerinden biridir ve günümüze çeşitli modifikasyonlarla aktarılmıştır. Her ne kadar hem üst çene hem de alt çenede kullanılabilse de genellikle üst çenede kullanımı tercih edilmektedir (Hawley, 1919).

Hawley tutucuların endikasyonları arasında derin kapanış vakaları (anterior kapanış plağı eklenmesi), anterior dişlerin minör hareketi , transvers genişlemelerin stabil tutulması ve kapanışın oturtulması yer almaktadır (Kumar & Bansal, 2011; Rinchuse, Miles, & Sheridan, 2007; Rowland vd., 2007). Hawley tutucular dayanıklıdır ve nispeten uzun ömürlüdür(Wong & Freer, 2005). Kumar ve arkadaşları (Kumar & Bansal, 2011) hastaların Hawley tutucular kullanırken çiğneme ve ısırma işlemlerini kolayca gerçekleştirebildiklerini ve altı aylık retansiyondan sonra stabilitenin Essix tutucularla benzer olduğunu bildirmiştir. Kulak ve arkadaşları, bu tutucuların konuşmayı engellediğini, ancak dilin zamanla yeni pozisyona uyum sağladığını belirtmiştir (Kayıkcı, Akan, Ciger, & Ozkan, 2012).

3.1.3.Essix tutucular

Essix tutucular çeşitli plastik malzemelerden üretilmektedir. A tipi malzemeler daha estetik ancak yırtılma ve çatlama eğilimindedir. Tip C malzemeler ise daha dayanıklıdır ancak mekanik tutuculukları Tip A kadar iyi değildir. Tip Ace malzemeler ise diğer iki malzemenin olumlu özelliklerini bir araya getirir, fakat renkleri bozulmaya eğilimlidir ve Tip C kadar dayanıklı değildir (Rinchuse vd., 2007). Essix tutucuların kullanım endikasyonları arasında, özellikle posteriorda rotasyonları tutmak, estetik kaygısı olan hastalarda tutuculuk sağlamak, açık kapanış vakaları ve küçük diş hareketi gerektiren vakalar yer almaktadır (Rinchuse vd., 2007; Sheridan, LeDoux, & McMinn, 1993) .

Millett ve arkadaşları (Dental and Periodontal Health with Bonded or Vacuum-formed Retainers IADR Abstract Archives, t.y.), mandibular arkta sabit retansiyon apareyi ve Essix tutucuları kullanarak alt kesici dişlerin hizalanması ve periodontal sağlık açısından nüks sonuçlarını değerlendirmişlerdir. Hastalar sabit retansiyon apareyini, klinisyenler ise Essix tutucuları tercih etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Essix tutucuların daha kolay kaybedilmesi veya kırılması nedeniyle nüks oranı sabit retansiyon apareyelerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca, sabit retansiyon apareyinin kullanıldığı grupta Essix tu-

tutucuların kullanıldığı gruba kıyasla dişeti iltihabı ve periodontal ceplerin hafif derecede arttığı gözlenmiştir. Her iki grupta da alt kesici diş bölgesinde çürük oranı artmamıştır. Essix tutucuların ve Hawley apareyinin karşılaştırıldığı randomize klinik kontrollü bir çalışmada ise hastaların Hawley tutucuları Essix tutucularla kıyasladıklarında, Essix tutucuları tercih ettikleri görülmüştür. Nüks önleme açısından maksiller arkta tutucu tipleri arasında bir fark bulunmamaktadır. Ancak mandibular arkta, Essix tutucuların kullanım uyumunun artmasından dolayı Hawley apareyine göre nüksü önlemede daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Rowland vd., 2007).

3.1.4. Positioner

Positioner, maksiller ve mandibular arkı birlikte kaplayan elastik bir tutucu apareydir. Genellikle debonding(braketlerin ve adeziv rezinin diş yüzeyinden uzaklaştırılması) öncesi son aparey olarak kullanılmaktadır ve retansiyon apareyi olarak da tercih edilebilmektedir. Positionerlar, özel üretim şeklinde veya prefabrike formlarda üretilebilmektedir. Bu apareyin avantajı oklüzal ilişkiyi ve karşı çenedeki dişlerin konumunu başarılı bir şekilde korumasıdır (William R. Proffit & Fields, 2000, ss. 579-596). Dezavantajı ise hacimli olması nedeniyle kullanımının güç olmasıdır. Açık kapanışı bulunan hastalarda tedaviden sonra posterior dişlerde oklüzal kuvvet oluşturacağı için tutucu olarak seçilebileceği bildirilmektedir (Degirmenci & Ozsoy, 2011). Uzun dönemli bir çalışmada positioner maksiller arkta Essix tutucular ile mandibular arkta ise sabit retansiyon apareyi ile karşılaştırılmıştır. Positioner apareyinin uzun vadede mandibular kesici diş düzenini ve maksiller interkanin mesafeyi korumada diğer yöntemlere kıyasla daha az başarı gösterebileceği, ancak kalıcı dişlenme döneminde tutucu olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır (Tynelius, Petré, Bondemark, & Lilja-Karlander, 2015).

3.1.5. Wraparound

Wraparound apareyi, retansiyon sürecinde tercih edilebilen hareketli tutucu apareyler arasında yer almaktadır. Her iki tarafta da azı dişlerinin distalleri arasında uzanan 0.7 mm paslanmaz çelik telden oluşur ve akrilik gövdeye bağlanır. Dişler arasındaki tel uzun bir parça olduğu için daha kolay deforme olabilmektedir. Aparey dişlerin oklüzal yüzeyini örtmediğinden, vertikal yönde oluşabilecek diş hareketlerine ve oklüzyonun yerleşmesine izin verme konusunda Hawley apareyine benzer bir avantaja sahiptir (William R. Proffit & Fields, 2000, ss. 579-596)

3.2. TEDAVİ TIPLERİNE GÖRE PEKİŞTİRME SÜRELERİ

3.2.1. Sınırlı süre retansiyonun gerektiği olgular (Graber & Vanarsdall, 1994)

- a. Seri çekim veya tek diş çekiminin gerekli olduğu vakalar
- b. Gömülü dişin sürdürüldüğü vakalar

- c. Çapraz kapanış(ön/yan) tedavisinin uygulandığı vakalar
- d. Üst çene gelişiminin sınırlandırıldığı vakalarda sınırlı süre pekiştirme tedavisi uygulanmalıdır.

3.2.2.Orta süreli retansiyonun gerektiği olgular (Graber & Vanarsdall, 1994)

- a. Sınıf I veya Sınıf II derin kapanışa sahip vakalarda
- b. Sınıf I çekimsiz olgularda anterior protruziyonun bulunması durumunda, yumuşak doku adaptasyonu sağlanana kadar retansiyon tedavisine devam edilmelidir.
- c. Sınıf I ve Sınıf II çekimli olgularda, yumuşak doku adaptasyonu sağlanana kadar retansiyon tedavisine devam edilmelidir. Fonksiyonel adaptasyon oluşana dek üst çenede Hawley apareyi tam zamanlı olarak kullanılmalıdır. İlerleyen zamanlarda ise gece, haftada bir veya iki kez kullanıma geçilmesi ve aparey kullanımının zamanla azaltılarak bırakılması önerilmektedir.
- d. Ektopik veya süpernumerer dişlerin bulunduğu olgularda orta süreli pekiştirme tedavisi önerilmektedir.

3.2.3.Uzun süreli retansiyonun gerektiği olgular (Graber & Vanarsdall, 1994)

- a. Dudak damak yarığına sahip olgular
- b. Polidiastema olguları
- c. Dişlerde şiddetli rotasyonların var olduğu olgular
- d. Çenelerde genişletmenin yapıldığı olgular
- e. Median diastema varlığının bulunduğu olgularda uzun süreli pekiştirme tedavisi önerilmektedir.

4.YARDIMCI RETANSİYON ÖNLEMLERİ

4.1.Sirkumferansiyel Fiberotomi

Sirkumferansiyel fiberotomi, elastik suprakrestal liflerin neden olduğu nüksleri önleyen bir cerrahi prosedürdür ve 1970 yılında Edwards tarafından tanımlanmıştır (Edwards, 1970). İşlem, lokal anestezi altında dişeti liflerinin bistüri ile ayrılması prensibine dayanır. Temel endikasyonu tedavi öncesi dişlerin rotasyonlu olduğu durumlardır (Edwards, 1988). Çalışmalar, sirkumferansiyel fiberotomin rotasyonlu dişlerdeki nüksü önlemede diğer diş hareketi türlerine göre daha başarılı olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada, sirkumferansiyel fiberotomi uygulanan hastalar, uygulanmayanlara kıyasla uzun süreli takiplerde daha az nüks göstermiştir. Prosedür, aktif periodontal hastalığı olan, yetersiz diş eti bağlanması veya kötü ağız hijyeni olan hastalar için kontrendikedir. Literatürde, özenle seçilmiş vakalarda doğru teknikle uygulandığında bu işlemin periodontal hasara yol açmadığı vurgulanmaktadır (Edwards, 1988; Kaplan, 1977). Sirkumferansiyel fiberotominin lazer ile yapılması mümkündür ve bu teknikte hasta konforunun daha iyi olduğu bildirilmektedir. Bu

yöntem, nüksü önleme açısından geleneksel yöntemler kadar etkilidir ve ayrıca daha az ağrı ve kanamaya neden olmaktadır (Jahanbin, Ramazanzadeh, Ahrari, Forouzanfar, & Beidokhti, 2014).

Sirkumferansiyel fiberotomi için ideal zamanlama, tedavi sonrasıdır çünkü apareyler çıkarıldıktan ve ortodontik apareylere bağlı diş eti iltihabı azaldıktan sonra bölgeye daha kolay ulaşabilmek mümkün olmaktadır (Boese, 1980; Kaplan, 1977). Papilla split yöntemi, sirkumferansiyel fiberotomiye bir alternatiftir. Bu prosedür, rotasyonlara bağlı relapsı önlemek için bukkal ve lingual bölgede dişeti sınırının hemen altında 1-2 mm'lik dikey bir papilla kesisi ile elde edilir. Dişeti çekilmesi riski, sirkumferansiyel fiberotomiye göre daha az olduğu için papilla split yöntemi estetik bölgelerde endike olmaktadır. Ancak, sirkumferansiyel fiberotomi yönteminde de bu risk çok düşük bulunmaktadır (D.M. Proffit & Sarver, 2018, ss. 556-578).

4.2. İnterproksimal mine redüksiyonu

İnterproksimal Mine Redüksiyonu (IPR), kontakt noktalarından mine kaldırılarak dişlerin meziodistal boyutunun azaltılması olarak tanımlanabilir. IPR, ortodontik tedavilerde yer kazanma yöntemidir ve stripler, diskler ve frezler kullanılarak uygulanabilmektedir. Özellikle mandibular kesici diş çapraşıklıklarının düzeltilmesinde sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. IPR ile ortodontik tedavi sırasında, diş dizilimi mine redüksiyonu yoluyla boşluk yaratmaktan oluşur ve diş proklinasyonu en aza indirilir. Ayrıca IPR sonrasında temas alanları artar. Bu iki faktörün tedavi stabilitesini artırdığı düşünülmektedir (Boese, 1980; D.M. Proffit & Sarver, 2018, ss. 579-596). Debonding aşamasında mandibular anterior bölgeye uygulanan IPR'nin, diğer retansiyon protokollerine kıyasla retansiyon üzerinde benzer etkilere sahip olduğu uzun süreli takibi olan randomize kontrollü bir çalışma ile gösterilmiştir (Tynelius vd., 2015). IPR sırasında diş morfolojisinin korunması önemlidir. Eğer ilgili bölgeye ulaşılamıyorsa, öncelikle dişlerin hizalanması gerekebilir.

Mine redüksiyonunun miktarı, diş hassasiyeti ve oluşabilecek çürüğün önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Her diş için, dişin bir tarafından yaklaşık 0,25 mm olmak üzere maksimum 0,5 mm'lik bir redüksiyon önerilir (Florman & Echarri, 2010; Paskow, 1970). Mine redüksiyonu için uygunluk değerlendirilirken diş formu da göz önünde bulundurulmalıdır. Üçgen şekilli dişler, yer sağlama açısından köşeli şekilli dişlere göre daha uygundur (Florman & Echarri, 2010). İyatrogenik hasarı önlemek için keskin bölgelerin yuvarlatılması ve minenin parlatılması önemlidir. Yapılan çalışmalarda, IPR uygulanan ve uzun süre takip edilen hastalarda diş hassasiyeti, periodontal problemler ve çürük riskinde artış olmadığı gösterilmiştir (B. U. Zachrisson, Nyøyggaard, & Mobarak, 2007). Ayrıca, Arman ve ark (Arman vd., 2006) IPR işlemlerinin mine yüzeyini önemli ölçüde pürüzlendirdiğini, ancak polisaj diskleri kullanıldığında yüzey pürüzlülüğünün önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

KAYNAKÇA

- ACAR, Y. B. (2017). Maloklüzyon Tipine Göre Retansiyon. *Türkiye Klinikleri Ortodonti - Özel Konular*, 3(2), 79-81.
- Al-Nimri, K., Habashneh, R. A., & Obeidat, M. (2009). Gingival health and relapse tendency: A prospective study of two types of lower fixed retainers. *Australian orthodontic journal*, 25(2), 142-146. <https://doi.org/10.2478/AOJ-2009-0021>
- Angle, E. H. (1907). *Treatment of malocclusion of the teeth. Angle's system. 7th ed., greatly enl. And entirely rewritten, with six hundred and forty-one illustrations.* Philadelphia: S.S. White dental manufacturing Co.
- Arman, A., Cehreli, S. B., Ozel, E., Arhun, N., Çetinşahin, A., & Soyman, M. (2006). Qualitative and quantitative evaluation of enamel after various stripping methods. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 130(2), 131.e7-131.e14. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2006.01.021>
- Atack, N., Harradine, N., Sandy, J. R., & Ireland, A. J. (2007). Which way forward? Fixed or removable lower retainers. *The Angle orthodontist*, 77(6), 954-959. <https://doi.org/10.2319/103106-449.1>
- Bearn, D. R. (1995). Bonded orthodontic retainers: A review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 108(2), 207-213. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(95\)70085-4](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(95)70085-4)
- Behrents, R. G. (1985a). *An atlas of growth in the aging craniofacial skeleton.*
- Behrents, R. G. (1985b). *Growth in the aging craniofacial skeleton.*
- Behrents, R., Harris, E. F., Vaden, J., Williams, R., & Kemp, D. (1989). Relapse of orthodontic treatment results: Growth as an etiologic factor. *Journal of the Charles H. Tweed International Foundation.*
- Bister, D. (2005). *Orthodontics. Current principles & techniques, 4th edition (2005):* Authors: Thomas M. Graber, Robert L. Vanarsdall Jr and Katherine W. L. Vig * Publisher: Elsevier, St Louis, Missouri, USA * Price: {pound}117.00 * ISBN: 0-323-02621-4. *The European Journal of Orthodontics*, 28. <https://doi.org/10.1093/ejo/cji127>
- Blake, M., & Bibby, K. (1998). Retention and stability: A review of the literature. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 114(3), 299-306. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(98\)70212-4](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(98)70212-4)
- Boese, L. R. (1980). Fiberotomy and reproximation without lower retention, nine years in retrospect: Part I. *The Angle Orthodontist*, 50(2), 88-97. <https://doi.org/10.1093/ajorth/50.2.88>

g/10.1043/0003-3219(1980)050<0088:FARWLR>2.0.CO;2

- Bresonis, W. L., & Grewe, J. M. (1974). Treatment and posttreatment changes in orthodontic cases: Overbite and overjet. *Angle Orthodontist*, 44(4), 295-299. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(75\)90074-3](https://doi.org/10.1016/0002-9416(75)90074-3)
- Case, C. S. (2003). Principles of retention in orthodontia. 1920. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 124(4), 352-361. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(03\)00541-9](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(03)00541-9)
- Castillo, A. A.-D., Janson, G., Arriola-Guillén, L. E., Laranjeira, V., & Garib, D. (2018). Effect of posterior space discrepancy and third molar angulation on anterior overbite. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 154(4), 477-486. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2017.12.014>
- Cheng, H. C., Peng, B. Y., Hsieh, H. Y., & Tam, K. W. (2018). Impact of third molars on mandibular relapse in post-orthodontic patients: A meta-analysis. *Journal of dental sciences*, 13(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/J.JDS.2017.10.005>
- Cleall, J. F., Bayne, D. I., Posen, J. M., & Subtelny, J. D. (1965). Expansion of the mid-palatal suture in the monkey. *The Angle Orthodontist*, 35, 23-35. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1965\)035<0023:EOTMSI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1965)035<0023:EOTMSI>2.0.CO;2)
- Cotrin, P., Freitas, K. M. S., Freitas, M. R., Valarelli, F. P., Cançado, R. H., & Janson, G. (2020). Evaluation of the influence of mandibular third molars on mandibular anterior crowding relapse. *Acta odontologica Scandinavica*, 78(4), 297-302. <https://doi.org/10.1080/00016357.2019.1703142>
- Cotton, L. A. (1978). Slow maxillary expansion: Skeletal versus dental response to low magnitude force in *Macaca mulatta*. *American journal of orthodontics*, 73(1), 1-23. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(78\)90098-2](https://doi.org/10.1016/0002-9416(78)90098-2)
- Degirmenci, Z., & Ozsoy, O. (2011). Sabit ortodontik tedavi sonrası retansiyon. *Cumhuriyet Dental Journal*, 12(1), 83-90.
- Millett, D. T., McDermott, P., Field, D., Erfia, I., Doubleday, B., Vandenheuvel, A., & Cronin, M. (2008). Dental and periodontal health with bonded or vacuum-formed retainer. In *IADR Conference Abstract (Vol. 3168)*.
- D.M. Proffit, B., W. R. , Fields, H. W. , Larson & Sarver. (2018). *Contemporary orthodontic (Proffit, 2018)*. Elsevier Health Sciences., 5-24.
- Edwards, J. G. (1970). A surgical procedure to eliminate rotational relapse. *American journal of orthodontics*, 57(1), 35-46. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(70\)90203-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(70)90203-4)
- Edwards, J. G. (1971). The prevention of relapse in extraction cases. *American journal of orthodontics*, 60(2), 128-141. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90029-7)

- Edwards, J. G. (1988). A long-term prospective evaluation of the circumferential supra-crestal fiberotomy in alleviating orthodontic relapse. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 93(5), 380-387. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(88\)90096-0](https://doi.org/10.1016/0889-5406(88)90096-0)
- Ekström, C., Henrikson, C. O., & Jensen, R. (1977). Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. *American journal of orthodontics*, 71(4), 449-455. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(77\)90248-2](https://doi.org/10.1016/0002-9416(77)90248-2)
- English, J. D., Akyalcin, S., Peltomäki, T., & Litschel, K. (2014). *Mosby's Orthodontic Review—E-Book*. 368.
- Fekci, E. T., Svenskb, D., Kallunki, J., Huggare, J., Lindauer, S. J., & Laskin, D. M. (2009). Opinions of American and Swedish orthodontists about the role of erupting third molars as a cause of dental crowding. *The Angle orthodontist*, 79(6), 1139-1142. <https://doi.org/10.2319/091708-481R.1>
- Florman, M., & Echarri, P. (2010). *Creating Space with Interproximal Reduction*.
- Fränkel, R., & Fränkel, C. (1989). *Orofacial Orthopedics with the Function Regulator*. <https://doi.org/10.1159/ISBN.978-3-318-05400-2>
- Graber, T. M., & Vanarsdall, R. L. (1994). *Orthodontics: Current principles and techniques* (2nd ed). St. Louis: Mosby.
- Harris, E. F., & Behrents, R. G. (1988). The intrinsic stability of Class I molar relationship: A longitudinal study of untreated cases. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 94(1), 63-67. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(88\)90452-0](https://doi.org/10.1016/0889-5406(88)90452-0)
- Hawley, C. A. (1919). A removable retainer. *International Journal of Orthodontia and Oral Surgery* (1919), 5(6), 291-305. [https://doi.org/10.1016/S1072-348X\(19\)80039-6](https://doi.org/10.1016/S1072-348X(19)80039-6)
- Herold, J. S. (1989). Maxillary expansion: A retrospective study of three methods of expansion and their long-term sequelae. *British journal of orthodontics*, 16(3), 195-200. <https://doi.org/10.1179/BJO.16.3.195>
- Hicks, E. P. (1978). Slow maxillary expansion. A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. *American journal of orthodontics*, 73(2), 121-141. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(78\)90183-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(78)90183-5)
- Husain, S., & Rengalakshmi, S. (2021). Correlation between mandibular third molar and mandibular incisor crowding: A retrospective CBCT-based study. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects*, 15(4), 247-250. <https://doi.org/10.34172/JODDD.2021.040>
- Jahanbin, A., Ramazan-zadeh, B., Ahrari, F., Forouzanfar, A., & Beidokhti, M. (2014). Effectiveness of Er:YAG laser-aided fiberotomy and low-level laser therapy in alleviating relapse of rotated incisors. *American journal of orthodontics and*

dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics, 146(5), 565-572. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2014.07.006>

- Kaplan, R. G. (1977). Supracrestal fiberotomy. *The Journal of the American Dental Association*, 95(6), 1127-1132. <https://doi.org/10.14219/JADA.ARCHIVE.1977.0214>
- Kayikci, M. E. K., Akan, S., Ciger, S., & Ozkan, S. (2012). Effects of Hawley retainers on consonants and formant frequencies of vowels. *The Angle orthodontist*, 82(1), 14-21. <https://doi.org/10.2319/032911-226.1>
- King, G. J., & Keeling, S. D. (1995). Orthodontic bone remodeling in relation to appliance decay. *The Angle orthodontist*, 65(2), 129-140. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1995\)065](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1995)065)
- Knierim, R. W. (1973). Invisible lower cuspid to cuspid retainer. *The Angle Orthodontist*, 43(2), 218-220. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1973\)043<0218:ILCTCR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1973)043<0218:ILCTCR>2.0.CO;2)
- Kumar, A. G., & Bansal, A. (2011). Effectiveness and acceptability of Essix and Begg retainers: A prospective study. *Australian orthodontic journal*, 27(1), 52-56. <https://doi.org/10.2478/AOJ-2011-0010>
- Lapatki, B. G., Klatt, A., Schulte-Mönting, J., Stein, S., & Jonas, I. E. (2004). A retrospective cephalometric study for the quantitative assessment of relapse factors in cover-bite treatment. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*, 65(6), 475-488. <https://doi.org/10.1007/S00056-004-0412-1>
- Lee, R. T. (1981). The lower incisor bonded retainer in clinical practice: A three year study. *British journal of orthodontics*, 8(1), 15-18. <https://doi.org/10.1179/BJO.8.1.15>
- Little, R. M. (1990). Stability and relapse of dental arch alignment. *British journal of orthodontics*, 17(3), 235-241. <https://doi.org/10.1179/BJO.17.3.235>
- Little, R. M., Riedel, R. A., & Engst, E. D. (1990). Serial extraction of first premolars—postretention evaluation of stability and relapse. *The Angle orthodontist*, 60(4), 255-262. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1990\)060](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1990)060)
- Little, Robert M., Riedel, R. A., & Artun, J. (1988). An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 93(5), 423-428. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(88\)90102-3](https://doi.org/10.1016/0889-5406(88)90102-3)
- Littlewood, S. J., Millett, D. T., Doubleday, B., Bearn, D. R., & Worthington, H. V. (2006). Orthodontic retention: A systematic review. <https://doi.org/10.1179/146531205225021624>
- Lopez-Gavito, G., Wallen, T. R., Little, R. M., & Joondeph, D. R. (1985). Anterior

- open-bite malocclusion: A longitudinal 10-year postretention evaluation of orthodontically treated patients. *American journal of orthodontics*, 87(3), 175-186. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(85\)90038-7](https://doi.org/10.1016/0002-9416(85)90038-7)
- McReynolds, D. C., & Little, R. M. (1991). Mandibular second premolar extraction-postretention evaluation of stability and relapse. *The Angle orthodontist*, 61(2), 133-144. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1991\)061](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1991)061)
- Melrose, C., & Millett, D. T. (1998). Toward a perspective on orthodontic retention?
- Mills, J. R. (1968). The stability of the lower labial segment. A cephalometric survey. *The Dental practitioner and dental record*, 18(8), 293-306. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(68\)90010-9](https://doi.org/10.1016/0002-9416(68)90010-9)
- Moss, J. P. (1980). The soft tissue environment of teeth and jaws. Experimental malocclusion: Parts 2 and 3. *British journal of orthodontics*, 7(4), 205-216. <https://doi.org/10.1179/BJO.7.4.205>
- Moss, J. P., & Picton, D. C. A. (1974). The effect on approximal drift of cheek teeth of dividing mandibular molars of adult monkeys (*Macaca irus*). *Archives of oral biology*, 19(12). [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(74\)90254-4](https://doi.org/10.1016/0003-9969(74)90254-4)
- Nanda, R. S., & Nanda, S. K. (1992). Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: Is active retention needed? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 101(4), 297-302. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)80321-X](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(05)80321-X)
- Newman, G. V. (1965). Epoxy adhesives for orthodontic attachments: Progress report. *American journal of orthodontics*, 51(12), 901-912. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(65\)90203-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(65)90203-4)
- Niedzielska, I. (2005). Third molar influence on dental arch crowding. *European journal of orthodontics*, 27(5), 518-523. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJI045>
- Pancherz, H. (1991). The nature of Class II relapse after Herbst appliance treatment: A cephalometric long-term investigation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics: official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 100(3), 220-233. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(91\)70059-6](https://doi.org/10.1016/0889-5406(91)70059-6)
- Paskow, H. (1970). Self-alignment following interproximal stripping. *American journal of orthodontics*, 58(3), 240-249. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(70\)90087-4](https://doi.org/10.1016/0002-9416(70)90087-4)
- Persson, M., Persson, E. C., & Skagius, S. (1989). Long-term spontaneous changes following removal of all first premolars in Class I cases with crowding. *European journal of orthodontics*, 11(3), 271-282. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.EJO.A035995>
- Pithon, M. M., Baião, F. C. S., Sant'Anna, L. I. D. de A., Coqueiro, R. da S., & Maia, L. C. (2017). Influence of the presence, congenital absence, or prior removal of

- third molars on recurrence of mandibular incisor crowding after orthodontic treatment: Systematic review and meta-analysis. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 6(2), 50-56. <https://doi.org/10.1016/J.EJWF.2017.03.003>
- Pratt, M. C., Kluemper, G. T., Hartsfield, J. K., Fardo, D., & Nash, D. A. (2011). Evaluation of retention protocols among members of the American Association of Orthodontists in the United States. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 140(4), 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.10.023>
- Proffit, W. R. (1978). Equilibrium theory revisited: Factors influencing position of the teeth. *The Angle Orthodontist*, 48(3), 175-186. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1978\)048<0175:ETRFIP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1978)048<0175:ETRFIP>2.0.CO;2)
- Proffit, W. R., Jr, H. F., & Sarver, D. M. (2012). *Contemporary Orthodontics*, 5e.
- Proffit, William R., & Fields, H. W. (2000). *Contemporary Orthodontics*. Mosby.
- Reitan, K. (1967). Clinical and histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *American journal of orthodontics*, 53(10), 721-745. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(67\)90118-2](https://doi.org/10.1016/0002-9416(67)90118-2)
- Reitan, K. (1969). Principles of retention and avoidance of posttreatment relapse. *American journal of orthodontics*, 55(6), 776-790. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(69\)90050-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(69)90050-5)
- Rinchuse, D., Miles, P., & Sheridan, J. (2007). Orthodontic retention and stability: A clinical perspective. *Journal of clinical orthodontics : JCO*, 41, 125-132.
- Rowland, H., Hichens, L., Williams, A., Hills, D., Killingback, N., Ewings, P., ... Sandy, J. R. (2007). The effectiveness of Hawley and vacuum-formed retainers: A single-center randomized controlled trial. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 132(6), 730-737. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2006.06.019>
- Schudy, G. F. (1974). Posttreatment craniofacial growth: Its implications in orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics*, 65(1), 39-57. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(74\)90156-0](https://doi.org/10.1016/0002-9416(74)90156-0)
- Schütz-Fransson, U., Bjerklin, K., & Lindsten, R. (2006). Long-term follow-up of orthodontically treated deep bite patients. *European journal of orthodontics*, 28(5), 503-512. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJL009>
- Sheridan, J. J., LeDoux, W., & McMinn, R. (1993). Essix retainers: Fabrication and supervision for permanent retention. *Journal of clinical orthodontics : JCO*, 27(1), 37-45.
- Southard, T. E., Southard, K. A., & Tolley, E. A. (1992). Periodontal force: A potential cause of relapse. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 101(3), 221-227. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(92\)70090-W](https://doi.org/10.1016/0889-5406(92)70090-W)

- Storey, E. (1973). Tissue response to the movement of bones. *American journal of orthodontics*, 64(3), 229-247. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(73\)90017-1](https://doi.org/10.1016/0002-9416(73)90017-1)
- Störmann, I., & Ehmer, U. (2002). A prospective randomized study of different retainer types. *Journal of orofacial orthopedics = Fortschritte der Kieferorthopädie : Organ/official journal Deutsche Gesellschaft für Kieferorthopädie*, 63(1), 42-50. <https://doi.org/10.1007/S00056-002-0040-6>
- Tanne, K., Inoue, Y., & Sakuda, M. (1995). Biomechanical behavior of the periodontium before and after orthodontic tooth movement. *The Angle orthodontist*, 65(2), 123-128. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1995\)065](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1995)065)
- Thilander, B. (2000). Orthodontic relapse versus natural development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 117(5), 562-563. [https://doi.org/10.1016/s0889-5406\(00\)70200-9](https://doi.org/10.1016/s0889-5406(00)70200-9)
- Tweed, C. H. (1944). Indications for the extraction of teeth in orthodontic procedure. *American journal of orthodontics and oral surgery*, 42, 22-45.
- Tynelius, G. E., Petrén, S., Bondemark, L., & Lilja-Karlander, E. (2015). Five-year post-retention outcomes of three retention methods—a randomized controlled trial. *European journal of orthodontics*, 37(4), 345-353. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJU063>
- Vego, L. (1962). A Longitudinal Study Of Mandibular Arch Perimeter. *The Angle Orthodontist*, 32(3), 187-192. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(1962\)032<0187:ALSOMA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(1962)032<0187:ALSOMA>2.0.CO;2)
- Westwood, P. V., McNamara, J. A., Baccetti, T., Franchi, L., & Sarver, D. M. (2003). Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 123(3), 306-320. <https://doi.org/10.1067/mod.2003.44>
- Wieslander, L. (1993). Long-term effect of treatment with the headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Stability or relapse? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 104(4), 319-329. [https://doi.org/10.1016/S0889-5406\(05\)81328-9](https://doi.org/10.1016/S0889-5406(05)81328-9)
- Wong, P., & Freer, T. J. (2005). Patients' attitudes towards compliance with retainer wear. *Australian orthodontic journal*, 21(1), 45-53. <https://doi.org/10.2478/AOJ-2005-0007>
- Zachrisson, B. (2005). Mandibular third molars and late lower arch crowding—the evidence base. *World journal of orthodontics*, 6, 180-186.
- Zachrisson, B. (2008). Long-term experience with direct-bonded retainers: Update and clinical advice. *Journal of clinical orthodontics : JCO*, 41, 728-737; quiz 749.

Zachrisson, B. U., Nyøygaard, L., & Mobarak, K. (2007). Dental health assessed more than 10 years after interproximal enamel reduction of mandibular anterior teeth. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*, 131(2), 162-169. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2006.10.001>



Bölüm 6

İNDİREKT BONDİNG TEKNİĞİ

Burçin Akan¹, Sevgi Kaptıkaçtı², İlknur Veli³

¹ Doç. Dr. Burçin Akan, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID: 0000-0001-7487-3769

² Arş. Gör. Sevgi Kaptıkaçtı, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID:

³ Prof. Dr. İlknur VELİ, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7504-9122

1. Genel Bilgiler

Günümüzde estetik kaygıların artmasıyla ortodontik tedaviye talepler de artmaktadır. Dişleri iyi bir şekilde seviyeleyebilmek için hareketli apareylerden sonra sabit apareylerin kullanımı ortodonti tarihinde önemli bir basamak olmuştur. 1970'lerde tip ve tork değerli braketlerin üretilmesi ve braketlerin bantlardan yardım alınmadan direkt olarak dişe yapıştırılması tekniğinin geliştirilmesi sabit tedavinin geleceğini şekillendirmiştir (Yıldırım, K., & Aydınatay, B. S. 2016).

Buonocore 1955'te diş yüzeyini asit yardımıyla pürüzlendirme tekniğini geliştirmiş daha sonra Newman 1965'te braketleri dişe rezin ile yapıştırmıştır. Günümüzde sabit ortodontik tedavinin başarısını direkt etkileyen en önemli faktörün braketlerin diş yüzeyine doğru yerleştirilmesi olduğu kabul edilmektedir (Roth, R. H. 1981), (McLaughlin, R. P., Bennett, J. C., & Trevisi, H. J. 2001).

Braketlerin mine yüzeyine konumlandırılması sırasıyla aşağıdaki basamaklarından oluşmaktadır (Carlson SK., Johnson E., 2001), (Yadav J, Mehrotra P, Kapoor S, Mehrotra, 2013), (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

Transfer: Braketin tabanına rezin konularak diş yüzeyine konumlandırılmalıdır (Yadav J, Mehrotra P, Kapoor S, Mehrotra, 2013), (Zachrisson B., Büyükyılmaz, 2005).

Pozisyonlama: Bir gauge yardımıyla braketlerin meziodistal ve insizogingival yönde konumu görülebilir. Ayrıca bir ağız aynası yardımıyla braketin horizontal konumlandırılması yapılabilir (Carlson SK, Johnson E., 2001), (Yadav J, Mehrotra P, Kapoor S, Mehrotra, 2013), (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

Uyumlama: Braket pozisyonlandıktan sonra polimerizasyonu sırasında herhangi bir müdahalede bulunmanın polimerizasyonu olumsuz etkileyeceği bilinmelidir (Yadav J, Mehrotra P, Kapoor S, Mehrotra, 2013), (Zachrisson B, Büyükyılmaz T., 2005).

Artık adezivin uzaklaştırılması: Plak retansiyonu ve gingivada irritasyona sebep olan adeziv artıkları, periodontal etkisi, dekalsifikasyon ihtimali ve renklenmenin önlenmesi amacıyla uzaklaştırılması gerekir (Yadav J, Mehrotra P, Kapoor S, Mehrotra, 2013), (Zachrisson B, Büyükyılmaz T., 2005).

Direkt bonding tekniği gelişimiyle birlikte braketleme için ayrılan klinik zaman kısalmış, bantlara kıyasla daha estetik ve hijyenik tedavi uygulaması elde edilmiştir. Aynı zamanda, direkt bonding tekniğinde kimyasal sertleşen rezinlere alternatif üretilmiş olan ışıkla polimerize olan rezinler, çalışma süresinin uzun olması nedeniyle hekimin braket konumunu ayarlayabilmesi için yeterli zamanının olmasına yardımcı olmuştur. Ancak posterior bölge-

yi görebilmek zor olduğundan bu bölgede braketin uygun konumlandırılmaması problem oluşturmuştur (Demir D., 2007).

2. Direkt Bonding Tekniği

Buonocore'un 1955'te mineyi %85'lik fosforik asit kullanarak pürüzlendirme tekniği ile mine bağlanmasının arttığını bildirmesinden sonra direkt bonding ilk Newman denemiştir. Newman, asitlenmiş mineye braketin epoksi rezin ile yapıştırılabileceğini söylemiştir (Newman GV., 1965).

İlk kez Zachrisson 1977'de geniş bir hasta grubunda direkt bonding tekniğini uygulamış ve tedavi süreci ve sonrasının değerlendirmiştir (Zachrisson B., 1977).

Rutin klinik uygulamada direkt bondlama tekniği; mine yüzeyinin temizlenmesi, izolasyon, minenin pürüzlendirilmesi, primer uygulanması ve braketin dişe konumlandırılması adımlarını içermektedir (Proffit WR, Fields Jr HW, Sarver DM., 2006).

Direkt Bonding Tekniğinin Avantajları (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005)

- Braketler daha kolay ve doğru pozisyonlandırılabilir.
- Bantlama işlemindeki gibi separasyon ihtiyacı yoktur.
- Henüz sürmesi tamamlanmamış dişlerde de uygulanabilir.
- Hızlı ve kolay uygulanabilir.
- Tedavi sonunda bantlar nedeniyle ortaya çıkan aproksimal boşluklar oluşmaz.
- Braketler bantlara nazaran hasta tarafından daha kabul edilebilirlerdir.
- Retansiyonu bozulmuş bantların sınırlarında oluşan dekalsifikasyon ihtimali yoktur.
- Daha estetikdir.
- İnterproksimal redüksiyona imkan sağlar.

Direkt Bonding Tekniğinin Dezavantajları (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005)

- Tutuculuğu bantlara oranla daha zayıftır.
- Debonding sırasında mine dokusuna zarar verilebilir.
- Adezivlere bağlı toksik ve alerjik etkiler izlenebilir.
- Tedavi sonunda adeziv uzaklaştırma sırasında minenin floridan zengin tabakası hasar görebilir.

3. İndirekt Bonding Tekniği

3.1. İndirekt Bonding Tekniğinin Tarihçesi

İndirekt bonding tekniği, braket veya ataçmanın transfer plağı kullanılarak çalışma modelinden alınıp diş yüzeyine bondlanması tekniğidir (Kallange JT., 2004).

İndirekt bonding tekniği ilk olarak Silverman ve Cohen adlı çalışmacılar tarafından 1972'de geliştirilmiştir. Çalışmacılar başlangıçta braketleri modelde tutturmak amacıyla simanlardan, transfer plağı üretmek için de termoplastik malzemeden faydalanmışlardır (Silverman E. et al., 1972). Bu çalışmacılar zamanla farklı adeziv rezinler kullanıp tekniği geliştirmişlerdir. 1975'te ise ışıkla sertleşen rezinler kullanarak hekimin çalışma sürelerini uzatmışlardır (Silverman E, Cohen M., 1975).

İndirekt bonding tekniğini geliştiren araştırmacılar bu tekniğin avantajları olarak, klinik zamanın kısalması, braketin doğru pozisyonlandırılması ve hasta konforunun artmasını göstermişlerdir (Silverman E. et al., 1972), (Silverman E, Cohen M., 1975). Ancak indirekt bonding tekniğinde braketleme öncesi hazırlık aşaması olması (White LW., 1999), (Sheridan JJ., 2004) laboratuvar ve klinikte de ayrıca özen gerektirmesi (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005), (Thomas RG., 1979) braket tabanına konulan adezivin taşması, taşan adezivin temizlenmesinin zor olması (Sondhi A., 1999) temizlenmeyen artıkların ağız hijyenini tehdit etmesi (Zachrisson BU., Brobakken BO., 1978) ve bu teknikte kullanılan adezivlerin kuvvetli bir bağlanma sağlayamaması araştırmacıları bu tekniği geliştirmeye itmiştir (Demir D., 2007).

Bu yönde gerçekleştirilen önemli gelişmeler;

- 1) Laboratuvar aşamasında braketleri alçı dişlere yapıştırmak için ısı ve ışıkla veya kimyasal sertleşen adezivlerin kullanılmaya başlanması.
- 2) Aktarma plağı materyali olarak silikon esaslı ölçü maddelerinin ve termoplastik materyallerin kullanılması.
- 3) İndirekt bonding tekniğine özel rezin üretilmesi.

Bu gelişmeler sonrasında braket kenarlarında oluşan ekseviz adeziv miktarı azaltılmıştır ancak tamamen ortadan kaldırılamamıştır (Moskowitz EM et al., 1996). Braketler dişe daha kuvvetli bağlanmış ancak direkt bonding tekniğine kıyasla bağlanma kuvveti zayıf kalmıştır (Newman GV., 1969).

Bu teknik iki aşamalıdır; birinci aşamada hastadan model elde edilir. Oluşturulan modelde braketler konumlandırılıp transfer plakları oluşturulur. İkinci aşamada ise transfer plağı ile braketler dişlerin yüzeyine yapıştırılır (Silverman E. et al., 1972).

Literatürde indirekt bonding metodundaki modifikasyonların laboratuvar aşamasında braketin alçı modele yapıştırılmasında, aktarma plağı üretiminde kullanılan materyallerin, klinikte kullanılan yapıştırıcının tipi ve bondingin segmental veya tüm ark uygulanması gibi farklılıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Zachrisson B, Büyükyılmaz T., 2005), (Thomas RG., 1979), (Sondhi A., 1999). Aktarma plağı yapımı metodunda Thomas'ın geliştirdiği termoplastik materyal kullanarak uygulanan yöntem günümüzde en sık kullanılan yöntemlerden biridir (Thomas RG., 1979). Mine yüzeyindeki plak ve artıklar, rezinin mineye bağlanmasını engellemektedir (Lindauer SJ. et al., 1997). Bu sebeple yapıştırma öncesinde mine yüzeyindeki plak ve debrisin uzaklaştırılmasının rutin olarak uygulanması önerilmektedir (Bishara SE. et al., 2006), (Burgess AM. et al., 2006), (Fitzgerald I. et al., 2012), (Tirtha R. et al., 1982). Bu işlem sırasında gingival marjinlerin travmatize edilmemesine dikkat edilmelidir (Aboush Y., 1991).

Güncel olarak popüler bir kullanıma sahip olan indirekt bonding tekniğinde direkt bondinge göre görüş açısının iyi olmasından kaynaklı seviyelendirme sonrası marjinal kenar ve kontak noktaları arası ilişkisinin daha iyi elde edilebileceği görülmüştür (Kalange JT., 2004).

Teknoloji alanındaki gelişmeler ile birlikte bilgisayar destekli tasarım ve üretim sistemleri diş hekimliğinde kullanılmaya başlanmış ve tedaviler üzerinde büyük etkiler yaratmıştır (Miyazaki T. et al., 2009).

3.2. İndirekt Bonding Tekniğinin Avantajları

İndirekt bonding tekniğinin direkt bonding tekniğine kıyasla avantajları klinik, teknik ve ergonomik olmak üzere üç başlık altında incelenebilir (Demir D., 2007):

3.2.1. Klinik avantajları

Klinik braketlemenin kısa sürmesi: Hekimin hasta başında braket konumunu uyumlandırmak için zaman harcamaması nedeniyle bonding randevusu kısalmaktadır (Kalange JT., 1999).

Daha iyi bir aşırı düzeltim (overcorrection) yapılabilmesi: Direkt yapıştırma yönteminde braketlerin yerleştirilmesi sırasında aşırı düzeltim gereken dişleri tespit etmek ve braketleri bu dişlere yerleştirmek zor olabilir. İndirekt bonding yönteminde bu dişleri tespit etmek ve braket konumlarında doğru karar vermek daha kolaydır.

Seramik braketler ile daha kolay çalışma imkanı sağlaması: Seramik braketlerin yapışma özelliklerinden dolayı yeniden konumlandırılmaları güçtür (Pamukçu H. et al., 2016). Ayrıca kapanışta karşı çenedeki dişler ile primer teması geçerse o dişlerde aşınma yapabilirler (Viazis AD. et al., 1990), (Karamouzou A., 1997). İndirekt bonding ile bu primer temaslar oluşmayacak şe-

kilde braketler model üzerinde konumlandırılarak aşınmalar engellenebilir.

In/Out kontrolünün daha iyi yapılabilmesi: İndirekt bonding ile braketler model üzerinde pozisyonlandırılırken uygulanan baskı sebebiyle braket tabanındaki rezin tabaksının homojen bir şekilde dağılması sağlanarak, mine yüzeyi ve braket arasındaki rezin kalınlığından kaynaklı in/out seviye farklılıkları ve kontakt düzensizliklerinin önüne geçilebilmektedir (Demir D., 2007).

- Düzgün sıralanmış dişlerin konumlarının korunması: Bazı hastalarda posteriodaki dişler düzgün sıralanmış ve iyi bir kapanışta olabilir. Direkt bonding yönteminde yetersiz görüş nedeni ile braketler ideal yerlerine yerleştirilemezlerse bu dişlerin konumları bozulabilir. İndirekt bonding metodu kullanılarak model üzerine braketler yerleştirilirken düz bir tel yardımıyla braketlerin slotları aynı düzlemde yerleştirilebilir. Böylece diş grubunun istenmeyen hareketlerinin önüne geçilmiş olur (Demir D., 2007).

3.1.2. Teknik avantajları

Temporomandibular eklem sağlığının korunması: Roth 1981 yılında yayınladığı makalede diş pozisyonları ile temporomandibular eklem sağlığı arasındaki ilişkiden bahsetmiştir. Erken oklüzal kontaktların dişlerde ve eklemden uygun olmayan kuvvetler oluşturduğunu belirtmiştir (Roth, R. H. (1981). İndirekt yapıştırma tekniği ile braketler doğru pozisyonda yerleştirildiğinde yanlış oklüzal değişimlerin önüne geçilir. Böylece temporomandibular eklem rahatsızlıkları, kök rezorbsiyonu ve tedavi süresinde artış gibi riskler azalabilir (Bennett J., 1998).

- Kök rezorbsiyonu ve akordeon hareketinin azaltılması: Ortodontik tedavilerde oluşan kök rezorbsiyonlarının etiyojileri arasında diş hareketinin miktarı, oklüzal primer kontaktlar ve hipermobilitedir (Baumrind S. et al., 1996). İndirekt bonding tekniği ile braketler en başta doğru yerlere yerleştirildiği için tedavinin bitim aşamasında daha az düzeltme ihtiyacı duyulur. Ayrıca dişlerin final pozisyonuna erkenden ulaşmaları ile oklüzal erken temaslar, akordeon hareketleri ve kök rezorbsiyon riskleri de azalmış olur (Demir D., 2007).

- Tedavi stabilitesinin artırılması: Ortodontik tedavide en önemli unsurlardan biri de tedavi sonuçlarının kalıcılığıdır. Tedavi sonu diş pozisyonlarının kalıcı olması dişeti fibrillerinin yeterli reorganize olmasıyla ilişkilidir. Tedavi aktif fazı sırasında dişler ne kadar çabuk son konumlarına ulaşırlarsa nüksün de o denli az olması beklenir. İndirekt bonding ile braketler en başta doğru konumlandırıldığı için dişler final pozisyonlarına hızlıca eriştiğinden dişeti fibrillerinin reorganizasyonu için gereken süre uzamış olur. Bu da nüks ihtimalini azaltır (Kalange JT., 2004).

3.1.3. Ergonomik avantajları

- Hasta konforunda artış: indirekt bonding metodunda braket yapıştırma süresi kısa olduğu için hasta daha az yorulur. Ayrıca işlem kısa sürdüğü için tükürük izolasyonu sağlamak daha etkindir (Kalange JT., 1999).

- Hekim sağlığının korunması: indirekt bonding yönteminde braketlerin dişlere yapıştırılması aktarma kaşıkları ile hızlı bir şekilde uygulandığı için hekimin braketleri direkt yapıştırmada maruz kaldığı uzun süreli duruş bozuklukları yaşanmamaktadır. Tekniğin avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır (Kasrovi PM., Timmins SJ., 1997).

3.3. İndirekt Yapıştırma Tekniğinin Dezavantajları

1. İlk randevuda braketleme yapılamaz, sadece ölçü alınır. Braketleme için fazladan bir seans gerekir (White LW., 1999) .

2. İndirekt yapıştırma tekniği laboratuvar aşaması ve iyi eğitilmiş bir yardımcı gerektirir (Hodge T. et al., 2001).

3. Laboratuvar işlemleri uzun ve maliyetlidir (McCrosrie HS., 2003).

4. Tekniği tam ve doğru uygulayabilmek zaman alır (White LW., 1999).

5. Hem laboratuvar hem de klinik aşamada hassas çalışılması gerekir (Thomas RG., 1979).

6. Braketleri alçı dişler üzerine yapıştırmadan önce tabanlarına kompozit rezin uygularken rezin içinde hava kabarcıkları kalabilir, bu bağlanma dayanıklılığının azalmasına sebep olur (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

7. Aktarma kaşığı içindeki braketler hastanın dişlerine yapıştırılırken, rezin braket tabanlarına uygulanmış olan klinik rezin braket kenarlarından taşabilir ve dişlerin kontakt yüzeylerine yayılabilir. Bu durumda hastanın ağız hijyenini koruyabilmek için taşan rezin artıkları mutlaka temizlenmelidir (Sondhi A., 1999).

8. İndirekt yapıştırma tekniği doğru uygulanmadığında veya uygun materyaller kullanılmadığında yapıştırılan braketlerin kopma oranları normalden biraz daha fazla olabilir (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

9. Hazırlanan aktarma kaşığının hasta azındaki uyumu iyi olmadığında braket tabanı diş yüzeyine tam oturmayabilir (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

10. Klinik kron boyu kısa olan veya aşırı rotasyonlu dişlerde bu yapıştırma tekniğini uygulamak zordur (Thomas RG., 1979).

11. Aktarma kaşığı hastanın dişleri üzerine doğru yerleştirilemezse braketler dişlere yanlış konumda yapışır ve yapıştırma işleminin tekrarlanması gerekir. Bu durumda braketleri söküp yeniden yapıştırmak ekstra zaman ve masrafa neden olur (Kasrovi PM., 1997).

12. Rezin braket tabanı hazırlanmadan yapıştırılan braketlerin kenarlarında rezin eksik kalabilir. Rezin eksikliği sonucu oluşmuş bu boşluklar doldurulmazsa bağlanma dayanıklılığında azalmaya ve dekalsifikasyon riskinde artışa sebep olabilir (Demir D., 2007).

3.4. İndirekt Bonding Materyalleri

Günümüzde indirekt yapıştırma tekniğine özel geliştirilmiş çok sayıda kimyasal yolla ve ışık yoluyla polimerize olan kompozit rezin yapıştırıcılar bulunmaktadır. İndirekt bonding tekniği gelişmeye devam ettikçe, kullanılan yapıştırıcı materyallerde de önemli yenilikler gerçekleşmiştir. Önceleri kimyasal olarak sertleşen rezinler kullanılmışken, zamanla bu materyaller yerine ışıkla polimerize olan kompozit rezinlere bırakmıştır (Pamukçu H. et al., 2016). Literatürde indirekt bondingin, hekimler tarafından daha az tercih edilmesinin öncelikli iki nedeni laboratuvar aşaması olması ve kullanılan yapıştırıcıların direkt bondingte kullanılanlara oranla daha düşük bağlanma göstermeleri olarak belirtilmiştir (Lindauer SJ. et al., 1997).

3.4.1. Klinik Materyalleri

3.4.1.1. İndirekt Yapıştırma Tekniğinde Kullanılan Klinik Reziner

İndirekt bonding tekniğinde de 2000lere kadar adeziv rezin olarak, direkt bonding tekniğinde kullanılan kimyasal veya ışıkla sertleşen rezinler kullanılmıştır (Moskowitz EM et al., 1996). Ancak bu rezinler indirekt tekniğin ihtiyacını tam olarak karşılayamamış, Anoop Sondhi bu eksikliği fark ederek indirekt bonding için yeni bir klinik rezin geliştirmiştir. Bu rezinde içeriğine silika parçacıkları eklenerek yoğunluğu %5 artırılmıştır. Bu şekilde bu rezin braket tabanında oluşabilecek hava boşluklarını dolduracak, rezin tabakada meydana gelebilecek eksikleri giderecek ve braket tabanından akmayacak kadar akışkan olacak şekilde geliştirilmiştir (Sondhi A., 1999)

Günümüzde indirekt yapıştırma tekniği için geliştirilmiş iki sistem mevcuttur (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005). İlkinde braketler model üzerine ısı ile sertleşen kompozit rezinle yerleştirilmekte, hazırlanan transfer kağıttaki braketler de hastanın dişlerine yapıştırılırken kimyasal sertleşen rezin kullanılmaktadır. Diğer yöntemde ise braketler modeldeki dişlere ışıkla polimerize olan kompozit rezinle yapıştırılmakta, hazırlanan aktarma kağıdındaki braketler dişlere yapıştırılırken de kimyasal sertleşen rezin kullanılmaktadır.

3.4.2. Laboratuvar Materyalleri

3.4.2.1. Alçı modele braketlerin yapıştırılmasında kullanılan materyaller

İndirekt bonding tekniğinde, laboratuvar aşamasında günümüze kadar pek çok yapıştırıcı kullanılmıştır. 1972'de Elliot Silverman ve Morton Cohen, alçı modellere braketleri, siman ile yapıştırmışlardır (Read MJ., O'Brien

KD., 1990). 1974'te ise Silverman ve Cohen, braketleri modele yapıştırmak için metilmetakrilat adeziv kullanmışlardır. 1978'de Simmons, braketleri alçı modele aktarmak için yumuşak karamelize edilmiş şeker kullanmış, Moin ise braketleri mum yardımıyla sabitlemiştir (Silverman E, Cohen M., 1975). Daha sonra White, aynı amaçla yapıştırıcı tutkalı, kullanmıştır (White LW., 1999). Bu tip materyallerden faydalanılmasının sebebi, model suya atılıp beklediğinde erimeleridir. Ancak bu maddelerin kullanılırken klinik yapıştırıcı rezine bulaştığı ve yapıştırıcının etkinliğini azalttığı görülmüştür (Milne JW., 1989). Ayrıca rezin miktarının az olması braketlerin mineye daha zayıf bağlanmasına yol açmıştır. Thomas "Custom Base" rezin kaide uygulamasını geliştirmiş ve bu sorunun çözülmesini sağlamış, kişiye özel rezin kaideleri kimyasal yolla sertleşen rezinler ile oluşturmuştur (Thomas RG., 1979). Bu şekilde indirekt bonding tekniğinde bağlanma dayanımını artırmak amaçlanmıştır. Takip eden dönemlerde kişiye özel rezin kaidelerin oluşturulmasında ısı veya ışıkla sertleşen rezinler kullanılmaya başlanmıştır (Pamukçu H. et al., 2016). Isıyla sertleşen rezinlerin en büyük avantajı uzun çalışma süresidir ve tüm braket yerleştirildikten sonra 120-170°C arası sıcaklıkta 15 dakikada rezinlerin polimerizasyonu görülür. Bu yöntemin en önemli problemi bazı braketlerin yer değiştirebilmesidir (Pamukçu H. et al., 2016).

Günümüzde kullanılan ışıkla polimerize olan kompozitlerin en büyük avantajları, braketlerin model üzerinde pozisyonlanması sırasında yeterli süre tanımları, kayma problemlerinin olmaması ve vizkozitelerinin indirekt bonding için uygun olmasıdır. Tabanı kompozit kaplı braketler ise laboratuvar işlemlerini kolaylaştırır ve süreyi azaltır, rezinin dış ortamla teması azaldığı için kontaminasyon riski de azaltılmış olur. Aynı zamanda braket kaidesiyle mine arasında daha az hava kabarcığı kalır, bu da bağlanma dayanımını artırır (Pamukçu H. et al., 2016).

3.4.2.2. Transfer Kaşıkları

Full Ark Kaşıkları

Bu tip kaşıklar, arktaki bütün dişleri kapsayan kaşıklardır. Bu aktarma kaşıkları opak veya şeffaf ölçü maddeleri gibi silikon esaslı materyallerden ya da termoplastik maddelerden üretilebilirler (Sondhi A., 1999).

Termoplastik Materyalden Yapılan Kaşıklar

Termoplastik materyaller kullanılarak üretilen kaşıklar iç katmanda yaklaşık 1.5mm etilenvinilasetat (EVA), dış katmanda ise 0.75 mm polimetilmetakrilat (PMMA) maddeden yapılır. Klinikte stabil ve hatasız transfer açısından en iyi sonuçları veren kombinasyon denebilir. Termoplastik transfer kaşığı hazırlanırken öncelikle modelde derin andırkat bölgelerine ve braket hooklarına block-out yapılır. Daha sonra model üzerine 1.5 mm kalınlığında termoplastik EVA plak konularak, plak basma makinasına yerleştirip plak

basılır. Basılan ilk tabakanın kenarları trimlenir. Bu iki termoplastik materyalin seperasyonunu sağlamak amaçlı ilk tabakanın üzerine özel spreyci yağ sıkılır. Çalışma modeli, plak basma makinasına tekrar yerleştirilir ve üzerine 0,75 mm kalınlığında PMMA'dan üretilen termoplastik materyal yerleştirilip basılır. Üretilen kaşığın kenarları trimlenir. Dış tabaka rijidite verirken, iç yumuşak tabaka, kaşığın braketlerden kolay uzaklaşmasını sağlar (Sondhi A., 1999). Model, ılık suda 20 dakika kadar bekletilir, lak çözünür ve transfer kaşıkları modelden ayrılabilir. Gerekli görülürse kaşıklar segmental de kullanılabilir (Pamukçu H. et al., 2016).

Opak Silikon Ölçü Maddesinden Üretilen Kaşıklar

Tüm ark transfer kaşıkları, tek diş transfer kaşıklarına göre braket yapıştırma zamanını kısaltmaya yardımcı olur. Silikon ölçü materyalinden üretilmiş transfer kaşıklarının öncelikli sorunu, silikonun braket kanat ve slotlarındaki girintilere uzanması ve rahatça çıkacak şekilde esnek olamamasıdır. Silikon transfer kaşıklarını kullanırken bölümlere ayırmak, kaşığın rahat çıkarılmasına yardımcı olabilir. Bonding sonrası kaşığı, bistüri yardımıyla oklüzal bölgeden ikiye ayırmak da kolay çıkmasını sağlayabilir. Opak silikon ölçü materyalinden yapılan kaşıkların en büyük dezavantajı ışıkla sertleşen rezinle braketleme yapılmasına olanak sağlamamasıdır. Yine braketlerin konumunun kontrol edilmesine engel olmaktadır (Echarri P., Kim TW., 2004).

Opak silikon ölçü materyalinden üretilen transfer kaşıkları hazırlamak için putty ve katalizör maddeler karıştırılır ve bu karışım, üzerine braketler konumlandırılmış modelde, braket yüzlerine, oklüzal yüzeylere ve lingual yüzeylere sırasıyla yerleştirilir. Ölçü maddesi her bölgede eşit kalınlıkta olacak şekilde yerleştirilmelidir. Bu rijit bir kaşık elde etmek için önemli bir husustur. Sonrasında model ılık suda yaklaşık 30 dakika bekletilir ve lak çözünür, model kaşıktan çıkarılır. Lingual interproksimal yüzeylere bistüri ile kesiler yapılarak kaşığı ağızdan uzaklaştırma esnasında yeterli esneklik sağlanır (Kalange JT., 2007).

Şeffaf Silikon Ölçü Maddesinden Üretilen Kaşıklar

Genel olarak A tipi şeffaf silikon ölçü materyali indirekt bonding tekniğinde kullanılmaktadır (Nojima LI. et al., 2015). Bu kaşıklar hazırlanırken katalizör ve baz silikon, silikon tabancası yardımıyla homojen şekilde karıştırılır. Oluşan karışım ilk olarak braketlerin üzerine sonra da dişin oklüzal ve palatinal yüzeylerine yerleştirilir. Silikon sertleşmeden kaşıklara şekil verilip uygun şekil ve kalınlıkta transfer kaşıkları hazırlanabilir. Çalışma modeli yaklaşık 20 dakika ılık suda bekletilir, model ve kaşık birbirinden ayrılır (Daub J. et al., 2006).

Tek Diş Kaşıkları

Tek diş kaşıkları diş yüzeyine tam oturur hekim tarafından braket pozisyonu kontrolü kolaylıkla yapılabilir. Braketleme sonrası kaşığı ağızdan çıkarmak tüm ark kaşıklarına göre daha kolaydır. Braketlerde kopma olduğunda tekrar kullanılabilirler. Tek diş kaşıkları lingual ortodontide sıklıkla kullanılmaktadır. Tek diş kaşıklarının üretiminde kabul görmüş üç farklı sistem vardır. Bunlar Hiro sistemi, Hibrid Core Sistemi ve Kim'in Convertible resin core sistemidir. (Pamukçu H. et al., 2016).

Hiro sistemi, basittir ve diğerlerine göre daha ucuzdur. Bu yöntemde, set-up modeli hazırlanır ve rijit köşeli ark teli yardımıyla model üzerinde braketler pozisyonlandırılır. Transfer kaşıkları kişiye özel olarak üretilir. Modelden direkt olarak ağza aktarılır. Klinikte, braketleme esnasında hasta başı süre uzundur ve uygulama sonrası transfer tablası zarar göreceğinden tekrar kullanılamaz (Pamukçu H. et al., 2016).

Hibrit Kor sistemi 2003'te Matsuno tarafından geliştirilmiştir ve indirekt transfer kaşığı hazırlanmasında kompozit ve silikonun en iyi özellikleri bu sistemde kombine edilmiştir . Bu sistemde braket tarafındaki iç yüzey silikondur, dış kısım ise rezinden üretilmiştir. Bu, transfer kaşığının ağız stabilizasyonu ve işlem sonrası ağızdan kolaylıkla uzaklaştırılabilmesini sağlar. Ayrıca bu sistemde kaşık rebonding için tekrar kullanılabilir (Pamukçu H. et al., 2016).

Konvertible rezin kor tekniğinde, transfer kaşık sert bir rezinden hazırlanır. Bu teknikte de braket konumları set-up modeli üzerinde hazırlanır. Bracket transfer kaşığına elastik bir ligatürle bağlanır. Bu şekilde kopan braketlerin tekrar yapıştırılmasında transfer tablası tekrar kullanılabilir. Bu teknikte braketleme süresi oldukça uzundur (Pamukçu H. et al., 2016).

Bir başka hibrid kaşık sistemi olarak bilinen, Kim ve Echarri'nin 2004'te tanıttıkları kombine kaşık sistemidir. Bu sistem her iki yöntemin avantajlarını sunsa da laboratuvar işlemleri de diğer sistemlere nazaran oldukça uzundur (Echarri P., Kim TW., 2004).

İndirekt bonding için rutinde kullanılan bu kaşıklardan sonra dijital yöntemler kullanılarak hazırlanan kaşıklar geliştirilmiştir. Bu kaşıkların hazırlığında CAD/CAM (computer-aided design and computer-aided manufacturing) sistemler kullanılmaktadır (Pamukçu H. et al., 2016).

CAD/CAM veya ağız içi tarayıcılar ile alçı modeller ya da dişler taranır, görüntüleri bilgisayara üç boyutlu bir şekilde aktarılır. Elde edilen bu veriler üzerinde her diş için, kullanılan yazılıma daha önceden yüklenmiş braketlerden uygun görülen seçilir ya da bilgisayar tarafından tasarlanır. Bu arayüzlerde braketlerin konumu kararlaştırılır. Braketler konumlandırma bitince sanal ortamda tasarlanmış transfer kaşığı yapımına başlanır. Transfer kaşığı

tüm ark ya da segmental olarak hazırlanabilir. Transfer kaşığında kullanılacak materyal, kullanılması planlanan klinik adezive göre ya da klinisyenin isteğine göre hazırlanır. Bu gruptaki transfer kaşıkları bilgisayar üzerinden tasarlandığından daha az hata içermektedirler. Ancak diğer sistemlere göre daha yüksek maliyetlidirler.

3.4.5. İndirekt Bonding Tekniğinin Uygulanması

Bugün, indirekt bonding tekniklerinde, Thomas tarafından geliştirilen 'Custom Base' kişiye özel rezin kaide sisteminin çeşitli modifikasyonları kullanılmaktadır (Newman GV., 1969). Bu modifikasyonlar, daha önce bahsedilen laboratuvar ve klinik yapıştırıcı materyalleri ile farklı transfer kaşık materyallerinden türetilmiştir.

3.5. Konvansiyonel İndirekt Bonding Tekniği

3.5.1. Laboratuvar Aşamaları

Birçok farklı indirekt yapıştırma yöntemi mevcuttur. Büyük bir kısmı Thomas'ın geliştirdiği indirekt bonding tekniğinin farklı versiyonlarıdır. Bu teknikleri birbirinden farklı kılan; braketlerin modele yerleştirilmesinde kullanılan adezivler, transfer kaşıkları ve braketlerin dış yüzeyine yapıştırılmasında kullanılan adezivlerden kaynaklanmaktadır (Zachrisson B., Büyükyılmaz T., 2005).

Bonding kaşıklarının hazırlanması esnasında takip edilecek aşamalar:

1. Hastadan alınan ölçü ile çalışma modelleri oluşturulur. Model dikkatlice trimlenerek küçük boşluklar doldurulur. Hava kabarcıkları kazınır.

2. İnce bir tabaka izolan sürülür ve model kurumaya bırakılır.

3. Braketler seçilen adezivlerle model üzerine yapıştırılır.

4. Tüm braketler yerleştirdikten sonra braketler etrafındaki taşkın yapıştırıcılar temizlenir. Braketlerin nihai konumları klinisyen tarafından kararlaştırılır.

5. Tüm braketlerin pozisyonları onaylandıktan sonra adezivler polimerize edilir.

6. İndirekt bonding kaşıklarının üretimine başlamadan önce braket anđırkatlı alanlarda block-out yapılır.

7. Blok-out sonrası kaşık yapımına başlanır. Bu işlem için vakumlu plak basma cihazı kullanılır. Kaşıkların sert dış kenarları şekillendirilerek hastayı rahatsız etmemesi sağlanır.

8. Plak basma ünitesi yoksa uygun silikon materyallerle transfer kaşıkları üretilebilir. Silikon önce braketlerin üzerini, daha sonra dişlerin oklüzal ve lingual yüzeylerini kaplayacak şekilde yerleştirilip kaşık oluşturulur.

9. Kaşıklar modelden uzaklaştırılır ve bir frez yardımı ile bölümlere ayrılabilir.

10. Braket tabanlarında lak artıklarının varlığı kontrol edilir. Kumlama cihazıyla braket tabanları kumlanır.

3.5.2. Klinik Aşamaları

İlk hazırlık aşamasında hasta koltuğa oturtulur, hastaya bonding kaşıkları ve prosedür hakkında bilgi verilir. Bonding aşamasında öncelikle kaşığın tek parça mı yoksa bölümlü mü kullanılacağına karar verilir. Bu karar mümkün olan izolasyona göre verilir. Ayrıca şiddetli çapraşıklık olan durumlarda kaşığın bölümlenmesi kolaylık sağlayacaktır. Eğer bant yapılması gerekiyorsa bu işlem indirekt bonding sonrasında gerçekleştirilir (Sondhi A., 1999).

1) Öncelikle hastanın dişleri pomza ile temizlenir ve izolasyon sağlanır (Nojima LI. et al., 2015).

2) Dişler %37'lik fosforik asitle pürüzlendirilir; asit yıkanır ve mine yüzeyi kurutulur.

3) Asitle pürüzlendirilmiş mine yüzeyine bond ve braketlerin tabanına rezin uygulandıktan sonra kaşık dişlerin üzerine yerleştirilir ve 1-2 dakika basınç uygulayarak braketlerin dişlerle sıkıca temas etmesi sağlanır. Rezinin polimerizasyonu sağlanır.

4) Bir sonraki aşama, kaşığın hasta azından uzaklaştırılmasıdır. Braketlerin kopmasını engellemek için transfer kaşık lingualden bukkale doğru çıkartılmalıdır.

5) Son olarak rezin artıkları bir sond ya da tungsten karbid frez yardımıyla temizlenir.

3.6. Dijital İndirekt Bonding Tekniği

3.6.1Dijital indirekt Bonding Tekniğinin Gelişimi

Bilgisayar destekli tasarım ve üretim (CAD/CAM) sistemleri, diş hekimliğinde uygulanan tedavilerin öngörülebilirliği ve etkinliği açısından önemli faydalar sağlamıştır. CAD/CAM sistemleri, diş hekimliğinde üretilen ürünlerin ve uygulanan tedavilerin kalitesini artırmakla kalmamış hem süre hem de uygulama kolaylığı açısından anlamlı ölçüde fark yaratmıştır, oluşabilecek hata payını minimuma indirmiştir (Thomas RG., 1979).

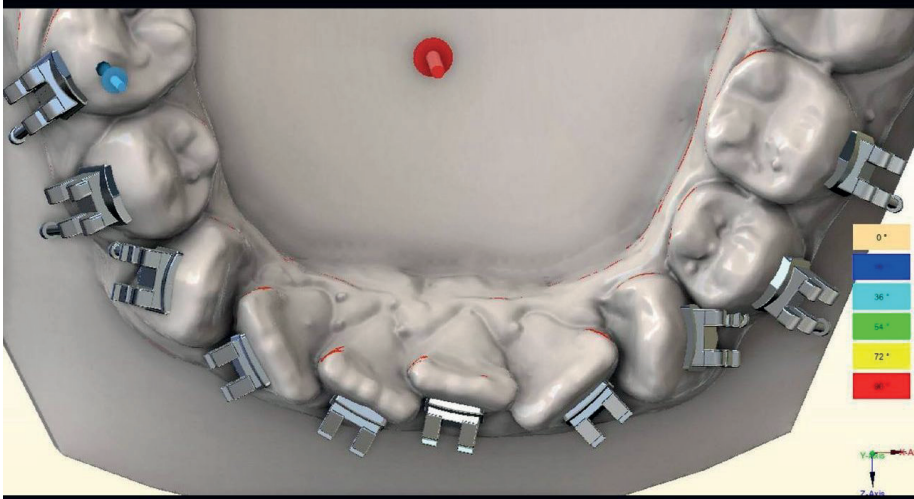
Teknolojide gelişmelerle birlikte ortodontide braketleme teknikleri de gelişmeye devam etmiştir. Dijital indirekt bonding tekniğinde iş akışı başlatılmadan önce, indirekt braket yerleştirme işlemi birden fazla dağınık ve zaman alıcı adımlar içeriyordu. Günümüzde yazılım, bilgisayar destekli ölçümlere dayalı olarak braketleri hassas bir şekilde yerleştirmek için kullanılabilir. Ofis içi analizlerde, ve laboratuvar süresini büyük ölçüde azaltmaktadır.

direkt bondinge kıyasla indirekt bonding için koltuk süresinde 8 dakikaya ek olarak, analog yerleştirmeye kıyasla dijital braket yerleştirilmesi için hasta başına 21 dakikalık laboratuvar süresinde tasarruf görülmüştür. Bu yaklaşım sadece günlük program akışını iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda tedavi sırasında gereken yeniden braket konumlandırma ve ek büküm sayısını azaltarak verimliliği artırır. Layman(2019)'ın yaptığı çalışmada 200'den fazla vakada birkaç ay boyunca aşağıdaki dijital braket yerleştirme yöntemini kullanılmış ve önerilmiştir (Layman B., 2019).

3.6.2. Laboratuvar Aşamaları

Tekniği en iyi şekilde kullanmak için stereolitografik (STL) dosyalar ve bunları elde etmek için üç boyutlu(3D) ağız içi tarayıcı, 3D yazıcı ve toplanan verilerin işlenip bondingin planlanabileceği yazılım ve bir termoform makinesine ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (Layman B., 2019).

Dijital indirekt bonding için transfer kaşıklarının üretimi esnasında öncelikle hastanın dişleri taranır ve üç boyutlu görüntüsü bilgisayar ortamına aktarılır. Bir sonraki aşama braketlerin yerleştirilmesidir. İlgili bilgisayar yazılımı kullanılarak sanal ortamda braketler olması gerektiği şekilde pozisyonlanıp diş yüzeyine yerleştirilirler (Çavuş H., 2019).



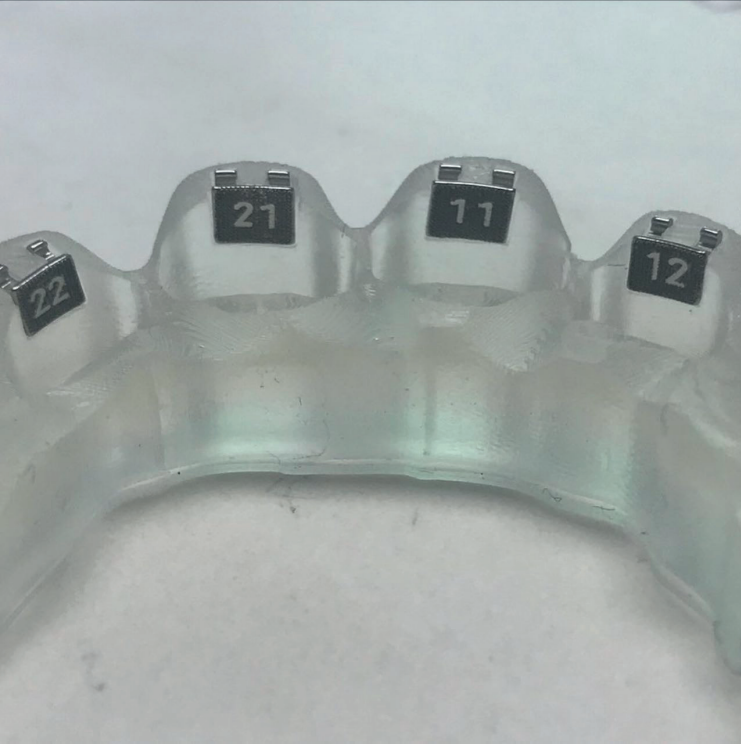
Şekil 1: Dijital indirek bondingin bilgisayar yazılımında braket pozisyonlandırma aşaması.

Daha sonraki aşamada oluşturulan sanal görüntüden somut bir model oluşturulur. Üç boyutlu yazıcı aracılığıyla braketli çenelerin rezin modeli oluşturulur. Ardından indirekt bonding kaşıklarının üretimine geçilir. Kaşıkların üretimi polietilen materyallerle yapılır. Polietilen plaklar, vakumlu plak basma cihazı yardımıyla yazdırılan rezin modellerin üzerine yerleştirir-

lir. Plaklar modelden uzaklaştırılır ve braketler için oluşan negatif boşluklara braketler elle yerleştirilerek plaklarının üretimi tamamlanmış olur (Çavuş H., 2019).



Şekil 2: Üç boyutlu yazıcı aracılığıyla oluşturulmuş braketli çene modeli üzerinde indirekt bonding transfer kaşığı.



Şekil 3: Transfer kaşığında oluşturulan negatif boşluklara yerleştirilmiş braketlerin görseli.

3.6.3. Klinik Aşamaları

Tekniğin klinikte uygulanması hasta ağzının hazırlığı ve braketlerin yerleştirilmesi şeklinde iki aşamada gerçekleştirilir (Silverman E, Cohen M., 1975).

a) Hastanın hazırlanması: Hastanın dişlerine polisaj yapılır. Ardından diş yüzeyine asit sürülerek mine hazırlanmaya başlanır. Daha sonra dişler su ile yıkanır ve kurutulur. Sonraki aşamada tükürük izolasyonu sağlanır. Mine yüzeyine primer sürülüp polimerize edilir.

b) Braketlerin yerleştirilmesi: Braket yerleştirilmesi esnasında sırasıyla aşağıdaki basamaklar takip edilir:

1. İnce bir tabaka kompozit braket tabanına uygulanır. Yeterli miktarda yapıştırıcı konulduğundan emin olunmalıdır.

2. Primer ile ıslatılmış bir aplikatör kullanılarak yapıştırıcı kompozit tüm braket tabanına yayılmalıdır.

3. Kaşıklar doğru dişler üzerine yerleştirilir.

4. Braketin apikal kenarından taşkın adezivler uzaklaştırılmalıdır.

5. Uygun ışık kaynağı kullanılarak yapıştırıcı polimerizasyonu yapılır.

6. Transfer kaşıkları dikkatlice ağızdan uzaklaştırılır (Çavuş H., 2019).

3.6.4. Dijital indirekt Bonding Tekniğinin Avantajları ve Dezavantajları

3.6.4.1. Avantajları:

1. Braketlerin pozisyonu bilgisayar desteği sayesinde hassasiyeti yüksek bir şekilde ideal konumda planlanabilir.

2. Braketler en başta mükemmel doğrulukla yerleştirildiği için hastaların tedavisi palanlamaya uygun şekilde ilerler.

3. Bireysel kaşıklar ile bonding işlemi, direkt braketlemeye göre daha kolay ve pratiktir.

4. Bonding kaşıkları bölünerek tek diş kaşıkları olarak tekrar kullanılabilir.

5. Hem lingual hem de bukkal ortodontik tedaviler için kullanılabilir. Direkt braketlemeye göre klinisyen braket pozisyonunu kontrol etmek için geçirdiği zamandan fazlasıyla tasarruf edebilmektedir (Ciuffolo F. et al., 2206).

Konvansiyonel indirekt bonding yöntemine kıyasla dijital üretimin temel avantajları, laboratuvar işlemlerindeki azalma ve bilgisayar destekli teknolojilerin sunduğu öngörülebilirlik ve doğruluktur. Literatürde dijital ve geleneksel indirekt bonding yöntemlerinde braket pozisyonlandırmalarında farklılıklar olduğu da söylenmiştir (Israel M. Et al., 2011).

3.6.4.2. Dezavantajları:

1. İndirekt bonding kaşıklarının üretimi amacıyla ekstra olarak ağız içi ölçü veya tarama alınması gerekmektedir.

2. Braketleme sırasında kaşıklar yerleştirildiğinde braketin etrafındaki taşkın rezinler tamamen temizlenememektedir. Kalan bu ekseyiv rezinlerin, kütleme işlemi sonrası karbid frez ile temizlenmesi gerekebilir. Bu da klinisyen açısından iş yükü oluşturmakta ve daha fazla süre ihtiyacı oluşturmaktadır.

3. Konvansiyonel indirekt bonding tekniğine göre polimerizasyon aşaması, her brakete tek tek ışık kütleme uygulanması gerektirdiğinden zaman almaktadır.

4. Hekim braket seçimi yaparken bilgisayar yazılımına tanımlanmış braketlerden seçmek durumunda kaldığından braket çeşitliliği sınırlandırılmış olur.

5. Dijital indirekt bonding konvansiyonel yöntemine göre daha maliyetlidir (Israel M. Et al., 2011).

KAYNAKÇA

- Yıldırım, K., & Aydınatay, B. S. (2016). Ortodontide indirekt yapıştırma tekniği. *Acta Odontologica Turcica*, 33(3), 153-60.
- Roth, R. H. (1981). Functional occlusion for the orthodontist. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 15(1), 32.
- McLaughlin, R. P., Bennett, J. C., & Trevisi, H. J. (2001). Bracket positioning and case set-up. *Systematized Orthodontic Treatment Mechanics*. Edinburg, Mosby, 55-69.
- Carlson, S. K., & Johnson, E. (2001). Bracket positioning and resets: five steps to align crowns and roots consistently. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 119(1), 76-80.
- Yadav, J., Mehrotra, P., Kapoor, S., & Mehrotra, R. (2013). Basis of orthodontics-bonding—a review. *International Journal of Dental Science and Research*, 1(1), 28-33.
- Zachrisson B, Büyükyılmaz TJOCP, Mosby TteSLE. Chapter 12: Bonding in Orthodontics. 2005:579-659.
- Demir, D. (2007). İndirekt bonding ile yapıştırılan braketlerin bağlanma kuvvetleri üzerine farklı ışık kaynaklarının etkisi: laboratuvar ve klinik çalışması [tez]. *Adana: Çukurova Üniversitesi*.
- Newman, G. V. (1965). Epoxy adhesives for orthodontic attachments: progress report. *American journal of orthodontics*, 51(12), 901-912.
- Zachrisson, B. U. (1977). A posttreatment evaluation of direct bonding in orthodontics. *American journal of orthodontics*, 71(2), 173-189.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., & Sarver, D. M. (2006). Contemporary orthodontics: Elsevier Health Sciences. *Philadelphia, USA*.
- Kalange, J. T. (2004). Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. *World journal of orthodontics*, 5(4).
- Silverman, E., Cohen, M., Gianelly, A. A., & Dietz, V. S. (1972). A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. *American journal of orthodontics*, 62(3), 236-244.
- Silverman, E., & Cohen, M. (1975). A report on a major improvement in the indirect bonding technique. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 9(5), 270-276.
- White, L. W. (1999). A new and improved indirect bonding technique. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 33(1), 17-23.
- Sheridan, J. J. (2004). The Readers' Corner. 1. Do you use indirect bonding?. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 38(10), 543-544.
- Thomas, R. G. (1979). Indirect bonding: simplicity in action. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 13(2), 93-106.
- Sondhi, A. (1999). Efficient and effective indirect bonding. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 115(4), 352-359.

- Zachrisson, B. U., & Brobakken, B. O. (1978). Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *American journal of orthodontics*, 74(1), 62-78.
- Moskowitz, E. M., Knight, L. D., Sheridan, J. J., Esmay, T., & Tovilo, K. (1996). A new look at indirect bonding. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 30(5), 277-281.
- Newman, G. V. (1969). Bonding plastic orthodontic attachments. *JPO: the Journal of Practical Orthodontics*, 3(5), 231-238.
- Lindauer, S. J., Shroff, B., Marshall, F., Anderson, R. H., & Moon, P. C. (1997). Effect of pumice prophylaxis on the bond strength of orthodontic brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 111(6), 599-605.
- Bishara, S. E., Ajlouni, R., Laffoon, J. F., & Warren, J. J. (2006). Comparison of shear bond strength of two self-etch primer/adhesive systems. *The Angle Orthodontist*, 76(1), 123-126.
- Burgess, A. M., Sherriff, M., & Ireland, A. J. (2006). Self-etching primers: is prophylactic pumicing necessary? A randomized clinical trial. *The Angle Orthodontist*, 76(1), 114-118.
- Fitzgerald, I., Bradley, G. T., Bosio, J. A., Hefti, A. F., & Berzins, D. W. (2012). Bonding with self-etching primers—pumice or pre-etch? An in vitro study. *The European Journal of Orthodontics*, 34(2), 257-261.
- Tirtha, R., Fan, P. L., Dennison, J. B., & Powers, J. M. (1982). In vitro depth of cure of photo-activated composites. *Journal of dental research*, 61(10), 1184-1187.
- Aboush, Y. E., Tareen, A., & Elderton, R. J. (1991). Resin-to-enamel bonds: effect of cleaning the enamel surface with prophylaxis pastes containing fluoride or oil. *British dental journal*, 171(7), 207-209.
- Miyazaki, T., Hotta, Y., Kunii, J., Kuriyama, S., & Tamaki, Y. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental materials journal*, 28(1), 44-56.
- Kalange, J. T. (1999). Ideal appliance placement with APC brackets and indirect bonding. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 33(9), 516-526.
- Pamukçu, H., & Özsoy, Ö. P. (2016). Indirect bonding revisited. *Turkish journal of orthodontics*, 29(3), 80.
- Viazis, A. D., DeLong, R., Bevis, R. R., Rudney, J. D., & Pintado, M. R. (1990). Enamel abrasion from ceramic orthodontic brackets under an artificial oral environment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(2), 103-109.
- Karamouzos, A., Athanasiou, A. E., & Papadopoulos, M. A. (1997). Clinical characteristics and properties of ceramic brackets: a comprehensive review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 112(1), 34-40.
- Bennett, J. C., & McLaughlin, R. P. (1997). Orthodontic management of the dentition with the preadjusted appliance.

- Baumrind, S., Korn, E. L., & Boyd, R. L. (1996). Apical root resorption in orthodontically treated adults. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 110(3), 311-320.
- Kasrovi, P. M., & Timmins, S. (1997). A new approach to indirect bonding using light-cure composites. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 111(6), 652-656.
- Hodge, T. M., Dhopatkar, A. A., Rock, W. P., & Spary, D. J. (2001). The Burton approach to indirect bonding. *Journal of orthodontics*, 28(4), 267-270.
- McCrostie H. S. (2003). Indirect bonding simplified. *Journal of clinical orthodontics : JCO*, 37(5), 248-251.
- Read, M. J. F., & O'Brien, K. D. (1990). A clinical trial of an indirect bonding technique with a visible light-cured adhesive. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 98(3), 259-262.
- Milne, J. W., Andreassen, G. F., & Jakobsen, J. R. (1989). Bond strength comparison: a simplified indirect technique versus direct placement of brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 96(1), 8-15.
- Echarri, P., & Kim, T. W. (2004). Double transfer trays for indirect bonding. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 38(1), 8-13.
- Kalange, J. T. (2007, March). Prescription-based precision full arch indirect bonding. In *Seminars in Orthodontics* (Vol. 13, No. 1, pp. 19-42). WB Saunders.
- Daub, J., Berzins, D. W., Linn, B. J., & Bradley, T. G. (2006). Bond strength of direct and indirect bonded brackets after thermocycling. *The Angle Orthodontist*, 76(2), 295-300.
- Nojima, L. I., Araújo, A. S., & Alves, M. (2015). Indirect orthodontic bonding-a modified technique for improved efficiency and precision. *Dental press journal of orthodontics*, 20(3), 109-117.
- Layman, B. (2019). Digital bracket placement for indirect bonding. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 53(7), 387-396.
- Çavuş, H. (2019). Dijital indirekt bonding tekniğinin mikrosızıntı ve bağlanma dayanımı açısından etkinliğinin in vitro olarak değerlendirilmesi.
- Ciuffolo, F., Epifania, E., Duranti, G., De Luca, V., Raviglia, D., Rezza, S., & Festa, F. (2006). Rapid prototyping: a new method of preparing trays for indirect bonding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 129(1), 75-77.
- Israel, M., Kusnoto, B., Evans, C. A., & BeGole, E. (2011). A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. *The Angle Orthodontist*, 81(5), 828-835.



Bölüm 7

ORTODONTİK TEDAVİLERDE YAPAY ZEKA VE DİJİTAL TEKNOLOJİ UYGULAMALARI

Alaattin Tekeli¹, Ebru İlhan Koçak²

1 Dr.Öğretim Üyesi Alaattin Tekeli, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID: 0009-0002-0366-1659

2 Dr.Öğretim Üyesi Ebru İlhan Koçak, Kırıkkale Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı, ORCID ID:0000-0003-1926-1828

GİRİŞ

Yapay zeka, sosyal etkileşimlerden ekonomik yapılanmalara, bilimsel araştırmalardan sağlık hizmetlerine kadar geniş bir yelpazede yaygın olarak kullanılan ve 21. yüzyılın en etkileyici teknolojilerinden biridir. Bu teknoloji, yaşamımızın neredeyse her alanında önemli bir rol oynamaktadır (H. Chen, Chen, & Zhao, 2022; Ishii et al., 2020).

Yapay zeka, ilk kez 1956'da John McCarthy tarafından tanımlanan bir uygulamalı bilgisayar bilimi dalıdır (Minsky, Shannon, & Rochester, 2006). Bu teknoloji, bilgisayar teknolojisini kullanarak akıllı davranışı, eleştirel düşünmeyi ve insanlara benzer karar vermeyi taklit etmek amacıyla geliştirilmiş ve "dördüncü sanayi devrimi" olarak adlandırılmıştır (Aminoshariae, Kulild, & Nagendrababu, 2021; Shan, Tay, & Gu, 2020).

Günümüzde, yapay zeka terimi, problem çözme gibi insan bilişsel becerilerini taklit edebilen herhangi bir makine veya teknolojiyi ifade eder. Yapay zekayı anlamak için, şu önemli bazı ana yönleri bilmemiz gerekir. Bunlar;

- Makine öğrenimi, bir veri kümesine dayanarak sonuçları tahmin etmek için algoritmalara bağımlı olan yapay zekanın bir parçasıdır. Makine öğreniminin amacı, makinelerin veriden öğrenerek insan müdahalesi olmadan sorunları çözmelerini kolaylaştırmaktır.

- Sinir ağları, yapay nöronlar aracılığıyla sinyalleri hesaplayan bir dizi algoritmadır. Sinir ağlarının amacı, insan beyni gibi işlev gören sinir ağları oluşturmaktır.

- Derin öğrenme, girdi verilerini analiz etmek için derin bir sinir ağındaki farklı hesaplama katmanlarını kullanan makine öğreniminin bir bileşenidir. Derin öğrenmenin amacı, özellik tespitini iyileştirmek için otomatik olarak desen tanımlayan bir sinir ağı oluşturmaktır (Kazimierczak et al., 2023).

Son yıllarda sağlık hizmetlerinde dijital dönüşüm ve yapay zeka teknolojilerinin entegrasyonu, birçok alanda olduğu gibi ortodonti alanında da devrim niteliğinde yeniliklere kapı aralamıştır. Ortodonti, diş ve çene yapısının düzeltilmesi, ideal estetik ve fonksiyonel dengeye ulaşılması amacıyla uygulanan tedavileri kapsar. Geleneksel ortodontik yöntemler, büyük ölçüde klinik gözlem ve hekim deneyimine dayanmaktadır. Ancak, yapay zeka ve dijital teknolojilerin ortodontiye entegrasyonu tedavi süreçlerinde daha yüksek doğruluk, hız ve kişiselleştirilmiş yaklaşımlar sunarak bu alandaki standartları yükseltmiştir (Jiang et al., 2017).

Son teknolojik yenilikler, konik ışınli bilgisayarlı tomografi (CBCT) ve 3D görselleştirmeler gibi yöntemlerle, ağız içi tarayıcılar, yüz tarayıcıları, dental modelleme yazılımları, robotik ve 3D baskı gibi yeni cihaz geliştirmelerini içermektedir. Bu yenilikler, ortodontik tedaviye hızla entegre edilmektedir.

Bu araçlar, hastanın anatomisinin daha iyi anlaşılmasını sağlar ve spesifik hastalar için dinamik anatomik rekonstrüksiyonlar oluşturabilirler (Nayyar, Ojcius, & Dugoni, 2020).

Ortodontik uygulamalarda yapay zeka ve dijital girişimlerin kullanım alanları oldukça geniş kapsamlıdır. Bazı örnekler şunlardır: (Khanagar et al., 2021; MacHoy, Szyszka-Sommerfeld, Vegh, Gedrange, & Woźniak, 2020)

- Dental Tanı
- Ortodontik Tedavi Planlamasında Diş Çekim İhtiyacının Değerlendirilmesi (Çekimli veya Çekimsiz Tedavi Kararı)
- Nöral Ağ (NN) Makine Öğrenimi ile Ekstraksiyon Teşhisi
- Ortodontik Diş Çekimi Kararlarının Hesaplamalı Formülasyonu
- ANN Modellemesi ile Çekim Gerekliliğinin Belirlenmesi
- Otomatik Sefalometrik Film Analizleri
- İskelet Yaşının Belirlenmesi
- Gömülü Maksiller Kaninlere Etki Eden Faktörler
- TME Değerlendirilmesi
- Ortognatik Cerrahide yapay zeka ve dijital teknolojilerin kullanımı
- Ortodontik ve Ortognatik Cerrahi Tedavi Sonuç Tahmini

DENTAL TANI

Tıbbi görüntüleme yöntemlerinin kullanımı, diş ve çevresindeki yapılarla ilgili patolojilerin klinik teşhisinde önemlidir. Ortopantomogram (OPG) ve konik ışıklı bilgisayarlı tomografiler (CBCT) gibi radyolojik yöntemler, ortodontik teşhis ve tedavi planlamasında önemli rol oynar. Ancak, radyolojik muayene sayısının artması ile birlikte, teşhis sürecini destekleyecek ve hızlandıracak kapsamlı bir araca ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gereksinime yanıt olarak, yapay zeka tabanlı çoklu modüllü tanı sistemleri geliştirilmiştir (Dragge, 2018; Gallichan, Albadri, Dixon, & Jorgenson, 2020; Garlapati et al., 2017; Kapetanović, Oosterkamp, Lamberts, & Schols, 2021; Vandenberghe, Jacobs, & Bosmans, 2010).

ABD (San Francisco) merkezli Diagnocat Ltd. tarafından geliştirilen bu yapay zeka tabanlı sistem, evrişimli sinir ağları (CNN)'nın kullanarak kapsamlı ve kesin diş hekimliği tanımlarını sağlamaktadır. Sistem, diş segmentasyonu ve numaralandırma, oral patoloji tanısı (periapikal lezyonlar ve çürükler de dahil olmak üzere) ve hacimsel değerlendirme gibi olanaklar sunar. Bu programın tanısız performansını doğrulayan bilimsel makalelerin varlığı, programın etkinliği ve doğruluğu hakkında güvenilir bir kanıt sağlar.

Bu tür makaleler, programın belirli bir uygulama alanında nasıl performans gösterdiğini, hangi veri setleri üzerinde test edildiğini ve rakip yöntemlerle karşılaştırıldığını açıkça belirtir. Böylece, programın güvenilirliği ve kullanılabilirliği hakkında daha sağlam bir anlayış geliştirilir (Issa et al., 2023; Orhan et al., 2022). Orhan ve ark. (Orhan et al., 2022) tarafından yapılan çalışmanın yapay zeka sistemlerinin diş hekimliği uygulamalarında tanısal performansını değerlendirdiğini ve CBCT görüntüleri incelendiğinde periapikal lezyonların tespitinde yüksek bir doğruluk oranı elde ettiğini gösterdiğini belirtiyor. Çalışma ayrıca, bu yapay zeka sisteminin manuel yöntemlerle karşılaştırıldığında hacimsel ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını da rapor ediyor. Aynı şekilde, başka bir çalışma yapay zeka programının periapikal radyografilerde lezyon tespiti için tanısal doğruluğunu değerlendirdi ve benzer sonuçlar elde etti. Ancak, OPG'lerde periapikal lezyonların değerlendirilmesinde yapay zekanın doğruluğuyla ilgili çelişkili bulgular da bildirilmiştir (Issa et al., 2023) .

Ezhov ve ark. (Ezhov et al., 2021) CBCT değerlendirmesinde yapay zeka destekli bir grup ile desteklenmeyen bir grup arasında karşılaştırma yapmıştır. Bu çalışmada kullanılan yapay zeka sistemi, diş ve çene segmentasyonu, dişlerin yerini ve numarasını belirleme, periodontit, çürük ve periapikal lezyonları tespit etme gibi modülleri içeriyordu. Bulgular, yapay zeka sistemlerinin diş hekimlerinin tanısal becerilerini önemli ölçüde geliştirdiğini ve yapay zeka destekli grup içinde duyarlılık ve özgüllük değerlerinin desteklenmeyen gruba kıyasla daha yüksek olduğunu gösterdi.

Daha yeni bir meta-analiz olan Sadr ve ark. (Sadr et al., 2023) tarafından yapılan araştırma ise 18 çalışmayı içermiş ve birleştirilmiş duyarlılık ve özgüllük değerlerinin sırasıyla 0,925 (95% CI, 0,862–0,960) ve 0,852 (95% CI, 0,810–0,885) olduğunu ortaya koymuştur. Yazarlar, derin öğrenmenin dental radyografilerde periapikal radyolusen lezyonları tespit etmede son derece doğru sonuçlar gösterdiği sonucuna varmışlardır. Bu bulgular, çok modlu yapay zeka programlarının ilk basamak tanı araçları ve karar destek sistemleri olarak hizmet edebileceğini, bu sayede hastaların çeşitli seviyelerdeki dental problemlerini iyileştirilebileceğini öne sürmektedir. Şekil 1, Diagnostics raporundan bir örnek sunmaktadır.



Şekil 1. Otomatik olarak elde edilen bir CBCT taramasından alınan ortodontik tedavi öncesi 24 yaşındaki bir erkeğin tam raporunun bir bölümü. Yazılım otomatik olarak 18 ve 28 numaralı dişlerin eksikliğini tanımladı, ayrıca kalan dişlerde genellikle aşınma ve dental dolguların varlığından oluşan değişiklikleri belirledi. Program gerekli olduğunda ileri konsültasyonlar önermiştir (Kazimierczak et al., 2023).

ORTODONTİK TEDAVİ PLANLAMASINDA DIŞ ÇEKİM İHTİYACININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAPAY ZEKANIN KULLANIMI:

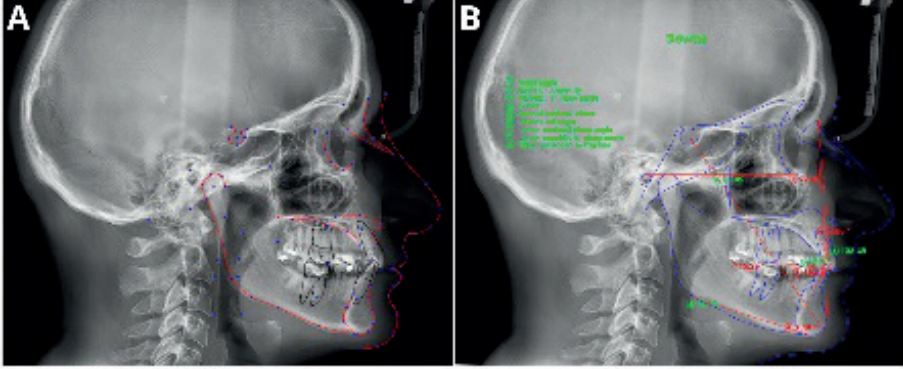
Ortodontik tedavi sırasında karşılaşılan en zorlayıcı konulardan biri belirli bir durumda çekimin zorunlu olup olmadığına karar vermektir. Tanımlanan ortodontik maloklüzyon ile ilişkilendirilen çeşitli faktörler, hasta tercihleri, beklenen sonuçlar, sosyokültürel faktörler ve ortodontistin mesleki tecrübesi, hastanın önerilen ortodontik çekim tedavisine yönelik tutumunu etkiler (Al-Ani & Mageet, 2018; Peck, 2017). Ortodontik tedavi amaçlı diş çekimlerine ilişkin kararlar, ortodontistin deneyimi, eğitimi ve felsefesi tarafından etkilenir. Tüm bu faktörler, ortodontik tedavi sırasında çekim kararını, deneyimli bir uygulayıcı için bile oldukça zorlu hale getirir. Ayrıca tedaviye ilişkin yapılan sonuçlar, özellikle sınırda vakalarda ortodonti uzmanları arasında büyük ölçüde değişebilir (Chambers & Thakkar, 2022; Saghafi et al., 2017).

Son yıllarda, ortodontik tedavilerde karar verme sürecini desteklemek için bir dizi yapay zeka aracı tanıtılmıştır. Çekim kararını destekleyici ilk çalışmalar, yapay zeka algoritmalarının uzman kararlarıyla %80'in üzerinde bir uyum sağladığını göstermiştir (H. Il Choi et al., 2019; Jung & Kim, 2016; Takada, 2016). Jung ve King (Jung & Kim, 2016) farklı bir çalışmada ANN sistemini değerlendirmiş ve 12 sefalometrik değişken ve belirli çekimli tedavilerin ayrıntılı tanısı için %93 başarı oranı elde etmiştir. Li ve ark. (Li et al., 2019) katmanlı algılayıcı yapay sinir ağı (ANN) kullanarak ortodontik tedavi planlamasında çekim gerekliliği, çekim ve ankraj paternlerini öngörmeye yönelik yaptıkları çalışmada, nöral ağ modelinin çekim gerekliliği tahmininde %94 doğruluk, çekim paterni tahmininde %84 doğruluk ve ankraj paterni tahmininde %92 doğruluk elde ettiklerini bildirmişlerdir. Ayrıca, nöral ağ tahminleri için en önemli özelliklerin çapraşıklık, maksiller ark, ANB açısı ve Spee eğrisi olduğu belirtilmiştir. Thanathornwong (Thanathornwong, 2018) tarafından yapılan bir çalışmada, ortodontik tedavi ihtiyacını değerlendirmek için Bayes ağına dayalı bir yapay zeka modeli önerilmiş ve yüksek doğruluk elde edilmiştir. Xie ve ark. (Xie, Wang, & Wang, 2010) yapay zeka ile ortodonti uzmanları arasında çekim kararlarında %80 uyum sağlandığını göstermişlerdir, ancak bu çalışmada sadece 20 vaka incelenmiştir. Çalışmalarında dudaklar tarafından desteklenmeyen anterior dişler ve IMPA değerlerinin ilk dikkate alınması gereken özellikler olduğunu belirtmişlerdir. Son araştırmalar, yapay zeka modellerinin ortodontik tedavi planlamasında yeni bir yöntem olarak kullanılabilirliğini ve bu modellerin klinik deneyimi sınırlı olan ortodonti uzmanlarına karar verme süreçlerinde rehberlik edebileceğini ortaya koymuştur.

OTOMATİK SEFALOMETRİK FİLM ANALİZLERİ

Sefalometrik analiz, 1931'den beri ortodontide kullanılan önemli bir tanı aracıdır (Leonardi, Giordano, Maiorana, & Spampinato, 2008). Yıllar içinde, teknolojiye ilerlemeler, manuel değerlendirmelerin dijital yazılımlarla değiştirilmesiyle sefalometrik analizler devrim geçirmiştir. Bu yaklaşım, ölçüm sürecini basitleştirir ve analiz sonuçlarını otomatik olarak görüntüler. Otomatik sefalometrik analizler, kullanıcı bağımlı anatomik nokta belirleme ve sıklıkla önemli değişkenlik gösteren manuel analizlere göre daha stabil ve tekrarlanabilir olduğu gösterilmiştir (H. Chen et al., 2022; Damstra, Huddleston Slater, Fourie, & Ren, 2010). Güvenilir sefalometrik analiz sonuçları için doğru ve tekrarlanabilir anatomik nokta belirleme çok önemlidir. Birkaç çalışma, yapay zekanın anatomik nokta belirlemede etkinliğini göstermiş, çeşitli otomatik yöntemler kullanarak anatomik nokta belirlemede sürekli yüksek doğruluk elde edilmiştir (E. J. Chung et al., 2022; Hwang, Moon, Kim, Donatelli, & Lee, 2021). Hwang ve ark. (Hwang et al., 2021) tarafından yapılan son bir çalışma, otomatik sefalometrik anatomik nokta belirlemenin deneyimli bir insan kadar güvenilir olabileceğini sonuçlandırmıştır. Benzer

şekilde, Kim ve ark. (H. Kim et al., 2020) yapay zeka kullanarak %88 ile %92 arasında anatomik nokta belirleme doğrulukları elde ettiler. Bu yazarlar ayrıca, manuel yöntemlerle karşılaştırıldığında, yapay zeka yöntemlerinin anatomik nokta belirlemede daha büyük doğruluk gösterdiği, iş akışını önemli ölçüde iyileştirdiği ve analiz süresini manuel analize göre 80 kat azalttığı gösterilmiştir. Şekil 2, örnek sefalometrik anatomik noktalarının tanımlarını göstermektedir.



Şekil 2. CephX (A) ve WebCeph (B) kullanılarak yapılan otomatik sefalometrik işaretlemelerin bir örneği, 18 yaşında bir erkek üzerinde gerçekleştirilmiştir. (B) işaretlemeler üzerine Downs sefalometrik analiz sonuçları eklenmiştir. Standart aralık dışındaki ölçümler kırmızı renkte ve yıldız işareti (*) ile işaretlenmiştir (Kazimierczak et al., 2023).

Sefalometrik analizde CBCT'nin kullanımı ilk olarak 2000'lerde bildirilmiştir. Ancak verimsizlik ve zaman kısıtlamaları nedeniyle kullanımı sınırlı kalmıştır. Yapay zekadaki son ilerlemeler, CBCT tabanlı sefalometrik analize olan ilgiyi yeniden canlandırmıştır. Birçok çalışma yapay zeka tekniklerinin anatomik noktaları otomatik olarak tanımlama ve analiz etmede manuel çizime göre daha doğru ve verimli olduğunu göstermiştir (Ed-Dhahraouy, Riri, Ezzahmouly, Bourzgui, & El Moutaoukkil, 2018; Gupta, Kharbanda, Sardana, Balachandran, & Sardana, 2015; Kazimierczak et al., 2023). Kim ve ark. (H. Kim et al., 2020) yapay sinir ağlarının tekrarlanabilirliğinin insan okuyucularından daha yüksek olduğunu bulurken, Londono ve ark. (Londono et al., 2023) yapay sinir ağlarının (YSA) anatomik noktaları tanımlamada deneyimsiz okuyucular kadar iyi veya daha iyi performans gösterdiğini rapor etmiştir. Genel olarak, yapay zeka araçları otomatik sefalometrik analizlerde umut verici sonuçlar göstermiştir, ancak değerlendirilen çalışmalarda olası önyargılar nedeniyle dikkatli olunması tavsiye edilmektedir (de Queiroz Tavares Borges Mesquita et al., 2023; Schwendicke et al., 2021).

İSKELET YAŞININ BELİRLENMESİ

Büyüme ve olgunlaşma, ortodontide kritik öneme sahiptir, çünkü bunlar ortodontik tedavilerin etkinliğini doğrudan etkiler ve bu tedaviler genellikle hızlı büyüme ve yüz yapısındaki gelişimsel değişikliklerin olduğu dönemlerle örtüşecek şekilde zamanlanır. Önceki çalışmalar, tedavilerin hastanın büyüme evreleriyle uyumlu olacak şekilde düzenlenmesinin tedavi sonuçlarını iyileştirebileceğini göstermiştir (McNamara & Franchi, 2018; Schabel, Baccetti, Franchi, & McNamara, 2010). Büyüme hızını ve yüz gelişim aşamasını doğru bir şekilde değerlendirmek, ortodontik tedavide uzun vadeli sonuçlar elde etmek ve tedavi sonrası devam eden yüz büyümesinin neden olduğu değişiklikleri en aza indirmek için önemlidir. Ancak ergenlik dönemindeki büyüme dinamikleri bireyler arasında büyük farklılıklar gösterdiğinden, kalan büyüme miktarını tahmin etmek için sadece kronolojik yaşa güvenmek yetersizdir (Flores-Mir, Silva, Barriga, Lagravère, & Major, 2004). Derin öğrenme ve yapay zeka teknolojileri, iskelet yaşı tahmini için el-bilek radyografilerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Bu teknolojiler, büyük veri tabanları oluşturarak, ırk, yaş ve cinsiyet gibi faktörleri dikkate alarak radyografileri analiz edebilmektedir. Yapılan araştırmalar, yapay zeka sistemlerinin iskeletsel olgunluğu tespit etmede radyoloji uzmanları kadar başarılı olduğunu ortaya koymuştur (Larson et al., 2018). İskeletsel olgunluğun değerlendirilmesinde servikal vertebraların kullanıldığı bir araştırmada, yapay zeka algoritmaları bireylerin büyüme ve gelişim dönemlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada, 300 lateral sefalometrik radyografi üzerinde yedi farklı yapay zeka algoritması karşılaştırılmıştır. Yapay sinir ağları, insan sinir sisteminin matematiksel modellemesi olarak en iyi sonuçları vermiş ve gelecekte servikal vertebralar kullanılarak olgunluk evresini belirlemek için tercih edilebileceği belirtilmiştir (Kök, Acılar, & İzgi, 2019). Başka bir çalışmada, Amasya ve ark. (Amasya, Cesur, Yıldırım, & Orhan, 2020) servikal olgunluk aşamalarını belirlemek için bir yapay zeka sistemi geliştirmiş ve bu sistemi insan gözlemcilerle karşılaştırmışlardır. Beş farklı makine öğrenme algoritmasını kullanarak, aşamalar arasındaki başarıyı değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, yapay sinir ağlarının servikal vertebraların sınıflandırılmasında insan gözlemcilere en yakın performansı gösteren en başarılı model olduğunu ortaya koymuştur.

GÖMÜLÜ MAKSİLLER KANİNLERİN CBCT TARAMALARINDA YAPAY ZEKA KULLANIMI

Maksiller kaninler, mandibular üçüncü molarlardan sonra en sık gömülü kalan dişlerdir. Gömülü kalma durumunun kesin nedeni bilinmemekle birlikte, maksiller kanin gömülülüğüne lokal, sistemik veya genetik faktörlerin katkıda bulunabileceği öne sürülmüştür. Bu durum genellikle son dişin sürmesi olmasından kaynaklanır ve gelişimsel pozisyonu olan maksillanın derinliklerindeki yerinden ağzın içindeki nihai konumuna uzun bir yolcu-

luğu vardır (Cruz, 2019). Birçok çalışma maksillanın anatomik yapısı ve boyutlarının etiyolojik nedenlerle ilişkisini araştırdığı görülmektedir. Swaity ve ark. (Swaity et al., 2024) CBCT görüntüsünde maksiller kanin dişlerinin otomatik segmentasyonu için evrişimli sinir ağları (CNN) tabanlı çevrimiçi bulut platformunun performansını eğitip değerlendirmişler ve otomatik yaklaşımın yarı otomatik yaklaşıma göre 24 kat daha hızlı olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca önerilen CNN modelinin, maksiller kanin dişlerinin hızlı, tutarlı ve kesin segmentasyonunu başardığı sonucuna varmışlardır. Chen ve ark. (S. Chen et al., 2020) tek taraflı gömülü maksiller kanine sahip bireylerin maksiller yapılarını incelemek için CBCT görüntülerinde 3 boyutlu otomatik segmentasyon ve otomatik Landmark belirleme amacıyla bir makine öğrenimi yöntemi geliştirmişlerdir. Bu amaçla, gömülü maksiller kanine sahip hastaların CBCT görüntülerini kullanarak öğrenme tabanlı çok kaynaklı Segmentasyon Entegrasyon Çerçevesi (LINKS) adlı bir makine öğrenimi algoritması kullanılmıştır. Wang ve ark. (Wang et al., 2016) tarafından geliştirilen ve gelişmiş makine öğrenimi görüntüleme tekniklerine dayanan LINKS, maksillayı otomatik olarak segmentlere ayırmak için kullanılmıştır. Segmentlere ayrılan sağ ve sol maksiller parçalar daha sonra hacim, derinlik, yükseklik ve genişlik gibi çeşitli açılardan superimpozisyon ile karşılaştırılmıştır. Bu hızlı ve etkili CBCT görüntü segmentasyonu, büyük klinik veri setlerinin verimli bir şekilde analiz edilmesini sağlayacaktır.

TME DEĞERLENDİRİLMESİNDE YAPAY ZEKA

Osteoartrit, eklemleri etkileyen ve eklem kıkırdağının, kemik yeniden şekillenmesinin ve osteoproliferatif cisimlerin yavaş yavaş bozulması ile karakterize olan bir durumdur. Temporomandibular eklem osteoartriti (TMJOA), önemli eklem ağrısı, işlev bozukluğu ve dişsel maloklüzyonla birlikte genel yaşam kalitesinde azalma yaratabilen temporomandibular bozuklukların belirli bir türüdür (E. Choi, Kim, Lee, & Park, 2021). TMJ fonksiyonu ve morfolojisinin incelenmesi, ortodontik ve diş tedavilerinde kritiktir. TMJOA, maloklüzyon ve yüz asimetrinin nedenlerinden biridir. Radyografik inceleme, OPG/CBCT gibi, kemik değişikliklerini göstererek TMJOA'nın varlığını doğrularken, MRG, eklem disklerinin değerlendirilmesi için tercih edilen yöntemdir (Derwich, Mitus-Kenig, & Pawlowska, 2020).

Son çalışmalar, TMJOA'nın tespit edilmesi ve evrelendirilmesinde yapay zekanın yüksek tanısal performansını göstermiştir. Bu çalışmalar, OPG, CBCT ve MRG gibi çeşitli görüntüleme tekniklerinin kullanılmasıyla eklem morfolojisinin otomatik ve detaylı olarak değerlendirilmesinin potansiyelini ortaya koymuştur. Bu nedenle, yazarlar TMJ tanı görüntüleme sistemlerinin kullanımının, osteoartrit için erken teşhis ve kişiselleştirilmiş tedaviler üzerine gelecekteki araştırmalara katkıda bulunacağını öngörmektedirler (Bianchi et al., 2020, 2021; E. Choi et al., 2021).

Bu konuda yapılan az sayıdaki inceleme ve meta-analizler, TMJOA tespitinde test edilen modellerin genel olarak orta ila iyi doğrulukta olduğunu göstermiştir (Almâşan, Leucuța, Hedeşiu, Mureşanu, & Popa, 2023; Bianchi et al., 2021; Jha, Lee, & Kim, 2022; Ozsari, Güzel, Yılmaz, & Kamburoğlu, 2023). Almasan ve ark. (Almâşan et al., 2023) tarafından yapılan bir çalışma, panoramik röntgende TMJOA tespitinde yapay zekanın havuzlanmış duyarlılık ve özgüllüğünün sırasıyla 0.76 (95% CI 0.35–0.95) ve 0.79 (95% CI 0.75–0.83) olduğunu göstermiştir. Xu ve ark. (Liang Xu, Chen, Qiu, Yang, & Wu, 2023) bu konuyla ilgili benzer sonuçlar bulmuş, sırasıyla %80, %90 ve %92 olan bir duyarlılık, özgüllük ve eğri altında kalan alan (AUC) ile rapor etmiştir. Daha kapsamlı bir çalışma, Jha ve ark. (Jha et al., 2022) tarafından gerçekleştirilmiş ve çene kası bozuklukları, TMJ osteoartriti, iç bozukluk ve disk perforasyonunun otomatik teşhisi için 17 makale analiz edilmiştir. Meta-analiz sonuçları, test edilen yapay zeka modellerinin yüksek tanısal doğruluğunu göstermiş olup, doğruluk ve özgüllüğün sırasıyla %84 ila %99,9 ve %73 ila %100 arasında olduğunu belirtmiştir.

ORTOGNATİK CERRAHİDE YAPAY ZEKA VE DİJİTAL TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI

Ortodonti ve ortognatik cerrahide önemli gelişmeler olmasına rağmen, hastaları cerrahi prosedürlere uygun hale getirmek için net kriterlerin eksikliği devam etmektedir. Bu durum, tedavi sürecinde karışıklık yaratabilir ve hem hastalar hem de uzmanlar için belirsizliklere yol açabilir. Bu sorun, hastanın cerrahi tedaviye mi yoksa kamuflej tedavisine mi yönlendirileceğine karar verme sürecinde ortodontistler için özellikle sorunlu hale gelmektedir (Alhammadi et al., 2022). Hastanın ortognatik cerrahiden fayda sağlayıp sağlamayacağını belirlemek, hastanın tedavi sürecinin geleceği açısından büyük önem taşır. Cerrahi bir vaka tanısı genellikle, sagittal iskelet deformitelerini değerlendirmek için kullanılan lateral sefalogramlar ile doğrulanır. Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarının ortognatik cerrahi tanılarını %90'ın üzerinde doğrulukla belirlemede etkinliği kanıtlanmıştır (H. J. Kim, Kim, & Kim, 2022).

Jeong ve ark. (Jeong et al., 2020) tarafından yapılan bir çalışma, yüz fotoğraflarına dayanarak yumuşak doku profillerini değerlendirmiştir. Değerlendirilen evrişimli sinir ağları (CNN), cerrahi vakaları doğru sınıflandırmada %89 doğruluk oranı elde etmiştir. Bu tür teknolojik ilerlemeler, ortodontistlerin ve cerrahların daha bilinçli kararlar vermesine yardımcı olabilir ve tedavi süreçlerini daha kesin hale getirebilir.

Ortognatik cerrahi tedavi planlamasında yapay zekanın performansını değerlendiren sınırlı ancak umut verici bir literatür bulunmaktadır. Knoops ve ark. (Knoops et al., 2019) tarafından yapılan bir çalışmada, 3D morfolojik model (3DMM) kullanılarak hastaların otomatik teşhisi, risk seviyelerinin

kategorize edilmesi ve ortognatik cerrahi tedavi planlarının simülasyonlarının oluşturulması sağlanmıştır. Bu yaklaşım, %95.5 duyarlılık ve %95.2 özgülük ile 1.1 ± 0.3 mm ortalama doğruluk elde etmiştir. Ayrıca, pozitif ve negatif prediktif değerler sırasıyla %87.5 ve %98.3 olarak rapor edilmiştir.

Chung ve ark. (M. Chung et al., 2020) CBCT görüntülerinin optik olarak taranan modellerle otomatik hizalanması için DeepPose regresyon sinir ağı kullanan bir teknik önermiştir. Bu yöntem, daha önceki en iyi performansı gösteren tekniklerin doğruluğunu %33.09 oranında arttırmıştır. Choi ve ark. (E. Choi et al., 2021) tarafından yapılan bir çalışmada, model cerrahi ihtiyacını doğru bir şekilde tahmin etmiş ve cerrahi hastalar için çekim planı sağlamıştır; bu çalışma %88 ile %97 arasında değişen bir doğruluk oranı elde etmiştir. Bu tür teknolojik yenilikler, ortodontistler ve cerrahlar için daha doğru ve etkili tedavi planları oluşturma potansiyeline sahiptir.

Salazar ve ark. (Salazar, Rossouw, Javed, & Michelogiannakis, 2024) tarafından yapılan sistematik bir inceleme, mevcut çalışmaların sonuçlarının önemli ölçüde heterojen olması nedeniyle kolayca genelleştirilemeyeceğini belirtmektedir. Heterojenlik, araştırma sonuçlarının tutarlılık eksikliğini ifade eder. Bu, çalışmalardaki farklı yöntemler, örneklem grupları veya diğer değişkenlerden kaynaklanabilir. Bu durum, yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarının potansiyel faydalarını kabul etmekle birlikte, daha sağlam ve genellenebilir sonuçlar elde edebilmek için daha fazla araştırma yapılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu, hastaların tedavi planlarının daha objektif ve güvenilir olmasını sağlayabilir.

Lee ve ark. (Lee, Yu, Kim, Kim, & Choi, 2020) sefalometrik radyografiler kullanarak derin öğrenme algoritmalarıyla ortognatik cerrahi ve ortodontik tedaviyi ayırt edebilmek için bir yapay zeka modeli geliştirmişlerdir. Ayrıca, üç farklı derin öğrenme modelinin performansını karşılaştırmayı hedeflemişlerdir. Ortognatik cerrahi endikasyonunu belirlemek için sefalometrik radyografi tabanlı ayırıcı tanıya yönelik derin evrişimli sinir ağları %95,4 ile %96,4 arasında yüksek bir başarı oranı elde etmiştir. Bu araştırma, sefalometrik radyografilerin derin evrişimli sinir ağları kullanılarak analiz edilmesinin ortognatik cerrahi endikasyonunu ayırt etmek için etkili bir yöntem olabileceğini göstermektedir.

Ortognatik cerrahide kullanılan diğer bir dijital teknoloji cerrahi splintlerin hazırlanmasıdır. Kemik segmentlerinin konumları belirlendikten sonra, cerrahi splintlerin üretimi için programda kullanılacak yöntemler mevcuttur. Kombine ameliyatlarda, genellikle iki farklı splint türü kullanılır: ara ve son splintler. Ara splint, ilk hareket ettirilecek segmentin son konumunu belirtirken, son splint ise son oklüzyonu gösterecektir. Bu cerrahi yardımcıları, Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli İmalat (CAD/CAM) teknolojisiyle oluşturulur. Bu teknoloji sayesinde, dosyalar Standard Triangle

Language (STL) formatında dışa aktarılır. STL dosya formatı, sanal olarak tasarlanan splintlerin 3 boyutlu olarak görselleştirilmesine olanak sağlar. Bu splintler, hastanın diş yapısına son derece uyumlu olacak şekilde üretilir ve kemik segmentlerinin planlanan konumda doğru bir şekilde yerleştirilmesini sağlar (Faber et al., 2018).

Yazarlar, yapay zekanın ortognatik cerrahi planlamasında değerli bir araç olabileceğini dikkatli bir şekilde belirtmiş, ancak daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu da vurgulamışlardır. Bu sınırlamalar, yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarının potansiyel faydalarını tam olarak ortaya koymak için daha fazla ve daha kapsamlı araştırmalar yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu ek çalışmalar, hastaların tedavi planlarının daha objektif ve güvenilir olmasını sağlayabilir, aynı zamanda ortodonti ve cerrahi alanlarında daha tutarlı ve standartlaştırılmış uygulamalara katkıda bulunabilir.

ORTODONTİK VE ORTOGNATİK CERRRAHİ TEDAVİ SONUÇ TAHMİNİ

Ortodontistler, her hastanın bireysel beklentileri, sosyoekonomik koşulları, kültürel geçmişi ve yeteneklerine dayanarak her hasta için en uygun tedavi stratejisini seçme zorluğuyla karşı karşıyadır. Ancak, çekim ve ortognatik cerrahi gibi prosedürler geri dönüşü olmayan sonuçlara neden olabilir ve kalıcı hasta memnuniyetsizliğine yol açabilir. Bu nedenle, tedavi sonuçlarını doğru bir şekilde tahmin etmek hem uygulayıcılar hem de hastalar için hayati öneme sahiptir. Neyse ki, literatürün giderek artan bir kısmı, yapay zekanın ortodontik ve ortognatik tedavi sonuçlarını tahmin etmede etkinliğini göstermektedir (Lo, Yang, Ho, Liao, & Lin, 2021; Patcas et al., 2019; Seo, Yang, Choi, Lee, & Baek, 2021).

Park ve ark. (J. H. Park et al., 2021) tarafından önerilen model, Class II hastalarının tedavi sonuçlarını yüksek doğrulukta tahmin etti ve ortalama hata 1.79 ± 1.77 mm idi. Tanikawa ve ark. (Tanikawa & Yamashiro, 2021) tarafından yapılan son bir çalışmada, bir derin öğrenme modeli, Japon hastalarda ortodontik ve ortognatik tedavinin 3 boyutlu sonuçlarını tahmin etmek için kullanıldı ve bu, sırasıyla 0.69 ± 0.28 mm ve 0.94 ± 0.43 mm ortalama hatalara yol açtı. Benzer şekilde, Park ve ark. (Y. S. Park et al., 2022) 3D yüz değişiklikleri açısından tedavi sonuçlarını doğru bir şekilde tahmin eden bir derin öğrenme algoritmasını değerlendirdi ve ortalama tahmin hatası 1.2 ± 1.01 mm idi. Diğer çalışmalar da ortognatik hastalarda yüz simetrisini (J. H. Park et al., 2021; Seo et al., 2021; Tanikawa & Yamashiro, 2021) ve ortognatik cerrahi sonrası yarıklı hastalarda 3D yüz yumuşak doku değişikliklerini tahmin etme konusunda yüksek doğruluklar elde etmiştir (Cassi et al., 2019).

Tedavi sonuçlarının yanı sıra, yapay zeka, şeffaf plak tedavisi sırasında hastaların deneyimlerini tahmin etmek için de kullanılmıştır. Xu ve ark. (Lin Xu et al., 2022) hastaların ağrı, anksiyete ve yaşam kalitesini tahmin etmede

yaklaşık %90'a varan doğruluk sağlayan bir sistem geliştirdi. Bu çalışma, hastaların deneyimlerini dikkate almanın ve odaklanmayı sadece kozmetik veya işlevsel sonuçlara kaydırmanın önemini vurgulamaktadır.

Son bir tarama incelemesi, yapay zeka modellerinin ortognatik tedavi planlamasında ve sonuç tahmininde sadece etkin değil, aynı zamanda geleneksel yöntemleri de geride bıraktığını ortaya koymuştur. Bu inceleme, bu modellerin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini vurgulayarak, özellikle daha az deneyimli uygulayıcılar için klinik sonuçları iyileştirme potansiyellerini önermektedir. Ancak, son bir meta-analiz, ortodontide yapay zeka ilerlemelerini benimserken dikkatli olma ve ölçülü davranma gerekliliğini vurgulamaktadır (Alam, Abutayyem, Kanwal, & A. L. Shayeb, 2023; Khanagar et al., 2022).

SONUÇ

Son dönemde yapay zeka ve dijital teknolojiler, hızlı bir ivme kazanarak çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Sağlık sektöründe, bu teknolojilerin hızla ilerlemesinde önemli bir etken, sağlık verilerinin büyük miktarlarda işlenebilir ve erişilebilir olmasıdır. Dış hekimliği ve ortodonti gibi alanlarda, teşhis ve tedavi planlaması aşamalarında yapay zeka uygulamalarının kullanımı giderek artmaktadır. Bu uygulamalar, ortodonti uzmanlarının ortodontik tedavinin tanısını, planlamasını ve takibini yaparken harcadıkları yükü ve zamanı önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, yapay zeka modelleri, tedavi sürecinde ikinci bir görüş sağlayarak tedavi planlamasında daha doğru ve verimli kararlar alınmasına yardımcı olmuştur.

Yapılan araştırmalar ve geliştirilen algoritmalar sayesinde, gelecekte yapay zeka ve dijital teknolojilerin sağlık sektöründe daha yaygın ve etkin bir şekilde kullanılması beklenmektedir. Bu teknolojilerin ilerlemesi, sağlık hizmetlerinin daha erişilebilir, etkin ve kişiselleştirilmiş hale gelmesine olanak sağlayabilir. Ancak, yapay zeka teknolojisinin klinik uygulamalarda güvenilirliği ve etkinliği konusunda dikkatli olunması gerekmektedir. Bu nedenle, yapay zeka teknolojisinin sağlık alanında kullanımı, uzman hekimlerin deneyim ve bilgisiyle birleştirilerek titizlikle yönetilmelidir.

KAYNAKÇA

- Alam, M. K., Abutayyem, H., Kanwal, B., & A. L. Shayeb, M. (2023). Future of Orthodontics—A Systematic Review and Meta-Analysis on the Emerging Trends in This Field. *Journal of Clinical Medicine* 2023, Vol. 12, Page 532, 12(2), 532. <https://doi.org/10.3390/JCM12020532>
- Al-Ani, M. H., & Mageet, A. O. (2018). Extraction Planning in Orthodontics. *Journal of Contemporary Dental Practice*, 19(5), 619–623. <https://doi.org/10.5005/JP-JOURNALS-10024-2307>
- Alhammedi, M. S., Almashraqi, A. A., Khadhi, A. H., Arishi, K. A., Alamir, A. A., Beleges, E. M., & Halboub, E. (2022). Orthodontic camouflage versus orthodontic-orthognathic surgical treatment in borderline class III malocclusion: a systematic review. *Clinical Oral Investigations*, 26(11), 6443–6455. <https://doi.org/10.1007/s00784-022-04685-6>
- Almășan, O., Leucuța, D. C., Hedeșiu, M., Mureșanu, S., & Popa, Ștefan L. (2023). Temporomandibular Joint Osteoarthritis Diagnosis Employing Artificial Intelligence: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/JCM12030942>
- Amasya, H., Cesur, E., Yıldırım, D., & Orhan, K. (2020). Validation of cervical vertebral maturation stages: Artificial intelligence vs human observer visual analysis. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 158(6), e173–e179. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2020.08.014>
- Aminoshariae, A., Kulild, J., & Nagendrababu, V. (2021). Artificial Intelligence in Endodontics: Current Applications and Future Directions. *Journal of Endodontics*, 47(9), 1352–1357. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2021.06.003>
- Bianchi, J., de Oliveira Ruellas, A. C., Gonçalves, J. R., Paniagua, B., Prieto, J. C., Styner, M., ... Cevidanes, L. H. S. (2020). Osteoarthritis of the Temporomandibular Joint can be diagnosed earlier using biomarkers and machine learning. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-020-64942-0>
- Bianchi, J., Ruellas, A., Prieto, J. C., Li, T., Soroushmehr, R., Najarian, K., ... Cevidanes, L. (2021). Decision Support Systems in Temporomandibular Joint Osteoarthritis: A review of Data Science and Artificial Intelligence Applications. *Seminars in Orthodontics*, 27(2), 78–86. <https://doi.org/10.1053/J.SODO.2021.05.004>
- Cassi, D., Battistoni, G., Magnifico, M., Di Blasio, C., Pedrazzi, G., & Di Blasio, A. (2019). Three-dimensional evaluation of facial asymmetry in patients with hemifacial microsomia using stereophotogrammetry. *Journal of Cranio-Maxillo-facial Surgery*, 47(1), 179–184. <https://doi.org/10.1016/J.JCMS.2018.11.011>
- Chambers, D. W., & Thakkar, D. (2022). Consistency of orthodontists' clinical decisions: A systematic review, meta-analysis, and theory development. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the*

- American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 161(4), 497-509.e4. <https://doi.org/10.1016/J.AJO-DO.2021.05.009>
- Chen, H., Chen, S., & Zhao, J. (2022). Integrated Design of Financial Self-Service Terminal Based on Artificial Intelligence Voice Interaction. *Frontiers in Psychology*, 13, 850092. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2022.850092/BIBTEX>
- Chen, S., Wang, L., Li, G., Wu, T. H., Diachina, S., Tejera, B., ... Ko, C. C. (2020). Machine learning in orthodontics: Introducing a 3D auto-segmentation and auto-landmark finder of CBCT images to assess maxillary constriction in unilateral impacted canine patients. *The Angle Orthodontist*, 90(1), 77-84. <https://doi.org/10.2319/012919-59.1>
- Choi, E., Kim, D., Lee, J. Y., & Park, H. K. (2021). Artificial intelligence in detecting temporomandibular joint osteoarthritis on orthopantomogram. *Scientific Reports*, 11(1), 10246. <https://doi.org/10.1038/S41598-021-89742-Y>
- Choi, H. Il, Jung, S. K., Baek, S. H., Lim, W. H., Ahn, S. J., Yang, I. H., & Kim, T. W. (2019). Artificial Intelligent Model With Neural Network Machine Learning for the Diagnosis of Orthognathic Surgery. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 30(7), 1986-1989. <https://doi.org/10.1097/SCS.0000000000005650>
- Chung, E. J., Yang, B. E., Park, I. Y., Yi, S., On, S. W., Kim, Y. H., ... Byun, S. H. (2022). Effectiveness of cone-beam computed tomography-generated cephalograms using artificial intelligence cephalometric analysis. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-022-25215-0>
- Chung, M., Lee, J., Song, W., Song, Y., Yang, I. H., Lee, J., & Shin, Y. G. (2020). Automatic Registration Between Dental Cone-Beam CT and Scanned Surface via Deep Pose Regression Neural Networks and Clustered Similarities. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(12), 3900-3909. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.3007520>
- Cruz, R. M. (2019). Orthodontic traction of impacted canines: Concepts and clinical application. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 24(1), 74-87. <https://doi.org/10.1590/2177-6709.24.1.074-087.BBO>
- Damstra, J., Huddleston Slater, J. J. R., Fourie, Z., & Ren, Y. (2010). Reliability and the smallest detectable differences of lateral cephalometric measurements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 138(5), 546.e1-546.e8. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.05.013>
- de Queiroz Tavares Borges Mesquita, G., Vieira, W. A., Vidigal, M. T. C., Travençolo, B. A. N., Beaini, T. L., Spin-Neto, R., ... de Brito Júnior, R. B. (2023). Artificial Intelligence for Detecting Cephalometric Landmarks: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Digital Imaging*, 36(3), 1158-1179. <https://doi.org/10.1007/S10278-022-00766-W>
- Derwich, M., Mitus-Kenig, M., & Pawlowska, E. (2020). Interdisciplinary Approach to the Temporomandibular Joint Osteoarthritis-Review of the Literature. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 56(5). <https://doi.org/10.3390/MEDICINA56050225>

- Drage, N. (2018). Cone Beam Computed Tomography (CBCT) in General Dental Practice. *Primary Dental Journal*, 7(1), 26–30. <https://doi.org/10.1308/205016818822610316>
- Ed-Dhahraouy, M., Riri, H., Ezzahmouly, M., Bourzgui, F., & El Moutaoukkil, A. (2018). A new methodology for automatic detection of reference points in 3D cephalometry: A pilot study. *International Orthodontics*, 16(2), 328–337. <https://doi.org/10.1016/J.ORTHO.2018.03.013>
- Ezhov, M., Gusarev, M., Golitsyna, M., Yates, J. M., Kushnerev, E., Tamimi, D., ... Orhan, K. (2021). Clinically applicable artificial intelligence system for dental diagnosis with CBCT. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-021-94093-9>
- Faber, J., Miranda, L., Faber, C., Valim, P., Bicalho, L. S., & Milki-Neto, J. (2018). Surgery-first orthognathic surgery with computer assisted three-dimensional planning. *Seminars in Orthodontics*, 24(4), 430–442. <https://doi.org/10.1053/J.SODO.2018.10.007>
- Flores-Mir, C., Silva, E., Barriga, M. I., Lagravère, M. O., & Major, P. W. (2004). Lay person's perception of smile aesthetics in dental and facial views. *Journal of Orthodontics*, 31(3), 204–209. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1179/146531204225022416>
- Gallichan, N., Albadri, S., Dixon, C., & Jorgenson, K. (2020). Trends in CBCT current practice within three UK paediatric dental departments. *European Archives of Paediatric Dentistry: Official Journal of the European Academy of Paediatric Dentistry*, 21(4), 537–542. <https://doi.org/10.1007/S40368-020-00526-W>
- Garlapati, K., Gandhi Babu, D. B., Chaitanya, N. C. S. K., Guduru, H., Rembers, A., & Soni, P. (2017). Evaluation of Preference and Purpose of Utilisation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) Compared to Orthopantomogram (OPG) by Dental Practitioners - A Cross-Sectional Study. *Polish Journal of Radiology*, 82, 248–251. <https://doi.org/10.12659/PJR.900864>
- Gupta, A., Kharbanda, O. P., Sardana, V., Balachandran, R., & Sardana, H. K. (2015). A knowledge-based algorithm for automatic detection of cephalometric landmarks on CBCT images. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 10(11), 1737–1752. <https://doi.org/10.1007/S11548-015-1173-6>
- Hwang, H. W., Moon, J. H., Kim, M. G., Donatelli, R. E., & Lee, S. J. (2021). Evaluation of automated cephalometric analysis based on the latest deep learning method. *The Angle Orthodontist*, 91(3), 329. <https://doi.org/10.2319/021220-100.1>
- Ishii, E., Ebner, D. K., Kimura, S., Agha-Mir-Salim, L., Uchimido, R., & Celi, L. A. (2020). The advent of medical artificial intelligence: Lessons from the Japanese approach. *Journal of Intensive Care*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.1186/S40560-020-00452-5/FIGURES/1>
- Issa, J., Jaber, M., Rifai, I., Mozdziaik, P., Kempisty, B., & Dyszkiewicz-Konwińska, M. (2023). Diagnostic Test Accuracy of Artificial Intelligence in Detecting Periapical Periodontitis on Two-Dimensional Radiographs: A Retrospective

- Study and Literature Review. *Medicina (Kaunas, Lithuania)*, 59(4). <https://doi.org/10.3390/MEDICINA59040768>
- Jeong, S. H., Yun, J. P., Yeom, H. G., Lim, H. J., Lee, J., & Kim, B. C. (2020). Deep learning based discrimination of soft tissue profiles requiring orthognathic surgery by facial photographs. *Scientific Reports*, 10(1), 16235. <https://doi.org/10.1038/S41598-020-73287-7>
- Jha, N., Lee, K. S., & Kim, Y. J. (2022). Diagnosis of temporomandibular disorders using artificial intelligence technologies: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 17(8). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0272715>
- Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., ... Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243. <https://doi.org/10.1136/SVN-2017-000101>
- Jung, S. K., & Kim, T. W. (2016). New approach for the diagnosis of extractions with neural network machine learning. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics : Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*, 149(1), 127–133. <https://doi.org/10.1016/J.AJODO.2015.07.030>
- Kapetanović, A., Oosterkamp, B. C. M., Lamberts, A. A., & Schols, J. G. J. H. (2021). Orthodontic radiology: development of a clinical practice guideline. *La Radiologia Medica*, 126(1), 72–82. <https://doi.org/10.1007/S11547-020-01219-6>
- Kazimierczak, N., Kazimierczak, W., Serafin, Z., Nowicki, P., Lemanowicz, A., Nadolska, K., & Janiszewska-Olszowska, J. (2023). Correlation Analysis of Nasal Septum Deviation and Results of AI-Driven Automated 3D Cephalometric Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 12(20). <https://doi.org/10.3390/JCM12206621>
- Khanagar, S. B., Al-ehaideb, A., Maganur, P. C., Vishwanathaiah, S., Patil, S., Baeshen, H. A., ... Bhandi, S. (2021). Developments, application, and performance of artificial intelligence in dentistry – A systematic review. *Journal of Dental Sciences*, 16(1), 508–522. <https://doi.org/10.1016/J.JDS.2020.06.019>
- Khanagar, S. B., Alfouzan, K., Awawdeh, M., Alkadi, L., Albalawi, F., & Alghilan, M. A. (2022). Performance of Artificial Intelligence Models Designed for Diagnosis, Treatment Planning and Predicting Prognosis of Orthognathic Surgery (OGS)—A Scoping Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(11), 5581. <https://doi.org/10.3390/APP12115581/S1>
- Kim, H. J., Kim, K. D., & Kim, D. H. (2022). Deep convolutional neural network-based skeletal classification of cephalometric image compared with automated-tracing software. *Scientific Reports*, 12(1), 11659. <https://doi.org/10.1038/S41598-022-15856-6>
- Kim, H., Shim, E., Park, J., Kim, Y. J., Lee, U., & Kim, Y. (2020). Web-based fully automated cephalometric analysis by deep learning. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 194. <https://doi.org/10.1016/J.CMPB.2020.105513>
- Knoops, P. G. M., Papaioannou, A., Borghi, A., Breakey, R. W. F., Wilson, A. T., Jeelani, O., ... Schievano, S. (2019). A machine learning framework for automated di-

- agnosis and computer-assisted planning in plastic and reconstructive surgery. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/S41598-019-49506-1>
- Kök, H., Acilar, A. M., & İzgi, M. S. (2019). Usage and comparison of artificial intelligence algorithms for determination of growth and development by cervical vertebrae stages in orthodontics. *Progress in Orthodontics*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S40510-019-0295-8>
- Larson, D. B., Chen, M. C., Lungren, M. P., Halabi, S. S., Stence, N. V., & Langlotz, C. P. (2018). Performance of a Deep-Learning Neural Network Model in Assessing Skeletal Maturity on Pediatric Hand Radiographs. *Radiology*, 287(1), 313–322. <https://doi.org/10.1148/RADIOL.2017170236>
- Lee, J. H., Yu, H. J., Kim, M. J., Kim, J. W., & Choi, J. (2020). Automated cephalometric landmark detection with confidence regions using Bayesian convolutional neural networks. *BMC Oral Health*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/S12903-020-01256-7>
- Leonardi, R., Giordano, D., Maiorana, F., & Spampinato, C. (2008). Automatic cephalometric analysis. *The Angle Orthodontist*, 78(1), 145–151. <https://doi.org/10.2319/120506-491.1>
- Li, P., Kong, D., Tang, T., Su, D., Yang, P., Wang, H., ... Liu, Y. (2019). Orthodontic Treatment Planning based on Artificial Neural Networks. *Scientific Reports* 2019 9:1, 9(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38439-w>
- Lo, L. J., Yang, C. T., Ho, C. T., Liao, C. H., & Lin, H. H. (2021). Automatic Assessment of 3-Dimensional Facial Soft Tissue Symmetry Before and After Orthognathic Surgery Using a Machine Learning Model: A Preliminary Experience. *Annals of Plastic Surgery*, 86(3S Suppl 2), S224–S228. <https://doi.org/10.1097/SAP.0000000000002687>
- Londono, J., Ghasemi, S., Hussain Shah, A., Fahimipour, A., Ghadimi, N., Hashemi, S., ... Dashti, M. (2023). Evaluation of deep learning and convolutional neural network algorithms accuracy for detecting and predicting anatomical landmarks on 2D lateral cephalometric images: A systematic review and meta-analysis. *The Saudi Dental Journal*, 35(5), 487–497. <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2023.05.014>
- MacHoy, M. E., Szyszka-Sommerfeld, L., Vegh, A., Gedrange, T., & Woźniak, K. (2020). The ways of using machine learning in dentistry. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*, 29(3), 375. <https://doi.org/10.17219/ACEM/115083>
- McNamara, J. A., & Franchi, L. (2018). The cervical vertebral maturation method: A user's guide. *The Angle Orthodontist*, 88(2), 133. <https://doi.org/10.2319/111517-787.1>
- Minsky, M., Shannon, C., & Rochester, N. (2006). The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years. *AI Magazine*, 27(4), 87–87. <https://doi.org/10.1609/AIMAG.V27I4.1911>
- Nayyar, N., Ojcius, D. M., & Dugoni, A. A. (2020). The role of medicine and technology in shaping the future of oral health. *Journal of the California Dental*

- Association*, 48(3), 127–130. <https://doi.org/10.1080/19424396.2020.12222558>
- Orhan, K., Shamshiev, M., Ezhov, M., Plaksin, A., Kurbanova, A., Ünsal, G., ... Sanders, A. (2022). AI-based automatic segmentation of craniomaxillofacial anatomy from CBCT scans for automatic detection of pharyngeal airway evaluations in OSA patients. *Scientific Reports 2022 12:1*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15920-1>
- Ozsari, S., Güzel, M. S., Yılmaz, D., & Kamburoğlu, K. (2023). A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Based Algorithms Regarding Temporomandibular Joint Related Diseases. *Diagnostics (Basel, Switzerland)*, 13(16). <https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS13162700>
- Park, J. H., Kim, Y. J., Kim, J., Kim, J., Kim, I. H., Kim, N., ... Kook, Y. A. (2021). Use of artificial intelligence to predict outcomes of nonextraction treatment of Class II malocclusions. *Seminars in Orthodontics*, 27(2), 87–95. <https://doi.org/10.1053/J.SODO.2021.05.005>
- Park, Y. S., Choi, J. H., Kim, Y., Choi, S. H., Lee, J. H., Kim, K. H., & Chung, C. J. (2022). Deep Learning–Based Prediction of the 3D Postorthodontic Facial Changes. <https://doi.org/10.1177/00220345221106676>, 101(11), 1372–1379. <https://doi.org/10.1177/00220345221106676>
- Patcas, R., Bernini, D. A. J., Volokitin, A., Agustsson, E., Rothe, R., & Timofte, R. (2019). Applying artificial intelligence to assess the impact of orthognathic treatment on facial attractiveness and estimated age. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 48(1), 77–83. <https://doi.org/10.1016/J.IJOM.2018.07.010>
- Peck, S. (2017). Extractions, retention and stability: the search for orthodontic truth. *European Journal of Orthodontics*, 39(2), 109–115. <https://doi.org/10.1093/EJO/CJX004>
- Sadr, S., Mohammad-Rahimi, H., Motamedian, S. R., Zahedrozegar, S., Motie, P., Viyahalingam, S., ... Nosrat, A. (2023). Deep Learning for Detection of Periapical Radiolucent Lesions: A Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy. *Journal of Endodontics*, 49(3), 248-261.e3. <https://doi.org/10.1016/J.JOEN.2022.12.007>
- Saghafi, N., Heaton, L. J., Bayirli, B., Turpin, D. L., Khosravi, R., & Bollen, A. M. (2017). Influence of clinicians' experience and gender on extraction decision in orthodontics. *The Angle Orthodontist*, 87(5), 641–650. <https://doi.org/10.2319/020117-80.1>
- Salazar, D., Rossouw, P. E., Javed, F., & Michelogiannakis, D. (2024). Artificial intelligence for treatment planning and soft tissue outcome prediction of orthognathic treatment: A systematic review. *Journal of Orthodontics*, 51(2). <https://doi.org/10.1177/14653125231203743>
- Schabel, B. J., Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara, J. A. (2010). Clinical photography vs digital video clips for the assessment of smile esthetics. *The Angle Orthodontist*, 80(4), 678–684. <https://doi.org/10.2319/052207-243.1>

- Schwendicke, F., Chaurasia, A., Arsiwala, L., Lee, J. H., Elhennawy, K., Jost-Brinkmann, P. G., ... Krois, J. (2021). Deep learning for cephalometric landmark detection: systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*, 25(7), 4299–4309. <https://doi.org/10.1007/S00784-021-03990-W>
- Seo, J., Yang, I. H., Choi, J. Y., Lee, J. H., & Baek, S. H. (2021). Three-Dimensional Facial Soft Tissue Changes After Orthognathic Surgery in Cleft Patients Using Artificial Intelligence-Assisted Landmark Autodigitization. *The Journal of Craniofacial Surgery*, 32(8), 2695–2700. <https://doi.org/10.1097/SCS.00000000000007712>
- Shan, T., Tay, F. R., & Gu, L. (2020). Application of Artificial Intelligence in Dentistry. <https://doi.org/10.1177/0022034520969115>, 100(3), 232–244. <https://doi.org/10.1177/0022034520969115>
- Swaity, A., Elgarba, B. M., Morgan, N., Ali, S., Shujaat, S., Borsci, E., ... Jacobs, R. (2024). Deep learning driven segmentation of maxillary impacted canine on cone beam computed tomography images. *Scientific Reports 2024 14:1*, 14(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49613-0>
- Takada, K. (2016). Artificial intelligence expert systems with neural network machine learning may assist decision-making for extractions in orthodontic treatment planning. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*, 16(3), 190–192. <https://doi.org/10.1016/J.JEBDP.2016.07.002>
- Tanikawa, C., & Yamashiro, T. (2021). Development of novel artificial intelligence systems to predict facial morphology after orthognathic surgery and orthodontic treatment in Japanese patients. *Scientific Reports 2021 11:1*, 11(1), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95002-w>
- Thanathornwong, B. (2018). Bayesian-Based Decision Support System for Assessing the Needs for Orthodontic Treatment. *Healthcare Informatics Research*, 24(1), 22–28. <https://doi.org/10.4258/HIR.2018.24.1.22>
- Vandenbergh, B., Jacobs, R., & Bosmans, H. (2010). Modern dental imaging: a review of the current technology and clinical applications in dental practice. *European Radiology*, 20(11), 2637–2655. <https://doi.org/10.1007/S00330-010-1836-1>
- Wang, L., Gao, Y., Shi, F., Li, G., Chen, K. C., Tang, Z., ... Shen, D. (2016). Automated segmentation of dental CBCT image with prior-guided sequential random forests. *Medical Physics*, 43(1), 336–346. <https://doi.org/10.1118/1.4938267>
- Xie, X., Wang, L., & Wang, A. (2010). Artificial neural network modeling for deciding if extractions are necessary prior to orthodontic treatment. *The Angle Orthodontist*, 80(2), 262–266. <https://doi.org/10.2319/111608-588.1>
- Xu, Liang, Chen, J., Qiu, K., Yang, F., & Wu, W. (2023). Artificial intelligence for detecting temporomandibular joint osteoarthritis using radiographic image data: A systematic review and meta-analysis of diagnostic test accuracy. *PLOS ONE*, 18(7), e0288631. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0288631>
- Xu, Lin, Mei, L., Lu, R., Li, Y., Li, H., & Li, Y. (2022). Predicting patient experience of Invisalign treatment: An analysis using artificial neural network. *Korean Journal of Orthodontics*, 52(4), 268. <https://doi.org/10.4041/KJOD21.255>



Bölüm 8

ŞEFFAF PLAKLAR İLE ORTODONTİK DİŞ HAREKETLERİ

Burçin Akan¹, Gülçe Nailer², İlknur Veli³

1 Doç. Dr. Burçin AKAN, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7487-3769

2 Dt. Gülçe NAİLER, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0009-0007-0162-3559

3 Prof. Dr. İlknur VELİ, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı, ORCID ID: 0000-0001-7504-9122

1.Giriş

Başlıca yetişkinlerde olmak üzere, ortodontik tedaviye olan ihtiyacın artmasıyla birlikte hastalar; konforu yüksek ve kullanımı rahat olan, aynı zamanda da estetik görünürlüğü daha iyi olan ortodontik tedavileri talep etmektedirler (Ke, Y., 2019). Bu taleplerin doğrultusunda geleneksel sabit yöntemlere alternatif olan şeffaf plaklar, sabit labiyal tedaviye estetik bir alternatif olarak tanıtılmıştır (Vlaskalic, V., 2001). İlk şeffaf plak, 1940'ların başında Kesling tarafından tanıtıldı (Kesling, H. D. 1946). Ancak, o dönemdeki şüphencilik ve tanıtım eksikliği nedeniyle pek popüler olmadı. Diş malzemelerinin ve 3D teknolojisinin gelişmesiyle birlikte, şeffaf plaklar daha popüler hale geldi (Zheng, M., 2017). Üç boyutlu (3D) rekonstrüksiyon, bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim gibi gelişmelerle birlikte, şeffaf plak tekniği ortodontik armamentaryumun önemli bir parçası olmuştur (Zheng, M., 2017; Solano-Mendoza, B. 2017; White, D. W., 2017; Azaripour, A., 2015).

Şeffaf plak tedavisi için birçok avantaj öne sürülmüştür (Ghadirian, H., 2022). Bunların başında, sabit ortodontik aparey kullanan hastalara kıyasla şeffaf plak kullanan hastalar için estetik ve konforun artması yer almaktadır. Görünüşüne veya konuşmasına önem veren hastalar için şeffaf plaklar, tedavi için iyi bir seçenektir (McNamara, J. A., 2001; Turpin, D. L. 2002; Vlaskalic, V., 2002). Ayrıca, görünümü ile şeffaf plaklar; geleneksel braketlerin dişler üzerine yerleştirilmesinin neden olduğu görünümün aksine, hastaların sosyal yaşamları üzerinde daha az olumsuz bir etki bırakır (Zhang, B., 2020). Şeffaf plaklar, tedavi seans sıklıkları ve süreleri açısından daha kısa olmalarıyla da geleneksel sabit tedavi tekniğe göre avantajlı olup popüleritesini arttırmaktadır (Zheng, M., 2017; Solano-Mendoza, B., 2017; White, D. W.; 2017; Azaripour, A., 2015). Ağız hijyeni açısından değerlendirdiğimizde, sabit ortodontik apareyler diş plağının birikmesini artırabilir ve ortodontik tedavi sırasında ve sonrasında beyaz nokta lezyonlarının, çürüklerin ve dişeti iltihabının oluşumuna neden olabilir (Zheng, M., 2017; Solano-Mendoza, B., 2017); Buna karşın şeffaf plaklar gibi çıkarılabilir apareyler, yemek yeme, içme, diş fırçalama ve diş ipi kullanma için çıkarılabilir ve bu da hastanın oral hijyeni ni iyileştirir (Boyd, R. L., 2000; Taylor, M. G., 2003).

Öte yandan, bazı dezavantajlar da vardır. Bunlar arasında tedavinin daha yüksek maliyetli olması, bazı maloklüzyon tiplerinin tedavisinde zorluklarla karşılaşılabilmesi veya öngörülemez aparey etkinliği ve hasta uyumunun yetersiz olması gibi durumlar bulunmaktadır (Vlaskalic, V., 2002; Lagrave-re, M. O., 2005; Bayan, A.). Şeffaf plaklarla yapılan tedavinin etkinliğini değerlendiren birkaç klinik çalışma yayımlanmış olup, bu durum klinisyenler arasında apareyin etkinliği konusunda belirsizlik bırakmaktadır. Literatürde, şeffaf plakların klinik uygulanabilirliğini anlamak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir (McNamara, J. A., 2001; Turpin, D. L. 2002; Vlaskalic, V., 2002).

Piyasaya sürülmelerinden bu yana şeffaf plak sistemleri, diş hareketleri ve oklüzyon üzerine olan etkilerinin iyileştirilerek daha öngörülebilir sonuçlar elde edilmesine olanak sağlamıştır. Bu sistemlerin dişler üzerine yerleştirilen ataşmanlarla birlikte kullanılması da güvenilirliklerini arttırmıştır (Kravitz, N. D., 2008). Birçok makale, sanal olarak planlanan hareketlerin klinikte elde edilebilir olmadığını göstermiştir (Zhu, Y., 2019; Peretta, R. E. D. E. N. T. O., 2015; Long, H., 2020; Dai, F. F., 2019; Dai, F. F., 2021). Şeffaf plak sisteminde bazı sınırlamalar devam etse de tekniklerin yalnızca hastalar için değil, ortodontistler için de özelleştirilmesi düşünülmelidir (Liu, L., 2014). Bu nedenle, ataşmanların tasarımı ve yerleştirilmesi (Samoto, H., 2014, Jiang, T., 2020, Li, W., 2015, Huanca Ghislanzoni, L. T., 2013, Lucchese, A., 2019), ortodontik diş hareketinin aşamalandırması (Chen, H. 2021; Pincus, D., 2017; Gauss, T., 2019) ve plak deformasyonu mühendisliği (Liu, L., 2014; Ahn, H. W., 2013; Bowman, S. J. 2017) veya diğer bir deyişle plak biyomekaniği bilgisi, plaklarla ortodontik tedavinin kalitesini tanımlamada kritik bir rol oynamaktadır (Ren, L., 2022).



Resim 1 (a). Şeffaf plak ile ortodontik tedavi gören hastanın başlangıç ağız içi fotoğrafları



Resim 1 (b): Şeffaf plak ile ortodontik tedavi gören hastanın ataşmanlı ağız içi fotoğrafları

2. Ataşmanlar

Şeffaf plak materyalinin davranışındaki iyileştirmeler, tedavi planlama yazılımı ve üç boyutlu (3D) baskı; şeffaf plak temelli diş hareketlerine özgü biyomekanik sınırlamaları azaltmayı amaçlar. Şeffaf plak sistemlerinin biyomekanik eksikliklerinin üstesinden gelmek için biyomekanik olarak tamamlayıcı kompozit ataşmanlar sürekli iyileştirilmektedir (Nanda, R., 2021). Ataşmanlar, şeffaf plakaların biyomekaniğini geliştirdiği görülen kuvvet dönüştürücüleridir. Esasen, ataşmanlar diş yüzeyine polimerize edilmiş kompozit malzemenin bir çıkıntısı olup, plakların retansiyonunu artırmak ve daha önce gerçekleştirilmesi zor olarak kabul edilen ortodontik hareketleri elde etmek için uygulanır. Bu hedeflere, belirli noktadaki uyumsuzluğun artırılması, temas alanının iyileştirilmesi ve daha iyi bir kuvvet sistemi uygulaması yoluyla ulaşabilirler. Ataşmanlar, belirli görevler ve/veya belirli diş hareketleri için tasarlanmış farklı şekillere sahip olabilir. Literatür, ataşmanların yerleşimi, şekli, boyutu ve sayısı arasındaki kombinasyonun ortodontik tedavinin etkinliğini büyük ölçüde etkileyebileceğini göstermiştir (Momtaz, P., 2016; Garino, F., 2016). Ataşmanlar aynı zamanda translasyon gibi karmaşık diş hareketlerini de kolaylaştırır (D'Antò, V., 2019). Şimdi, ataşmanların şeffaf plak tedavisinin ayrılmaz ve gerekli bir parçası olduğu doğrulanmıştır (Djeu, G., 2005).

Ataşmanlar, aktif yüzey, pasif yüzey ve taban olmak üzere üç öğeden oluşur. Aktif veya fonksiyonel yüzey (Cai, Y., 2015), ataşmanın istenen kuvvet vektörlerini ve ardından gelen diş hareketlerini oluşturabilmesi için plastiğin temas edeceği belirli alandır (Arango, J. G., 2021). Pasif yüzey, ataşmanın kalan kısmını oluşturan ve ataşmanın stabilitesini sağlamayı ve plağın oturmasını kolaylaştırmayı (veya mümkün olduğunca az engellemeyi) amaçlayan kısımdır. Son olarak, taban, ataşmanın diş kronuna yapışan kısımdır (Knopp, P., & Derakhshan, M., 2006). Belirli bir klinik amaç için en uygun ataşman tasarımını belirlerken birkaç husus devreye girer. Bunlar; biçim, konum ve boyuttur (Nanda, R., 2021). Farklı hareket türlerine yardımcı olmak veya diş kronlarının morfolojisine uyum sağlamak için tasarlanmış çeşitli morfolojiler, boyutlar ve yönler vardır (Martínez Lozano, D).



Resim 2: Şeffaf plak ile tedavi gören hastanın planlama aşamasındaki ataşman görüntüleri

Biçim: Plaklarla kullanılan ataşmanların ilk şekilleri elipsoidal ve dik-dörtgenseldi (Karras, T., 2021) ve dikey ve yatay olmak üzere iki olası yön-

lendirme mevcuttu. Bu ataşmanlar hem bukkal hem de palatal-lingual yüzeylere yerleştirilebiliyordu (Kuo, E., 2006; Boyd, R. L., 2001). Ataşmanların tüm yüzey alanı, şeffaf plak ile doğrudan temas halinde olmaz. Aktif veya fonksiyonel yüzeyler, klinik hedeflere uygun olarak, iyi düşünülmüş biyomekanik amaçlılıkla belirlenmelidir. Üretilen kuvvetin büyüklüğü uyumsuzluk miktarı ile belirlenirken (şeffaf plak malzemesinin özellikleri ile), kuvvetin yönü aktif yüzeyin yönüne bağlı olacaktır (Nanda, R., 2021).

Konum: Herhangi bir anda uygulanan şeffaf plak tabanlı ortodontik kuvvetlerin etkisini tam olarak anlamak için, bir momentin büyüklüğünün, hareket çizgisi ile direnç merkezi arasındaki dikey mesafeyle orantılı olduğu öncülüne dayanarak, bu mesafeyi uzayın üç düzleminde kurmak esastır (Nanda, R., 2021). Ataşmanın konumu, kuvvet uygulama noktası ve plak retansiyonu ile ilişkilidir. Temel biyomekanik prensiplere göre, kuvvetin uygulama noktasını dişin direnç merkezinden ne kadar uzaklaştırırsak, üretilen devrilme momenti o kadar büyük olur (Arango, J. G., 2021). Dişin diş eti kenarına yakın bir ataşman, kesici kenar veya oklüzal yüzeye yakın bir ataşmana göre daha küçük bir devrilme bileşenine sahip olacaktır. Ataşman, istenmeyen plastik bükülmesini önlemek için (Colville, C. D., 2006), plak diş eti kenarından en az 1,5 mm uzaklıkta olmalı ve bu güvenlik marjininin plağın diğer sınırlayıcı yüzeylerine kadar uzatılması genellikle tavsiye edilir (Martínez Lozano, D).

Boyut: Ataşman boyutu, mekanik ve estetik etkileri nedeniyle önemlidir (Nanda, R., 2021). Büyük bir ataşman (uzunluk ve kalınlık olarak), plağın itme kuvvetlerini (Ahmad, W., 2023) oluşturmak için temas bölgesini artıran geniş bir aktif yüzeye ve ataşmanın dayanıklılığını artıran sağlam, hacimli bir pasif yüzeye sahiptir. Ancak, ataşman boyutu çok büyük olursa, apareyin takılması ve çıkarılması zorlaşır ve küçük klinik kuron alanına sahip dişler için uygun olmaz. Dikey ataşmanlar için uzunlukta ve yatay ataşmanlar için genişlikte 3 mm'lik standart bir boyut önerilir. Daha büyük bir ataşman, estetik göz ardı edilse bile her zaman arzu edilmez. Daha büyük bir ataşman boyutu, daha iyi bir kuvvet dağılımı anlamına gelmez (Martínez Lozano, D). Ataşmanların konfigürasyonu, diş hareketi türüne ve retansiyon gereksinimlerine göre seçilmelidir (Dalaie, K., 2020).

3. Şeffaf Plaklarda Retansiyonunu Sağlamak

Plak retansiyonu, diş morfolojisi ve konumu, maloklüzyon derecesi, plak malzemesi ve apareyin kullanımı gibi çeşitli faktörlerden etkilenebilir (Jones, M. L., 2009). Şeffaf plaklar ile uygulanan ortodontik kuvvetlerin dijital simülasyonda tasarlandığı gibi dişleri etkileyebilmesi için, şeffaf plak yerleştirildikten sonra plak sabit bir şekilde oturmalı ve tedavi süresince öyle kalmalıdır. Nadiren de olsa hatalı üretim sonucu şeffaf plakların yetersiz adaptasyonu meydana gelebilir. Bunun yanı sıra, uygun şekilde takıldıktan sonra karşılaşılabilecek reaktif kuvvetler nedeniyle de uyum bozulabilir (Nanda, R.,

2021). Literatürde, yüksek şeffaf plak retansiyonunun zorunlu olduğu durumlarda, optimal ataşman konfigürasyonunun, dişeti kenarına mümkün olduğunca yakın, gingival olmayan bir eğime sahip (yatay dikdörtgen veya oklüzal eğimli gibi) bir tasarım olduğunu ileri sürülmektedir (Jones, M. L., 2009).

Diş hareketlerinden bir dizi teğetsel kuvvetin toplamı sorumludur. Şeffaf plak üzerine uygulanan kuvvetler yeni pozisyona uyum sağlama kapasitesini aştığında, istenmeyen kuvvetlerin ortaya çıkmasıyla diş geride kalır ve kontrol kaybolur. Bu durum şeffaf plağın diş yüzeyine göre uygunsuz yer değiştirmesine (kaymasına) neden olarak sistemin etkinliğini ve öngörülebilirliğini azaltır. Uygun şekilde tasarlanmış ataşmanlar kullanılarak bu istenmeyen kayma etkisi büyük ölçüde azaltılabilir. Ataşman ile şeffaf plaklardaki karşılık gelen ataşman boşlukları arasında çakışmanın olmaması, birçok durumda yeni bir tedavi dizisinin tasarlanması gerektirir (Nanda, R., 2021).

Bazı mekanikler, temel dişlerin uygun boyutta olmasına rağmen, ek bir tutuculuk gerektirir. Buna yaygın bir örnek, kesikler aracılığıyla plaklara doğrudan bağlanan elastiklerin kullanılmasıdır. Ortodontist bu kesiklere güçlü elastikler reçete ederse, plak istenen etkiyi sağlamadan kolayca yerinden çıkma eğiliminde olacaktır. Tutucu bir ataşmanın eklenmesi, hastanın elastikleri taktığında plakların düzgün bir şekilde oturmasına yardımcı olur (Martínez Lozano, D). Diğer taraftan intrüzyon, tutuculuğa özel dikkat gerektiren bir harekettir. İnsizörlerin intrüzyonu programlandığında, hasta plağı takmaya başladığında plak insizal kenarlara erken temas eder ve arka dişlerin oklüzal yüzeyleri ile aparey arasında bir boşluk bırakır. Hasta, ataşmansız bir tasarımda plağın arka uçlarına bastırırsa, plak başlangıçta oturur ancak tekrar yerinden çıkacaktır çünkü tutuculuğu yoktur (Kuo, E., 2006). İntrüzyona ek olarak arka ve bitişik dişlere ataşmanlar eklemek, plağın yerinden çıkmasını engeller ve insizörlerde sıkışmasını sağlar. Diş hareketinin planlandığı dişlerin yanındaki tutuculuğun artırılması, anterior ekstrüzyon veya posterior intrüzyon gibi diğer hareket türleri için de etkilidir (Fan, D., 2022).

Ataşman sayısı, plağın tutuculuğunun (Fan, D., 2022, Al Noor, 2018) artmasıyla pozitif bir ilişki içindedir ve ataşman kullanılan bir aparey, ataşmansız bir tasarıma göre daha tutucudur (Dasy, H., 2021). Literatürde (Fan, D., 2022), sonlu eleman çalışmasında, ikinci üst moların intrüzyonuna en iyi yardımcı olan modelin hem vestibüler hem de palatal taraflarda yatay dikdörtgen ataşmanlara sahip olan model olduğunu gösterdiler, çünkü bu model ankraj dişlerinde daha az olumsuz hareketler ve hedef molar dişte daha büyük intrüzyon kuvveti sergilemiş, önceki ifadeyi doğrulamıştır. Ataşmanın tasarımı ve yerleşimi de sistemin tutuculuğunu etkiler (Martínez Lozano, D).

4. Şeffaf Plaklarda Kuvvet Sistemleri

Kuvvet momentlerine yardımcı olmak için yardımcı elemanlar olarak ataşmanlar, iki klinik durumda kullanılabilir. Birincisi, diş morfolojisinin,

plak itmesi için uygun bir destek yüzeyi bulmaya izin vermediği durumdur (Knopp, P., 42). Bu durumda ataşman, dış anatomisini değiştirmek ve kuvvet yönüne dik bir aktif yüzey sağlamak için kullanılır (Cai, Y., 2015, Xie, J., 2023). Bu, yuvarlak dişlerin (kaninler ve premolarlar) rotasyon hareketinde (Kravitz, N. D., 2008, Laohachaiaroon, 2019) ve herhangi bir dişin ekstrüzyon hareketinde meydana gelir (Clements, K. M., 2003; Savignano, R., 2019). Planlanan hareketin ifade edilebildiği ancak kök yer değiştirmelerini içermesi ve karmaşık kuvvet sistemleri gerektirmesi nedeniyle zorluklarla karşılaştığı diğer bir zor durumdur. Bu, mesio-distal hareket sırasında, devrilmeyi önlemek için yer değiştirme yönünün tersine bir karşı kuvvet gerektiğinde ve posterior dişlerin genişleme hareketi sırasında, yayılmayı önlemek için ekstrüzyon yönünde bir karşı kuvvet gerektiğinde meydana gelir (Martínez Lozano, D).

5. Şeffaf Plak Tedavisinde Dış Hareketi Türleri ve Temel Ataşman Konfigürasyonları

Şeffaf plak sistemlerinde, plak takılmadan önce dişlere yapıştırılan özel şekillendirilmiş kompozit ataşmanlar; intrüzyon, ekstrüzyon, rotasyon ve tork gibi diş hareketlerini kolaylaştırabilir. Bu, çekim veya cerrahi gerektiren hastalar da dahil olmak üzere daha fazla hastanın çıkarılabilir şeffaf plak sistemleriyle tedavi edilmesini sağlar (Jones, M. L., 2009). Kompozit yapının geometrisi, konumu ve boyutunun etkisinin daha iyi anlaşılması ile iyi tanımlanmış biyomekanik hedeflere sahip çok çeşitli konfigürasyonlar oluşturulabilmektedir (Nanda, R., 2021). Şeffaf plak tedavisinde, istenilen diş hareketinin türü tedavinin etkinliği ile ilişki içerisindedir. Dental gelişmelere bakıldığı zaman şeffaf plaklar ile yapılan tedavilerde en yüksek başarı anterior seviyelenmelerde, çapraz ilişkileri düzeltmede ve overbite'ı iyileştirmede görülmüştür. Bu başarıyı orta hattı ve overjeti iyileştirme, ardından da bukkal oklüzyonu iyileştirme takip etmektedir (Clements, K. M., 2003).

Literatürde, şeffaf plakların çekim gerektirmeyen, büyüme ve gelişimi tamamlanmış hastalarda hafif ila orta dereceli maloklüzyonların düzeltilmesinde geleneksel ortodontik tedaviye uygun bir alternatif olduğu sonucuna varılmıştır. Bu teknik, bazı dişlerin seviyelenmesinde, tipping ve derotasyon hareketlerinde başarılı, ancak ark genişletmede, bodily (gövdesel) hareketlerde, çekim boşluğunun kapatılmasında, oklüzal temasların düzeltilmesinde ve daha büyük antero-posterior ve vertikal problemlerde daha sınırlı etkinliğe sahip olduğu gösterilmiştir (Papadimitriou, A., 2018). Yaş, cinsiyet, kök uzunluğu ve kemik seviyeleri gibi diğer faktörler şeffaf plaklarla ortodontik diş hareketini etkileyebilir. Kadınlar için yaş ve diş hareketi arasında kuadratik (U-şekilli) bir ilişki vardır; bu da genç ve yaşlı kadınlarda diş hareketinde bir artış olduğunu göstermektedir. Diğer yandan erkeklerde daha ileri yaşlarda hareketin azaldığı, daha doğrusal bir ilişki gözlenmiştir. Bu, şeffaf plak tedavisi sırasında tedavi etkinliğindeki bireysel farklılıkları açıklayabilir (Chisari, J. R., 2014). Şeffaf plakların kuvvet uygulama özellikleri, kullanılan

malzemenin sertlik özelliklerinden ve yer değiştirme yönünden etkilenirler. Daha düşük aktivasyon aralıklarında, farklı kuvvet seviyelerinden, farklı kimyasal ve fiziksel malzeme özellikleri sorumlu olabilir. Malzemenin yerel deformasyonları ve temas alanlarındaki sürtünme önemli olabilir (Hahn, W., 2010).

Vertikal Kontrol

Şeffaf plak tedavisinin, cesaret verici sonuçlarla açık kapanışı düzeltmek için etkili bir alternatif olduğu kanıtlanmıştır. Başarılı tedavi genellikle saat yönünün tersine mandibular rotasyonun birleşik etkisi, posterior intrüzyon ve anterior ekstrüzyon gibi tamamlayıcı klinik stratejilerin toplamını içerir (Nanda, R., 2021).

Anterior Ekstrüzyon

Hem ön dişler için (Bates, M. T., 2023) hem de arka dişler (Goh, S., 2022, Lim, Z. W., 2023) için, devrilme bileşeni olmadan ekstrüzyon hareketi şeffaf plaklarla elde edilmesi belki de en zor harekettir. Yapılan bir çalışma, şeffaf plaklarla yapılan ekstrüzyonun en az etkiye sahip hareket (%29,6) olduğunu bildirmiştir (Kravitz, N. D., 2009). Bazen, ekstrüzyona yardımcı olmak için butonlar ve elastikler gibi bazı yardımcı kuvvet üyeleri yerleştirilmesi gerekebilir. Bununla birlikte, bir ön açık kapanışı kapatmak için maksiller kesici dişlerin birlikte ekstrüze edilmesi gibi diş gruplarının ekstrüzyonu şeffaf plaklar ile başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir (Santa Tai, 2018). Sadece anterior ekstrüzyona dayalı açık kapanışın düzeltilmesi düşünülürse; kök rezorpsiyonu, periodontal bozulma, istikrarsızlık ve düşük estetik gibi olası olumsuz etkilere karşı dikkatli olunmalıdır. Bu klinik kısıtlamaların yanı sıra, şeffaf plak ekstrüzyonu, ön dişlerde bukkal ve lingual kron yüzeylerinin kesici kenara doğru birleştiği, şeffaf plağın yerinden çıkmasını kolaylaştırır (Nanda, R., 2021). Bir dişin ekstrüzyonunun planlandığı her aşamada plağın dişlerden ayrı olarak tasarlanmış olması ve çoğu dişin dikey ekseninde anatomik tutuculuğa sahip olmaması nedeniyle sorun ortaya çıkar. Bu, plağın dişlere itmek için destek noktaları bulamaması anlamına gelir (Kuo, E., 2006, Savignano, R., 2019). Ekstrüzyona uğrayan dişlere ataşman eklemek, plak için destekleyici bir yüzey oluşturur (Clements, K. M., 2003). Tamamlayıcı kompozit ataşmanlar kullanılmadan bu tür diş hareketini neredeyse imkansız hale getiren mekanik sınırlamalar vardır. Kesici dişe etki eden kuvvet, şeffaf plak bazlı ekstrüzyon sırasında mevcut olan bukkal ve lingual kuvvetlerden türetilir. Ataşmanın aktif yüzeyi ile dişin bukkal yüzeyinin oluşturduğu açının azaltılması, daha güçlü bir bileşke kuvvet elde etmemizi sağlar (Nanda, R., 2021).

Dikey bir harekette, ataşmanlar yatay bir şekilde yerleştirilip ekstrüzyonu yeterince desteklemelidir (Tian, S., 2019). Başlangıçta, en yaygın kullanılan geleneksel şekil, kuvvet sistemlerine dik olarak diş etinde aktif bir yüzeye sahip olan ve teorik olarak en iyi biyomekanik tasarımı kabul eden

yatay dikdörtgen ataşmandı. Ancak, yatay ataşman tasarımları, yatay düzlemde uzanımlarından dolayı plağın takılması ve çıkarılması sırasında plağın deformasyonu ile yakından ilişkilidir. Bu, standart yatay dikdörtgen ataşmanın ekstrüzyon hareketi sırasında plak takıldığında aktif yüzeyinin yakınında fark edilebilir uyumsuzluklara neden olması nedeniyledir. Bu interferans, bukkal yüzeydeki kuvvetlerin krandan palatal-lingual yöne doğru devrilmesine neden olur (Kuo, E., 2006, Román, M., 2009).

Posterior İntrüzyon

Şeffaf plak tedavisi sırasında interoklüzal alanda plak malzemesinin varlığının, kapanışı ve posterior intrüzyon yeteneklerini güçlendiren bir ısırma bloğu etkisi üretebildiğini düşündürmektedir. Dişetine yakın olarak konumlandırılmış dikdörtgen yatay veya kesici kenara doğru eğimli oklüzal ataşmanlar, optimal tedavi ilerlemesi için gerekli şeffaf plak stabilitesini sağlamalıdır (Nanda, R., 2021).

Şeffaf plak tedavisinde, tüm diş segmentleri başarılı bir şekilde intrüze edilebilir veya tek tek dişlerin intrüzyonu sağlanabilir. Belirli dişlerin intrüzyonu; bir oklüzal kantı düzeltmek, dişleri seviyelemek ya da dişeti kenarlarını seviyelemek için programlanabilir. Eğer istenirse posterior segmentlerin eşzamanlı olarak ekstrüzyonu olmadan da gerçekleştirilebilir. Sonuç olarak, şeffaf plaklar son derece iyi vertikal kontrol sağlarlar (Knopp, P., & Derakhsan, M., 2006).

Birinci Düzen Kontrol

Ataşmanların Rotasyon Hareketine Etkisi

Şeffaf plaklarda yapılan ortodontik tedavide rotasyon hareketi zorlu olarak tanımlanmıştır (Haouili, N., 2020), Li, H., 2023). Literatürde (Li, H., 2023), diş şeklinin ataşmansız plaklarla rotasyon hareketinin başarısını etkilediğini in vitro olarak gösterilmiştir. Alt merkezi kesici diş, alt ikinci premolar dişine kıyasla önemli ölçüde daha yüksek yer değiştirme ve periodontal bağ gerilimi değerleri sergilemiştir. Kesici dişler gibi düz yüzeyli dişler genellikle hem bukkal hem de lingual tarafta hizalayıcının itilmesi için geniş yüzeylere sahiptir ve böylece rotasyonu kolaylaştırır. Üst yan kesici diş gibi (Maree, A., 2022) koronal morfolojisiyle rotasyon gerçekleşmesi zor olan bir diş, küçük kuron boyutundan dolayı rotasyon hareketlerinde zorlanır. Bu sebeple bu dişlerde hizalayıcının tutuculuğunun arttırılmasına öncelik verilmesi tavsiye edilir (Nicozisis, J., 2016). Yuvarlak dişler, özellikle alt kanin dişleri ve premolar dişlerin morfolojisi, yüzeyin dönme kuvvetlerinin yönüne dik olması hareketi zorlaştırır (Bayan, A.). Bu bağlamda çoğu araştırmacı, kanin dişleri ve premolar dişlerinin derotasyonunun öngörülebilirliğini arttırmak için ataşmanların kullanılmasını önermektedir (Momtaz, P., 2016, Ferlias, N., 2022, Gomez, J. P., 2018, Elkholy, F., 2019, Stephens, C., 2022).

Biküspitler ve molar dişler gibi yuvarlak anatomilere sahip dişlerin rotasyonu, biyomekanik yetenekleri geliştiren özel ataşmanların yardımı olmadan plastik şeffaf plaklarla gerçekleştirilmesi özellikle zor olan başka bir harekettir. Yuvarlak kron morfolojileri ile ilgili sınırlamalar, bir dereceye kadar üç özel gerçeklikten kaynaklanmaktadır:

- Daha önce bahsedildiği gibi, yuvarlak kron konfigürasyonlarında, şeffaf plak tabanlı diş dönüşü sırasında üretilen kuvvetlerin teğetsel yapısı ve iki yüzey arasındaki çok düşük sürtünme katsayısı, şeffaf plak ile diş arasındaki kayma etkisini kolaylaştırır.

- Yuvarlak kron morfolojili dişlerin rotasyonu sırasında iletilen teğetsel kuvvetlerden kaynaklanan normal kuvvet vektörlerinin etki çizgisi, direnç merkezinden kısa bir mesafede kesişerek daha zayıf dönme momentlerine neden olur.

Bu zorlukların üstesinden, uygun şekilde yönlendirilmiş aktif yüzeylere sahip, artan vektörler arası mesafe ile bileşke kuvvet vektörlerini yeniden yapılandıran ve daha güçlü, daha etkili dönme momentleri ile sonuçlanan özel olarak tasarlanmış kompozit ataşmanlar vasıtasıyla gelinir. Ek olarak, bağlantı yapısı, şeffaf plak ile diş yüzeyi arasındaki kayma etkisini engelleyerek, istenen diş hareketinin daha dolgun bir ifadesine olanak tanır.

- Klinik uygulamada olduğu kadar laboratuvar deneylerinde de gözlemlenen bir diğer etki, rotasyonel diş hareketi sırasında istenmeyen intrüzyondur (Nanda, R., 2021).

Şeffaf plaklarla diş hareketi, kuvvet temelli sabit tedavi tekniğinin aksine mesafe temelli olduğundan, son çalışmalar şeffaf plakların kuvvet uygulama özelliklerini nicelleştirmeye çalışmıştır. Başlangıçta, ± 0.17 mm'lik düşük aktivasyon aralığında bir üst santral kesici dişin rotasyonu sırasında intrüzyon için medyan kuvvet değerlerinin 0.0 ile -0.8 N arasında olduğu, en yüksek intrüziv kuvvetinin -0.51 mm rotasyon için -5.8 N olduğu belirlenmiştir (Hahn, W., 2010).

Yatay bir hareket durumunda, rotasyona yardımcı olan ataşmanın dikey bir şekle sahip olması gerekir. Bu amaç için en yaygın olarak kullanılan geleneksel şekil, kuvvet vektörlerine dik olarak geniş bir aktif yüzey sağlayan dikey dikdörtgen bağlantıdır (Xiang, B., 2022). Ancak daha önce de belirtildiği gibi istenmeyen yer değiştirmelere neden olan diğer yönlerdeki kuvvet momentlerinden muaf değildir (Ferlias, N., 2022). Bazı yazarlar geleneksel olarak çok braketli sabit apareylerde (Kuo, E., 2006) kullanılan çiftleri taklit ederek hem bukkal hem de palatinal ataşmanların kullanılmasını önerdiler, ancak yuvarlak dişlerin rotasyonunu düzeltmede etkili olduğu gösterilmedi (Momtaz, P., 2016).

Kanın rotasyonu düzeltilmesinin diğer dişlere göre anlamlı derecede daha düşük olduğu ve lingual kron tipping hareketinin labial kron tipping

hareketine göre anlamlı derecede daha başarılı olduğu belirlenmiştir (Kra-vitz, N. D., 2008).

Başka bir çalışma, şeffaf plaklarla zor görülen diş hareketlerinde Invisa-lign şeffaf plaklarının etkinliğini araştırmış, ataşmanlar ve Power Ridges da-hil yardımcıların etkisini analiz etmiştir. Premolar derotasyonunun en düşük başarı oranını (%40), molar distalizasyonunun ise en etkili hareket oranını (%87) gösterdiği saptanmıştır (Hahn, W., 2010).

İkinci Düzen Kontrol

Şeffaf plak sistemlerinde dişin kronu üzerinden apareyle kuvvet uygula-dığında kuvvet dişin direnç merkezinden daha insizalde olacağı için dişin tippingine neden olur. Şeffaf plaklar, sistemin gerekli kuvvet çiftlerini ürete-memesi nedeniyle meziodistal kök pozisyonunun kontrolünden yoksundur ve bu da anterior diş açılarının değiştirilmesinin neden bu kadar zor oldu-ğunu açıklamaktadır. İkinci dereceden yetenekleri geliştirmek için, şeffaf plak tabanlı sistemler, eşdeğer kuvvet çiftleri oluşturan özel ataşmanlara dayanır. Şeffaf plak sistemlerinde de istenilen diş hareketi için zıt yönlü moment ge-rektiğinde bu kuvvet sisteminin gerektirdiği şekilde tedavi planlaması ile diş üzerine yerleştirilen ataşmanlarla gereken kuvvet sistemi oluşturulur (Nanda, R., 2021).

Anterior Dişler

Şeffaf plaklarla çekim boşluklarının başarılı bir şekilde kapatılması da diş hareketi yönünde aşırı devrilme olmadan hareket ettirebilmesi oldukça zordur. Distal diş hareketi sırasında diş yer değiştirmesi ve periodontal bağ (PDL) gerilmesi modellerini açıklayan sayısal modeller, optimize kök kontrol ataşmanlarını (Align Technology, Santa Clara, CA), üst küspidlere bağlandı-ğında, ekstraksiyon boşluğunun kapatılması sırasında istenmeyen devrilme-yi kontrol edebilen kuvvet sistemleri üretir (Nanda, R., 2021).

Posterior Dişler

Arka segmentte, sabit yardımcıları (bukkal tüpler, güç kolları vb.) birleş-tirilmeden şeffaf plak tabanlı mekaniklerle devrilme hareketleri kolayca elde edilemez ve bu diş hareketleri mümkün olsa da sofistike tedavi planlaması, klinik uzmanlık ve hasta iş birliği gerektirir. Ek olarak, çoğu karmaşık kuvvet sisteminde olduğu gibi, şeffaf plağın biyomekanik yeteneklerini geliştirmek için özel ataşmanlar tasarlanmalıdır. Kompozit ataşmanların bu konfigüras-yonunun amacı, dişi istenen yönde egecek bir kuvvet çifti (ve buna karşılık gelen momenti) üretmektir.

Alternatif olarak, dikdörtgen, yatay ataşman, klinisyenin planına göre onları ayıran değişken mesafeli iki kısa ataşman ile değiştirilebilir. Ataşma-nın büyüklüğünün, dijital tedavi planında belirtilen aktivasyon miktarına (ve

buna karşılık gelen uyumsuzluğa) bağlı olacağını unutmamak önemlidir. Öte yandan, şeffaf plak bağlantı temasına etki eden bireysel kuvvet vektörlerinin büyüklüğü bu iki vektör arasındaki mesafeye bağlı olacaktır. Vektörler arasındaki mesafe azaldıkça, eşit bir dik moment oluşturmak için bağlantıların aktif yüzeylerinde üretilen kuvvetler artacaktır. Bu, şeffaf plak polimerlerin, mümkün olan en düşük kuvvetlerin kullanılmasını gerektiren, sürünme ile ilgili plastik deformasyona karşı yüksek duyarlılığı göz önüne alındığında, son derece önemli bir ayrıntıdır (Nanda, R., 2021).

Diferansiyel Momentler

Ekstraksiyon boşluğunun kapatılması sırasında ankrajı kontrol etmek için etkili bir strateji, ankraj gerektiren segmentin kuvvet oranı manipülasyonunu zorlamak için anterior ve posterior momentlerdir (Nanda, R., 2021).

Şeffaf plak sistemlerinde de translasyon dış hareketi istendiğinde kuvvet uygulanma noktası dışın koranelinden olup direnç merkezinden geçmeyeceğinden bu kuvvet kaynaklanacak moment ve buna bağlı oluşacak rotasyonu engelleyip saf translasyon hareketi elde etmek için zıt yönlü moment oluşturulması lazımdır. Bunun şeffaf plak sistemlerde yapılması çok zor olmasına rağmen son zamanlardaki inovasyonlarla şeffaf plak tasarımı ve atışmada yapılan iyileştirilmelerle daha öngörülür sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır (Knopp, P., 2006).

Ataşmanların Kök Hareketleri Üzerindeki Etkisi

Şeffaf plaklarla kontrollü kök yer değiştirme hareketlerini gerçekleştirmek karmaşıktır ve yanlış uygulanması kontrolsüz dış devrilmesine yol açabilir. Şeffaf plaklarla kök hareketleri üzerindeki kontrolü artırmak için iki yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımlar, aparey tutuculuğunu artırmak ve karmaşık kuvvet sistemlerinden yararlanmaktır (Upadhyay, M., 2022). Aparent tutuculuğunun artırılması, sistemin rijitliğini artıran ataşmanların kullanılmasıyla sağlanır, bu da plak tarafından kapsanan dışın hizalanmasını sağlayacak olan plastik deformasyonu önler (Miller, R. J., 2002). Öte yandan, karmaşık kuvvet sistemleri, hareketi ifade etmek için gereken vektörleri analiz eder ve buna göre apareyi ve ataşmanları tasarlar. Şeffaf plak tedavisinde, optimize edilmiş kök kontrol ataşmanları, kök eğimlerinin kontrolünü sağlarlar. Uzun, vertikal dikdörtgen ataşmanlar aynı zamanda kök eğimlerinin kontrolünü de sağlar (Santa Tai, 2018).

Son bulgular, gövdesel dış hareketlerinin ve torkun şeffaf plaklar ile gerekli kuvvet sistemlerini sağladığı için yapılabileceğini öne sürerken, ideal değerler (rotasyon ve tipping için 0,35–0,6 N ve intrüzyon için 0,1–0,2 N) belirlenmiştir (Proffit, W. R., 2013).

Üçüncü Derece Kontrol

Anterior Tork

Bukkal ve lingual yüzeylere uygulanan yatay, paralel ve karşıt kuvvetler ile şeffaf plaklarda anterior tork verilebilir. Üçüncü dereceden kontrol için gereken kuvvet büyüklükleri eşdeğer braket tabanlı kuvvet sistemlerinde gerekli olanlardan önemli ölçüde daha düşüktür (Nanda, R., 2021).

2014 yılında yapılan bir çalışmada, maksiller kesici diş torku için başlangıç ortalama momentlerinin 7,3 N mm, distalizasyon için 1,0 N mm ve premolar rotasyonu için 1,2 N mm (ataşmansız) ile 8,8 N mm (ataşmanlı) olduğu bildirilmiştir (Simon, M., 2014).

Posterior Tork

Dental arkın genişletilmesiyle transvers eksikliklerin düzeltilmesi, mevcut şeffaf plak tabanlı tekniklerle zorlu bir klinik hedef olmaya devam etmektedir. Bu, klinisyenlerin 3D tedavi planlamasında geniş kapsamlı hareketleri aşırı düzeltme eğilimine yol açmıştır. Transvers düzlemde etkinlik ve öngörülebilirlik eksikliğinin ana nedenleri, bukkal devrilme ve yetersiz kuvvet seviyeleridir (Nanda, R., 2021).

Ataşmanların Sınıflaması

Şu anda en çok kullanılan ataşman sınıflandırması, geleneksel ataşmanlar ve optimize edilmiş ataşmanlardır (Glaser, B. J., 2017).

Geleneksel Ataşmanlar: Geleneksel ataşmanlar, hemen hemen tüm hizalama sistemleri için mevcut olan ortak ataşmanlar kümesidir. İki ana morfolojisi vardır. Bunlar elipsoid ve dikdörtgen olmak üzere, yardımcı oldukları hareketin türüne veya plakların yerleştirilmesi ve çıkarılması sırasındaki etkileşimlerine bağlı olarak dikey, yatay veya eğik yönelimle yapılandırılabilirler. Ek olarak, dikdörtgen ataşmanlar farklı yüzeylere doğru eğimlendirilebilirken, en popüler olanı oklüzal (HBO) ve diş etine (HBG) doğru yatay olarak eğimlidir. Morfolojilerindeki çok yönlülüğe ek olarak planlama yazılımı, geleneksel ataşmanların boyutunun (genellikle 3 mm, 4 mm veya 5 mm) ve derinliklerinin (1 mm ile 2 mm) değiştirilmesine olanak tanır (Martínez Lozano, D).

Optimize Edilmiş Ataşmanlar: Dijital tasarımlardaki son gelişmelerle, optimize edilmiş ataşmanlar her diş için özelleştirilmiş, farklı tipte diş hareketleri gerektiren bilgisayar destekli tasarımlardır. Temel olarak üç parametreye göre belirlenirler:

- (1) dişin mesio-distal genişliği,
- (2) dişin uzun eksenini,
- (3) dişin bukkal konturu.

Optimize edilmiş ataşmanlar; kesici diş, premolar ve molar ekstrüzyonu; kesici diş, kanin diş ve premolar tippingi; lateral kesici diş çoklu düzlem kontrolü ve kanin ve premolar rotasyonları gibi diş hareketleri için tasarlanmıştır. Bilgisayar destekli tasarımlar, istenen diş hareketleri için gereken ataşman türlerinin seçiminde büyük ölçüde yardımcı olmasına rağmen, ClinCheck planlarının onaylanmasından önce herhangi bir biyolojik varyasyon için klinik olarak kontrol edilmesi önem taşımaktadır. Ataşman seçiminde dikkate alınacak hususlar arasında, kuron ve kök boyutları, aşınmış kesici diş kenarları, kök dilasyonları, bifurkasyonlar ve mevcut diş çapraşıklığının veya boşluklarının derecesi yer almaktadır. Bu hususlar ataşmanların yerleştirilmesinde de dikkate alınmalıdır (Chan, E., 2017). Bu ataşmanların benzersizliği; şekillerinin, boyutlarının ve konumlarının hizalama teknolojisi algoritması (Chang MJ, 2019) tarafından belirlenmesinde yatmaktadır. Bu sistem diş hareketini, her bir dişin hedef konumuna ulaşmak için ihtiyaç duyduğu yer değiştirmeleri analiz eden kuvvet sistemlerine dayandırır ve öncelik piramidine göre hizalayıcıda hangi optimize edilmiş aktivasyon tasarımının gerekli olduğunu belirler. Öncelik piramidinin ikinci kademesi, genişleme (optimize edilmiş genişleme destek bağlantıları) ve mezio-distal gövdesel hareket kontrolü (optimize edilmiş kök kontrol bağlantıları) gibi diferansiyel kuvvet sistemleriyle kök hareketlerine yardımcı olan aktif bağlantılara karşılık gelir. Üçüncü sırada, ekstrüzyon (optimize edilmiş ekstrüzyon ataşmanları), rotasyon veya bunların kombinasyonları gibi koronal hareketleri gerçekleştirmek üzere dişin kronunu değiştiren aktif ataşmanlar bulunur. Dördüncü sırada, yerleştirildikleri diş hareket ettirmek için gerekli olmayan, ancak hizalayıcı tutuculuğunu artırmak ve komşu dişlere yardımcı olmak için gerekli olan “pasif” tutucular (optimize edilmiş tutucu tutucular, optimize edilmiş derin kapanış tutucuları ve optimize edilmiş destek tutucuları) yer almaktadır. Piramidin tabanında ise, en önemli kısmı, hizalayıcının şeklini değiştiren SmartForces (güç çıkıntıları, basınç alanları ve hassas ısırma rampaları) yer alır [(Martínez Lozano, D)]. Ortodontist, yorum paneli veya 3D kontroller aracılığıyla optimize edilmiş ataşmanların yerleştirilmesini talep edebilir ancak SmartForce özelliklerinin şeklini ve konumunu değiştiremez. Başlangıçta optimize edilmiş bağlantı parçalarının şekli her harekete yardımcı olacak özel ve farklı olmasına rağmen, günümüzde çoğu artık düz veya eğimli aktif yüzeye sahip yarı elipsoidal bir morfolojiye sahiptir [86]. Bu yarı elipsoidal morfoloji, QuickSmile (Poveda Sáenz, M., 2023) veya Angelalign (Xie, J., 2023) gibi diğer yazılımlar veya sistemler tarafından kopyalanmıştır. Yeni hizalama sistemlerinin piyasaya sunulmasıyla birlikte, optimize edilmiş tasarımın hizalayıcılar kullanılarak diş hareketinin öngörülebilirliği üzerindeki etkisi sorgulanmaya başlandı. Çeşitli in vitro (Clements, K. M., 2003, Goto, M., 2017, Ho, C. T., 2021, Chi, J., 2021, Kawamura, J., 2023) ve in vivo (Karras, T., 2021, Stephens, C., 2022, Burashed, H., 2023, Burashed, H., 2023) makaleler, geleneksel ve optimize edilmiş ataşmanlar arasındaki sonuçlardaki farklılıkları araştırmıştır.

Optimize edilmiş rotasyon ataşmanı, Invisalign tarafından sunulan ilk optimize edilmiş tasarımıdır. Karras ve arkadaşları (Karras, T., 2021) retrospektif çalışmalarında Invisalign hizalayıcıları kullanarak kanin dişleri ve premolar dişlerinin rotasyonlarını düzeltmede optimize edilmiş rotasyon ataşmanları ve geleneksel ataşmanların kullanımının etkinliğini karşılaştırdılar. Sonuçları, optimize edilmiş ataşmanların biraz daha iyi başarı oranları elde etmesine rağmen (1,61° veya %7,3) klinik veya istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterdi. Bununla birlikte, yazarlar çalışmada kullanılan geleneksel bağlantıların spesifik tasarımını belirtmediklerinden bu sonuçlar dikkatli bir şekilde ele alınmalıdır; bu tasarım konum, boyut, yönelim ve eğim açısından değişiklik gösterebilir.

Stephens ve ark. (Stephens, C., 2022), retrospektif bir çalışmada, alt çene kanin derotasyonunun Invisalign hizalayıcıları kullanılarak düzeltilmesi için optimize edilmiş rotasyon ataşmanları (7 ve 14 günde bir değiştirildi) kullanılan iki gruba, geleneksel dikey dikdörtgen ataşmanlar (her 14 günde bir değiştirildi) kullanan bir grupla karşılaştırdı. Sonuçlar, eklentilerin optimize edildiği ve haftalık değişikliklerin yapıldığı grubun en yüksek başarı oranına (%81,5) ulaştığını, bunu 14 günde bir optimize edilen eklentilerin (%76,5) uygulandığı grubun izlediğini gösterdi. Geleneksel ataşmanların olduğu grup en düşük dönme hareketi ifadesine sahipti (%63,1), ancak aynı zamanda daha şiddetli dönmelerle de uğraşıyordu.

Ekstrüzyon hareketiyle ilgili olarak Karras ve arkadaşları (Stephens, C., 2022), Invisalign sistemini kullanarak ön dişlerin ekstrüzyonunda optimize edilmiş ekstrüzyon ataşmanlarının ve geleneksel tasarımların etkinliğini analiz ettiler. Optimize edilmiş ataşmanların elde ettiği ortalamanın biraz daha yüksek olmasına rağmen (0,14 mm veya %4,3) sonuçları, klinik veya istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterdi. Dönmeye yardımcı olan geleneksel tasarımlarla ilgili çalışmalarına benzer şekilde, ekstrüzyon için kullanılan geleneksel bağlantıların konumunu, boyutunu, yönünü ve eğimini de belirtmediler.

Laohahaiaroon ve arkadaşları (Clements, K. M., 2003) farklı bağlantı şekilleri (1 mm aktif yüzey kalınlığına sahip eğimsiz yatay dikdörtgen, aktif yüzeyli diş etine doğru eğimli yatay dikdörtgen bağlantı) kullanarak üst orta kesici dişin 0,15 mm'lik ekstrüzyonunun ilk yer değiştirmesini incelemek için sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. 0,25 mm kalınlık ve 0,5 mm aktif yüzey kalınlığına sahip yatay elipsoidal bağlantı). Bu şekiller Şekil 12'de görülmektedir. Tüm modellerde hizalayıcının ana basınç bölgesi ataşmanların servikal yüzeyindeydi ve periodontal ligamandaki stres dağılımı benzerdi.

Eğimsiz yatay dikdörtgen bağlantıya sahip model, en yüksek ekstrüzyon miktarına (0,037991 mm) ulaştı ve bunu elipsoidal bağlantı (0,037606 mm) izledi. Diş etine doğru eğimli yatay dikdörtgen ataşman (optimize edilmiş

bir ekstrüzyon ataşmanın tasarımını taklit eder), muhtemelen diğer modellere göre daha küçük bir aktif yüzey alanına sahip olmasından dolayı en az miktarda ekstrüzyona (0,036786 mm) sahip olan modeldi. Ancak farklılıklar klinik olarak anlamlı değildi.

Burashed (Burashed, H., 2023), Invisalign hizalayıcıları kullanarak anterior açık kapanışları kapatmak için optimize edilmiş ekstrüzyon ataşmanlarının etkinliğini geleneksel ataşmanlarla karşılaştırmak için retrospektif bir çalışma gerçekleştirdi. Her iki grupta da derin kapanışta anlamlı bir artış elde edildi, ancak iki bağlantı tasarımı arasında ortalama mutlak ve göreceli ekstrüzyon miktarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu. Bu analiz ilginçtir çünkü optimize edilmiş ataşman tasarımının geleneksel ataşmanda tam olarak kopyalanmasıyla aralarında kalan tek fark, geleneksel ataşmanlarla karşılaştırıldığında diş hareketinin etkinliğini teorik olarak artırmak için SmartForces'a eşlik eden Align algoritması tarafından programlanan aktivasyonlar olacaktır. En azından ön dişlerin ekstrüzyonuyla ilgili olarak (bu çalışmanın sonuçlarına göre), algoritma aktivasyonları, toplam tedavi süresini biraz azaltsa da bu dikey hareketin öngörülebilirliğini artırmıyor gibi görünüyor.

Burashed ve Sebai (Burashed, H., 2023), Invisalign hizalayıcıları kullanarak artan overbite'leri düzeltmek için optimize edilmiş derin kapanış ataşmanlarının kullanımını geleneksel ataşmanlarla karşılaştırdı. Geleneksel ve optimize edilmiş ataşmanlara sahip hastalar arasında overbite'nin azaltılmasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ve ortalama overbite'deki azalma %40'ı aşmadı.

Gövdesel hareketlerde optimize edilmiş ve geleneksel tasarımlar arasındaki farkları karşılaştırmak için elimizde yalnızca in vitro çalışmalar mevcuttur.

Goto ve arkadaşları (Goto, M., 2017), aralarında bir çekim alanı olan ikinci bir premolar dişi ve üst kanin dişini içeren sonlu elemanlar analizini kullanarak, geleneksel dikey dikdörtgen tasarıma kıyasla çift optimize edilmiş kök kontrol ataşmanlarının (farklı boyutlarda ve konumlarda) tasarımının etkisini değerlendirdiler. Analitik bulgularına göre, 8 numaralı bağlantı haricinde 1'den 12'ye kadar olan bağlantı parçaları arasında çekme kuvveti veya devrilme momenti açısından önemli bir farklılık gözlenmedi. 8 numaralı bağlantı için hem çekme kuvveti hem de çekme kuvveti ve devrilme momenti yaklaşık %7 daha yüksekti. Sonuçları, eklerin şekil ve konumdaki değişikliklerle olan etkisinde anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir.

Ho ve arkadaşları (Ho, C. T., 2021) 5 mm uzunluğunda dikey dikdörtgen ataşmanlı çift yarı elipsoidal kök kontrollü ataşman tasarımının (ince ve kalın), alt kısmın ekstraksiyonuyla tipodont modellerinde üç farklı hizalayıcı malzeme kullanarak kanin dişinin distalizasyonundan kaynaklanan boşlu-

ğu kapatmadaki etkinliğini karşılaştırmışlardır. Dikey dikdörtgen bağlantı, BIOSTAR (glikollü polietilen tereftalat) ve TPU (termoplastik poliüretan) plastik kullanan gruplarda kanin dişinin daha büyük distal kron devrilmesiyle sonuçlandı. Bulguları, bağlantının şekli ve boyutunun meziodistal vücut hareketi üzerinde çok az etkiye sahip olduğu sonucuna vardı.

Son olarak, Chi ve arkadaşları (Chi, J., 2021) sonlu eleman analizi kullanılarak üst ikinci molar dişini mesial olarak distalize etmek için üç bağlantı tasarımını test etti: çift yarı elipsoidal kök kontrollü bağlantı, dikey dikdörtgen bağlantı (3 mm uzunluk, 2 mm genişlik ve 1 mm kalınlık) ve yatay dikdörtgen bağlantı (2 mm uzunluk, 3 mm genişlik ve 1 mm kalınlık). Sonuçları, dikey dikdörtgen bağlantının, molar dişinin krununun en büyük distal yer değiştirmesini sağladığını, ancak vestibülere doğru gözle görülür bir kron eğimi sağladığını göstermektedir. Yatay dikdörtgen bağlantı, dikey tasarıma kıyasla distale doğru daha fazla kron eğimi, meziale doğru kök eğimi sergiledi ve distal yer değiştirmesi daha azdı. Çift kök kontrol ataşmanı en az başlangıç yer değiştirmesine sahipti ancak distal kök hareketine en yakın şekilde yaklaşan bir model elde etti. Etkileri yalnızca ilk anda değil, daha uzun bir süre boyunca analiz ederken sonuçlarının daha önce adı geçen yazarların sonuçlarıyla daha uyumlu olması mümkündür (Goto, M., 2017, Ho, C. T., 2021, Kawamura, J., 2023).

Optimize edilmiş ataşman tasarımlarını geleneksel ataşmanlarla (rotasyon, ekstrüzyon, anterior intrüzyon ve mezio-distal kütle hareketleri için) karşılaştıran mevcut bilimsel literatüre dayanarak, optimize ataşmanların hizalayıcılarla diş hareketi performansını biraz arttırdığı sonucuna varabiliriz (Martínez Lozano, D).

KAYNAKLAR

- Ahmad, W., Jiang, F., Xiong, J., & Xia, Z. (2023). The mechanical effect of geometric design of attachments in invisible orthodontics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 164(2), 183-193.
- Ahn, H. W., Moon, S. C., & Baek, S. H. (2013). Morphometric evaluation of changes in the alveolar bone and roots of the maxillary anterior teeth before and after en masse retraction using cone-beam computed tomography. *The Angle Orthodontist*, 83(2), 212-221.
- Al Noor, H. S. S., & Al-Joubori, S. K. (2018). Retention of different orthodontic aligners according to their thickness and the presence of attachments. *International Journal of Medical Research & Health Sciences*, 7(11), 115.
- Arango, J. G. (2021). Current biomechanical rationale concerning composite attachments in aligner orthodontics. In *Principles and biomechanics of aligner treatment* (pp. 13-29).
- Arango, J. G. (2021). Current biomechanical rationale concerning composite attachments in aligner orthodontics. In *Principles and biomechanics of aligner treatment* (pp. 13-29).
- Azaripour, A., Weusmann, J., Mahmoodi, B., Peppas, D., Gerhold-Ay, A., Van Noorden, C. J. F., & Willershausen, B. (2015). Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. *BMC Oral Health*, 15(1), 1-5.
- Bates, M. T., Shroff, B., Carrico, C. K., Kheirandish, N., & Lindauer, S. J. (2023). Perceived efficacy of extrusion of maxillary lateral incisors with aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(2), 252-259.
- Bayan, A., & Yan, Y. (2021). Orthodontic treatment with clear aligners between evolution and efficiency: a literature review. *Management*, 18, 19.
- Bowman, S. J. (2017, March). Improving the predictability of clear aligners. *Seminars in Orthodontics*, 23(1), 65-75.
- Boyd, R. L., & Waskalic, V. (2001, December). Three-dimensional diagnosis and orthodontic treatment of complex malocclusions with the Invisalign appliance. *Seminars in Orthodontics*, 7(4), 274-293.
- Boyd, R. L., Miller, R. J., & Vlaskalic, V. (2000). The Invisalign system in adult orthodontics: mild crowding and space closure cases. *Journal of Clinical Orthodontics*, 34(4), 203-212.
- Burashed, H. (2023). The efficacy of anterior open bite closure when using Invisalign's optimized extrusion versus conventional attachments. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 12(3), 112-117.
- Burashed, H., & El Sebai, R. (2023). Quantifying the efficacy of overbite reduction in patients treated with clear aligners using optimized versus conventional attachments. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 12(3), 105-111.

- Cai, Y., He, B., Yang, X., & Yao, J. (2015). Optimization of configuration of attachment in tooth translation with transparent tooth correction by appropriate moment-to-force ratios: Biomechanical analysis. *Bio-medical Materials and Engineering*, 26(s1), S507-S517.
- Chan, E., & Darendeliler, M. A. (2017, March). The Invisalign® appliance today: A thinking person's orthodontic appliance. *Seminars in Orthodontics*, 23(1), 12-64.
- Chang, M. J., Chen, C. H., Chang, C. Y., Lin, J. S. Y., Chang, C. H., & Roberts, W. E. (2019). Introduction to Invisalign® smart technology: attachments design, and recall-checks. *Journal of Digital Orthodontics*, 54(1), 81-94.
- Chen, H., Han, B., Jiang, R., Su, H., Feng, T., Teng, F., & Xu, T. (2021). PASS versus MBT™ for evaluation of anchorage control in three-dimensional measurements: a randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*, 43(1), 113-119.
- Chi, J., Liu, Y., Yang, L., Sun, S., & Liu, W. (2021). Three-dimensional finite element analysis of maxillary molar distalization using different attachments with clear aligners. In *3rd World Congress on Chemistry, Biotechnology and Medicine* (pp. 16-20).
- Chisari, J. R., McGorray, S. P., Nair, M., & Wheeler, T. T. (2014). Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 145(4), S82-S91.
- Clements, K. M., Bollen, A. M., Huang, G., King, G., Hujoel, P., & Ma, T. (2003). Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: dental improvements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 124(5), 502-508.
- Colville, C. D., Fischer, K., & Paquette, D. E. (2006). A snap fit: using attachments to improve clear aligner therapy. *Orthodontic Products*.
- D'Antò, V., Muraglie, S., Castellano, B., Candida, E., Sfondrini, M. F., Scribante, A., & Grippaudo, C. (2019). Influence of dental composite viscosity in attachment reproduction: an experimental in vitro study. *Materials*, 12(23), 4001.
- Dai, F. F., Xu, T. M., & Shu, G. (2019). Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: first premolar extraction treatment with Invisalign. *The Angle Orthodontist*, 89(5), 679-687.
- Dai, F. F., Xu, T. M., & Shu, G. (2021). Comparison of achieved and predicted crown movement in adults after 4 first premolar extraction treatment with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 160(6), 805-813.
- Dalaie, K., & Ghaffari, S. (2020). Importance of attachments in treatment with clear aligners: a narrative review. *Journal of Dental School, Shahid Beheshti University of Medical Sciences*, 38(1), 41-47.
- Dasy, H., Dasy, A., Asatrian, G., Rózsa, N., Lee, H. F., & Kwak, J. H. (2015). Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *The Angle Orthodontist*, 85(6), 934-940.

- Djeu, G., Shelton, C., & Maganzini, A. (2005). Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(3), 292-298.
- Elkholy, F., Mikhael, B., Repky, S., Schmidt, F., & Lapatki, B. G. (2019). Effect of different attachment geometries on the mechanical load exerted by PET G aligners during derotation of mandibular canines: An in vitro study. *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 80(6), 365-376.
- Fan, D., Liu, H., Yuan, C. Y., Wang, S. Y., & Wang, P. L. (2022). Effectiveness of the attachment position in molar intrusion with clear aligners: a finite element study. *BMC Oral Health*, 22(1), 474.
- Ferlias, N., Dalstra, M., Cornelis, M. A., & Cattaneo, P. M. (2022). In vitro comparison of different Invisalign® and 3Shape® attachment shapes to control premolar rotation. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 840622.
- Garino, F., Castroflorio, T., Daher, S., Ravera, S., Rossini, G., Cugliari, G., & Deregibus, A. (2016). Effectiveness of composite attachments in controlling upper-molar movement with aligners. *Journal of Clinical Orthodontics*, 50(6), 341-347.
- Gauss, T., Ageron, F. X., Devaud, M. L., Debaty, G., Travers, S., Garrigue, D., & French Trauma Research Initiative. (2019). Association of prehospital time to in-hospital trauma mortality in a physician-staffed emergency medicine system. *JAMA Surgery*, 154(12), 1117-1124.
- Ghadirian, H., Yazarloo, S., Heidari, S., & Gholamrezayi, E. (2022). Mechanical vibration as an adjunct to clear aligner treatment for accelerating tooth movement: A review. *Dental Research Journal*, 19(1), 75.
- Glaser, B. J. (2017). The insider's guide to Invisalign treatment (pp. 219-242).
- Goh, S., Dreyer, C., & Weir, T. (2022). The predictability of the mandibular curve of Spee leveling with the Invisalign appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162(2), 193-200.
- Gomez, J. P., Marcelo, F., Valencia, E., & Eduardo, C. (2018). Effect of composite attachment on initial force system generated during canine rotation with plastic aligners: a three-dimensional finite elements analysis. *J Aligner Orthod*, 2, 31-36.
- Goto, M., Yanagisawa, W., Kimura, H., Inou, N., & Maki, K. (2017). A method for evaluation of the effects of attachments in aligner-type orthodontic appliance: Three-dimensional finite element analysis. *Orthodontic Waves*, 76(4), 207-214.
- Hahn, W., Engelke, B., Jung, K., Dathe, H., Fialka-Fricke, J., Kubein-Meesenburg, D., & Sadat-Khonsari, R. (2010). Initial forces and moments delivered by removable thermoplastic appliances during rotation of an upper central incisor. *The Angle Orthodontist*, 80(2), 239-246.
- Haouili, N., Kravitz, N. D., Vaid, N. R., Ferguson, D. J., & Makki, L. (2020). Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 158(3), 420-425.

- Ho, C. T., Huang, Y. T., Chao, C. W., Huang, T. H., & Kao, C. T. (2021). Effects of different aligner materials and attachments on orthodontic behavior. *Journal of dental sciences*, 16(3), 1001-1009.
- Huanca Ghislanzoni, L. T., Lineberger, M., Cevidanes, L. H., Mapelli, A., Sforza, C., & McNamara, J. A. (2013). Evaluation of tip and torque on virtual study models: a validation study. *Progress in Orthodontics*, 14, 1-6.
- Jiang, T., Wu, R. Y., Wang, J. K., Wang, H. H., & Tang, G. H. (2020). Clear aligners for maxillary anterior en masse retraction: a 3D finite element study. *Scientific reports*, 10(1), 10156.
- Jones, M. L., Mah, J., & O'Toole, B. J. (2009). Retention of thermoformed aligners with attachments of various shapes and positions. *J Clin Orthod*, 43(2), 113-117.
- Karras, T., Singh, M., Karkazis, E., Liu, D., Nimeri, G., & Ahuja, B. (2021). Efficacy of Invisalign attachments: a retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 160(2), 250-258.
- Kawamura, J., Ojima, K., & Nanda, R. (2023). Effect of attachment type on distal bodily movement of the maxillary canine in aligner orthodontics: a finite element study. *The Angle Orthodontist*, 93(5), 566-571.
- Ke, Y., Zhu, Y., & Zhu, M. (2019). A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC oral health*, 19, 1-10.
- Kesling, H. D. (1946). Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *American journal of orthodontics and oral surgery*, 32(5), 285-293.
- Knopp, P., & Derakhshan, M. (2006). Attachments. In O. C. Tuncay (Ed.), *The Invisalign System* (pp. 77-90). Quintessence Publishing.
- Koletsis, D., Iliadi, A., & Eliades, T. (2021). Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Journal of Orthodontics*, 48(3), 277-287.
- Kravitz, N. D., Kusnoto, B., Agran, B., & Viana, G. (2008). Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign: a prospective clinical study. *The Angle Orthodontist*, 78(4), 682-687.
- Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(1), 27-35.
- Kuo, E., & Duong, T. (2006). Invisalign attachments: materials. *The Invisalign System. Philadelphia, Pa: Quintessence*, 92.
- Lagravere, M. O., & Flores-Mir, C. (2005). The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review. *The Journal of the American Dental Association*, 136(12), 1724-1729.
- Laohachiaroon, P., Samruajbenjakun, B., & Chaichanasiri, E. (2022). Initial displa-

- cement and stress distribution of upper central incisor extrusion with clear aligners and various shapes of composite attachments using the finite element method. *Dentistry Journal*, 10(6), 114.
- Li, H., Wang, C., Wang, Y., Wang, W., Chen, D., & Li, N. (2023). Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular teeth with different shapes: a three-dimensional finite element analysis. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 27(7), 1050.
- Li, W., Wang, S., & Zhang, Y. (2015). The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. *International journal of clinical and experimental medicine*, 8(5), 8276.
- Lim, Z. W., Meade, M. J., & Weir, T. (2023). The predictability of maxillary curve of Spee leveling with the Invisalign appliance. *The Angle Orthodontist*, 93(6), 638-643.
- Liu, L., Song, Q., Zhou, J., Kuang, Q., Yan, X., Zhang, X., ... & Lai, W. (2022). The effects of aligner overtreatment on torque control and intrusion of incisors for anterior retraction with clear aligners: a finite-element study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162(1), 33-41.
- Long, H., Wu, Z., Yan, X., Wang, Q., Liu, L., Wang, Y., ... & Lai, W. (2020). An objective system for appraising clear aligner treatment difficulty: clear aligner treatment complexity assessment tool (CAT-CAT). *BMC Oral Health*, 20, 1-8.
- Lucchese, A., Manuelli, M., Albertini, P., & Ghislanzoni, L. H. (2019). Transverse and torque dental changes after passive self-ligating fixed therapy: A two-year follow-up study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 156(1), 94-103.
- Maree, A., Kerr, B., Weir, T., & Freer, E. (2022). Clinical expression of programmed rotation and uprighting of bilateral winged maxillary central incisors with the Invisalign appliance: a retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 161(1), 74-83.
- Martínez Lozano, D. Configuration and biomechanical analysis of attachments in invisible orthodontics. A narrative review.
- McNamara, J. A., Brudon, W. L., & Kokich, V. G. (2001). *Orthodontics and dentofacial orthopedics* (Vol. 3). Ann Arbor: Needham Press.
- Miller, R. J., Duong, T. T., & Derakhshan, M. (2002). Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 36(2), 95-102.
- Momtaz, P. (2016). The effect of attachment placement and location on rotational control of conical teeth using clear aligner therapy.
- Moshiri, M., Kravitz, N. D., Nicozisis, J., & Miller, S. (2021, September). Invisalign eighth-generation features for deep-bite correction and posterior arch expansion. In *Seminars in Orthodontics* (Vol. 27, No. 3, pp. 175-178). WB Saunders.

- Nanda, R., Castroflorio, T., Garino, F., & Ojima, K. (Eds.). (2021). *Principles and Biomechanics of Aligner Treatment-E-Book: Principles and Biomechanics of Aligner Treatment-E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Nicozisis, J. (2016). Attachment Beauty Queen: The” Sash” for Rotation Correction of Upper Lateral Incisors. *Journal of Clinical Orthodontics: JCO*, 50(3), 189-190.
- Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in orthodontics*, 19, 1-24.
- Peretta, R. E. D. E. N. T. O., & Ghislanzoni, L. H. (2015). Torque and intrusion control of the upper incisors with a modified posted archwire. *J Clin Orthod*, 49(3), 201-203.
- Pincus, D., Ravi, B., Wasserstein, D., Huang, A., Paterson, J. M., Nathens, A. B., ... & Wodchis, W. P. (2017). Association between wait time and 30-day mortality in adults undergoing hip fracture surgery. *Jama*, 318(20), 1994-2003.
- Poveda Sáenz, M. (2023). Corrección con QuickSmile® de una mordida abierta anterior mediante extrusión pura y torque radicular palatino superior en un paciente Clase II subdivisión izquierda.
- Proffit, W. R., Fields, H. W., & Sarver, D. M. (2013). *Contemporary orthodontics* (5th ed., pp. 286-287). St. Louis, MO: Mosby Inc.
- Ren, L., Liu, L., Wu, Z., Shan, D., Pu, L., Gao, Y., ... & Lai, W. (2022). The predictability of orthodontic tooth movements through clear aligner among first-premolar extraction patients: a multivariate analysis. *Progress in Orthodontics*, 23(1), 52.
- Román, M., Rivero, J. C., & De la Torre, M. (2009). Extrusión con el sistema Invisalign. *Ortodoncia clínica*, 12(3), 80-84.
- Samoto, H., & Vlaskalic, V. (2014). A customized staging procedure to improve the predictability of space closure with sequential aligners. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 48(6), 359-367.
- Santa Tai, & Align Technology, Inc. (2018). *The Invisalign reference guide*. Calif.
- Savignano, R., Valentino, R., Razionale, A. V., Michelotti, A., Barone, S., & D'anto, V. (2019). Biomechanical effects of different auxiliary-aligner designs for the extrusion of an upper central incisor: a finite element analysis. *Journal of Healthcare Engineering*, 2019(1), 9687127.
- Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A., & Bourauel, C. (2014). Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 145(6), 728-736.
- Solano-Mendoza, B., Sonnemberg, B., Solano-Reina, E., & Iglesias-Linares, A. (2017). How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners?. *Clinical oral investigations*, 21, 1475-1484.
- Stephens, C., Weir, T., Llewellyn, S., Freer, E., & Kerr, B. (2022). Clinical expression of programmed mandibular canine rotation using various attachment protocols

- and 1-vs 2-week wear protocols with Invisalign SmartTrack aligners: a retrospective cohort study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 162(3), e103-e115.
- Taylor, M. G., McGorray, S. P., Durrett, S., Pavlow, S., Downey, N., Lenk, M., ... & Wheeler, T. T. (2003). Effect of Invisalign aligners on periodontal tissues. *J Dent Res*, 82(A), 1483.
- Tian, S., Bai, R., Xu, X., Huang, Y., Zhang, L., Yu, X., & Cheng, Q. (2019). Three-dimensional finite element analysis of extrusion of the maxillary canine during orthodontic treatment with invisible aligner without brackets. *Chinese Journal of Tissue Engineering Research*, 23(10), 1489.
- Turpin, D. L. (2002). INTERVIEW-Interview with Align Technology executives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 122(2), 19A.
- Upadhyay, M., & Arqub, S. A. (2022). Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 11(1), 12-21.
- Vlaskalic, V., & Boyd, R. (2001). Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign System. *Australasian Orthodontic Journal*, 17(1), 41-46.
- Vlaskalic, V., & Boyd, R. L. (2002). Clinical evolution of the Invisalign appliance. *Journal of the California Dental Association*, 30(10), 769-775.
- White, D. W., Julien, K. C., Jacob, H., Campbell, P. M., & Buschang, P. H. (2017). Discomfort associated with Invisalign and traditional brackets: a randomized, prospective trial. *The Angle Orthodontist*, 87(6), 801-808.
- XIANG, B., WANG, X., YANG, Y., XU, Y., WANG, M., & WU, G. (2022). Finite Element Analysis of mandibular left second premolar rotated with attachment bonded clear aligner. *Journal of Oral Science Research*, 38(12), 1192.
- Xie, J., Liu, F., Sang, T., & Wu, J. (2023). Factors affecting the efficacy of Invisalign in anterior tooth rotation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 163(4), 540-552.
- Xie, J., Zheng, Y., & Wu, J. (2023). Three-dimensional dentoskeletal effects of the Angelalign A6 clear aligners in a skeletal Class II growing patient: A case report. *International Orthodontics*, 21(2), 100756.
- Zhang, B., Huang, X., Huo, S., Zhang, C., Zhao, S., Cen, X., & Zhao, Z. (2020). Effect of clear aligners on oral health-related quality of life: a systematic review. *Orthodontics & craniofacial research*, 23(4), 363-370.
- Zheng, M., Liu, R., Ni, Z., & Yu, Z. (2017). Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & craniofacial research*, 20(3), 127-133.
- Zhu, Y., Li, X., & Lai, W. (2019). Treatment of severe anterior crowding with the Invisalign G6 first-premolar extraction solution. *Journal of clinical orthodontics: JCO*, 53(8), 459-469.