

BÖLÜM 13

GEÇİCİ ANKRAJ AYGITI DESTEKLİ ORTODONTİK APAREYLER

Pelin ERDOĞAN¹
Emre KAYALAR²

GİRİŞ

Ortodontik tedavinin başarısını etkileyen önemli faktörden biri ankraj kontrolüdür. Ankraj kontrolünün sağlanabilmesi için ağız içi ve dışı apareylerden oluşan yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerin kullanıldığı tedavilerde, ağız dışı apareyler hasta uyumu gerektirirken, ağız içi apareylerde de bir miktar ankraj kaybı oluşmuştur (1). Örneğin çekim boşluklarının tamamının anterior dişlerin retraksiyonu ile kapatılmasının planlandığı, Class II vakalarda, posterior ilişkinin bozulmaması açısından ankrajın korunması kritik bir önem taşımaktadır. Molar dişlerin ankrajının kaybedilmesi ile sadece anteroposterior yönde uyumsuzluk değil, aynı zamanda vertikal problemler de oluşmaktadır (2).

Ortodontik tedaviler sırasında ankraj kontrolünü sağlayabilmek amaçlı birçok aygıt ve yöntem geliştirilmiştir. Bunlar; nance butonu (3) transpalatal ark (4) destek alınan diş sayısının artırılması, momentlerin düzenlenmesi (5) gibi ağız içi yöntemlerdir. Bu yöntemlerin tasarımlarının komplike olması, detaylı tel bükümü gerektirmeleri, klinik uygulanılışlarının zor olması ve seans süresini uzatmaları gibi dezavantajları vardır.

Ağız dışı yöntemlerin (headgear) ise, yeterli ankrajı sağlamaları yanında hasta uyumuna bağlı olmaları ve yetişkin hastalara uygulanmalarının güç olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (6). Bu yöntemlerin sahip olduğu dezavantajlar, ortodontistleri daha başarılı ankraj arttırma mekanikleri aramaya sevk etmiştir ve böylece geçici ankraj aygıtlarından destek alınması fikri doğmuştur.

Bu bölümde ortodonti literatüründe yer alan geçici ankraj aygıtı destekli bazı ortodontik aparey çeşitleri incelenmiştir.

¹ Dt., İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD., pelinerdogan18@gmail.com

² Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Aydın Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD., emrekayalar@aydin.edu.tr

A) GEÇİCİ ANKRAJ AYGITI DESTEKLİ SABİT FONKSİYONEL APAREYLER

1) Mini Vida destekli Forsus Apareyi

Dişten ankraj alan sabit fonksiyonel apareylerin etkinliklerinin incelendiği birçok çalışmada, apareyin mandibular kesici dişlerde 2,4 – 12,9° protrüzyon meydana getirdiği rapor edilmiştir (7-8). Mandibular kesici dişlerde meydana gelen protrüzyon, apareyin iskeletsel etkisini azaltmaktadır. Son yıllarda, istenmeyen bu yan etkiyi ortadan kaldırmak için mini vida ve mini plaklar gibi geçici iskeletsel ankraj ünitelerinden destek alınmaya başlanmıştır (Şekil 1).

Elkordy ve arkadaşlar (9), diş destekli ve alt kanin ve 1. premolar diş arasında yerleştirdikleri mini vidadan destek alarak uyguladıkları Forsus apareyinin etkilerini karşılaştırmıştır. Mini vida ile kanin diş arasındaki bağlantıyı 0,019x0,025 inç paslanmaz çelik telden büküm yaparak sağlamışlardır. Literatürdeki diğer çalışmalara benzer şekilde, mini vidadan destek alınan grupta daha az alt keser protrüzyonu meydana geldiği bildirilmiştir.



Şekil 1. Sınıf II maloklüzyona sahip post-peak dönemdeki bireyde iskeletsel destekli forsus apareyinin kullanımı (10)

2) Mini Vida destekli Twin- Force Apareyi

Sabit fonksiyonel apareylerin istenmeyen yan etkileri yalnızca alt çenede değil üst çenede de görülmektedir. Üst molar diş distalizasyonu ve distal tippingi, üst kesici dişlerin retrüzyonu ve ekstrüzyonu üst çenede görülen yan etkilerdendir (11).

Halik A. (2017) tez çalışmasında, mini vida destekli Twin- Force ve konvansiyonel Twin – force apareyi uygulamaları karşılaştırılmıştır (12). Mini vidalar, yerleştirilmesi kolay olduğu için üst kanin ve birinci küçük azı dişleri arasına yerleştirilmiş ve üst lateral dişler ile üst birinci büyük azı dişlerine tel ligatür ile bağlanmıştır. İskeletsel etkinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla monoblok apareyi de çalışmaya dahil edilmiştir. Alt kanin ve alt birinci küçük azı dişleri arasındaki ark ile üst birinci küçük azı ve üst birinci büyük azı dişleri arasındaki arka çift taraflı 200 gram kuvvet uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına, mini vida deste-

ğiyle birlikte maksiller birinci büyük azı dışında oluşan istenmeyen ekspansiyon ve distalizasyon etkilerinin azaldığı fakat alt keser protrüzyonunun engellenmesi için önlem alınması gerektiği bildirilmiştir.

3) İskeletsel Ankraj destekli Jasper- Jumper Apareyi

Jasper- jumper apareyi ilk esnek sabit fonksiyonel apareylerden biri olup, etrafı poliüretan ile çevrili paslanmaz çelik yay mekanizmasına sahiptir. Elastik olması sebebiyle hafif ve devamlı kuvvetler uygular. Aparey, diğer sabit fonksiyonel apareylerde de olduğu gibi, üst kesici dişlerde retrüzyon ve ekstrüzyon, üst molar dişlerde distal tipping ve intrüzyon, alt keser dişlerde protrüzyon ve ekstrüzyonu meydana getirir (13).

Mandibulada oluşan yan etkilerin azaltılması amacıyla, Gazivekili (2007) yaptığı tez çalışmasında post-peak döneminde olan Sınıf 2 bireylerin simfiz bölgesine mini plaklar yerleştirmiş ve maksiller büyük azı dişlerin tüpü önünden Jasper Jumper apareyini uygulamıştır (Şekil 2) (14). Araştırma sonucunda, her iki çenede de sagittal yönde önemli oranda hareket meydana gelmediğini, alt kesici dişlerde proklinasyon miktarının kontrol edilebildiği fakat overjet miktarındaki değişikliğin büyük oranda dentoalveolar olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, dentoalveolar etkinin, iskeletsel etkiden daha fazla olmasını Jasper Jumper apareyinin fiziksel özelliklerinin yetersiz olmasına bağlamış ve rijit fonksiyonel aparey kullanımını önermiştir.



Şekil 2. Mini plak destekli Jasper- Jumper Apareyi (14)

4) Mini Vida destekli Herbst Apareyi

Herbst apareyi, 1905 yılında Prof. Dr. Emily Herbst tarafından tanıtılmıştır. Herbst apareyinin, teleskop ünitesinin uyguladığı kuvvetler sonucunda meydana gelen mandibular kesici dişlerin proklinasyonu apareyin dezavantajlarından biridir. Keser proklinasyonu önlemek için, Sınıf III elastik kullanılması, parsiyel ya da total

cast splint gibi önlemler alınmaya çalışılmış fakat kesin bir çözüme ulaşamamıştır (15). Bu durum, özellikle tedavi başında artmış keser açısına sahip hastalarda daha fazla proklinasyon istenmediğinden önemlidir (16).

Luzi ve ark. (2013) Sınıf II Bölüm 1 ilişkinin düzeltilmesi amacıyla, 11-15 yaşında, 10 hastaya, mini vida destekli modifiye Herbst apareyi uyguladıkları çalışmalarında, Modifiye Herbst apareyi yapılırken, kontrol grubundaki Herbst apareyinden farklı olarak kişiye özel çengeller, döküm yapısına lehimlenerek mini vida ile bağlantı sağlanmıştır (Şekil 3) (16).



Şekil 3. Herbst Apareyi Tasarımı (16)

Apareyin yerleştirilmesini takiben, 6 mm uzunlukta vidalar, mandibular 1. ve 2. premolar kökleri arasına ya da 2. premolar ve 1. molar arasına yerleştirilmiştir. Yerleştirilen mini vidalar, 0,12 mm tel ligatür ile apareyin çengellerine sabitlenmiştir. Tüm hastalarda yeterli adaptasyon sağlanabilmek için, Herbst apareyi en az 9 ay ağızda tutulmuş, sonrasında sabit apareylere geçilmiştir. Çalışma sonuçlarına bakıldığında, mini vida destekli Herbst apareyinde ortalama keser açısı artışı 1 derece iken, kontrol grubunda 7 derece olarak gözlemlenmiştir. Mini vida yerleşimine bağlı etkiler incelendiğinde ise büyüme gelişim döneminde olan bireylerde fark bulunmamıştır.

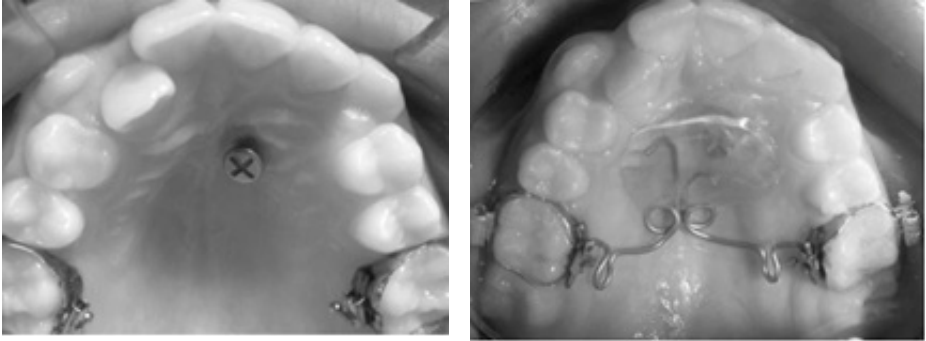
B) GEÇİCİ ANKRAJ AYGITI DESTEKLİ DİSTALİZASYON APAREYLERİ

1) Mini Vida Destekli Pendulum Apareyi

Yapılan çalışmalar incelendiğinde iskeletsel ankraj destekli pendulum çalışmalarına da sıklıkla yer verildiği görülmektedir. İskeletsel ankraj destekli pendulum uygulamalarında ilk önce invaziv cerrahi müdahale ile yerleştirilen ve sonrasında iyileşme veya osseointegrasyon döneminde bekleme gerektiren mini plaklar (17)

ve ortodontik implantlar (18) kullanılmış, fakat daha sonra lokal anestezi altında ortodontist tarafından da uygulanabilen, herhangi bir iyileşme süreci gerektirmeyen ve ihtiyacın bitmesi durumunda çıkarılması oldukça kolay olan mini vidalar ile pendulum kombinasyonları yapılmıştır (19, 20, 21).

Kırçelli ve ark. (2006) konvansiyonel pendulum apareyinde destek alınan premolar dişler yerine, 2 mm çap ve 8 mm uzunluğundaki titanyum vidalar kullanılarak kemik ankrajlı pendulum apareyi uygulamışlardır. Vida insiziv foramenin 7-8 mm posteriorunda median palatal süturun 3-4 mm lateraline yerleştirilmiştir (Şekil 4). Pendulum apareyi hazırlandıktan sonra akrilik kısmı vidaya soğuk akrille sabitlenmiş ve molar sheatine yerleştirilecek olan kollar median palatal suturena paralel hale gelecek şekilde aktive edilmiştir. Süper Sınıf I ilişki elde edilene kadar gerekirse reaktivasyon yapılmıştır. Molar dişlerde ortalama 7 ayda 6.4 mm distalizasyon elde edilirken yaklaşık 10.9° distale tipping gözlemlenmiştir. Birinci ve ikinci premolar dişlerde de 5.4 mm ve 3.8 mm distale hareket gözlemlenirken belirgin ölçüde distale tipping de gözlemlenmiştir. Anterior dişlerde herhangi bir hareket rapor edilmemiştir. Araştırmacılar molar distalizasyonu sırasında transseptal lifler aracılığıyla oluşan premolar distalizasyonunun anterior segmentteki çarpışıklığın da spontan olarak düzelmesinin önemli bir avantaj olduğunu ve toplam tedavi süresini kısalttığını belirtmişlerdir (20).

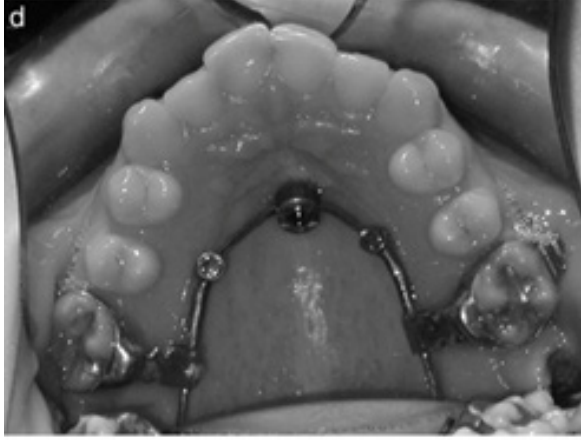


Şekil 4. Vidaların ağız içi görünümü ve kemik destekli pendulum apareyi (20)

2) İmplant Destekli Keleş Slider Apareyi

Keleş ve ark. (2003) yayımladıkları vaka raporunda, klasik Keleş Slider apareyindeki ankrajın korunmasını sağlayan Nance buton ve premolar bantlarını kaldırarak yerine 3 ay osseointegrasyonu beklenmiş 4,5 mm çapında ve 8 mm uzunluğundaki bir dental implanttan ankraj alan modifiye bir Keleş Slider apareyi oluşturmuşlardır (Şekil 5). Tasarımdaki bu değişiklik, aynı zamanda, molarları

distale doğru hareket ettirirken, transseptal liflerin yardımıyla birinci ve ikinci premolarların distal kaymasına da izin vermiştir. Araştırma sonuçları ortodontik kuvvetler uygulandıktan sonra implantın stabil olduğunu, ön segmentte ankraj kaybının olmadığını ve molar dişlerin her iki tarafta 3 mm distalize olduğunu göstermiştir (22).



Şekil 5. İmplant Destekli Keleş Slider Apareyi (22)

3) Mini Vida Destekli Distal Jet Apareyi

Kinzinger ve ark. (2009) konvasiyonel Distal jet apareyine paramedian olarak yerleştirilen iki mini vidadan ve birinci premolarlardan destek alan modifiye bir Distal Jet apareyi ile 10 hastayı tedavi etmişlerdir (Şekil 6.). Araştırma sonucunda 6,7 ayda distalizasyon tamamlanmış ve molar dişlerde $3,92 \pm 0,53$ mm distalizasyon ve $8,35^\circ \pm 7,66^\circ$ mezio-palatinal rotasyona uğramıştır, bunun sebebinin kuvvetin palatinalden uygulanması olduğunu bildirmişlerdir. Birinci premolar dişler $0,72 \pm 0,78$ mm mezialize olmuştur. Konvasiyonel metoda göre avantajlı olsa da ankraj kaybı yaşandığı bildirilmiştir (23).



Şekil 6. Modifiye Distaj Jet Apareyi (23)

4) Pal-Distalizer

Dağsuyu ve Erdem tarafından 2008 yılında sunulan Pal Distalizer apareyi, mini vidaların üzerini örten akrilik düğmeye bağlı hafızalı vidalardan oluşmaktadır (Şekil 7). Bu hafızalı vidalar üç haftada üç çeyrek tur çevrilerek aktive edilmektedir. Araştırmacılar 7,5 ay gibi bir sürede ortalama 4,7 mm lik molar distalizasyonu elde ettiklerini rapor etmişlerdir (24).

Keleş Slider apareyi ile Pal Distalizer apareyinin etkilerini karşılaştırıldığı, CBCT kayıtları üzerinde yapılan bir tez çalışmasının sonucunda iki apareyin de yalnızca dentoalveolar etkileri olduğu bulunmuştur. Pal Distalizer apareyi ile birinci molarlar gövdesel distalizasyon yaparken Keleş Slider apareyi ile birinci molarlarda hem distale devrilme hem de ekstrüzyon gözlemlenmiştir. Ayrıca birinci premolar ve kanin dişlerde mezializasyon gözlemlenirken keserler protrüze olarak ankraj kaybı oluşmuştur. Pal Distalizer apareyinde ise premolar ve kaninler distalize olurken keser dişler dikleşmiştir. Keleş Slider grubunda dik yön boyutu artmıştır (25).



Şekil 7. Pal Distalizer apareyi (25)

5) Mini Vida Destekli Frog Apareyi

2011 yılında Ludwig ve ark. palatal bölgeye yerleştirilen iki mini implanttan ankrage alan Frog apareyini tanıtmışlardır (Şekil 8). Palatal bölgeye paramedian olarak yerleştirilen 11 mm uzunluğunda 1.7 mm çapında iki mini implantın üzerine yerleştirilen abutmanlara Frog apareyinin kalın kolları lehimlenerek aparey hazırlanmaktadır. Aparey hasta ağızına simante takılacağı zaman abutmentlar mini implantlara simante edilmektedir ve hafızalı vidadan uzanan uzun kollar molar bant sheatlerine yerleştirilmektedir. Aparey iki vakaya uygulanmış ve molar dişlerin yarım premolar kadar distalize olduklarını ve keser dişlerde protrüzyon gerçekleşmediğini bildirmişlerdir (26).



Şekil 8. Mini Vida Destekli Frog Apareyi (26)

6) Bene-Slider Apareyi

Wilmes ve ark. 2008 yılında yayımladıkları makalede Benefit Sistem (PSM Medical solutions, Tuttlingen, Germany) ve bu sistemin molar distalizasyonu için kullanılan versiyonu olan Beneslider apareyi tanıtılmıştır (Şekil 9). Araştırmacılar bu apareyin mini implant destekli Keleş Slider ve mini implant destekli Distal Jet apareyinin bir modifikasyonu olduğunu bildirmektedir. Beneslider apareyine dair vaka raporları yine Wilmes ve ark. tarafından 2010 yılında yayımladıkları çalışmalarında tanıtılmıştır. Beneslider apareyi palatal bölgeye önlü arkalı ya da paramedian olarak yerleştirilen sistemin kendi mini implantlarından (2,00 X 11 mm ve 2 X 0,9 mm) ankraj almaktadır. Hastaya göre bükümler yapılarak hazırlanan paslanmaz çelik telden üretilmiş Beneplate molar bantların sheatlerinden geçen Benetube'lerin oluklarından geçirilmektedir ve bu sayede distalizasyon için uygulanan kuvvet molar dişlerin direnç merkezinden iletilmiş olmaktadır. Hastanın yaşına, ikinci molar dişlerinin sürüp sürmediğine, üçüncü molar dişlerinin varlığına ve arzu edilen distalizasyon miktarına göre uygulanacak kuvvet 240 g ile 500 g arasında değiştirilebilmektedir. Kuvvetler, açıcı yayların aktivasyon kilitleri ile sıkıştırılması ile elde edilmektedir (27).



Şekil 9. Beneslider apareyi ağız içi görünümü (27)

7) Longslider Apareyi

Longreich ve ark. 2011 yılında Beneslider apareyinin bir modifikasyonu olarak Longslider apareyini tanıtmıştır (Şekil 10). Araştırmacıların bu apareyin dizaynındaki amaçları açıcı yayların sürtünme ile kaybettikleri kuvveti elimine et-

mektir ve kurdukları ikili yay sistemi ile tek tarafta yaklaşık 600 g'a kadar kuvvet uygulanabilmektedir. Çalışmada bulunan altı vakada ayda ortalama $0,81 \pm 0,02$ mm distalizasyon elde edilmiştir. Araştırmacılar molar dişlerde distale devrilmenin anlamlı düzeyde olmadığını ancak klinik olarak molarların palatinaline doğru rotasyona uğradığını gözlemlediklerini bildirmiştir (28).



Şekil 10. Longslider aparatının model üzerinde görünümü (28)

8) TopJet Distalizasyon Aparayı

Winsauer ve ark. 2013 yılında TopJet distalizasyon aparatını sadece kemikten ankraj alan ve hasta başında hazırlanabilen ilk mini implant destekli molar distalizasyon aparatı olarak tanıtmıştır (Şekil 11). Aparat Ni-Ti açıcı yay modülü, ikiz tüp ve prefabrike transpalatal arkta oluşmaktadır. Birinci premolar dişlerin palatal tüberkülleri hizasında paramedian bölgenin tam ortasına dik açı ile yerleştirilen iki adet mini implanta (Dual-Top Jet Screws; Jeil Medical, South Korea) ikiz tüpün kancası yerleştirilip ve transpalatal arka sıkıştırılıp rezin ile sabitlenmektedir. Böylece ikiz tüp içerisindeki yay sistemi aktive olmaktadır. Aparatın 250 g ya da 360 g kuvvet uygulayan versiyonları mevcuttur. Araştırmacılar 11,5 yaşındaki bir kız hastaya bu aparatı uygulayıp yedi ay sonra sınıf I ilişkiye ulaştığını bildirmiştir (29).



Şekil 11. TopJet Distalizasyon Apareyi (29)

9) SHU-Lider Apareyi

Yamaguchi 2019 yılında yayımladığı çalışmada bilgisayar destekli dizayn ve bilgisayar destekli üretim (*ing. Computer Aided Design-Computer Aided Manufacturing*) (CAD/CAM) teknolojisi ile ürettiği mini implant destekli molar distalizasyon apareyini tanıtmıştır (Şekil 12). Aparey kişiye özel üretildiği ve fabrikasyon olmadığı için hastaya yüksek düzeyde adaptasyon gösterdiği, molar distalizasyonu planlanan ölçüde yaptığı ve lingual bölgedeki hastanın duyduğu rahatsızlıkları giderdiğini bildirilmiştir (30).



Şekil 12. Mini implant destekli molar distalizasyon apareyi (30)

10) Horseshoe Jet distalizer

Horseshoe Jet, mini vidalar kullanılarak saf iskelet ankrajından destek alan Distal Jet apareyinin bir modifikasyonudur (Şekil 13). Mini vidalar palatal bölgede 1. Küçük azı ve 2.küçük azı dişleri arasına yerleştirilir ve apareyin hooklarına tel ligatürle bağlanarak sabitlenir. Aparey istenirse anterior bölgede kilitli abutmentler ile de yapılabilir; ancak kaybedilen vidaların bu düzenekte tespit edilebilmesi daha zordur. Mezial tespit vidaları, helezon yayları sıkıştırmak için distale doğru hareket ettirilir altıgen anahtar kullanılarak yerine kilitlenerek aktive edilir. Yeterli distalizasyonun yapılması ardından tüm vidalar kilitlenerek mini vida destekli transpalatal ark şeklinde de kullanılabilir (31).



Şekil. 13 Horseshoe Jet Distalizer (31)

C) GEÇİCİ ANKRAJ AYGITI DESTEKLİ HIZLI ÜST ÇENE GENİŞLETME APAREYLERİ

1) MICRO (Mini-implant collar-retained orthodontic expander)

Bu aparey Heinz ve ark. tarafından 2013 yılında tanıtılmıştır (32). Apareyin tasarımında dört veya altı Dual-Top (Jeil Medical Corporation, Seoul, Korea) Jet minivida (2- 2,5 mm çapında, 10-14 mm uzunluğunda) ön damağa tam olarak dik, sütura palatina mediana'nın 3-9 mm lateralinde, kanin ve birinci premolar temas noktaları arasındaki çizginin arkasında ve ikinci premolar ve birinci molar temas noktaları arasındaki çizginin önünde bir alana yerleştirilir. Bireysel hasta anatomisine bağlı olarak küçük konum değişiklikleri kabul edilebilir (32). Dual-Top Jet vida, dişeti tahrişini azaltmak için dişsiz ve cıvalı uzun bir üst gövdeye

sahiptir; 7 mm'lik dişli kısım, diğer Dual-Top vidalardan farklı şekilde şekillenmiştir. Dört palatinal mini-vidalı (MICRO-4) Hyrax adölesanlarda kullanılabilir (Şekil 14). Yetişkinler için ise altı mini vidalı (MICRO-6) Hyrax kullanılır. Minimal invaziv dört veya altı vidalı MICRO Hyrax genişletici ile tedavi edilen 31 vakada midpalatal suturların başarıyla açıldığı ve genişlemenin stabil olduğu rapor edilmiştir. Potansiyel istenmeyen yan etkilerin palatal zorlanma ile sınırlı olduğu ve avantajları arasında genişletme ile aynı anda ortodontik diş hareketi yapabilme, yerleştirme ve çıkarma kolaylığı, estetik görünüm ve hasta konforu olduğu belirtilmiştir (33).



Şekil 14. MICRO-4 Hyrax Genişletici ağız içi görünümü (33)

2) Marpe

İskelet ankrajın tanıtılması, maksiller transversal yetersizliğin tedavisi de dahil olmak üzere ortodontide yeni olanaklar yaratmıştır. Bunlardan diğer bir örneği olan mini-vida destekli hızlı palatal genişleticinin (MARPE), yetişkin hastalarda maksiller genişleme için etkili ve stabil olduğu rapor edilmiştir (34). Yalnızca kemik destekli bir aygıt olan MARPE'de yüksek ankraj ihtiyaçlarını karşılamak için mini-vidaların bikortikal uygulanması tavsiye edilmiştir (36,37). Bu yerleştirme yöntemi, geçici ankraj aygıtının stabilitesinin daha iyi olmasını sağlar, TAD deformasyonunu ve kırılmasını önler, koronal düzlemde daha paralel genişlemeyi destekler ve palatal genişleme miktarını artırır (38,39).

3) Hyrid Hyrax

Wilmes ve ark. (2008), üst çene genişletilmesi esnasında, iskeletsel ankrajı sağlamak için damağın anterior bölgesine 5 mm aralıkla yerleştirdikleri 2 x 7 mm'lik

mini implantlar ile tasarlanan diş-kemik destekli Hybrid Hyrax aygıtını tanıtmışlardır (Şekil 15.). Mini implant destekli RME, iskelet genişlemesini en üst düzeye çıkarmak ve dişlerin devrilmesini en aza indirmek amacıyla geliştirilmiştir. Anterior bölgede bulunan mini implantlar iskeletsel ankraj ünitesi olarak hizmet ederken, posterior bölgede ise molar dişlere simante edilen molar tüpler posterior dental ankraj sağlar (hibrit ankraj). Daha stabil bir bağlantı elde etmek için mini-implantların abutmentlerle birlikte kullanılması tavsiye edilir (27,40). Wilmes ve ark. (2010) 13 hasta ile yaptıkları çalışmada, hibrit hyrax apareyi ile bukkal tipping, meziale migrasyon gibi istenmeyen dental yan etkilerin azaltılmasıyla birlikte etkin bir genişletme elde edildiğini bildirmişlerdir. (39) Garib ve ark. (2021) Hybrid Hyrax ve konvansiyonel Hyrax apareyini karşılaştırdıkları çalışmalarında, Hibrit Hyrax expanderin, geleneksel Hyrax expandera kıyasla burun boşluğu, maksiller genişlik ve bukkal alveolar kret genişliğinde daha fazla artış sağladığı, İntermolar, interpremolar veya interkanin mesafeler için gruplar arası fark bulunmadığını rapor etmişlerdir (Şekil 15) (41).

Kayalar ve ark. (2016) Hibrit Hyrax'ın erişkinlerde cerrahi destekli hızlı üst çene genişletmesindeki etkilerini geleneksel diş destekli genişletme ile karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Diş destekli grupta aktif ekspansiyon döneminde birinci azı dişleri hibrit gruptan önemli ölçüde daha fazla bukkal tipping yapmış ve retansiyon aşamasında dikleşmiştir. Hibrit cihazlarda, birinci azı dişleri, aktivasyon sırasında daha fazla gövdesel hareket etmiş ve birinci retansiyon aşaması sırasında (mini implant ankraji ile açıklanabilir) sabit kalmışlardır. Hibrit aygıtlar, palatinal bölgede mini implantlara ihtiyaç duyulması nedeniyle ek adımlar gerektirse de bu aygıtlar, özellikle premolarlarda daha az devrilme, bukkal kemik kalınlıklarının korunması ve kök rezorbsiyonunun azaltılması açısından önemli faydaları olduğu bildirilmiştir (42).



Şekil 15. Diş ve kemik destekli Hyrid maksiller ekspansiyon apareyi (41)

4) Hibrit Keles Keyless Expander

Üst çene genişletme aparatları, kendilerine özgü anahtarları ile vida üzerindeki deliğe takılarak aktifleştirilmektedir. Keles (2018) vidaların üzerindeki deliklerin çok küçük olması, ebeveyn/hasta kooperasyonu gerektirmesi bunun yanında sivri uçlu tel anahtarın damak mukozasını zedeleme olasılığının olması ve anahtarın yutulması veya aspire edilmesi gibi riskler taşıdığı için bu istenmeyen durumların üstesinden gelmek ve damak genişleticileri daha hasta dostu hale getirmek için, minimum hasta işbirliği ile güvenli, hızlı ve etkili bir genişletme için yeni bir damak genişletici tasarımı geliştirmiştir. Yeni geliştirilen anahtarsız genişletici, hastaların kendilerini etkinleştirebilecekleri yerleşik bir aktivasyon koluna sahiptir. Hastanın bu kolu günde sadece bir kez parmak ucuyla çevirmesi yeterlidir. Keles Keyless Expander'ın 2 kollu, 4 kollu ve bonded şeklinde 3 ayrı tipi bulunmaktadır (Şekil 16). Kayalar ve ark. (2020) Keles Keyless Expander'ın ön kollarını paramedian olarak palatinala yerleştirilmiş iki adet mini implanta (Fast Drive Anchor, İzmir) bağlayarak üç boyutlu olarak tasarladıkları diş-kemik destekli (hibrit) Keleş Keyless Expander aygıtının hızlı üst çene genişletmesi ve sonrasında iskeletsel Sınıf III hastada maksiller protraksiyon amacıyla yüz maskesi ile kullanımının başarılı etkilerini sunmuştur (43).



Şekil 16. Hibrit Keles keyless expander ağız içi görünümü (43)

D) GEÇİCİ ANKRAJ AYGITI DESTEKLİ DİĞER APAREYLER

1) Geçici Ankraj Aygıtı Destekli Ters Forsus

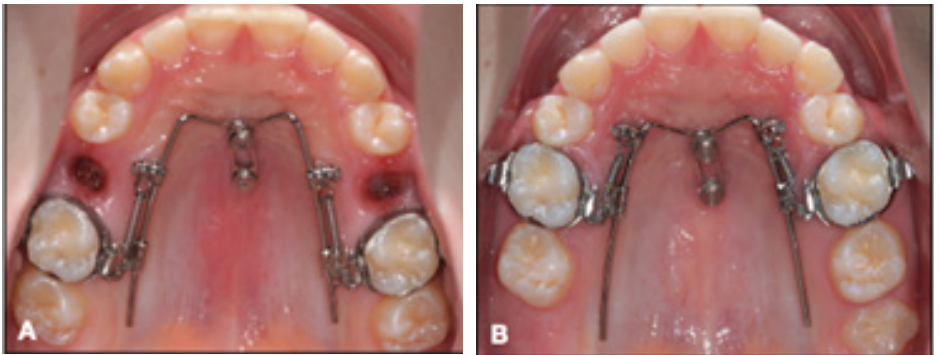
Eissa ve ark. (2018) dental yan etkilerin azaltılması ve iskeletsel ankrajın artırılması için Sınıf III ilişkiye sahip 16 hastada mini vida destekli ters forsus aparatı kullanmışlardır (Şekil 17). Mini vidalar (1.6 - 10 mm) maksiller kanin ve premolar dişler arasında mukogingival seviyede uygulanmış ve kanin diş braketini vertikal slotuna bağlanmıştır. Aparat mandibular 1.molar diş headgear tüpü ile maksiller kanin diş distalindeki ark teli arasında uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, Mini vida bağlantılı ters çevrilmiş FRD kullanımı, maksiller ileri büyümeyi etkili bir şekilde arttırdığını ve ve oklüzal düzlemin saat yönünün tersine dönmesine neden olduğu bildirilmiştir. Maksiller dişlerin klinik olarak anlamlı olmayan proklinasyonu ve mandibular dentisyonun distalizasyonu ile birlikte mandibular molarlar ve maksiller kesici dişlerin intrüzyonu gözlemlenmiştir (44).



Şekil 17. Mini vida destekli Ters Forsus ağız içi görünümü (44)

2) Mesialslider

Mesialslider tasarımı itibariyle, Beneslider apareyine benzer şekildedir, 2*11 mm anterior- 2*9 mm posterior uzunluğundaki mini vidalar ve molar dişleri distalize etmek için close coil springlerden yararlanılır. (Şekil 18) Mini vidalar midpalatal suture yakınına ve üçüncü palatal rugaların distalinden uygulanmaktadır. Maksimum stabilite için, 045” paslanmaz çelik tel ile bir Beneplate tarafından kuvvet hattı boyunca birleştirilmiş iki Benefit mini implant kullanılır ve Beneplate, mini implantlara küçük sabitleme vidaları ile takılır. Aktifleştirme, nikel-titanyum kapatma yayının sıkıştırılması ile oluşur ve her bir tarafta 200g kuvvet üretilir. Takip randevuları her dört ve altı ayda bir planlanmalıdır. (45)



Şekil 18. A) 2.premolar diş çekimi sonra mesialslider uygulaması B) 7 aylık takip (45)

E) GEÇİCİ ANKRAJ AYGITLARININ BİRDEN FAZLA AMAÇLA KULLANIMI

1) Hibrit-Hyrax Facemask Kombinasyonu

Wilmes ve ark. (2014) iskeletsel sınıf III ilişkiye sahip 16 hastada, hybrid-hyrax facemask kombinasyonun etkilerini incelemişlerdir (Şekil 19). Ön damağa yerleştirilen 2 mini implant (2 x 9 mm) ve molar dişlere yerleştirilen bantların bukkalinden 1,2 mm çapında paslanmaz çelik telden oluşan ve kanin dişe kadar uzanan hooklardan oluşmaktadır. Vida günde 4 tur çevrilmiş ve elastikler 20-30 derece açıyla uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, tüm mini implantlar yüksek primer stabilite göstermiş ve tedavi sırasında stabil kalmıştır. SNA (+2,0°) ve ANB (+3,2°) açılarındaki oldukça anlamlı bir artış olmuş ve SNB açısında -1.2° oranında anlamlı olarak azalmıştır. WITS değerlendirmesinde (+4.1 mm,) ve overjet değerlerinde (+2.7 mm,) oldukça anlamlı gelişmeler bulunmuştur. Üst kesici dişin açısı ve üst birinci molar ile A noktası arasındaki mesafede önemli bir hareketi gözlemlenmemiştir. A noktası ile ilgili olarak, üst birinci azı dişleri yaklaşık 0.4 mm (p = 0.134) mesial olarak hareket etmiştir (46).



Şekil 19. Hibrit Hyrax cihazı ağız içi görünümü (46)

2) Hibrit-Hyrax Distalizer

Bazı sınıf III olgularda ortopedik tedaviden sonrası distalizasyona da ihtiyaç duyulabilir. Üst molar distalizasyon için headgear kullanılması, istenmeyen bir ortopedik maksiller büyüme inhibisyonuna neden olabilir. Bu amaçla Wilmes ve ark. (2014) Hybrid Hyrax apareyine 2 adet distalizasyon vidası ekleyerek 'Hybrid Hyrax Distalizer' apareyini tanıtmışlardır (Şekil 20) (47). Aparey maksiller retrognati kaynaklı ciddi sınıf III ilişkiye sahip ve süt azı dişlerinin erken kaybı nedeniyle üst birinci büyük azı dişleri mezialize olan ve küçük azı dişleri için yeterli yeri mev-

cut olmayan 10 yaşındaki hastaya uygulanmıştır. Genişletme protokolü günde 2 defa olacak şekilde yapılmış ve 6 aylık Facemask kullanımı ile yeterli overjet elde edilmiş ve distalizasyona başlanmıştır. Distalizasyon haftada 1 tur olacak şekilde yapılmış ve 5 ayda 3-4 mm distalizasyon elde edilmiş, 14 ay sonunda tedavi sonlandırılmıştır. (47)



Şekil 20. (a) Üçüncü palatal rugae yakınına yerleştirilmiş iki mini implant. (b) Hybrid Hyrax Distalizer simantasyonu sonrası. (c) Üç aylık hızlı üst çene genişletme ve yüz maskesi uygulamasından sonra. (d) Beş aylık distalizasyon sonrası ağız içi görünüm (47)

Nienkemper ve ark (46) çalışmalarında Wits değerindeki iyileşmeyi mevcut durumda (6.9 mm) çok önemli bulmuş ve Hybrid Hyrax ile yüz maskesi kullanılarak daha önce bildirilen ortalama 4.1 mm'den daha yüksek bulunmuştur. Mevcut vakada, Wits değerindeki değişiklik öncelikle SNA açısında 81.8'den 86.4'e bir değişiklikle maksillanın öne hareketinden ve mandibular sagittal pozisyonda değişiklik olmamasından kaynaklandığı bildirilmiştir. Bu tedavinin tamamlanmasında, üst ve alt kesici diş açıları ideale yakın bulunmuş, bu da ortodontik distalizasyon prosedüründen sonra hiçbir ankraj kaybı olmadığını düşünülmüştür. Eşzamanlı ortopedik maksiller genişletme ve protraksiyon ile ortodontik üst molar distalizasyonu sağlanmıştır.

3) Mini Plaklarla Kombine Yüz Maskesi Kullanımı

Kırcelli ve ark. (48) 6 hasta ile yaptıkları çalışmada (ortalama yaş, 11.8 ± 1.1 yıl) *Apertura piriformis*'in her iki yanındaki maksillanın lateral nazal duvarına mini

plaklar yerleştirmiş ve ankraj sistemine diş dokusu dahil edilmemiştir (Şekil 21). Her hastanın lateral sefalogramları tedavi başlangıcında (T1), aktif tedavi sonunda (T2) ve takip sonunda (T3) değerlendirilmiştir. Mini plaklar titizlikle lateral duvara konturlanmış ve düz uzantılar yapışık diş eti üzerindeki 3 mm'lik mukoperiosteal insizyonlar yoluyla ağız boşluğuna yansıtılmış ve uçları bir kanca şeklinde bükülerek ve yüz maskesi elastiklerini tutmaya elverişli hale getirilmiştir. Mini plaklar için anatomik bir bölge olarak maksillanın lateral burun duvarı çeşitli avantajlar sunar: nazomaksiller kompleksin direnç merkezi (pterygomaksiller fissürün posterosuperior sırtı), ortaya çıkan kuvvet vektörü direnç merkezine yakın ve yüzün aşağı ve ileri büyümesiyle uyumlu olarak yönlendirmemize izin verir. Ayrıca, sirkummaksiller suturalar anterior yerleşimleri nedeniyle olumlu etkilenmiş olabilirler. Ayrıca, maksillanın lateral nazal duvarının, nazo-bukkal kıvrımların, infraorbital bölgenin ve dolayısıyla yumuşak doku profilinin dolgunluğunu sağlamak için en uygun konum olduğu savunulmuştur (49).



Şekil 21. A, ilk ağız içi fotoğrafı; B, kesici diş interferansını ortadan kaldırmak için cap splint içeren hyrax apareyi ve mini plaklarının ağız içi uzantılarına elastik uygulanması; C, negatif overjet düzeltildikten sonra ısırma bloğunun genişletilmesi ve çıkarılması; D, aktif protraksiyon 5 mm'lik bir pozitif overjet elde edilene kadar devam etti. (48)

4) Palatinal Mini Vidaların Aynı Hastada Farklı Amaçlarla Kullanımı

Kayalar E. ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada, maksiller transversal yetmezliği bulunan ve molar dişlerinin her iki tarafta mezialize olduğu 18 yaşındaki bir kadının damağına yerleştirilen iki çok işlevli mini implantı, ilk olarak cerrahi destekli hızlı maksiller genişletmesi (SARME) için hybrid hyrax apareyi (Şekil 22), ikinci olarak molar dişlerin distalizasyonu için mini implantlarla desteklenen bir distalizasyon apareyi (Şekil 23) ve son olarak keser dişlerin retraksiyonu sırasında indirekt ankraja izin vermek için mini implantlarla stabilize edilen transpalatal ark (TPA) olacak şekilde 3 apareyde kullanmışlardır. Vaka raporu sonucunda, palatinaline uygulanan mini implantların farklı amaçlarla kullanılabilmesi böylelikle SARME prosedürünün premolarda bukkal tipping gibi olumsuz etkilerinde azalmada ve molar distalizasyonunda headgear gibi hasta kooperasyonu gerektiren aygıtların ihtiyacının ortadan kaldırılmasında faydalı olabileceği gösterilmiştir (50). Son olarak aynı mini implantlardan destek alan TPA aygıtı sayesinde keser retraksiyonu, rutin ortodontik tedavi mekaniklerinde herhangi bir değişikliğe gidilmeden kolaylıkla sağlanmıştır (Şekil 24).



Şekil 22. Genişletmeden sonra ve 6 aylık retansiyon süresinin sonunda kemik/diş kaynaklı Hybrid-SARME cihazının ağız içi görünümü (50)



Şekil 23. Mini implant destekli intraoral molar distalizasyonun tedavi öncesi ve sonrası intraoral görünümü (50)

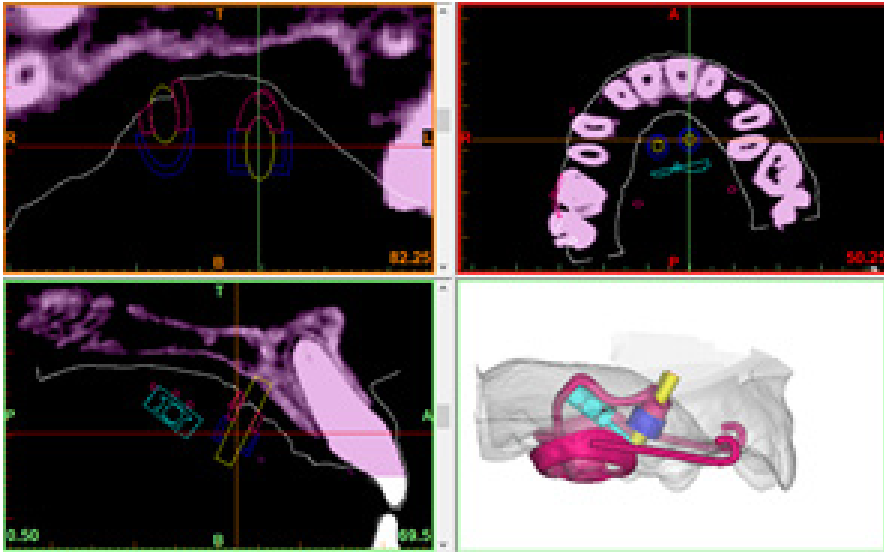


Şekil 24. Mini implant destekli transpalatal ark (50)

F) ORTODONTİK APAREYLERİN ÜÇ BOYUTLU OLARAK TASARLANMASI VE ÜRETİLMESİ

21. yüzyılda teknolojinin gelişmesi ve üretim maliyetlerinin düşmesi ile üç boyutlu (3B) tasarım ve imalat bir sektör haline gelmiştir (51, 52). İnovasyon ve girişimciliğin birleşiminden dolayı 3B teknolojiler hayatımızda önemli bir yer edinmeye başlamıştır. 3B baskı, 3B modellerin fiziksel bir 3B yazıcıdan basılabileceği teknik bir süreçtir (53). Bilgisayar destekli bir program olan 3B yazıcı kullanılarak sayısal olarak elde edilen model; plastik, metal vb. iki boyutlu bir düzlem üzerinde ince bir tabaka oluşturarak, baskı işleminde eriterek ve katmanları üst üste bindirerek üç boyutlu bir nesne oluşturan yazıcıdır. Bu yazıcıların kullanıldığı en yaygın uygulamalar, kişisel cerrahi ve tıbbi ekipmanların yanı sıra yüz, kol, bacak ve yardımcı işitme cihazları ve diğer uzuv protezlerinin üretimi, ağız ve diş sağlığı

alanında implant uygulamaları şeklindedir. Ortodonti alanında ise, hareketli ve sabit apareyler, dental modeller, özel braketter, retainerler, oklüzal splintler ve ark telleri oluşturmak için kullanıldığı literatürlerde belirtilmiştir (54,55). Günümüzde 3B yazıcıların en sık kullanımı şeffaf plakların üretimi üzerinedir (56). Dijital diş hekimliği hem hastalara hem de hekimlere birçok avantaj getirmiştir. Değişen dünyamızda dijital diş hekimliği sayesinde hastaya özel model ve apareyler hassasiyetle üretilmekte, hastanın koltukta kalış süresi kısalmaktadır (58). Bu bölümde bahsi geçen neredeyse tüm geçici ankraj aygıtı destekli ortodontik apareyler güncel 3B teknolojilerle sanal olarak planlanıp CAD/CAM sistemleri sayesinde daha kolay, hassas ve rijit olarak üretilmektedir (Şekil 25). 3B tasarlama uygulamaları gelecekte farklı aparey tiplerinin de keşfedilebilmesinde olanak sağlayacaktır.



Şekil 25. Geçici ankraj aygıtı destekli ortodontik apareylerin üç boyutlu olarak tasarımı ve üretimi (59).

SONUÇ

Geçici ankraj aygıtların, kolay cerrahi prosedürüne sahip olmaları, farklı tedavi mekaniklerinde kullanılabilmeleri, düşük maliyetli olmaları, sabit ankraj sağlayabilmeleri, diğer ortodontik cihazlarla uyumluluk göstermeleri ve hasta işbirliğine daha az ihtiyaç duyulması gibi avantajları ile son yıllarda rutin ortodonti pratiğinin vazgeçilmezlerinden biri haline gelmiştir.

Geçici ankraj aygıtları, ankraj amaçlı tekli kullanımlarının yanında, ortodontistlerin çeşitli ortodontik apareyleri kolayca tasarlamasına izin verir. Günümüz-

de, geçici ankraj aygıtlarının, Forsus, Jasper jumper gibi sabit fonksiyonel apareylerle, Hyrax, Keyless Expander, MARPE gibi üst çene genişletme apareylerinde, Keleş Slider, Pal Distalizer, Pendulum gibi distalizasyon apareylerinde ve çok fonksiyonlu ağız içi apareyleriyle birlikte kullanımları görülmektedir. Geçici ankraj aygıtları uygun şekilde planlanır ve doğru uygulanırsa, uygulayıcıların tatmin edici tedavi sonuçlarına daha kolay, daha etkili ve daha rahat bir şekilde ulaşmasına yardımcı olur.

Literatür çalışmalarına bakıldığında, ağız içi mutlak ankrajın geleceğinin büyük ölçüde geçici ankraj aygıtlarına dayanacağı görülmektedir. Üç boyutlu tasarım teknolojilerinin gelişmesi, geçici ankraj aygıtı destekli aparey üretimi ve uygulama kolaylığının yanında farklı aygıtların geliştirmesine de olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 130: 18-25
2. Upadhyay M, Sumit Yadav S, K.Nagaraj, Nanda R. Dentoskeletal and soft tissue effects of mini-implants in Class II division 1 patients. *Angle Orthod* 2009; 79: 240-247.)
3. Bondemark L. Comparative analysis of distal maxillary molar movement produced by a new lingual intra-arch Ni-Ti coil appliance and a magnetic appliance *Eur J Orthod* 2000; 22: 683-695
4. Ziegler P, Ingervall B. A clinical study of maxillary canine retraction with a retraction spring and with sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95: 99-106
5. Hart A, Taft L, Greenberg SN. The effectiveness of differential moments in establishing and maintaining anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;102: 434-442.
6. Renfro EW. The factor of stabilization in anchorage. *Am J Orthod* 1956; 42: 86- 97.
7. Franchi L, Alvetto L, Giuntini V, Masucci C, Defraia E, Baccetti T. (2011). Effectiveness of comprehensive fixed appliance treatment used with the Forsus Fatigue Resistant Device in Class II patients. *The Angle Orthodontist*. 81(4):678-83.
8. Aras A, Ada E, Saracoglu H, Gezer NS, Aras I. (2011). Comparison of treatments with the Forsus fatigue resistant device in relation to skeletal maturity: a cephalometric and magnetic resonance imaging study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 140(5):616-25.
9. Elkordy SA, Abouezz AM, Fayed MMS, Attia KH, Rahman IRA, Mostafa AY. (2016). Three-dimensional effects of the mini-implant-anchored Forsus Fatigue Resistant Device. A randomized controlled trial. *The Angle Orthodontist*. 86(2):292-305.
10. Hüseyin F, Kılıçoğlu H, Kayalar E. (2013). Sınıf II maloklüzyona sahip post-peak dönemdeki bireyde iskeletsel destekli Forsus apareyinin kullanımı. *Dişhekimliğinde Estetik ve İmplant*. 8(24):16-21
11. Aslan BI, Kucukkaraca E, Turkoz C, Dincer M. (2014). Treatment effects of the Forsus Fatigue Resistant Device used with miniscrew anchorage. *The Angle Orthodontist*. 84(1):76- 87.
12. Akış H. ve Doruk EC. (2017) Sınıf II bölüm 1 maloklüzyonların tedavisinde kullanılan hareketli ve mini vida destekli sabit fonksiyonel apareylerin dentofasiyal yapılar üzerine olan etkilerinin sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Ana Bilim Dalı Uzmanlık Tezi.
13. Cope Jb, Buschang Ph, Cope Dd, Parker J, Blackwood Ho (1994). Quantitative evaluation of craniofacial changes with Jasper Jumper therapy. *Angle Orthod*. 64(2): 113-22.
14. Gazivekilli C. ve Erverdi N. (2007) Mandibular Retrognatiye Bağlı Sınıf II Olgularda İskelet-

- sel Ankraj Desteği İle Birlikte Kullanılan Jasper Jumper Apareyinin Etkilerinin Sefalometrik İncelemesi. Bitirme Tezi. Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı. İstanbul.
15. Mannı A, Pasını M, Mauro C (2012). Comparison between Herbst appliances with or without miniscrew anchorage. *Dent Res J* **9**: 216-21.
 16. Luzı C, Luzı V, Melsen B (2013). Mini-implants and the efficiency of Herbst treatment: a preliminary study. *Prog Orthod.* **14**(1): 1-6.
 17. Byloff Fk, Darendeliler MA, Clar E, Darendeliler A. (1997). Distal molar movement using the pendulum appliance. Part 2: The effects of maxillary molar root uprighting bends. *Angle Orthod.*, **67**: 261-270.
 18. Önçağ G, Seçkin O, Dınçer B, Arıkan F (2007). Osseointegrated implants with Pendulum springs for maxillary molar distalization: a cephalometric study. *Am J Orthod Dent. I Orthop.*, **131**(1): 16-26.
 19. Escobar Sa, Tellez Pa, Moncada Ca, Villegas Ca, Latorre Cm, Oberti, G (2007). Distalization of maxillary molars with the bone-supported Pendulum: a clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* **131**(4): 545-549.
 20. Kırçelli Bh, Pektaş Zö, Kırçelli C (2006). Maxillary molar distalization with a bone-anchored Pendulum appliance. *The Angle Orthod.*, **76**(4): 650-659.
 21. Polat-Özsoy Ö, Kırçelli Bh, Arman-Özçırpıcı A, Pektaş Zö, Uçkan S (2008). Pendulum appliances with 2 anchorage designs: conventional anchorage vs bone anchorage. *Am J Orthod Dent. Orthop.*, **133**(3): 339 e9-339 e17.
 22. Keleş A, Erverdi N, Sezen S (2003). Bodily distalization of molars with absolute anchorage. *The Angle Orthod.*, **73**(4): 471-482.
 23. Kızınger, G.S.M., Gülden, N., Yıldızhan, F., Diedrich, P.R. (2009). Efficiency of a skeletonized distal jet appliance supported by iniscrew anchorage for noncompliance maxillary molar distalization. *Am. J. Orthod Dentofac Orthop*, **136**: 578-586.
 24. Dağsuyu İM ve Erdem A. Pal Distalizer: A new bone-supported molar distalization device. In: *84th Congress EOS European Orthodontic Society, Lisbon.* ; 2008.
 25. Özdemir G, Yavuz i. (2013). Kemik ve Diş-Doku Destekli Keleş Slider Apareylerinin Etkilerinin 3 Boyutlu Görüntüleme Yöntemiyle Karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Ortodonti Anabilim Dalı Doktora Tezi
 26. Ludwig B, Glasl B, Kinzinger GSM, Walde KC, Lisson JA. The skeletal frog appliance for maxillary molar distalization. *J Clin Orthod.* 2011;**45**(2):77-84; quiz 91.
 27. Wilmes B, Drescher D. A miniscrew system with interchangeable abutments. *J Clin Orthod.* 2008;**42**(10). 34- Wilmes B, Drescher D. Application and effectiveness of the Beneslider: a device to move molars distally. *World J Orthod.* 2010;**11**(4):331-340.
 28. Longerich UJ, Thureau M, Kolk A. Development of a new device for maxillary molar distalization with high pseudoelastic forces to overcome slider friction: the Longslider--a modification of the Beneslider. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2014 Jul;**118**(1):22-34. doi: 10.1016/j.oooo.2012.08.437. Epub 2012 Nov 23. PMID: 23183028.
 29. Winsauer H, Muchitsch AP, Winsauer C, Milnes R, Vlachoianis J, Walter A. The TopJet for routine bodily molar distalization. *J Clin Orthod.* 2013;**47**(2):96-107; 70 quiz 139-140. Winsauer H. The TopJet distalizer. In: Papadopoulos MA, ed. *Skeletal Anchorage in Orthodontic Treatment of Class II Malocclusion: Contemporary Applications of Orthodontic Implants, Miniscrew Implants and Mini Plates.* Elsevier- Mosby; 2014:178-182.
 30. Yamaguchi S. A new design of mini-screw anchored maxillary molar distalizing device applying CAD/CAM technology. *Oral Heal Care.* 2019;**4**(3).
 31. Bowman Jay S. Class II treatment with miniscrews Clin Dent Rev (2018) 2:3 <https://doi.org/10.1007/s41894-017-0014-0>)
 32. Winsauer, H.; Vlachoianis, C.; Bumann, A.; Vlachoianis, J.; and Chrubasik, S.: Paramedian vertical palatal bone height for mini-implant insertion: A systematic review, Eur. J. Orthod., in press.

33. Küçükkurt B ve Kayalar E. (2021). Bone Anchored Rapid Maxillary Expansion. In: Current Dental Studies Ed: Ilter Uzel (1.baskı) (21-22). Ankara: Akademisyen Kitabevi
34. Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(6):830–839.
35. Suzuki, H.; Moon, W.; Previdente, L.H.; Suzuki, S.S.; Garcez, A.S.; and Consolaro, A.: Miniscrew-assisted rapid palatal expander (MARPE): The quest for pure orthopedic movement, *Dent. Press J. Orthod.* 21:17-23, 2016.
36. Holberg, C.; Winterhalder, P.; Rudzki-Janson, I.; and Wichelhaus, A.: Finite element analysis of mono- and bicortical mini-implant stability, *Eur. J. Orthod.* 36:550-556, 2014.
37. Brettin, B.; Grosland, N.; Qian, F.; Southard, K.; Stuntz, T.; Morgan, T.; Marshall, S.; and Southard, T.: Bicortical vs monocortical orthodontic skeletal anchorage, *Am. J. Orthod.* 134:625-635, 2008.
38. Lee, R.; Moon, W.; and Hong, C.: Effects of monocortical and bicortical mini-implant anchorage on boneborne palatal expansion using finite element analysis, *Am. J. Orthod.* 151:887-897, 2017.
39. Lin, L.; Ahn, H.; Kim, S.; Moon, S.; Kim, S.; and Nelson, G.: Tooth-borne vs boneborne rapid maxillary expanders in late adolescence, *Angle Orthod.* 85:253-262, 2015.
40. Wilmes B, Nienkemper M, Drescher D. Application and effectiveness of a mini-implant- and tooth-borne rapid palatal expansion device: the hybridhyrax. *World J Orthod* 2010; 11: 323–330).
41. Garib D, Miranda F, Palomo JM, Pugliese F, da Cunha Bastos JC, Dos Santos AM, Janson G. Orthopedic outcomes of hybrid and conventional Hyrax expanders. *Angle Orthod.* 2021 Mar 1;91(2):178-186. doi: 10.2319/060820-527.1.
42. Kayalar E, Schauseil M, Kuvat SV, Emekli U, Firatlı S. Comparison of tooth-borne and hybrid devices in surgically assisted rapid maxillary expansion: A randomized clinical cone-beam computed tomography study. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016 Mar;44(3):285-93. doi: 10.1016/j.jcms.2015.12.001.
43. Keles A. (2008). Keles keyless expander: a new approach for rapid palatal expansion. *World J Orthod.* 9(4):407-11.
44. Eissa O, ElShennawy M, Gaballah S, ElMehy G, El-Bialy T. (2018). Treatment of Class III malocclusion using miniscrew-anchored inverted Forsus FRD: Controlled clinical trial. *Angle Orthod.* 88(6):692-701. doi: 10.2319/110717-760.1.
45. Robertsson, S. and Mohlin, B. (2000). The congenitally missing upper lateral incisor: A retrospective study of orthodontic space closure versus restorative treatment, *Eur. J. Orthod.* 22:697710.
46. Nienkemper M, Wilmes B, Pauls A, Drescher D. (2013) Maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination. *Prog Orthod.* 20;14(1):5. doi: 10.1186/2196-1042-14-5.
47. Wilmes B, Ludwig B, Katyal V, Nienkemper M, Rein A, Drescher D. The Hybrid Hyrax distalizer, a new all-in-one appliance for rapid palatal expansion, early class III treatment and upper molar distalization. *J Orthod* 2014;41:47–53.
48. Kircelli and Pektas, (2007) Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: A novel approach and preliminary results, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* Volume 133, Number 3, doi:10.1016/j.ajodo.
49. Tanne K, Matsubara S, Sakuda M. Location of the centre of resistance for the nasomaxillary complex studied in a three-dimensional finite element model. *Br J Orthod* 1995;22:227-32.25. *Essentials of facial growth.* Philadelphia: W. B. Saunders; 1996.
50. Kayalar E, Batu-Guney A, Marsan G, Firatlı S. (2020). Consecutive use of mini-implants in the palate to treat skeletal maxillary constriction and Class II malocclusion in an adult case. *Niger J Clin Pract.* Nov;23(11):1624-1627. doi: 10.4103/njcp.njcp_680_19.
51. Shellabear, M., Lenz, J., and Junior, V. (2004). "E-manufacturing with Laser Sintering to Series Production and Beyond, in: *Proceedings of the Fourth Laser Assisted Net Shape Engineering*"

- vol. 1, Erlangen, Germany, pp. 435–444.
52. Alcisto, J., Enriquez, A., Garcia, H., Hinkson, S., Steelman, T., Silverman, E., Valdovino, P., Gigerenzer, H., Foyos, J., Ogren, J., Dorey, J., Karg, K., McDonald, T., and Es-Said, O. S., (2011) “Tensile Properties and Microstructures of Laser-Formed Ti-6Al-4V”, *JMEP*, 20(2), p 203– 212.
 53. Aydın L, Küçük S. (2017). Üç boyutlu yazıcı-tarayıcı ile hastaya özel medikal ortez tasarımı ve geliştirilmesi. *Journal of Polytechnic*, 20 (1), 1-8,.
 54. Hazeveld, A., J.J.H. Slater, and Y. Ren, (2014) Accuracy and reproducibility of dental replica models reconstructed by different rapid prototyping techniques. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 145(1): p. 108-115.
 55. Nasef, A.A., A.R. El-Beialy, and Y.A. Mostafa, (2014) Virtual techniques for designing and fabricating a retainer. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 146(3): p. 394-398.
 56. Wiechmann, D., et al., Customized brackets and archwires for lingual orthodontic treatment. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 2003. 124(5): p. 593-599.
 57. Gönül YE. ve Kayalar E. (2022). 3d Design and Manufacture of Orthodontic Appliances. In: Distinguished Researched From Different Disciplines Ed: Erdemir F ve Ayar M.K. (1.baskı) (113-133). Ankara: Duvar Kitabevi.
 58. Graf S, Vasudavan S, Wilmes B. (2018). CAD-CAM design and 3-dimensional printing of mini-implant retained orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 154(6):877-882.
 59. Kayalar E, Eren E, Keleş A. (2021) Hibrit Keles Keyless Expander ile Maksiller Protraksiyon: 3 Boyutlu Tasarım ve Üretim. (Ayhan Enacar Vaka Sunumu İkincilik Ödülü). 17. Türk Ortodonti Derneği Uluslararası Sanal Kongresi.