

BÖLÜM 2

SABİT ORTODONTİK APAREYLERİN ŞEFFAF PLAKLAR İLE BİYOMEKANİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Polat Can AKSOY¹
Hande PAMUKÇU²

GİRİŞ

İskeletsel ya da dental maloklüzyonlar bir etiket görevi görerek insanların sosyal yaşantılarını doğrudan etkileyebilmekte ve ortodontik tedavi arayışına yönlendirmektedir. Zaman içerisinde ortodontik tedavinin daha estetik yöntemleri geliştirilmiş, seramik ve plastik braketler kullanılmış, sonrasında lingual ortodontik tekniklerin gelişmesiyle tamamen estetik ortodontik tedaviler yapılabilmektedir. Ancak lingual ortodontik tedavide kullanılan aygıtların dişlerin iç yüzeyinde yer alması sebebiyle dil alanını daraltarak bazı hastalar için konforsuzluk ve konuşma sorunları yaratmışlardır. Günümüzde teknolojinin de gelişimiyle birlikte dijital planlamalar ile hazırlanan şeffaf plaklar popüler hale gelmiştir.

Tüm bu ortodontik tekniklerin uygulanmasında temel biyomekanik prensipler önem kazanmaktadır. Teknikler arasındaki farklılık, belli bir diş hareketinin bir teknik ile daha kolay, diğeri ile daha zor sağlanmasıdır. Klinisyenin hastanın maloklüzyonuna en uygun olan ortodontik tekniği seçmesi, ideal tedavi sonuçlarına ulaşmasını kolaylaştıracaktır. Bu da klinisyenler tarafından ortodontik teknikler arasındaki biyomekanik farklılıkların iyi bilinmesine bağlıdır.

SABİT ORTODONTİK SİSTEMLER

Sabit Ortodontik Braketlerde Biyomekanik

Direnç merkezi; dişin translasyon yapabilmesi gerekli olan bileşke kuvvetin etki çizgisinin dişin uzun eksenine ile kesiştiği teorik noktadır. Tek köklü dişlerde kökün uzun eksenine üzerinde ve alveol kretinden kök uzunluğunun %24-35'i kadar bir uzaklıkta yer almaktadır. Kök rezorpsiyonu ya da destek kemik kaybı gibi durumlarda direnç merkezinin yeri değişebilmektedir (1-7).

¹ Dt, Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD., polatcan.96@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, Başkent Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti AD., hpamukcu@baskent.edu.tr

Rotasyon merkezi; dişin etrafında rotasyon gerçekleştirdiği hayali bir noktadır ve uygulanan kuvvete göre yeri değişebilir. Eğer kuvvet çifti uygulanırsa bu nokta tam olarak direnç merkezi ile çakışır ve translasyon hareketi gerçekleşirse sonsuzda yer alır.

Moment; kuvvetin şiddeti ve kuvvetin uygulandığı nokta ile direnç merkezi arasındaki dik uzaklığın çarpımıdır. Direnç merkezi üzerinden etki etmeyen her kuvvet sonucu moment oluşur. Eğer moment sıfırsa diş translasyon hareketi yapar. Moment hem kuvvete hem de kuvvetin uygulanma yerinin direnç merkezine olan uzaklığına bağlı olduğu için uygulanan kuvvet noktası iyi seçilmelidir. Bu sayede optimal kuvvetler uygulanarak tedavi gerçekleştirilebilir.

Düz tel sisteminin kullanılmaya başlanması ile birlikte braket slotları dişlere spesifik olarak istenen tip ve tork değerlerini verebilecek şekilde üretilmeye başlanmıştır. Bu braket slotlarına, düz tel yerleştirildiğinde dişin konumuna da bağlı olarak tel zorlanarak oturtulur ve böylece diş üzerinde bir moment oluşturulur. Bu moment genişliği, braket tasarımı, dişin pozisyonu, dişlerin birbirine göre pozisyonları, uygulanan kuvvet gibi parametrelerin etkisiyle artmakta ya da azalmaktadır.

Diş hekimliğinin ilk zamanlarında kullanılan single braketlerde telin slot içerisindeki hareket etme miktarı çok fazladır. Bu da dişlere iletilen kuvvet miktarının az olmasına neden olmaktadır. Twin braketlerde ise toplamda 4 adet kanat bulunmaktadır. Bu kanatlar arasındaki mesafenin single braketlere göre fazla olması sayesinde daha dengeli ve etkili kuvvetler uygulanabilmektedir. Braket genişliğinin artması da single ve twin braketlerdeki durumla benzer etkilere sahiptir. Artan braket genişliği sayesinde moment/kuvvet (M/F) oranına bakıldığında azalan mesafeden ötürü braketler üzerine gelen kuvvet de artmaktadır. Braketler arası mesafe arttığında telin elastikiyeti de artmaktadır. Single braketler gibi daha dar braketlerin kullanılması sayesinde de braketler arası mesafe artırılabilir.

Sabit Ortodontik Braketlerin Avantaj ve Dezavantajları:

Avantajları:

- Kesin diş hareketini mümkün kılar: Dişin uzayın üç düzleminde de hareket ettirilmesi ve mükemmel bir intraark düzeltimi sağlanması mümkündür (8).
- Birden fazla diş hareketini mümkün kılar: Hareketi istenen diş simültane şekilde uzayın her üç düzleminde de hareket edebilir. Örneğin bir diş intrüze edilirken aynı zamanda retrakte de edilebilir. Aynı zamanda farklı dişler aynı anda farklı yönlerde de hareket ettirilebilir.

- Hasta kooperasyonu kolaylaşır: Çıkarılabilen ortodontik apareylere göre hasta kooperasyonu daha iyidir ancak lastik kullanımı ya da tüketilen yiyeceklere dikkat gibi konularda, hasta kooperasyonu önemli bir yer tutmaktadır.

Dezavantajları:

- Oral hijyen gereksinimleri: Oral hijyeni sağlamak daha zordur. Yemek artıkları braket çevresinde birikir ve bunların uzaklaştırılması daha zordur (8).
- Estetik: Sabit braketler çoğunlukla metal alaşımlardan üretilir. Ancak bazen metal braketler hasta için estetik olarak kabul edilmez. Lingual braketler veya porselen braketlerin kullanımı ile bu dezavantaj giderilebilmektedir.
- Özel olarak eğitilmiş uygulayıcılar: Sadece ortodontistler bu apareylerin kullanımı ve takibi konusunda eğitim görmektedirler. Kabul edilebilir sonuçlar için özel bir eğitim şarttır.
- Yüksek tedavi maliyeti: Ağız içerisinde daimî olarak kalmayacak bir tedaviye göre braketler ile tedavi yüksek fiyatlara mal olmaktadır. Bu braketlerle birlikte kullanılacak diğer yardımcı elemanlar da fiyatı yükseltmektedir.
- Artan hasta başındaki zaman: Çıkarılabilir tedavi ekipmanları olmadıkları için hekim gerekli olan işlemleri hasta ağzında yapar. Bu da klinik süreyi artırır.
- Ankraj kontrolü: Şeffaf plak sistemlerine göre daha zordur.
- Tedavi takibi: Kullanılan braketlerin ya da diğer ortodontik apareylerin aktive edilebilmesi veya rutin kontrollerin yapılabilmesi için düzenli aralıklarla hasta takip edilmelidir.

Şeffaf Plakların Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları:

- İdeal estetik: Konvansiyonel metal braketler gibi metal renkte değil de şeffaf oldukları için ideal estetiği sağlarlar. Yine seçilmelerindeki ana sebeplerden biri de konuşma ve estetiği etkilememeleridir.
- Kullanıcı kolaylığı: Hastalar plaklara maksimum bir hafta içinde uyum sağlarlar. Yine sadece 2-3 gün boyunca hafif ağrı duyarlar. Minimal periodontal irritasyon oluşturma ihtimalleri vardır (9). Belirgin bir konuşma zorluğu yaşamazlar.
- Takıp çıkarmaları rahattır.
- Bakımları kolaydır ve hijyeniktir (10,11).
- Potansiyel metal alerjisi reaksiyonları önlenmiş olur.

- Azalmış kök rezorpsiyonu oranı: Şeffaf plaklar dişleri bir sonraki plağa geçene kadar 0,2 mm hareket etmeye zorlarlar. Bu hareket miktarı dişlerde daha hafif kuvvetler oluşturur ve kök rezorpsiyon riskini azaltır (12).
- Azalmış acil durum sıklığı.
- Azalmış randevu sıklığı.
- Sabit sistemlerdeki yapıştırma sürecinin eliminasyonu.
- Tedaviye başlamadan önce tedavi seçeneklerinin detaylandırılmasındaki gelişmeler.
- Sanal tedavi modeli ile hastaların motivasyonunun sağlanması.

Dezavantajları:

- Kök hareketlerindeki sınırlı kontrol.
- Sınırlı intermaksiller kontrol (bazı iskeletsel anomaliler sadece şeffaf plaklar ile çözülemez).
- Uygulayıcı kontrolündeki azalma (klinisyen tedavi sırasında kullanılan aparatları değiştiremez).
- Tedavi başladıktan sonra değişiklik yapılmak istenirse ek süre ve belgeleme işlemleri gerekir (12).
- Posterior dişlerde bir miktar intrüzyon görülebilir (retansiyon periyodu sırasında düzeltilir).
- Şeffaf plak materyallerinde rutinde kullanılan poliüretan nemden, ısıdan ve enzimlerle uzun süreli temastan etkilenebilir (13).

ŞEFFAF PLAK SİSTEMLERİ

Ataşman Çeşitleri

Doğru ataşman seçimi, şeffaf plak sistemlerinde biyomekanik anlamda önemlidir. Spesifik klinik hedefler için optimal ataşman tasarımında çeşitli durumlar rol oynar. Bunlar geometri, lokasyon ve boyuttur.

Geometri: Şeffaf plak yerleştirildiği zaman diş ile plak arasında bir uyumsuzluk oluşur. Bu uyumsuzluk sayesinde dişlere kuvvet uygulanır. Uygulanan kuvvetin büyüklüğünü, vektörün yönünü ve istenen diş hareketini sağlayabilmek için ataşmanın tasarımı önemlidir. Ataşmanın her yüzeyi plak ile direkt kontakta değildir. Aktif ya da fonksiyonel yüzeyler ideal klinik sonuçlar için biyomekanik hassasiyetle düşünülmelidir. Üretilen kuvvetin büyüklüğü, şeffaf plak materyalinin izin verdiği kadarıyla, uyumsuzluk miktarıyla belirlenirken kuvvetin yönü aktif yüzeyin yönüne bağlıdır. Mekanik prensipler, kontakt kuvvetinin normal komponentlerinin yönünün her zaman uygulanan yüzeye dik olacağını belirtmektedir.

Bu kuvvet vektörlerinin yönünü belirlemek özellikle de aynı anda birden fazla kuvvet uygulandığı zaman önemlidir.

Lokasyon: Momentin büyüklüğü uygulanan kuvvetin direnç merkezine olan uzaklığına bağlıdır. Şeffaf plak temelli ortodontik kuvvetlerin etkisini tamamen anlayabilmek için uzayın üç düzleminde de uzaklıkları anlayabilmek önemlidir. Bu durumlar tamamen anlaşıldığında rotasyonel hareketler sırasında bukkolingual ya da meziodistal tipping ve intrüzyon gibi istenmeyen etkilerin ortaya çıkması önlenemez. Diğer bir durum ise transversal ark ekspansiyonu sırasında posterior segmentin istenmeyen bukkal yöne devrilmesidir. Ekspansiyon sırasında yapıştırılan dikdörtgen horizontal ataşmanlar linguale yerleştirildiğinde bukkale yerleştirilmesine kıyasla daha fazla devrilme/tipping momenti ortaya çıkarmaktadır (14).

Boyut: Mekanik ve estetik etkilerinden dolayı önemlidir. Küçük boyuttaki ataşmanlar daha az fark edilir oldukları için tercih edilir ancak boyut azalınca istenen kuvvetleri sağlamak için gerekli olan aktif yüzey alanı da azalır. Diğer yandan büyük boyuttakiler biyomekanik etkileri artırdığı için tercih edilebilir ancak şeffaf plakların retansiyonunu artırarak hastanın konforunu azaltabilirler ve özellikle de anterior dişlerde konumlandıklarında estetiği negatif etkileyebilirler.

Optimize Ataşmanlar

Optimize ataşmanlar bazı sistemlerde mevcuttur ve yazılım tarafından otomatik olarak yerleştirilirler. İstenen hareketi elde etmek için gerekli kuvvet sistemleri dişlere yerleştirmek üzere tasarlanmış birçok özellikten biridir. Bu sistemler ne kadar geliştirilirse, dişlerde arzu edilen hareketleri sağlamak o kadar kolaylaşacaktır. Optimize ataşmanların yazılarak teknisyenden istenmesi mümkün değildir, bilgisayar yazılımının gerekli görmesi halinde sistem tarafından yerleştirilir (15).

Rotasyon Ataşmanı: Bu ataşmanlar kanin ve premolarların rotasyonu içindir. Maksiller kanin rotasyonunu düzeltebilmek için kanin dişin üzerine optimize rotasyon ataşmanı yerleştirilir. Ataşmanın aktif yüzeyi şeffaf plağın doğru bir kuvvet sistemi ile çalışabilmesi için en ideal şekilde konumlandırılır (15).

Ekstrüzyon Ataşmanı: Bunlar ikinci türden optimize ataşmanlardır. Üst kesici diş ekstrüzyonu ile tedavi edilecek açık kapanış maloklüzyonu olan bir hastada, kuvvet sistemi ataşmanların aktif yüzeyine dik yönde kuvvet uygulayacak şekilde düzenlenmektedir. Optimize ekstrüzyon ataşmanları tek diş veya bir grup dişin ekstrüzyonu istendiğinde kullanılmaktadırlar (15).

Kök Kontrolü Ataşmanı: Kök ve kron hareketinin eş zamanlı olarak istendiği durumlarda, kök kontrol optimize ataşmanı yardımıyla gövdesel hareket sağlan-

bilir. Bu özellikle diş eksikliği durumunda implant boşluğu açılacaksa kök konumunun implant bölgesini etkilememesi için tercih edilen bir ataşmandır. Örneğin üst lateral diş yerine implant boşluğu açılması için kanin distalizasyonu yapılacaksa kök kontrol optimize ataşmanı üzerine uygulanan distal kuvvet daha büyük, mezial kuvvet daha küçük olmalıdır (15).

Çoklu Düzlem Ataşmanı: Kök hareketi ve ekstrüzyonu eş zamanlı olarak istenen maksiller lateral dişler için uygundur (15).

Destek Ataşmanı: Alt çenede Spee eğrisinin seviyelenmesini desteklemek amacıyla premolarlar için optimize edilmiş derin kapanış ataşmanları geliştirilmiştir. Ayrıca, maksiller santral kesici dişlerin veya kaninlerin mutlak intrüzyonu gerektiğinde optimize edilmiş maksiller lateral destek ataşmanlarını önerilmektedir (15).

Konvansiyonel Ataşmanlar

Dikdörtgen, eğimli veya eğim içermeyen şekilde ve vertikal veya horizontal yönde olabilirler. Retansiyon ve ankraj amacıyla intrüzyon, ekstrüzyon ve kök kontrolüne destek amacıyla kullanılabilirler (15).

Gingival Eğimli Dikdörtgen Ataşmanlar: Eğimli yüzeyin yönüne göre isimlendirilirler. Bu ataşmanlarda eğim gingival tarafta konumlanmaktadır. Birçok durum için avantajlıdır (15).

Okluzal Eğimli Ataşmanlar: Eğim okluzal tarafta yer almaktadır. Bu ataşman Spee eğrisi seviyelenirken şeffaf plağın retansiyonunu ve posterior dişlerin mutlak ekstrüzyonunu desteklemek amacı ile kullanılır (15).

Vertikal Ataşmanlar: Kök kontrolü amaçlı kullanılırlar. Bazı durumlarda mezialde veya distalde eğim içerebilirler (15).

Şeffaf Plak Materyalleri

Şeffaf plaklar polimer materyallerdir. Polimer, Yunancada “çok” anlamına gelen “poly” ve “ünite/birim” anlamına gelen “méros” kelimelerinden türetilmiştir. Polimer zinciri genellikle esnek, bükülebilen ve iç içe geçmiş şekildedir. Termal davranışlarına göre üç farklı sınıfa ayrılmaktadırlar. Bunlar termoplastik, elastomer ve termosettir. Şeffaf plaklar termoplastik grubunda yer almaktadırlar. Termoplastik polimerler ideal sıcaklıklarda erime ve akma özelliklerine sahiptirler (16).

Şeffaf plaklar için en sık kullanılan polimerler polyethylene terephthalaate glycol (PET-G) ve thermoplastic polyurethane (TPU)'dır. Her iki polimer türü de görünür ışık spektrumu altında transparandır, darbeye dayanıklıdır ve oldukça esnektir. Bu özellikleri sayesinde şeffaf plak materyali olarak oldukça uygunlardır (16).

PET-G içerisindeki glikol, ısı işlemler sırasında PET'in kristalize olmasını önleyerek daha az kırılma ve mekanik streslere daha dirençli bir materyal oluşturur. Koruyucu kılıflar, elektronik aletler, yemek kapları, medikal aletlerin imalatında kullanılırlar. PET-G stabilitesinden ve fiziksel özelliklerinden bir şey kaybetmeden ısı ile şekillendirilebilir, 3D baskıya uygundur ve geri dönüştürülebilir, de-linebilir, parlatabilir ve kesilebilir. Bu özellikleri onu şeffaf plakların imalatı için uygun kılar (16).

Poliüretan ise yumuşak ve sert formlarda bulunabilir. Otomotiv sektöründe iç dizaynda, paketlemede, kaplama materyali olarak, esnek köpük yapımında ve inşaat sektöründe sıklıkla kullanılmaktadır. Darbelere karşı dayanıklıdır, iyi bir elektrik izolasyonu sağlar, materyalleri birbirine iyi bir şekilde bağlayabilir, suda ve yağda kimyasal olarak stabildir. Genel olarak poliüretan biyouyumludur ancak şeffaf plak olarak kullanılabilmesi için başka materyallerle birlikte kullanılmalıdır (16).

ŞEFFAF PLAK SİSTEMLERİNDE BİYOMEKANİK

Birinci, İkinci ve Üçüncü Düzen Kontrolleri

Birinci Düzen Kontrolü

Rotasyon: Ataşmanların yardımı olmadan yuvarlak anatomiye sahip olan premolar ya da molarlar gibi dişlerin rotasyonlarının düzeltilmesi şeffaf plaklar için zor hareketlerdendir (17). Yuvarlak kron morfolojisi ile ilgili bazı limitasyonlar vardır. Bunlar;

- Yuvarlak kron anatomisi olan dişlerin şeffaf plaklarla rotasyon tedavisinde, uygulanan kuvvetler diş üzerine dik etki eder ancak diş ile şeffaf plak arasındaki yetersiz sürtünme varlığından dolayı şeffaf plak diş üzerinde kayar ve kuvvetin etkinliği azalır.
- Yuvarlak dişlere kuvvet uygulanırken diş üzerine etkiyen kuvvetlerin aksiyon çizgisi direnç merkezinin çok yakınından geçer. Bu da daha zayıf rotasyonel kuvvetlerin oluşmasına neden olur. Vektörlerin direnç merkezine olan mesafesini artırmak için dişler için özel olarak tasarlanan kuvvet ataşmanları kullanılır ve bu sayede etkili rotasyon sağlanır. Ek olarak ataşmanlar şeffaf plak ile diş arasındaki kayma efektini de önleyerek arzulanan diş hareketini mümkün kılar.
- Diğer bir istenmeyen etki ise rotasyonel hareketler sırasında oluşan intrüzyondur (18). Bir sonlu elemanlar analizi çalışmasında (19) ataşmansız bir maksiller kaninin rotasyon hareketi sırasında öngörülen hareket miktarından

yaklaşık %30 geride kaldığı ve ataşman kullanılan senaryoya kıyasla 3,71 kat daha fazla intrüziv kuvvetlere maruz kaldığı gösterilmiştir. Bu istenmeyen intrüzyon hareketi, uygun ataşman tasarımıyla aktif yüzeyin ekstrüziv kuvvet uygulayacağı yönde ayarlanmasıyla çözülebilir.

İkinci Düzen Kontrolü

Devrilme/tipping hareketleri sabit braket biyomekanikleriyle kolayca sağlanabilmektedir. Şeffaf plakların meziodistal kök pozisyonunun kontrolündeki eksiklikleri, sistemin istenilen şekilde kuvvet çifti oluşturamamasından kaynaklanmaktadır. Bu eksikliği gidermek için özelleştirilmiş ataşman tasarımlarıyla kuvvet çiftleri oluşturmak gerekmektedir.

Anterior Dişler: Şeffaf plaklar ile çekim boşluklarının kapatılması sırasında dişlerde devrilme/tipping olmamasını sağlamak çok zordur. Optimize kök kontrol ataşmanları kullanılarak bu problemin önüne geçilebilmekte ve bu ataşmanlar boşluk kapatma sırasında istenmeyen inklinasyonları engellemektedirler.

Posterior Dişler: Bukkal tüpler, power armlar gibi yardımcı mekanikler kombine edilmeden, sadece şeffaf plak sistemleri ile posterior dişlerde devrilme/tipping hareketi elde etmek kolay değildir. Bu hareketler, özenli bir tedavi planı, klinik değerlendirme ve hasta kooperasyonu gerektirmektedir. Ek olarak, şeffaf plakların biyomekanik kapasitelerini genişletmek için özelleştirilmiş ataşmanlar tasarlanmalıdır. Bu ataşman konfigürasyonlarının amacı kuvvet çiftleri oluşturarak istenen yönde dişin inklinasyonunu sağlamaktır. Alternatif olarak dikdörtgen horizontal bir ataşmanın daha kısa iki ataşman şeklinde yerleştirilmesi ile kuvvetler arasındaki uzaklık değiştirilebilir. Vektörlerin oluşturduğu kuvvetin büyüklüğü aralarındaki uzaklığa bağlıdır. Vektörler arasındaki uzaklık azalır, aktif yüzeylerde ortaya çıkan kuvvete eşit büyüklükte yüksek bir dikleştirme momenti oluşturur. Şeffaf plak materyalinin plastik deformasyona uğrayabilme durumundan ötürü olabildiğince düşük kuvvetler uygulamak gerekmektedir (16).

Diferansiyel kuvvetler: Çekim boşlukları kapatılırken ankraj kontrolü için anterior ve posterior segmentlerin momentleri kuvvet oranı manipülasyonu ile ankraj gereksinimi olan segmentin lehine düzenlenmelidir (20). Yine çekim boşluğu kapatılması sırasında Sınıf I ilişkisi sağlanmak isteniyorsa posterior ankraj güçlendirilmelidir. Posterior dişlerde bukkal dikdörtgen horizontal ataşmanlar kullanılarak saat yönünde momentler oluşturulur ve posterior dişlerin mezializasyona dirençli olmasını sağlanmış olur.

Üçüncü Düzen Kontrolü

Anterior Tork: Konvansiyonal braket sistemlerinde köşeli ark telleri ve köşeli braket slotları sayesinde tork kontrolü gerçekleştirmek kolaydır. Aynı tip hareketleri şeffaf plaklarla sağlamak için bukkal veya lingualden uygulanan horizontal paralel veya zıt yönlerden uygulanan eşit büyüklükte kuvvet çiftleri gerekmektedir. Kuvvet çiftleri arasındaki mesafe göreceli olarak daha geniş olduğundan üçüncü düzen kontrolü için gereken kuvvet büyüklüğü eşdeğer braket temelli kuvvet sistemlerinde gerekli olandan önemli ölçüde daha azdır (16).

Posterior Tork: Ekspansiyon ile transversal problemlerin düzeltilmesi mevcut şeffaf plak teknikleri ile zorluğunu korumaya devam etmektedir (21). Bu da klinisyenleri 3 boyutlu tedavi planlamasında aşırı düzeltim yapmaya itmektedir (22). Transversal düzlemdaki etkinliğin ve öngörülebilirliğin eksikliğinin ana nedenleri aşırı bukkale devrilme ve yetersiz kuvvet seviyeleridir.

Aşırı bukkale devrilme: Bu devrilmenin sebebi, uygulanan kuvvetlerin moların direnç merkezine olan uzaklığıdır. Ekspansiyon kuvvetleri uygulandığında, özellikle şeffaf plak sistemlerinde, bukkale devrilme her zaman beklenmelidir (23). Diş ile şeffaf plak arasındaki yetersiz sürtünme kuvveti varlığına bağlı olarak oluşan kayma efekti ve göreceli olarak düşük sertlik miktarı ekspansiyon sırasında kontrolsüz devrilme hareketi oluşmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da diş ile plak arasında ayrışma meydana gelmekte ve kuvvet kaybı oluşmaktadır.

Bukkal yüzeyde horizontal dikdörtgen veya okluzal eğimli ataşmanların kullanılması sayesinde karşıt kuvvet çiftlerinin oluşturulması ile istenmeyen bukkale devrilme hareketi engellenerek üçüncü düzen kontrolü sağlanabilir.

Yetersiz kuvvet seviyeleri: Şeffaf plaklar, at nalı şeklindeki geometrisi sebebiyle bir miktar ekspansiyon kuvveti oluşturmaktadırlar. Bu kuvvet anteriordan posteriora doğru azalmaktadır (20,24). Kullanılan şeffaf plak materyalinin kalınlığına ya da elastik modülüne bağlı olarak bu sonuç değişebilir. Ancak bunun planlanan diş hareketlerini etkilememesi gerekir. Diğer bir alternatif çözüm ise intermaksiller elastiklerin kullanımınıdır. Özellikle alt yüz yüksekliği azalmış hastalarda bukkolingual tipping ve ekstrüzyon kabul edilebilir hareketlerdir. Elastik kuvvetler üst molarların palatinaline ve alt molarların bukkaline buton yerleştirilerek uygulanmaktadır. Bu sayede horizontal ve vertikal etkilere sahip vektörler ile istenen hareketler planlamaya da sadık kalınarak oluşturulmaktadır. Vertikal ve transversal kuvvet seviyeleri kontrol edilerek istenmeyen devrilme hareketleri de dahil olmak üzere şeffaf plak tedavisindeki oluşabilecek olumsuz durumlar öngörülebilir.

Maloklüzyonlar ve Tedavileri

Derin Kapanış

Derin kapanış düzeltiminde 3 yöntem vardır. Bunlar; anterior intrüzyon, posterior ekstrüzyon, ve her ikisinin kombinasyonudur.

Derin kapanış tedavi seçenekleri (15):

- Üst ve alt kesici dişleri intrüze etmek için basınç alanları: Bu basınç alanları, intrüzyon kuvvetlerini dişin uzun eksenini boyunca yönlendirir.
- Optimize premolar ankraj ataşmanları: Alt kesici diş intrüzyonunu ve alt Spee eğrisinin seviyelenmesini desteklemek için ek posterior ankraj sağlar.
- Üst kesici diş hassas ısırma rampaları: Posterior dişlerin temasını gidererek derin kapanış düzeltimini destekler.
- Konvansiyonel kanin ısırma rampaları: Eğer overjet 3 mm'den fazlaysa anterior ısırma rampaları ile alt kesici dişler temas edemez. Bu durumun varlığında ideal bir seçenektir.

Anterior intrüzyon: Alt kesici dişlerin intrüzyonu gerektiği durumlarda anterior dişlere basınç alanları otomatik olarak yerleştirilir. Aynı zamanda ankraji artırmak için premolarlara da optimize ankraj ataşmanları otomatik olarak yerleştirilir. Bu ankraj ataşmanlarının yerleştirilmesinin sebebi Newton'un üçüncü yasası olan "Uygulanan her etki kuvvetine eşit ve zıt yönde bir tepki kuvveti oluşur"a dayanmaktadır. Yani bu yerleştirilen anterior basınç alanlarından uygulanan "etki" kuvveti sonucu plak, posterior bölgede "teпки" kuvveti ile dişten ayrılma eğilimi gösterir. Buralara ankraj ataşmanları yerleştirilmezse istenen intrüzyon hareketini sağlamak mümkün olmaz. Eğer alt premolarlarda 5 dereceden fazla rotasyon saptanırsa sistem, bu bölgelere ankraj ataşmanını yerleştirmez, bunun yerine rotasyonlu premolarlara optimize rotasyon ataşmanı yerleştirir (15). Bu ataşmanlar anterior intrüzyon için yeterli ankraji sağlamamaktadırlar. Eğer alt kesici diş intrüzyonu premolar rotasyonundan daha önemliyse rotasyon ataşmanlarının okluzal eğimli dikdörtgen ataşmanlar ile değiştirilmesi intrüzyon sırasında posterior kısmın dişten ayrılmasını engelleyerek daha iyi bir kavrama sağlar ve ankraji artırır.

Posterior ekstrüzyon: Eğer derin kapanış vakaları posterior ekstrüzyon gerektiriyorsa üst kesici dişlerde ve hatta laterallerde hassas ısırma rampaları kullanılmalıdır. Bunlar birer küçük ısırma rampası gibi davranarak posterior dişlerin temasını keserler. Eğer 3mm'den fazla overjet varsa bu ısırma rampaları kısa kalır. Bu durumlarda üst kaninlere yerleştirilen konvansiyonel ısırma düzlemlerinin kullanılması gerekebilir. Her ikisi de posteriordan bite'ı açarak posterior kuvvetleri keser ve derin kapanış düzeltimini sağlarlar (15).

Isırma rampaları, posterior ekstrüzyon gerektiren derin kapanış vakalarında, alt Spee eğrisinin seviyelenmesinde, Sınıf II divizyon 2 vakalarında vertikal boyutu artırmak için, dental corssbite'ların düzeltiminde ısırma düzlemi etkisi sağlamak amacıyla kullanılabilirler. Ancak anterior intrüzyon gerektiren derin kapanış vakalarında ve high angle vakalarda kullanılmaları sakıncalıdır (15).

Açık Kapanış

Bu vakalarda da düzeltim için kısıtlı seçenekler vardır. Bunlar; anterior ekstrüzyon, posterior intrüzyon ve her ikisinin kombinasyonudur.

Anterior Ekstrüzyon: Açık kapanış düzeltimi sırasında anterior ekstrüzyon yapılacaksa kök rezorpsiyonu, periodontal problemler, instabilite ve istenmeyen estetik sonuçlara karşı dikkatli olunmalıdır (25,26). Bu klinik kısıtlamalardan dolayı şeffaf plaklarda ekstrüzyon ataşmanları kullanılmadan anterior dişlerin bukkal ve lingual kron yüzeylerinin insizale doğru hareketinde mekanik limitasyonlar bulunmaktadır. Gingival eğimli ataşmanlar kullanılarak kuvvet sistemlerinin daha öngörülebilir çalışması sağlanır. Ataşmanın aktif yüzeyinin dişin bukkal yüzeyi ile yaptığı açının azaltılması daha yüksek bileşke kuvvet ortaya çıkarır. Bu açı çok azaltılırsa artan kuvvetler ile şeffaf plakların ataşmana oturması zorlaşır ve temas noktalarında plastik deformasyon görülebilir.

Posterior İntrüzyon: Son zamanlarda yapılan çalışmalar, şeffaf plakların posteriorda oluşturduğu kalınlığın bite-blok etkisi yaratarak posterior intrüzyon sağlayabildiğini göstermiştir (27). Özellikle anterior ekstrüzyonun sağlanamayacağı vakalarda bite'in kapatılması bu sayede mümkün olur. Posteriorda oluşan intrüziv kuvvetler, anteriorda şeffaf plağın okluzal yönde yerinden çıkmasına sebep olabilir. Gingival eğimli dikdörtgen horizontal ataşmanlar ya da insizal eğimli okluzal ataşmanlar optimal tedavi süreci için şeffaf plak stabilitesini sağlamalıdır. Open bite maloklüzyonu tedavi etmenin en iyi yollarından birisi de posteriorda selektif intrüzyonlar yapılarak her iki arkta da hafif bir Spee eğrisi oluşturulmasıdır. Bu düzeltim sayesinde mandibulanın otorotasyonu sağlanır ve ardından bite azalır. Çoğu zaman bu üst molarlar, alt premolar ve molarların birlikte intrüze edilmesi ile sağlanır. Molarların okluzal yüzeyleri oldukça geniş oldukları için ekstradan bir intrüzyon ataşmanına gerek duyulmaz. Ancak intrüzyonu desteklemek için komşu dişlere horizontal dikdörtgen ataşmanlar eklenerek ankraj artırılır.

Sonuç olarak; derin kapanış ve açık kapanış tedavilerinin her ikisi de benzer prensipleri gerektirir. İntrüzyonu desteklemek için uygun ataşman seçimi ve over-correction tedavi sonuçlarını mükemmelleştirir.

Sınıf I Maloklüzyon

Klinikte en sık rastlanan vaka türüdür. Genellikle hastalar alt kesici dişlerindeki çapraşıklık şikayetiyle başvurur (17). Şeffaf plaklarla çalışılacağı zaman hasta başındaki zamanı azaltabilmemiz için tedavi planlamasına çok daha fazla zaman ayırmamız gerekmektedir (28,29).

Sınıf I hastalarda ilk adım arkların limitlerini belirlemektir. Tedavide şematik olarak ilerlenmeli ve anahtar noktalara dikkat edilmelidir. Bu anahtar noktalar estetik ve okluzal olarak iki tanedir. Estetik noktalar horizontal ve vertikal yön-deki limitlerimizi belirler. Okluzal noktalar ise overjet gibi anterior limitlerimizi belirler. Estetik anahtar noktalar; yüz orta hattı, gülüş hattı ve interark simetrisi-dir. Okluzal anahtar noktalar ise Bolton analizi, overjet ve kesici diş inklınasyon-larıdır.

Genel olarak tedavi planı Spee eğrisinin seviyelenmesi, kesici diş kontrolü, ark gelişimi, rotasyon kontrolü, ataşman seçimi ve interproksimal redüksiyondur.

- Spee eğrisinin seviyelenmesi: Anterior prematür kontaklardan kaçınmak için ideal kanin ve molar interküspidasyonları, kesici dişlerin seviyelenmesi ve anterior rehberliğin sağlanabilmesi için Spee eğrisi düzleştirilmesi gerekmektedir. Ek olarak seviyelenmenin değerlendirilmesi ile Spee eğrisinin düzleştirilmesi için gerekli olan boşluk miktarı hakkında bilgi sağlanır (30).
- Kesici diş kontrolü: İdeal bir kesici diş angulasyonu sağlamak için sefalometrik verilerden ve süperimpozisyonlardan faydalanılması gerekmektedir. Dijital değerlendirme ile ideal kesici diş düzeltimi için gerekli olan geriye eğim ya da öne eğim miktarları belirlenebilir (31).
- Ark gelişimi: Tedavi hedeflerinde ekspansiyon ile yer sağlayarak çapraşıklığın giderilmesi sık başvurulan bir yöntemdir. Bukkal tipping hareketi bütünsel harekete göre şeffaf plaklarda daha tahmin edilebilir bir harekettir. Kanin, premolar ve molarların bukkolingual tippingine karar verilirken periodontal durum gözden geçirilmelidir (32).
- Rotasyon kontrolü: Premolarlar gibi küçük ya da oval dişlerde kuvvet uygulanan diş yüzeyinin az olması yüzünden rotasyon kontrolü sağlamak zordur. Kompleks rotasyonlarda, rotasyon düzeltimine başlanmadan önce ankraji sağlayabilmek için mezialde ve distalde yeterli boşluk sağlanmalıdır (33).
- Ataşman seçimi: Ataşmanlar kuvvet uygulanan yüzeyi artırdıkları için kullanışlı elemanlardır ve doğru ataşman seçimi hareket açısından önemlidir (34).
- İnterproksimal redüksiyon (IPR): Şeffaf plaklarda en sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Geniş mine kayıplarını önlemek için 0,3 mm ile sınırlı tutul-

malıdır. Bu yöntem sadece çapraşıklığı düzeltmek için yer sağlamasıyla değil kesici diş inklinasyonunu da kontrol edebildiği için temel bir işlemdir. Bu işlemle hem Bolton uyumsuzluğu giderilir hem de sağ ve sol arklar arasında simetriyi sağlar (35).

Sınıf I maloklüzyonda en sık karşılaşılan durum alt ve üst arktaki çapraşıklık- tır. Eğer çapraşıklık miktarı 4 mm'den azsa ekspansiyon ve IPR kombinasyonu yapılabilir. Hafif çapraşıklıkta 0,1-0,2 mm IPR, ılımlı çapraşıklıkta interkanin mesafe artırılmadan IPR (maksimum 0,3 mm) ve ekspansiyon, orta seviyede bir çapraşıklıkta ise her interproksimal segmente 0,3 mm IPR ile birlikte alt premolarların tork düzeltimi gerekir. Ancak yan etkileri azaltmak için bazı düzenlemeler gerekebilir. Bu durumlarda alt kesici dişlerin aşırı öne eğimlendirilmesinden kaçınılmalıdır. İnterkanin genişliği değiştirmemek için alt premolara bukkal kök torku verilebilir. Overjet sağlayabilmek için Sınıf 3 elastiklerden faydalanılabilir ancak Sınıf 3 ilişki elde etmekten kaçınılmalıdır. Gerekli dişlere spesifik ataşmanlar planlanmalıdır (16).

Bolton analizi intraark uyumsuzluklarını belirlemek için önemlidir. Bolton uyumsuzluğu durumlarında bazı istenmeyen sonuçlar olabilir. Bunlar; Sınıf I ilişkiye oturmeyen ve prematür kontak sebepli oluşan posterior açık kapanışlar, kesici dişlerin aşırı öne eğimlenmesi, üst diastemaların doğrulanmamış kapanışdır. Diğer anomali çeşitleri de sayı ve şekil anomalileridir. Sayı anomalileri bilateral ya da monolateral agenezisler, şekil anomalileri ise mikrodonti, kama şekilli lateralderdir. Diş eksikliği durumunda yapılan Bolton analizleri sonucunda eksik olan diş boşluğunun restorasyonu için ne kadar boşluk bırakılması gerektiği hesaplanmış olur. Tek taraflı diş eksikliği vakalarında karşıt dişin boyutuna bakılarak yer ihtiyacına karar verilebilir. Bilateral lateral diş eksikliği vakalarında eğer çekim boşluğuna diğer dişler kaydırılacaksa kaninlerin boyu lateral yapılacakları göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (36-38).

Sınıf II Maloklüzyon

Sınıf II maloklüzyon durumunda birkaç tedavi alternatifi vardır. Bunlar;

1. Distlizasyon
2. Molar derotasyonu
3. Elastik kullanımı
4. Çekim
5. Mandibular ilerletme
6. Ortognatik cerrahi

- Maksiller molar distalizasyonu: Sınıf I ilişkiiyi sağlamak için 2-3 mm'lik bir yer ihtiyacı söz konusuysa distalizasyon, uygulanabilecek bir metottur (39). Üst molarlar intraoral veya ekstraoral kuvvetler ile distalize edilebilirler (40). Ekstra oral apareyler distalizasyon yöntemi olarak Sınıf II maloklüzyonun düzletiminde yıllardır kullanılmaktadır (41,42). Son yıllarda molar distalizasyonu için intraoral apareyler ya da iskeletsel ankraj sistemleri gibi çeşitli teknikler geliştirilmiştir ancak bu sistemlerin bazılarında moların aşırı tippingi ve anterior bölgede ankraj kaybı gibi dezavantajlar gözlenmektedir (43,44). Kronun devrilmemesi için uygulanan kuvvetin mutlaka dişin direnç merkezinden geçmesi gerekmektedir (45). Yapılan bir çalışmaya (17) göre hafif çapraşıklık vakalarında seviyeleme sırasında şeffaf plaklar sabit sistemlere göre daha efektif sonuçlar vermiştir. Bir başka çalışmada ise ortodontik diş hareketi kontrolünün şeffaf plak tekniğinde anlamlı derecede arttığı ve 2,5 mm maksiller molar distalizasyonu ve 7 mm premolar çekim boşluğu kapatımının en öngörülebilir ve kontrollü hareketler olduğu belirtilmiştir (46).

2016'da yapılan bir çalışmada (47), beş ataşmanlı (birinci ve ikinci premolarlar ile birinci ve ikinci molarlar) konfigürasyon ile üç ataşmanlı (birinci ve ikinci premolarlar ile birinci molarlar) bir konfigürasyon karşılaştırılmış ve distalizasyon miktarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Beş ataşmanlı grubun daha efektif olduğu bulunmuştur. Kuvvet uygulama yönündeki sınırlı şeffaf plak-diş yüzeyi ilişkisi nedeniyle molar distalizasyonu sırasında devrilme hareketini kontrol etmek zor olabilir. İkinci molar dişlerde uzun dikdörtgen ataşmanların olmaması, birinci molar dişlerin distalizasyonu sırasında olası bir ankraj kaybına neden olmuştur. Bunun sonucunda tedavinin sonunda ikinci molar dişlerin distal hareketi azalmış ve birinci molar dişlerde belirgin bir tipping oluşmuştur. Ayrıca, distal kısımda uygun bir ankraj hazırlığının olmaması, retrakte edilen anterior dişlerin istenen şekilde kontrol edilme olasılığını azaltmıştır. Sonuç olarak, üç ataşmanlı konfigürasyona sahip grupta santral dişlerde kontrolsüz devrilme hareketi görülmüştür.

Gomez ve arkadaşları (24), ataşman olmaksızın yapılan distalizasyonda, üst kaninlerde saat yönünde bir moment ve distal tipping oluştuğunu göstermiştir. Ataşmanların varlığı, bu tippinge karşı koymaya yardımcı olmuş ve bu da bütünsel hareketi destekleyen bir karşıt moment oluşturmuştur. Başka bir sonlu elemanlar analizi çalışmasında (48), distalizasyon hareketi sırasında diş yüzeyinde ataşmanlar kullanılarak bir karşıt moment oluşturulup kontrolsüz devrilmenin önlenilebileceği gösterilmiştir. Bu moment, karmaşık bir kuvvet sistemine bağlıdır ve ataşmanların aktif yüzeyleri tarafından üretilir. Bir üst kaninin bukkal yüze-

yinde yer alan, biri distoservikal kısımda ve diğeri mesioinsizal kısımda yer alan birkaç ataşmanı analiz ederken, servikal ataşmanların mezial yüzünde ve insizal ataşmanın distal yüzünde kompresyon alanları bulunmuştur. Bu sonuçlar Gomez'in bulgularını doğrulamaktadır.

Molar distalizasyonu planlanırken hastanın vertikal paterni de önemlidir. Yapılan çalışmada distalizasyon hareketinin aynı zamanda anlamlı derecede intrüzyonla birlikte gerçekleştiği gözlenmiştir. Şeffaf plakların kalınlığı ve onların üzerine gelen mevcut okluzal kuvvetler intrüzyonu kolaylaştırmakta ve distalizasyon sırasında gerçekleşen vertikal boyut değişikliklerini açıklamaktadır.

Şeffaf plak tedavisi hem hasta hem de hekim için özelleştirilmiş bir tedavidir. Distalizasyon sırasında maksiller molarların kontrolü için kompozit ataşmanların varlığı hekim için bir seçenektir.

- Maksiller molar rotasyonu: Sınıf II Divizyon 1 hastalarının yüzde %95'inde üst birinci moların meziopalatinal rotasyonu görülmektedir (49). Üst moların meziopalatinal rotasyonu genellikle arka yer kaybıyla sonuçlanır. Sıklıkla darlık premolar ve kanin segmentinde oraya çıkar, potansiyel olarak bu dişlerin meziodistal yerleşimini engeller. Maksiller molarların bukkodistal rotasyonu Sınıf II dental ilişkiyi düzeltirken faydalı olabilir ve molar rotasyon düzeltimi şeffaf plaklar tarafından gerçekleştirilebilecek bir harekettir (21).
- Elastik etkisi: Sınıf II düzeltimi sırasında kullanılabilir bir interark mekaniktir. Şeffaf plaklarla elastik kullanımı buton yerleştirilmesi ihtiyacı gerektirebilir. Elastik kullanımı tedavi başında başlanıp istenen sonuç elde edilene kadar kullanılabilir. Elastiklerin etkisi tedavi sonunda tek aşamalı bir anteroposterior hareket olarak simüle edilir ve final ark durumunu ve oklüzyonu doğrulamayı mümkün kılar. Distalizasyona göre daha az şeffaf plak gereksinimi bulunur. Şeffaf plak tedavilerinde Sınıf II elastik olarak ¼ inç çapında ve 4,5 oz kuvvetinde elastikler önerilmektedir (50). Ancak bazı çalışmalar daha yüksek kuvvetli elastikler önermektedir. Çünkü Sınıf II elastikler çoğunlukla hasta kooperasyonuna dayanmakta ve tüm gün kullanım gerektirmektedir. Sınıf II ilişkinin düzeltimi sadece elastik kullanımı ile ortalama olarak 8,5 ayda düzeltilmektedir. Bu ortalama zaman başa baş Sınıf II'yi düzeltmek için gerekli olan ortalama zamandır (51). Etkinin çoğunluğu dentaldir.
- Çekimler: Şeffaf plaklarda son dönemdeki materyal kalitesindeki gelişmeler, ataşmanların kullanımı, yeni kuvvet sistemlerinin tanıtılması ile tedavi edilecekleri durumlar hafif çapraşıklıktan zor çekimli vakalara kadar genişlemiştir (52–56). Çekimli tedavilerde ankraj planlaması önemlidir.

- Ortognatik cerrahi: Mandibula ve maksillada ciddi iskeletsel problemler varsa ya da profilin harmonisi sağlanmak istenirse ortognatik cerrahi gerekli olabilir. Sadece ortopedik veya ortodontik olarak tedavi edilemeyecek yetişkin hastalarda faydalı olabilir.

Klinik prosedür: Distalizasyon orta derecedeki Sınıf II vakalarda maksiller dişleri retrakte ederek düzeltebilmektedir. Maksiller protrüzyon kaynaklı Sınıf II hastalarda distalizasyon tercih edilebilir. Distalizasyon sırasında anterior dişlerin ankraj kaybını önlemek için Sınıf II elastikler ya da iskeletsel ankraj elemanlarının kullanımı önemlidir (50,57,58).

- Sagittal ilişkinin ciddiyetine göre farklı klinik yaklaşımlar kullanılabilir;
- Sagittal uyumsuzluk 3 mm'den azsa distalizasyon uygun olur. Bu durumlarda güvenli bir şekilde sekanslı distalizasyon uygulanır.
- Sagittal uyumsuzluk 3-5 mm arasındaysa, klinik durum da göz önünde bulundurularak, sekanslı distalizasyon veya kombine bir şekilde stripping, molar derotasyonu ve intermaksiller elastik kullanılabilir.
- Dental uyumsuzluk 5 mm'den fazlaysa çekimli tedavi ya da ortognatik cerrahi arasında karar verilir. Karar verirken klinik durum ve hastanın talebi belirleyicidir.

Sınıf III Maloklüzyon

Sınıf III maloklüzyonlar da diğer maloklüzyonlarda olduğu gibi dental ya da iskeletsel kaynaklı olabilir. İskeletsel kaynaklı olduğunda maksiller retrognati, mandibular prognati veya her ikisinin kombinasyonu şeklinde görülebilir. Çoğu zaman dental kompanzasyon belirgindir. Azalmış verikal boyutlarla birlikte azalmış mandibular düzlem açısı mevcutsa cerrahisiz tedavinin prognozu daha iyidir. Tam tersi artmış vertikal boyutlarla birlikte artmış mandibular düzlem açısı mevcutsa ve ek olarak açık kapanış varsa bu hastalarda cerrahi tedavi prognozu daha yüksektir. Tedavi yönteminin belirlenmesinde esas soru maloklüzyonun dental mi iskeletsel mi olduğudur.

Eğer büyüme çağındaki bir hastada iskeletsel bir problem söz konusuysa öncelikle büyüme modifikasyonu uygulanması gerekmektedir. Turley ve Ngan (59,60) 14 yaşında olan hastalarda bile yüz maskesi uygulanmasını önermişlerdir. Büyüme modifikasyonu sonrasında dental problemlerin çözülmesi için şeffaf plak tekniği uygulanabilir.

- Anteroposterior düzeltim için öneriler: Hassas kesiler, power ridge'ler ve kök kontrol ataşmanlarıdır (61).
- Hassas kesiler: Hassas kesim kancaları ya da buton kesileri şeklinde talep edilebilir. Sınıf III maloklüzyonda mandibulada kaninler, maksillada molarlar

- üzerine yerleştirilebilir. Buradan verilen elastikler sayesinde maksillada mezial yönde mandibulada distal yönde bir kuvvet oluşturulur.
- Power ridge: Sınıf III maloklüzyon varlığında power ridge'ler alt kesici dişlerin inklinasyonunu düzeltmek için yerleştirilebilir. Kompanzasyon istediğinde alt kesici dişler geriye eğimlendirilebilirler.
 - Optimize kök kontrol ataşmanları: Mandibular premolar ve kaninlerin distalizasyonları planlanıyorsa paralel hareket sağlamak için kullanılabilirler.
 - Posterior interproksimal redüksiyon: IPR gereksinimi olabilecek durumlar şunlardır;
 - Çapraşıklığın giderilmesi
 - Anterior Bolton uyumsuzluğunun giderilmesi
 - Anterior crossbite varlığında mandibular kesici dişlerin retraksiyonu
 - Mandibular molar distalizasyon gerekliliğini azaltmak amacıyla
 - Sınıf III elastik atlama simülasyonu: Eğer Sınıf III elastik kullanılacaksa simülasyon atlaması talep edilmesi uygun olacaktır. Elastiklerin tam zamanlı kullanılması gereklidir. ¼ inch 2 oz intermaksiller elastiklerle başlanıp sonrasında ¼ inch 4,5 oz elastiklere geçilebilir. Şeffaf plak sayısı ile Sınıf I ilişki sağlanması için gereken elastik kullanım süresi arasında bir ilişki olmadığı unutulmamalıdır.

Sınıf III tedavi prensipleri:

- Minimal overjet ve overbite olan vakalarda şeffaf plaklar mükemmel vertikal kontrol sağlarlar.
- Çapraz kapanış vakalarında ya da sentrik ilişki-sentrik oklüzyon sapması vakalarında şeffaf plaklar bite-blok işlevi göyerek oklüzyonu yükseltirler.
- Asimetri vakalarında orta hat düzeltimi oldukça öngörülebilir bir harekettir.
- Mandibular kesici diş retraksiyonu için IPR gerekli olabilir.
- Mandibular kesici dişlerin retraksiyonuyla birlikte geriye eğimlendirilmesi de yapılmalıdır.
- Tedavi sonunda overbite'ı artırmak için mandibular arkta hafif bir Spee eğrisi düzeltilmeden bırakılabilir.
- Şeffaf plak ile planlanan diş hareketlerini desteklemek için yarı ya da tam zamanlı Sınıf III elastik kullanılabilir.
- Mandibular molarların sekanslı distalizasyonu: Yarım tüberkül Sınıf III molar ilişkisi varlığında kullanımı mümkündür. Posterior IPR ile kombine şekilde reçete edilebilir. Böylece Sınıf I molar ve kanin ilişki için gerekli olan distalizasyon miktarı azaltılmış olur. Sınıf III elastikler ise hem ankrajı güçlendirmek hem de hedeflenen diş hareketine yardımcı olmak amacıyla kullanılabilir.

lir. Eğer en-masse distalizasyon istenirse bukkal shelf bölgelerine geçici ankraj üniteleri yerleştirilebilir (62–64).

Mandibular molar dişlerin sekanslı distalizasyonu ile Sınıf III düzeltim prensipleri (61)

- Mandibular üçüncü molarlar, distalizasyon uygulanmadan en az iki hafta önce çekilmelidir.
- Şeffaf plaklar ile dişlerin temasının çok iyi olması gerekir. Bu yüzden ikinci molarların ölçüsünün ya da taramasının çok iyi alınması gerekir. Eğer genç hastalarda ikinci molarlar tam sürmemişse üçüncü molarların çekimi sırasında ikinci molar üzerindeki diş etinin eksizyonu da yapılabilir. Bu durumda bu işlemler sonrasında ölçü ya da tarama alınmalıdır.
- Hafif iskeletsel kaynaklı maloklüzyon ya da cerrahi tedavinin düşünülmediği durumlarda sekanslı distalizasyon düşünülebilir.
- Elastikler sekanslı distalizasyonu desteklemek amacıyla kullanılabilir.
- Ek ankraj gereksinimi varlığında ya da en-masse distalizasyon sırasında geçici ankraj ünitelerinden faydalanılabilir.

SABİT BRAKETLER İLE ŞEFFAF PLAKLARIN BİYOMEKANİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Şeffaf plak tekniği de bir ortodontik tedavi sistemidir ancak sabit ortodontik yöntemlerden farklı prensiplerle dişleri hareket ettirir. Şeffaf plaklar sabit apearelere göre daha iyi vertikal kontrol ve ankraj kontrolü sağladığı için bazı durumlarda sabit apearelerden daha etkindir.

KUVVET, BAĞLANMA VE ANKRAJ

Kuvvet: Şeffaf plaklar ile sabit apeareler arasındaki temel fark, sabit apearelerin dişi çekerek şeffaf plakların ise iterek hareket ettirmesidir. Örneğin sabit apearelerde ark teli takıldığında lingualdeki bir dişi arka doğru çekerek hareket ettirirken, şeffaf plaklar takıldığında deforme olarak plak materyalinin de esnekliği sayesinde dişi arka doğru iter.

Bağlanma: Sabit apearelerde tel braketler üzerine sabitlenerek tam bir bağlanma sağlanır. Zamanla tel kalınlaştıkça bağlanma kuvveti de artar ve braketlerin belirlediği tip, tork ve in-out değerlerine yaklaşır. Şeffaf plaklar ise plak materyalinin dişleri tamamen sarması ile dişlere bağlanır. Dişi saran plak materyali ne kadar fazlaysa bağlanma da o kadar iyidir. Uzun klinik kron boyuna sahip ya da geniş dişlerde bağlanma daha iyiyken tam tersi durumda bağlanma azalmaktadır.

Bu da hareketlerin seviyesini etkilemektedir. Bu bağlantıyı artırmanın diğer bir yolu ise dişler üzerine ataşman eklenerek yüzey alanının artırmaktır. Aynı şekilde bu ataşmanlar sayesinde plağın dişi kavrayışı da artar.

Ankraj: Sabit apareylerdeki en yaygın ankraj mekanizması, anterior segmentin retraksiyonu sırasında posterior segment ankraj bölgesi olarak kullanılmasıdır. Posterior bölgenin kök yüzey alanı daha fazla olduğu için anterior bölge, posterior bölgeden daha fazla hareket edecektir. Posterior bölgenin bu bir miktar hareket etme durumuna ankraj kaybı denir. Şeffaf plak tedavisinde ise ankraj bölgesi önceden belirlenebilir ve tedavi sırasında değiştirilebilir. Şeffaf plaklar bu sayede oldukça yüksek ankraj kontrolü sağlar çünkü ankraj dişleri ilerleyen tedavi aşamalarında kullanılmayabilir. Örneğin distalizasyon sırasında 7 numara distalize edilirken geri kalan dişler hareketsiz tutularak ankraj bölgesi olarak görev yaparlar.

EKSTRÜZYON, İNTRÜZYON, TORK VE KÖK İNKLİNASYONU

Ekstrüzyon: Sabit apareylerde tek dişin ekstrüzyonu nispeten kolaydır. Arktaki tüm dişler bağlandığında komşu dişlerin de bir miktar zıt yöndeki hareketi görülebilir. Örneğin kanin diş ekstrüze edilirken komşu lateral, santral ve birinci premolar dişlerde bir miktar intrüzyon hareketi görülerek arkta bir eğim görülebilir. Bu eğim kalın tellere geçerek düzeltilebilir veya kalın tellerdeyken ekstrüze edilmesi planlanan kanin dişe daha ince bir tel bağlanarak eğim oluşmadan ekstrüzyon gerçekleştirilebilir. Şeffaf plaklarda ise tek diş ekstrüzyonu, ekstrüzyon miktarına da bağlı olarak, nispeten zor bir harekettir. Bu yüzden buton veya elastiklerin yardımıyla bu işlem gerçekleştirilebilir. Bunun dışında bir diş grubunun ekstrüzyonu (örneğin açık kapanış tedavisinde maksiller anterior dişlerin) şeffaf plaklarla başarılı bir şekilde sağlanabilir.

Intrüzyon: Sabit apareylerde 'reverse curve' arklarla çalışılarak göreceli intrüzyon elde edilebilir. Bunun dışında bölgesel intrüzyon hareketi oluşturan arklar, posterior segmentlerin istenmeyen ekstrüzyonunu önlemek için transpalatal ark ya da lingual ark kullanımı, maksiller arkta oksipital headgear kullanımı ile sağlanabilir. Şeffaf plak tedavisinde ise tüm dişler başarılı bir şekilde intrüze edilebilir. Tüm dişlerin selektif intrüzyonu mümkündür. Şeffaf plaklarla oldukça iyi bir şekilde vertikal kontrol sağlanabilir.

Tork: Sabit apareylerde tork değerleri braket slotunda önceden ayarlanmıştır. Her hastaya özel tork seçenekleri kullanılabilir ya da ark teline ilave tork bükümleri yapılabilir. Tel ile braket arasındaki boşluktan ötürü braket içerisinde tel bir miktar hareket özgürlüğüne sahiptir. Buna 'tork play' denir. Dolayısıyla reçetede-

ki tork hareketini tamamen sağlanmasının mümkün olmadığı unutulmamalıdır. Şeffaf plaklar ise kök torku elde etmek için power ridge özelliğini kullanır. Bitimdeki kesici diş torku başlangıç maloklüzyonu, istenen oklüzyon ve yumuşak doku dudak desteğine bakılarak önceden hastaya özel bir şekilde belirlenebilir. Şeffaf plaklar aşırı tork ihtiyacı olmayan vakalarda kesici diş torkunun yönetiminde çok iyidir. Benzer şekilde sabit apareylerde olduğu gibi şeffaf plaklarda da 'tork play' durumu bulunmaktadır. Bu durumda yine gerçekleşecek olan torkun planlanandan daha az olacağı unutulmamalıdır.

Kök İnklinasyonları: Sabit apareylerde tip değerleri braket slotunda önceden ayarlanmıştır. Daha fazla bir düzeltim gerekirse çeşitli bükümlerle bu gereklilik giderilebilir. Şeffaf plak tedavisinde ise optimize kök kontrol ataşmanları sayesinde kök inklinasyonunun kontrolü sağlanır.

TEDAVİ MEKANİKLERİ

Kesici Diş İnklinasyonu: Sabit apareylerde seviyeleme sırasında kesici dişler öne eğimlenme eğilimindedir. Şeffaf plakalar ise kesici diş inklinasyonu kontrolünde daha kontrollüdürler.

Vertikal Kontrol: Sabit apareylerde kesici dişler öne eğimli olduğu için overjet ve ovebite azalma eğilimindedir. Artmış overjet ve derin kapanış varlığında bu bir avantajdır. Tam tersi durumda ise dezavantajdır. Şeffaf plaklar ise minimal overjet ve ovebite varlığında daha iyi bir vertikal kontrol sunarlar. Plakların dişlerin okluzalini de kapsamayı, intrüzyon mekanikleri planlanabilmesi dikey boyut kontrolünü kolaylaştırarak seviyeleme ve hizalamaya izin verir.

Orta Hat Düzeltimi: Sabit apareylerde genellikle orta hat düzeltiminde anterior çapraz elastikler kullanılır. Bu durum hasta uyumu gerektirmesi ve kullanımları zor olduğu için çoğu zaman başarısızlıkla sonuçlanır. Şeffaf plaklarda ise orta hat düzeltimi için genellikle interproksimal redüksiyon planlanması daha öngörülebilir bir seçenektir.

Diş Boyut Uyumsuzluğu: Sabit apareylerde Bolton uyumsuzluğu genellikle tedavi başında ortodontik modeller üzerinde manuel olarak ölçülerek hesaplanır ve planlamalar hekim tarafından yapılır. Şeffaf plak tedavilerinde ise planlama aşamasında, planlama yazılımı bu diş boyut uyumsuzluğunu otomatik olarak hesaplar ve klinisyenin tercihine göre, IPR veya boşluk bırakılması gibi, çözümler sunar.

SONUÇ

Şeffaf plaklar, ortodontik tedavide estetik beklentinin yüksek olduğu durumlarda en sık tercih edilen sistemlerden birisidir. Sadece estetik olarak değil konfor,

hijyen ve beslenme sırasında sağladığı rahatlık gibi avantajları da tercih edilme sebeplerindedir. Daha az ağrı oluşturması, kök rezorpsiyonu oranının azalması, klinik sürenin kısalması, uygulama kolaylığı gibi avantajları da hekimler tarafından tercih edilmelerine neden olmaktadır.

Eskiden şeffaf plakların sağlayabildiği hareketler daha kısıtlıyken günümüzde ataşmanların gelişmesiyle beraber daha efektif sonuçlar elde edilen bir seçenek haline gelmişlerdir. Ancak bazı diş hareketlerini sağlamada hala sabit apareyler kadar etkin olamamaktadırlar. Şeffaf plakların kullanımı düşünüldüğünde uygun vaka seçilmesine ve dijital planlamanın özenli yapılmasına dikkat edilmelidir. Şeffaf plakların hareketleri sağlamasını kolaylaştırmak için geçici ankraj üniteleri ve intermaksiller elastikler gibi yardımcı elemanların kullanılabilceği akılda tutulmalıdır.

Teknolojinin hızla gelişimi, şeffaf plak sistemlerinin de gelişimini hızlandırmaktadır. Şeffaf plaklarla ilgili yapılan araştırmalar ve teknolojiye gelişmeler daha efektif ortodontik tedavilerin yolunu açacaktır.

KAYNAKLAR

1. Burstone CJ, Pryputniewicz RJ. Holographic determination of centers of rotation produced by orthodontic forces. *American journal of orthodontics*. 1980;77(4):396-409. doi:10.1016/0002-9416(80)90105-0
2. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 1988;94(5):426-31. doi:10.1016/0889-5406(88)90133-3
3. Tanne K, Nagataki T, Inoue Y, et al. Patterns of initial tooth displacements associated with various root lengths and alveolar bone heights. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1991;100(1):66-71. doi:10.1016/0889-5406(91)70051-W
4. Tanne K, Sakuda M, Burstone CJ. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1987;92(6):499-505. doi:10.1016/0889-5406(87)90232-0
5. Vanden Bulcke MM, Burstone CJ, Sachdeva RCL, et al. Location of the centers of resistance for anterior teeth during retraction using the laser reflection technique. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1987;91(5):375-84. doi:10.1016/0889-5406(87)90390-8
6. Pedersen E, Andersen K, Gjessing PE. Electronic determination of centres of rotation produced by orthodontic force systems. *European journal of orthodontics*. 1990;12(3):272-80. doi:10.1093/EJO/12.3.272
7. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. *American journal of orthodontics*. 1984;85(4):294-307. doi:10.1016/0002-9416(84)90187-8
8. Singh G. *Textbook of Orthodontics*. Jaypee Brothers Medical Publishers; 2015.
9. Clements KM, Bollen AM, Huang G, et al. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2003;124(5):502-8. doi:10.1067/j.ajodo.2003.08.001
10. Miethke RR, Vogt S. A comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed orthodontic appliances. *Journal of orofacial orthopedics* . 2005;66(3):219-29. doi:10.1007/S00056-005-0436-1

11. Miethke RR, Brauner K. A Comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed lingual appliances. *Journal of orofacial orthopedics* . 2007;68(3):223–31. doi:10.1007/S00056-007-0655-8
12. Andrews LF. The six keys to normal occlusion. *American Journal of Orthodontics*. 1972;62(3):296–309. doi:10.1016/S0002-9416(72)90268-0
13. Hosny MAA, Alasmari FS, Alsaïdi NM, et al. Indications, advantages, disadvantages and effectiveness of Invisalign aligners. *International Journal Of Community Medicine And Public Health*. 2021;8(10):5064. doi:10.18203/2394-6040.ijcmph20213690
14. Aristizabal Mulett JS. Valoración del efecto biomecánico en el ligamento periodontal durante la expansión en el arco maxilar, del canino al molar, usando alineadores termoformados con aditamentos biomecánicos complementarios mediante métodos computacionales. 2018;
15. Glaser BJ. *The Insider's Guide to Invisalign Treatment: A Step-By-step Guide to Assist You with Your Clincheck Treatment Plans*. 3L Publishing; 2018.
16. Nanda R, Castroflorio T, Garino F, Ojima K. *Principles and Biomechanics of Aligner Treatment*. Elsevier; 2021.
17. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *The Angle orthodontist*. 2015;85(5):881–9. doi:10.2319/061614-436.1
18. Elkholly F, Mikhael B, Schmidt F, et al. Mechanical load exerted by PET-G aligners during mesial and distal derotation of a mandibular canine : An in vitro study. *Journal of orofacial orthopedics*. 2017;78(5):361–70. doi:10.1007/s00056-017-0090-4
19. Gomez J, Peña F, Valencia E, et al. Effect of composite attachment on initial force system generated during canine rotation with plastic aligners: a three-dimensional finite elements analysis. *The Angle orthodontist*. 2018;2(1):31-36. doi:10.2319/050714-330.1454
20. Nanda R. *Esthetics and Biomechanics in Orthodontics: Second Edition. Esthetics and Biomechanics in Orthodontics: Second Edition*. 2014;1–612. doi:10.1016/C2011-0-07263-0
21. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, et al. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? *Clinical oral investigations*. 2017;21(5):1475–84. doi:10.1007/s00784-016-1908-y
22. Houle JP, Piedade L, Todescan RJ, et al. The predictability of transverse changes with Invisalign. *The Angle orthodontist*. 2017;87(1):19–24. doi:10.2319/122115-875.1
23. Zhao X, Wang HH, Yang YM, et al. Maxillary expansion efficiency with clear aligner and its possible influencing factors. *Chinese journal of stomatology*. 2017;52(9):543–8. doi:10.3760/cma.j.issn.1002-0098.2017.09.006
24. Gomez JP, Peña FM, Martínez V, et al. Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A three-dimensional finite element analysis. *The Angle orthodontist*. 2015;85(3):454–60. doi:10.2319/050714-330.1
25. Sherwood KH, Burch JG, Thompson WJ. Closing anterior open bites by intruding molars with titanium miniplate anchorage. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2002;122(6):593–600. doi:10.1067/mod.2002.128641
26. Proffit WR. *Contemporary Orthodontics*. 1st ed. St Louis, Toronto, London: The C. V. Mosby Comp.; 1986.
27. Boyd RL. Complex orthodontic treatment using a new protocol for the Invisalign appliance. *Journal of clinical orthodontics*. 2007;41(9):525–47; quiz 523.
28. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL. *Current Principles and Techniques*. Elsevier Health Sciences; 2011.
29. Scholz RP, Sachdeva RCL. Interview with an innovator: SureSmile Chief Clinical Officer Rohit C. L. Sachdeva. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2010;138(2):231–8. doi:10.1016/J.AJODO.2010.03.022
30. Veli I, Ozturk MA, Uysal T. Curve of Spee and its relationship to vertical eruption of teeth among different malocclusion groups. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2015;147(3):305–12. doi:10.1016/J.AJODO.2014.10.031

31. Tepedino M, Franchi L, Fabbro O, et al. Post-orthodontic lower incisor inclination and gingival recession-a systematic review. *Progress in orthodontics*. 2018;19(1). doi:10.1186/S40510-018-0212-6
32. Papadimitriou A, Mousoulea S, Gkantidis N, et al. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in orthodontics*. 2018;19(1). doi:10.1186/S40510-018-0235-Z
33. Simon M, Keilig L, Schwarze J, et al. Forces and moments generated by removable thermoplastic aligners: incisor torque, premolar derotation, and molar distalization. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2014;145(6):728–36. doi:10.1016/J.AJODO.2014.03.015
34. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, et al. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *The Angle orthodontist*. 2008;78(4):682–7. doi:10.2319/0003-3219(2008)078[0682:IOAAIR]2.0.CO;2
35. Meredith L, Farella M, Lowrey S, et al. Atomic force microscopy analysis of enamel nanotopography after interproximal reduction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2017;151(4):750–7. doi:10.1016/J.AJODO.2016.09.021
36. Jamilian A, Perillo L, Rosa M. Missing upper incisors: a retrospective study of orthodontic space closure versus implant. *Progress in orthodontics*. 2015;16(1). doi:10.1186/S40510-015-0072-2
37. Rosa M, Lucchi P, Ferrari S, et al. Congenitally missing maxillary lateral incisors: Long-term periodontal and functional evaluation after orthodontic space closure with first premolar intrusion and canine extrusion. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2016;149(3):339–48. doi:10.1016/J.AJODO.2015.08.016
38. Rosa M, Zachrisson BU. Integrating space closure and esthetic dentistry in patients with missing maxillary lateral incisors. *Journal of clinical orthodontics* 2007;41(9).
39. Nanda RS, Tosun Y. *Biomechanics in Orthodontics: Principles and Practice*. Quintessence Publishing Company; 2010.
40. Da Costa Grec RH, Janson G, Branco NC, et al. Intraoral distalizer effects with conventional and skeletal anchorage: a meta-analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2013;143(5):602–15. doi:10.1016/J.AJODO.2012.11.024
41. Fontana M, Cozzani M, Caprioglio A. Non-compliance maxillary molar distalizing appliances: an overview of the last decade. *Progress in orthodontics*. 2012;13(2):173–84. doi:10.1016/J.PIO.2011.10.002
42. Egolf RJ, BeGole EA, Upshaw HS. Factors associated with orthodontic patient compliance with intraoral elastic and headgear wear. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 1990;97(4):336–48. doi:10.1016/0889-5406(90)70106-M
43. Fuziy A, de Almeida RR, Janson G, et al. Sagittal, vertical, and transverse changes consequent to maxillary molar distalization with the pendulum appliance. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2006;130(4):502–10. doi:10.1016/J.AJODO.2004.12.031
44. Fontana M, Cozzani M, Caprioglio A. Soft tissue, skeletal and dentoalveolar changes following conventional anchorage molar distalization therapy in class II non-growing subjects: a multicentric retrospective study. *Progress in orthodontics*. 2012;13(1):30–41. doi:10.1016/J.PIO.2011.07.002
45. Kusy RP. Influence of force systems on archwire-bracket combinations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005;127(3):333–42. doi:10.1016/j.ajodo.2004.07.037
46. Rossini G, Parrini S, Deregibus A, et al. Controlling orthodontic tooth movement with clear aligners. *J Aligner Orthod*. 2017;1(1):7–20.
47. Garino F, Castroflorio T, Daher S, et al. Effectiveness of Composite Attachments in Controlling Upper-Molar Movement with Aligners. *Journal of clinical orthodontics*. 2016;50(6):341–7.
48. Comba B, Parrini S, Rossini G, et al. A Three-Dimensional Finite Element Analysis of Upper-Canine Distalization with Clear Aligners, Composite Attachments, and Class II Elastics. *Journal of clinical orthodontics* 2017;51(1):24–8.

49. Tuncay O. The Invisalign System. *Digital Planning and Custom Orthodontic Treatment*. 2017;200669-79.
50. Ravera S, Castroflorio T, Garino F, et al. Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study. *Progress in orthodontics*. 2016;17(1). doi:10.1186/S40510-016-0126-0
51. Janson G, Sathler R, Fernandes TMF, et al. Correction of Class II malocclusion with Class II elastics: a systematic review. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* . 2013;143(3):383-92. doi:10.1016/J.AJODO.2012.10.015
52. Vlaskalic V, Boyd RL. Clinical evolution of the Invisalign appliance. *Journal of the California Dental Association*. 2002;30(10):769-76.
53. Hahn W, Zapf A, Dathe H, et al. Torquing an upper central incisor with aligners--acting forces and biomechanical principles. *European journal of orthodontics*. 2010;32(6):607-13. doi:10.1093/EJO/CJQ007
54. Schupp W, Haubrich J, Neumann I. Invisalign(®) treatment of patients with craniomandibular disorders. *International orthodontics*. 2010;8(3):253-67. doi:10.1016/J.ORTHO.2010.07.010
55. Miller KB, McGorray SP, Womack R, et al. A comparison of treatment impacts between Invisalign aligner and fixed appliance therapy during the first week of treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2007;131(3):302.e1-302.e9. doi:10.1016/J.AJODO.2006.05.031
56. Castroflorio T, Garino F, Lazzaro A, et al. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. *Journal of clinical orthodontics*. 2013;47(6):346-51; quiz 387.
57. Mohamed RN, Basha S, Al-Thomali Y. Maxillary molar distalization with miniscrew-supported appliances in Class II malocclusion: A systematic review. *The Angle orthodontist*. 2018;88(4):494-502. doi:10.2319/091717-624.1
58. Yamada K, Kuroda S, Deguchi T, et al. Distal movement of maxillary molars using miniscrew anchorage in the buccal interradicular region. *The Angle orthodontist*. 2009;79(1):78-84. doi:10.2319/020408-68.1
59. Ngan P, Moon W. Evolution of Class III treatment in orthodontics. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2015;148(1):22-36. doi:10.1016/J.AJODO.2015.04.012
60. Turley PK. Managing the developing class III malocclusion with palatal expansion and face-mask therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002;122(4):349-52. doi:10.1067/mod.2002.127295
61. Tai S. *Clear Aligner Technique*. Hanover Park, IL: Quintessence Publishing Co, Inc.,2018
62. Chen K, Cao Y. Class III malocclusion treated with distalization of the mandibular dentition with miniscrew anchorage: A 2-year follow-up. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2015;148(6):1043-53. doi:10.1016/J.AJODO.2015.03.034
63. Jing Y, Han X, Guo Y, et al. Nonsurgical correction of a Class III malocclusion in an adult by miniscrew-assisted mandibular dentition distalization. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2013;143(6):877-87. doi:10.1016/J.AJODO.2012.05.021
64. Kook YA, Park JH, Bayome M, et al. Distalization of the mandibular dentition with a ramal plate for skeletal Class III malocclusion correction. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. 2016;150(2):364-77. doi:10.1016/J.AJODO.2016.03.019