

SABİT FONKSİYONEL APAREYLERİN TME ÜZERİNE ETKİLERİ

EFFECTS OF FIXED FUNCTIONAL APPLIANCES ON THE TMJ

^{1*}Elçin ESEN LİK, ²Berna ERTEKİN

¹Doç. Dr. Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD., ISPARTA.

²Dt. Süleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD., ISPARTA.

Özet

Sabit fonksiyonel apareyler, adolesan ve genç erişkin bireylerde iskeletsel Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde kullanılan, mandibular büyümeyi stimüle eden ve hasta kooperasyonu gerektirmeyen aygıtlardır. Herbst apareyi ise en sık kullanılan sabit fonksiyonel apareylerdendir. Herbst apareyi ile tedavi edilen iskeletsel Sınıf II maloklüzyonlu hastalarda tedavi sürecinde kondilin posterior-superior bölgesinde büyüme gözlenmekte ve bu büyüme, tedavi edilmemiş kontrol grubuna göre daha fazladır. Tedavi sonrası süreçte ise kondiler büyüme miktarı nispeten azalır ve daha çok superior yönlüdür. Glenoid fossada ise büyümeyi geçici olarak anteriora yönlendirir, toplam gözlem periyodu düşünüldüğünde, glenoid fossada postero-inferior yönde yer değiştirme meydana gelir. Tedavi sürecinde kondil, fossa içerisinde anteriorda konumlanırken, tüm gözlem süresinde kondil pozisyonu değişmemektedir. Tedavi öncesi ve tedavi sırasında alınan radyograflarda disk pozisyonundaki en büyük değişiklik, diskin kondile göre retrüzyonu şeklinde olup, uzun dönem çalışmalarda disk pozisyonunun değişmediği bulunmuştur. Herbst ile tedavi edilen hastaların temporomandibular bozukluk insidansı, normal tedavi edilmemiş popülasyonunkine benzerdir.

Anahtar Kelimeler: Sabit fonksiyonel apareyler, TME, kondiler büyüme.

Abstract

Fixed functional appliances are used in adolescents and young adults with Skeletal Class II malocclusions and need no patient compliance. In patients with Skeletal Class II malocclusion treated with the Herbst appliance, condylar remodeling signs are seen at the posterior-superior border of the condyle in the treatment period. In the posttreatment period, the amount of condylar growth decreases and becomes more superior directed. Glenoid fossa is temporarily displaced anteriorly, but during the whole treatment period, glenoid fossa displaces postero-inferiorly. The condyle is positioned anteriorly in the treatment period while there was no significant change in condyle position in the whole treatment period. The most significant change in the disc position is seen as the disc retrusion relative to the condyle during treatment. However, the disc position was found unchanged in longitudinal studies. The incidence of temporomandibular disorders in the patients treated with the Herbst appliance is similar with the untreated populations.

Key words: Fixed functional appliances, TMJ, condylar growth.

Giriş

Sınıf II maloklüzyonlar Türk popülasyonunda en sık rastlanılan ortodontik anomalilerdendir (1). Bu maloklüzyonlarda en yaygın diagnostik bulgu mandibular iskeletsel retrüzyon olarak bildirilmiştir (2). Bu hastalarda mandibular büyümeyi teşvik etmek için gelişim dönemi içerisinde mandibulayı ileride konumlandırarak stimüle etmeyi amaçlayan çok çeşitli fonksiyonel ortopedik aygıtlar geliştirilmiştir. Bu tedavi yaklaşımında fonksiyonel stimülanlar apareyler aracılığıyla

periodontal dokulara ve daha da kritik olan kondilde ve glenoid fossada remodelingin olduğu Temporomandibuler ekleme (TME) iletilirler (3). TME'nin fonksiyonel aparey tedavisine ne şekilde cevap verdiği hala tartışmalı bir konudur. Sınıf II anomalilerin genetik kökeninin bulunduğu ve ne kadar yönlendirme yapılırsa yapılsın mandibular büyüme üzerine fonksiyonel apareylerin etkisinin zayıf olduğu bazı araştırmacılar tarafından bildirilse de (4-6), birçok araştırmacı hayvan deneylerinde ve klinik çalışmalarda TME'deki adaptif değişiklikleri göstermiştir (7-8). Mandibular kondilin adaptif değişikliklerini açıklamak için birçok hipotez öne sürülmüş ve bu etkilerin nasıl ve nerde olduğunu araştıran farklı görüşlerde çalışmalar yapılmıştır. Buna ilaveten fonksiyonel apareylerin geç adolesan dönemdeki etkileri de ayrı bir tartışma konusu olmuştur. İskeletsel Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde geniş kabul gören konsept, pubertal

*İletişim Adresi

Dr. Elçin Esenlik,
Suleyman Demirel Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Ortodonti A.D.,
32260, Isparta.

Tel: +90 246 2118807

E-mail: elcinesenlik@gmail.com

atılım öncesi ve pubertal atılım dönemindeki hastalarda fonksiyonel tedaviyi (aktivatör ve/veya headgear); pubertal atılım sonrası hastalarda kamufraj tedavisini; erişkinlerde ise ortognatik cerrahi önermekteydi (9). Pancherz ve Ruf (1999), yaptıkları son çalışmalarla genç erişkinlerde, kondil ve glenoid fossa büyümesinin yeniden ve istenilen şekilde aktive edilebileceği görüşünü öne sürmüşlerdir. Hatta genç erişkinlerde uygulanan sabit fonksiyonel apareylerin ortognatik cerrahiye benzer etki oluşturduğunu bildirmişlerdir (10).

Bu derlemede büyüme ve gelişimde çok önemli bir yeri olan TME'de sabit fonksiyonel aparey uygulaması sonucu görülen değişiklikler ve bu apareylerin Temporomandibuler eklem disfonksiyonuyla (TMD) ilişkisinin güncel bilgiler ışığında incelenmesi amaçlanmıştır.

Kondiler Kıkırdağın Özellikleri ve Kondiler Kıkırdağta Adaptasyon Teorileri

Kondil kıkırdağı, uzun kemiklerdeki ve kraniyal kaidedeki kıkırdağlardan farklı olarak periostal orjinli hücrelerden köken alır ve Meckel kıkırdağından uzakta, mandibulanın intramembranöz kemiğine yakın olarak oluşur. Prenatal geç dönemde oluştuğundan primer kıkırdağlardan farklı olarak sekonder kıkırdağ olarak dizayn edilmiştir. Kondil kıkırdağının en yüzeysel tabakaları kartilajenöz tipten çok perikondriyal/periostal özellik göstermektedir (11-12). Kondil kıkırdağı histomorfolojik olarak; artiküler (fibröz), prekondroblastik (germinal), kondroblastik, hipertrofik ve kemik oluşum tabakaları olmak üzere beş farklı tabakadan oluşmaktadır. Kondiler kıkırdağta çoğalıp olgunlaşarak büyümeyi sağlayan kondroblastik tabakadaki kondrositler değil, prekondroblastik tabakadaki farklılaşmamış hücreler olduğu bildirilmektedir (11).

Kondiler kıkırdağın büyüme ve gelişimi mandibulanın büyümesine katkısından dolayı ortodontide yıllardır ilgi konusu olmuştur. Başlangıçta büyüme için intrinsik kapasiteye sahip bir büyüme merkezi olduğu düşünülmeye rağmen kondiler kıkırdağın yüksek derecede adaptif ve başın komşu bölgelerindeki büyümeye duyarlı olduğu anlaşılmıştır (11). Kondiler kıkırdağın adaptif özelliğinden yararlanılarak kondil büyümesinin yön ve miktarının değiştirilebileceği fikirlerinin ortaya çıkmasıyla kondil kıkırdağına olan ilgi daha da artmıştır ve kondiler büyümeye ışık Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

tutmak amacıyla çok çeşitli teoriler ortaya atılmıştır:

1. Genetik Teori: Öne sürülen ilk teorilerden biridir. Mandibuler kondilin tıpkı epifizde olduğu gibi güçlü bir genetik kontrol altında mandibulanın öne ve aşağı büyümesine neden olduğunu savunmaktadır. Bu teori her ne kadar postnatalden çok prenatal kondil gelişimiyle ilgili olsa da kondiler büyümeye ortopedik apareylerin etkinliğini indirekt olarak sorgulamaktadır (13).

2. M. Pterygoideus Lateralis Hiperaktivitesi Hipotezi: Bu hipotez Lateral pterygoid kasın hiperaktivitesinin kondiler büyümeyi teşvik ettiğini ileri sürmektedir. Kondil başına ve artiküler diske tutunan LP ataçmanlarının kondiler büyümeye sebep olabileceği düşünülmüştür. Bununla birlikte yapılan anatomik araştırmalar henüz diske bağlanan önemli bir ataçman varlığını kanıtlayamamıştır (13). Whetton ve Johnston (1985) fareler üzerinde yaptıkları çalışmalarında kondilin kan desteğini kesen LP kas miyektomisini kullanarak LP kas traksiyonunun kondiler büyümeye belirgin etkisine dair çok az kanıt bulmuştur (14).

Hiyama ve ark ise insanlar üzerinde Herbst tedavisinin LP kasın postural aktivitesine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, apareyin yerleştirilmesinin hemen ardından kas aktivitesinin yükseldiğini, tedavi başlangıcından 4-6 ay sonra ise belirgin derecede azaldığını belirtmiştir (15). Benzer şekilde Voudouris ve ark, maymunlar üzerinde Herbst apareyi ile mandibuler ilerletme sağladıkları çalışmalarında implante edilen elektromiyografik alıcılar yardımıyla tedavi sürecinde LP kasın postural aktivitesini incelemiş, kondil ve glenoid fossadaki kemiksel değişimlerin azalmış postural LP aktivitesiyle ilişkili olduğunu belirtmiştir (14).

McNamara (1973), Charlier ve ark (1969), LP kas hiperaktivitesini savunurken; Auf der Mour (1980), Pancherz ve Anehus-Pancherz (1982), Ingervall ve Bitsanis (1986) postural LP aktivitesinin ortopedik tedavi boyunca azalma gösterdiğini savunmaktadırlar.

3. Fonksiyonel Matris Teorisi: Kemik büyümesindeki asıl kontrolün kemiğin kendisinde değil, kemikle direk bağlantılı yumuşak dokuların büyümesinde olduğunu

varsaymaktadır (16-17). Kondil ve epifiz arasındaki farklı büyüme ve gelişimsel cevapları test eden araştırmalarla bu teori kısmen desteklense de, kondiler büyümenin tam olarak nasıl stimüle edildiğine dair bir açıklama yapılmamıştır. Bu nedenle bu teorinin doğruluğu hala sorgulanmaktadır (14).

4. Göreceli Büyüme Hipotezi: Bu hipotez, ortopedik tedaviyle oluşan kondiler büyüme modifikasyonlarını üç ana başlık ile açıklamaktadır. Bunlar; mandibular yer değişikliği, viskoelastisite ve yönlendirilmiş kuvvetlerdir. Viskoelastisite; sinoviyal sıvıların viskozite ve akışkanlığı, retrodiskal dokuların elastisitesi, fibröz kapsül ve diğer muskuler olmayan dokuları kapsamaktadır. Mandibuladaki anterior yer değiştirme sonucu viskoelastik dokularda gerilme kuvvetleri oluşur. Oluşan gerilme kuvvetleri, kondil başındaki fibrokartilaj doku yoluyla kondile iletilerek kondiler büyümeyi stimüle etmektedir (18).

Göreceli büyüme hipotezine göre yeri değişen kondil glenoid fossayla ilişkili olarak modifiye olurken, glenoid fossa da kondille birlikte modifiye olmaktadır. Kondil ve fossa arasında gerilen retrodiskal dokular her iki bölgede de kemik yapımına katkıda bulunmaktadır. Göreceli büyüme hipotezi ile fonksiyonel matriks teorisi arasındaki fark, göreceli büyüme hipotezinin kondil-glenoid fossa bölgesine özel olması ve ortopedik aygıtlar kullanıldığında büyüme modifikasyonuna yol açan yumuşak dokuların, sıvıların ve kuvvet iletim yerlerinin belirtilmesidir (19-20).

Sabit Fonksiyonel Apareylerle TME'de Oluşan Değişiklikler

Sabit fonksiyonel apareyler iskeletsel Sınıf II maloklüzyonların tedavisinde, mandibulayı sürekli önde konumlandırarak mandibular büyümeyi stimüle eden ve hasta kooperasyonu gerektirmeyen aygıtlardır (21). Aktivatör, Bionatör ve Frankel gibi hareketli apareylerle karşılaştırıldığında hasta kooperasyonu gerektirmemesi, tüm gün çalışması ve tedavi süresinin daha kısa olması (yaklaşık 6-8 ay) gibi avantajlara sahiptir (15). Sabit fonksiyonel apareyler genel olarak 3 gruba ayrılmıştır. Esnek olanlar (Jasper Jumper, The Klapper Super Spring, The Adjustable Bite Corrector vs); rijit olanlar Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

(Herbst, Mandibular Anterior repositioning Appliance (MARA) ve hibrit (Euroka Spring, Forsus Nitinol Flat Spring vs) olanlardır (22). Ancak sabit fonksiyonel apareylerin TME üzerine etkilerini inceleyen çalışmalarda en çok üzerinde durulan Herbst apareyidir. Aparey 1905 yılında Alman profesör Emil Herbst tarafından tanıtılmasından sonra çok fazla rağbet görmemiş; 1979 yılından sonra tekrar popüler olmuştur. Literatürde farklı sabit fonksiyonel aygıtların TME üzerine etkileri araştırılmıştır ve genellikle çalışmalarda TME'nin fonksiyonel apareylere cevabı başlıca üç ana başlık altında incelenmiştir (23-24):

1. Kondiler değişiklikler (remodeling)
 2. Glenoid fossa değişiklikleri
 3. Kondil-fossa pozisyon değişiklikleri
- Bu değişikliklerin yanı sıra;
4. Efektif TME değişiklikleri ve
 5. Disk pozisyonu değişiklikleri de

görülmektedir.

1. Kondiler Değişiklikler

Mandibuler kondilde meydana gelen remodeling olayları histolojik ve radyolojik çalışmalarla incelenmiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan mandibular protrüzyon deneyleriyle, kondiler büyümenin stimüle edilebileceği histolojik olarak gösterilmiştir (25). Bu histolojik çalışmalar mandibulanın anteriorda konumlandırılması sonucu, kondilin posterior ve posterior-superior bölgesinde prekondroblastik-kondroblastik tabakanın hiperplazisi şeklinde adaptif cevap geliştiğini göstermektedir. Bu adaptif değişiklikler aktif tedavinin 6. haftasında maksimuma ulaşmakta ve subartiküler kondiler kırık tabakasının kalınlaşması şeklinde görülmektedir (26).

Konuyla ilgili radyolojik çalışmalar ise aşağıda özetlenmiştir:

a) Panoramik Filmlerde İnceleme:

Panoramik radyografilerde sabit fonksiyonel apareylerin kondiler remodelinge etkisinin, kondilin posterior-superior bölgesinde radyopak olarak çift hudut şeklinde görüldüğü belirtilmektedir (27-28). Herbst apareyinin etkilerinin panoramik filmlerle incelendiği Paulsen ve ark'nın çalışmasında geç dönem pubertedeki hastalarda kondiler remodelinge ait işaretleri, pik pubertedeki hastalara göre daha uzun sürede gözlemlenmiştir. Bu yazarlara göre

genç bireylerde apareyin çıkarılmasından sonra da büyüme-gelişim devam ettiğinden, kondil normal görüntüsünü tekrar kazanmakta; bu nedenle radyografik filmlerde remodeling işaretleri daha kısa sürede izlenmektedir (28). Genç erişkin erkek bireylerde çift hudut görüntüsü tedaviden aylarca sonra bile izlenirken, genç erişkin bayanlarda kondil görüntüsünde değişikliğe rastlanmamıştır. Bu durum TME kondilinde, kıkırdağın potansiyel büyümesi (fibrokartilajdaki hipertrofik kondrositler) olmaksızın remodelingin gerçekleşemeyeceğini göstermiştir. Kondile ait remodeling işaretlerinin en belirgin olduğu dönem ise apareyin yerleştirilmesinden sonraki 2-6. aylar olduğu belirlenmiştir (28).

b) Lateral Sefalometrik Filmlerde İnceleme: Sefalometrik filmlerde kondil büyümesinin incelenmesinde genellikle mandibular kaidede çakıştırılan filmler üzerinde Co noktasının pozisyonu değerlendirilmiştir. Pancherz ve Fischer (2003), Herbst apareyinin kondil büyümesine etkisini sefalometrik olarak değerlendirdikleri uzun dönem çalışmalarında kontrol grubu olarak tedavi edilmemiş Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu 12 hastanın filmlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada tedavi sürecinde Herbst grubunda kondiler büyüme posterior-superior yönlü olmakla birlikte erkeklerde daha belirgin ve kontrol grubuna göre önemli derecede fazla bulunmuştur. Herbst tedavisinden 7,5 ay sonra büyüme miktarı, tedavi sırasındaki büyüme miktarından daha az olmuştur. Tedavi sonrası süreçte 3 yıl boyunca kondiler değişikliklerin tedavi sırasındaki değişikliklere göre daha vertikal yönlü olduğu görülmüştür. Yazarlar bu araştırmaları sonucunda Herbst apareyinin tedavi sürecinde kondiler büyümeyi posteriora yönlendirdiğini, tedavi sonrası süreçte ise kondiler büyümenin azaldığını ve posterioran çok superior yönlü büyüme gerçekleştiğini belirtmişlerdir (23).

Normodiverjan, hiperdiverjan ve hipodiverjan yüz yapısına sahip Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu hastalarda Herbst tedavisinin kondiler büyümeye etkisinin incelenmiş olduğu bir çalışmada tedavi sürecinde tüm fasiyal yüz tiplerinde kondilde posterior-superior yönlü büyüme izlenirken, hiperdiverjan gruptaki büyümenin diğer gruplara göre posterior yönde daha belirgin olduğu görülmüştür. Tedavi sonrası süreçte ise, tüm gruplarda, Pancherz ve Fischer'in çalışmasına benzer şekilde vertikal

yönlü büyümenin tedavi sırasındakine göre daha fazla olduğu bulunmuştur (29).

Post-pubertal dönemdeki Sınıf II maloklüzyonlu hastalarda yapılan bir çalışmada ise, hastalara Herbst apareyi uygulanmış ve sefalometrik filmlerle incelenmiştir. Çalışma sonucunda post-pubertal dönemde, Herbst apareyinin etkisinin daha çok dentoalveoler olduğu ve eklem adaptasyonunun daha az olduğu sonucuna varılmıştır (30).

c) MR Görüntüleme Yöntemleri İle İnceleme: MR görüntülerinde görüntüdeki zıtlık, dokular arasındaki proton yoğunluğu farkından kaynaklanmaktadır. Proton yoğunluğu yüksek olan dokuların sinyali yüksek ve açık renkli görülürken, düşük olan dokuların sinyali düşüktür ve koyu renkli görüntü vermektedir (24). Bu nedenle fonksiyonel tedavi sırasında alınan kondile ait MR görüntülerinde sinyal yoğunluğundaki artış, kondildeki preondroblastik-kondroblastik tabakanın histolojik olarak kanıtlanmış hiperplazisi şeklinde yorumlanır (25). Bununla birlikte Popowich ve ark remodelingin MR verileriyle kantitatif olarak belirlenmesinin çok güç olduğunu, bu nedenle yapılan MR çalışma sonuçlarının kondiler ve glenoid fossa remodelingine dair kesin kanıt olarak gösterilemeyeceğini belirtmektedir (31). MR görüntüleme yöntemiyle kondilde meydana gelen değişikliklerin incelendiği çalışmalara göz atacak olursak;

Ruf ve Pancherz, Sınıf II maloklüzyonlu 15 hastada Herbst tedavisindeki TME büyüme adaptasyonunu MR görüntülerinde inceledikleri çalışmalarında tedavinin 6-12. haftasında, 30 kondilin 29'unda kondilin posterosuperior bölgesinde sinyal yoğunluğunda artma (açık renkli alan) şeklinde kondiler remodeling işaretlerine rastlanmıştır (24). Pancherz ve ark'na ait diğer bir çalışma bu sonuçları destekler niteliktedir. Genç erişkinlerde ve adolesanlarda yürütülen bu çalışmada her iki grupta da tedavinin 6-12. haftasında kondiler remodeling işaretlerine (açık renkli alan) rastlanmıştır. İki grup arasındaki fark, kondiler remodeling işaretlerinin genç erişkin grupta adolesan gruba göre daha uzun süre gözlenebilir olmasıdır. Genç erişkinlerde apareyin çıkarılmasından sonra bile bu işaretler belirginken, adolesan bireylerde tedavinin 6-12.haftası-tedavi bitimi arasındaki süreçte kondile ait MR görüntülerinde sinyal

yoğunluğunda azalma görülmüştür (25). Yazarlar iskeletsel olgunluktan bağımsız olarak, artmış sinyal yoğunluğunun boyut ve görülebilirliğinin bireyler arasında çeşitlilik gösterdiğini de vurgulamışlardır.

Aidar ve ark (2009), Herbst apareyi ve ardından sabit tedavi uygulanmış hastaların MR görüntülerinde kondil morfolojisini incelemişlerdir. Herbst apareyi çıkarıldıktan sonra kondillerin %86'sında kondil morfolojisinde değişiklik gözlenmemiş, aynı şekilde Helkimo klinik disfonksiyon indeksinde de önemli bir değişikliğe rastlamamışlardır (32).

Bu çalışmaların ortak sonuçlarına göre sabit fonksiyonel tedavi sonucu kondilin posterior bölgesinde hipertrofik kondrositlere cevap olarak yeni kıkırdak oluşumu görülmektedir. Remodeling işaretleri erkeklerde kızlara göre daha belirgindir ve artan yaş ile iskeletsel olgunluk kondiler cevabı azaltmaktadır (24,25,32).

2. Glenoid Fossa Değişiklikleri

Normal büyüme boyunca temporal kemiğin glenoid fossası anterior sınırında kemik apozisyonu, posterior sınırında kemik rezorpsiyonu ile postero-inferior yönde yer değiştirmektedir (33-34). Hayvanlar üzerinde yapılan histolojik çalışmalarda glenoid fossanın mandibular ilerletmeye normal büyüme paterninin tersi şeklinde (antero-inferior yönde) cevap vererek adapte olduğu görülmüştür (26). Glenoid fossadaki bu yer değişikliği Sınıf II maloklüzyonun düzeltilmesine katkı sağlamaktadır (18).

Glenoid fossa değişikliklerinin lateral sefalometrik filmler üzerinde incelendiği çalışmalarda, filmler tedavi öncesi ve sonrasında kafa kaidesinde çakıştırılarak "Co" noktasının pozisyonu değerlendirilmiştir (23,29). Pancherz ve Ruf (35), glenoid fossa deplasmanını sefalometrik filmlerde incelerken Santos-Pinto ve Buschang'a (36) ait bir yöntem kullanmıştır. Hastalardan tedavi öncesinde, tedavi sırasında ve tedavi bitiminde ağız kapalı ve ağız açık pozisyonda sefalometrik filmler alınmıştır. Kullandıkları yöntemin ön koşulu ise kondil-fossa ilişkisinin tüm periyotlarda değişmeden kalmasıdır. Çünkü kondil-fossa ilişkisindeki değişiklikler fossa deplasmanı şeklinde yanlış yorumlanabilmektedir. Bu nedenle glenoid fossa değişikliklerinin

sefalometrik olarak incelenmesinin güç olduğunu belirtmişlerdir (35).

Herbst apareyinin farklı vertikal fasiyal yüz tiplerinde TME'ye etkisinin incelendiği geç dönem sefalometrik bir çalışmada ise, tedavi sürecinde glenoid fossanın bütün gruplarda antero-inferior yönde yer değiştirdiği, tedavi sonrası periyotta ise bütün gruplarda posteriora doğru yer değiştirdiği belirtilmiştir. Üç yüz tipi arasında fossa deplasmanının yön ve miktarı açısından fark bulunamamıştır. Sonuç olarak, Herbst apareyinin aktif tedavi sürecinde yüz tiplerinden bağımsız olarak, glenoid fossada geçici olarak anterior yönde yer değiştirmeye neden olduğu, tüm gözlem periyodunda ise glenoid fossada postero-inferior yönde değişiklik olduğu görülmüştür (29).

Sabit fonksiyonel tedavide yapılan MR çalışmalarında ise, glenoid fossadaki adaptif değişikliklerin postglenoid spinanın anterior yüzünde belirgin olduğu, bu değişikliğin spinanın inferiorunda en fazlayken, fossanın tepesine doğru azalır şekilde görüldüğü ve postglenoid spinanın anterior yönlü eğimlenmesine sebep olduğu belirtilmektedir (23-24).

Ruf ve Pancherz (1998) , Herbst ile tedavi ettikleri Sınıf II maloklüzyonlu 15 hastada MR görüntülerinden yararlanmış ve 30 kondilin 22 sinde glenoid fossa değişikliklerine rastlamıştır. Bu değişikliklerin Herbst apareyinin yerleştirilmesinden 6-12 hafta sonra görüldüğünü belirtmiştir. Glenoid fossa değişikliklerinin kondile göre daha geç izlendiğini belirten araştırmacılar, bu durumu temporal kemiğin ve mandibular kondilin adaptif proseslerinin farklı olmasına bağlamaktadırlar. Temporal kemikte görülen periostal ossifikasyon, dokuların su içeriğinde fazla artışa sebep olmadığından MR sinyal yoğunluğunda belirgin artış görülmemektedir. Bu nedenle post glenoid spinadaki kemik apozisyonu yeni oluşan kemik yoğunlaştığında MR görüntülerinde belirgin hale gelmektedir (23). Ruf ve Pancherz'in (1999) Herbst ile yapılan diğer bir çalışmada, adolesan hastalara ait 50 eklem MR görüntüsünün 36'sında; genç erişkinlerde ise 28 eklem 22'sinde glenoid fossa remodelingine rastlanmıştır. Her iki grupta da remodeling postglenoid spinanın anterior yüzünün inferiorunda belirgin olup, spinanın anterior eğimlenmesi şeklinde görülmüştür (25).

Le Cornu ve ark (2013) ise Herbst apareyiyle tedavi ettikleri 7 hastadan, aparey

takılmadan önce ve aparey çıkarıldıktan sonra 3 boyutlu CBCT almış ve görüntüleri Sınıf II elastik ile tedavi edilmiş 7 hastanın görüntüleriyle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar MR görüntülerinin kemik dokuları görüntüleme yetersiz olduğunu ve bu yüzden glenoid fossadaki değişiklikleri incelemede ideal bir yöntem olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmada Herbst apareyi uygulanan hastaların CBCT görüntülerinde glenoid fossanın anterior duvarında rezorpsiyon, posterior duvarında depozisyon tespit edilmiştir. Bu bulgu, Sınıf II elastik ile tedavi edilen kontrol grubununkiyle ters yönde olmuştur (37).

3. Kondil-Fossa Pozisyon Değişiklikleri

Kondil pozisyonu birçok çalışmada "eklem boşluk indeksi" hesaplanarak değerlendirilmiştir (24,25,31). Ön eklem boşluğu, kondil başıyla artiküler eminens arasındaki en kısa mesafe, arka eklem boşluğu ise kondil başıyla postglenoid spina arasındaki en kısa mesafe olarak hesaplanmaktadır (24). Eklem boşluk indeksinin negatif değeri posterior kondil pozisyonunu, pozitif değeri ise anterior kondil pozisyonunu belirtmektedir. İndeks değeri 0 ise kondil sentrik pozisyonda kabul edilmektedir (24).

Ruf ve Pancherz (1998), adolesan ve genç erişkinlerde yürüttükleri MR çalışmalarında, Herbst apareyi ile tedavi sürecinde kondilde anteriora pozisyonlanma eğilimi olsa da, toplam gözlem periyodu düşünüldüğünde kondil pozisyonunun ortalama olarak değişmediğini belirtmişlerdir (24). Ruf ve Pancherz (2000), Herbst tedavisinin kondil pozisyonuna etkisini inceledikleri diğer bir çalışmada ise Sınıf II maloklüzyonlu ortalama yaşları 14,4 yıl olan 62 hasta üzerinde çalışmışlar ve tedavi öncesi, tedavi sonrası ve tedavi bitiminden 1 yıl sonra alınan MR görüntüleriyle kondil pozisyonunu değerlendirmişlerdir. Çalışmada tedavinin hemen sonunda kondil önemli derecede anteriorda konumlanırken, tedavi bitiminden 1 yıl sonra orijinal pozisyonuna döndüğü görülmüştür (38). Ruf (2003), kondil pozisyonunda bireyler arasında geniş çeşitlilik bulunduğunu fakat Sınıf II maloklüzyonlu hastalarda bütün periyotlarda anterior kondiler pozisyona eğilim olduğunu belirtmiştir. Bunun da Sınıf II maloklüzyonun bir göstergesi Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

olabileceğini vurgulamıştır. Herbst tedavisi sürecinde, kondilin anterior pozisyonunda geçici artış gözlenirse de, tedavi sonrasında oklüzyon yerleştiğinde kondilin orijinal pozisyonuna döndüğünü bildirmiştir (10).

Croft ve ark'nın (2003) Sınıf II maloklüzyonlu 40 hastada Herbst tedavisine kondil pozisyonun cevabını araştırdıkları çalışmalarında, tedavi sürecinde kondil pozisyonunda önemli değişiklik bulunmadığını, tedavi sonrası periyotta ise posterior eklem boşluğunda önemli azalma (0,7 mm) olduğunu tespit etmişlerdir. Tüm gözlem periyodunda ise posterior eklem boşluğunda 0,4 mm'lik azalma bulunmuştur (31).

Arıcı ve ark. (2008) ise, Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu 30 hastanın tedavisi için Forsus apareyini uygulamışlar ve kondil pozisyonunun değerlendirilmesinde transvers bilgisayarlı tomografi verilerini kullanmışlardır. Tedavi sonunda tedavi edilmemiş kontrol grubuna göre anterior eklem boşluğunda anlamlı derecede artma ve posterior eklem boşluğunda azalma bulmuşlardır. Yazarlara göre Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu hastalarda büyüme döneminde anterior eklem boşluğu hacmi artmakta, Forsus nitinol flat-spring apareyi de posterior eklem boşluğu hacmini azaltarak bu değişimi daha da arttırmaktadır (39).

Sabit fonksiyonel apareylere benzer şekilde adolesan bireylerde aktivatör tedavisiyle yapılan bir çalışmada da, tedavi başında ve sonunda alınan MR görüntülerine göre kondil pozisyonunda önemli değişikliğe rastlanmamıştır. Yine de tedavi öncesinde Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonların karakteristiğini gösterir şekilde, kondilde anterior pozisyonlanma eğilimi olduğu ve bu eğilimin ortalama 1 yıl süren tedavi sonunda arttığı belirtilmiştir. Bu artışın sebebi olarak aktivatör tedavisiyle indüklenen mandibulanın şartlı refleksi gösterilmiştir (40). Benzer şekilde Arat ve ark. adolesan bireylerde aktivatör tedavisi sonucunda mandibular kondilin tedavi edilmeyen kontrol grubuna göre daha anteriorda konumlandığını belirtmiştir (41).

4. Efektif TME Değişiklikleri

Efektif TME değişiklikleri; kondiler değişiklikler, glenoid fossadaki değişiklikler ve kondil-fossa ilişkisindeki değişikliklerin toplamı olarak gösterilmektedir (23). Efektif TME değişiklikleri temelde kondiler büyümedeki

değişiklikleri yansıtmakta, glenoid fossadaki değişiklikler ise, efektif TME değişikliklerinin yön ve miktarını etkilemektedir (23). Sabit fonksiyonel tedaviler sırasında efektif TME değişikliklerinin incelenmesinde hastalardan tedavi öncesi ve sonrasında alınan sefalometrik filmlerden yararlanılmış, sonuçlar çoğu kez ideal oklüzyonlu bireylerle (Bolton standartları) karşılaştırılmıştır.

Ruf ve Pancherz (1998), Herbst ile tedavi edilen gruptaki efektif kondiler değişikliklerin kontrol grubuna (Bolton standartları) göre yaklaşık 5 kat fazla ve daha horizontal yönlü olduğunu belirtmişlerdir. Protruziv apareylerin çıkarılmasından sonra ise hem hayvanlarda, hem de insanlarda kondiler büyüme, Bolton standartlarındaki büyüme yönüne benzer şekilde daha vertikal hale gelmektedir (24).

Ruf ve Pancherz'e ait diğer bir çalışmada hastalardan Herbst tedavisi öncesinde, 7,5 aylık tedavi sonunda, tedavi bitiminden 7,5 ay sonra ve 3 yıl sonra sefalometrik radyografiler alınmış ve efektif TME değişiklikleri incelenmiştir (23). Bu çalışmanın sonuçlarına göre; tedavi sürecinde kondiler büyüme yönü ve efektif tme değişikliklerinin yönü benzer olmasına rağmen efektif TME değişikliklerinin miktarı daha fazladır. Tedavi sonrası total süreçte efektif TME değişiklikleri, kondiler değişikliklere göre daha vertikal yönlü bulunmuştur. Kondiler ve efektif TME değişikliklerinin miktar ve yönündeki bu farklılık Herbst tedavisi sürecinde ve sonrasında gerçekleşen glenoid fossa deplasmanı ile açıklanmaktadır. Tedavi sürecindeki anterior fossa deplasmanı, sagittal yöndeki kondiler büyüme değişikliklerine eklenirken, tedavi sonrasında gerçekleşen posterior fossa deplasmanı, sagittal yöndeki efektif TME değişikliğinin azalmasına sebep olmaktadır.

Adolesan ve genç erişkinlerde Herbst tedavisinin efektif TME değişikliklerine etkisinin karşılaştırıldığı diğer bir çalışmada, 8 aylık Herbst tedavisi sonucunda, her iki grupta da, ideal oklüzyonlu tedavi edilmemiş bireylere (Bolton standartları) göre anlamlı miktarda artış görülmüştür. Bu artış adolesan grupta horizontal yönde 6 kat, vertikal yönde 3 kat fazla iken; genç erişkin grupta horizontal yönde 11 kat, vertikal yönde ise 2 kat daha fazladır. İki grup karşılaştırıldığında ise, adolesan bireylerdeki efektif tme değişiklikleri, genç erişkinlere göre Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

daha fazla miktarda olmuştur. Bu durumun adolesanlardaki mandibular büyümenin daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (9).

Pancherz ve Ruf'un diğer bir çalışmasında, Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu 98 hastada Herbst tedavisindeki efektif kondiler büyüme ve çene pozisyonuna etkisi incelenmiştir. Tedavi sürecinde, efektif kondiler büyüme Bolton grubuna göre 3 kat fazla miktarda ve daha posterior yönlü bulunmuştur. Tedavi sonrası ilk süreçte (0.6 aylık) efektif kondiler büyümede miktar ve yön açısından iyileşme gözlenirken, tedavi sonrası ikinci periyotta (2,5 yıl) efektif kondiler büyüme normal bulunmuştur. Çene pozisyonu ise mandibular otorotasyonun olmadığı durumlarda efektif kondiler büyümeyi yansıtmaktadır. Anterior mandibular otorotasyonda çene daha önde konumlanırken, posterior rotasyonda çene daha geride konumlanmaktadır (24).

Herbst apareyi uygulanan ve Sınıf II elastiklerle sabit ortodontik tedavi uygulanan iskeletsel Sınıf II maloklüzyonlu hastaların, efektif TME değişiklikleri açısından karşılaştırıldığı bir çalışmada, 0,6 yıllık periyotta Sınıf II elastik kullanılan gruptaki değişikliklerin Herbst grubuna göre daha az belirgin ve vertikal yönde baskın olduğu belirtilmiştir. Çalışmada sınıf II elastiklerle kombine yapılan sabit ortodontik tedavinin mandibula üzerinde istenen sagittal ortopedik etkisinin olmadığı, Herbst apareyinin ise istenen ortopedik etkiyi kısa dönemde sağladığı bildirilmiştir (42).

Sonuç olarak Herbst tedavisi sırasında efektif kondiler büyümenin, Bolton standartlarına göre önemli derecede fazla olduğu, bu değişimin tedavi sürecinde sagittal yönde (posterior) daha baskınken, tedavi sonrası süreçte normale dönerek vertikal yönlü olduğu görülmektedir (24,43).

5. Disk Pozisyonu Değişiklikleri ve Sabit Fonksiyonel Apareylerin TMD ile İlişkisi

MR görüntüleme yöntemleri tanıtılmadan önce artiküler diskin incelenmesinde yalnızca invaziv yöntemler (artografi, artroskopi) bulunduğundan, bu dönemde ortodonti ve dentofasiyal ortopedide artiküler disk fazla önem arz etmemiştir. Son yıllarda ise fonksiyonel ve sabit fonksiyonel apareylerin TME üzerindeki etkisi incelenirken

MR görüntülerinden yararlanılmış ve disk pozisyonunun değerlendirilmesinde metrik ve görsel olan çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Diskin posterior bandının en kalın bölümü, saat 11 ve 12 pozisyonu arasındaysa disk pozisyonu normal, bu konumun önünde veya arkasındaysa deplase olmuş kabul edilir (Saat 12 pozisyonu kriteri). Diskin posterior bandı ile saat 12 pozisyonu arasındaki açının ölçümüdür. Silverstein ve ark.'na göre normal değeri 18.7-25.7° dir. Pozitif değer anterior disk pozisyonunu, negatif değer ise posterior disk pozisyonunu belirtmektedir (44-45)

Arat ve ark (2001), Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyonlu hastalarda aktivatör tedavisiyle disk-kondil-fossa da oluşan değişiklikleri inceledikleri çalışmalarında, disk pozisyonunun MR'la değerlendirilmesinde diskin anterior ve posterior sınırlarının belirlenmesinin zor olduğunu, ayrıca bu alanların anatomik bağlantılar yoluyla adaptif değişikliklere katıldığını belirtmişlerdir. Bu nedenle yazarlar disk pozisyonunun değerlendirilmesinde medial açığı kullanmışlardır (41).

Ortodontik tedavinin TMD'ye sebep olup olmadığı konusunda hala tartışmalar mevcuttur. Ancak TME'nin fonksiyonel kuvvetlere karşı hassas bir yapı gösterdiği bilinmektedir ve TME disfonksiyonu semptomları çocuklarda ve adolesanlarda nadir değildir. Oklüzal tedaviler, internal düzensizlik, parafonksiyon, makrotravma ve stabil olmayan bir oklüzyon, kondil yapısında değişikliğe sebep olan mekanik faktörleri oluşturmaktadır. Oklüzal ve/veya iskeletsel malpozisyonların düzeltilmesinde kondil pozisyonunda değişiklik sonucu eklemde sıkışma meydana geldiği ve bunun da kondilde rezorpsiyona sebep olduğu bildirilmiştir. Bu rezorpsiyonlar fonksiyonel olabildiği gibi eşlik eden faktörler varlığında (internal düzensizlik, parafonksiyon, makrotravma, stabil olmayan oklüzyon, sistemik rahatsızlıklar vs.) disfonksiyonel de olabilmektedir. Disfonksiyonel rezorpsiyon progresif kondiler rezorpsiyon olarak da tanımlanmaktadır (46-47).

Herbst tedavisi süresince kondilin ve artiküler diskin, artiküler eminens karşısında sıkışması nedeniyle disk formunda değişiklikler olabileceği belirtilmiştir. Prepubertal dönemde Herbst apareyi ile tedavi edilen bireylerde, bu sıkışma, kondiler büyümede azalma, TMD, dejeneratif kondiler düzleşmeyi içeren osteoartritik değişikliklerle de ilişkilendirilmiştir Cilt / Volume 16 · Sayı / Number 2 · 2015

(47). Bu apareyle tedavide mandibula sürekli olarak anterior pozisyonda tutulmakta ve bu nedenle stomatognatik sistemin fizyolojik fonksiyonuna müdahale edildiği düşünülmektedir. Çiğneme performansının, masseter ve temporal kas aktivitesinin belirgin derecede azaldığı, mandibulanın lateral hareket kapasitesinin azaldığı ve palpasyonda kaslarda hassasiyet görüldüğü belirtilmektedir. Ancak uzun dönemde bu semptomların gerilediği ve TME'de kemik yapıda değişiklik olmadığı da bildirilmektedir (48-49).

Ruf ve Pancherz, Herbst apareyinin TME üzerindeki uzun dönem etkisini inceledikleri çalışmalarında, Herbst apareyi ile tedaviden 4 yıl sonra, hastaların MR görüntülerinde disk pozisyonunu ve TMD semptomlarını incelemişlerdir. İncelenen 20 hastanın % 25'inde parsiyelden totale değişen disk deplasmanı görülürken, %15'inde orta dereceli semptomlar izlenmiştir. Yazarlar TMD etyolojisinin multifaktöriyel olduğunu, Sınıf II maloklüzyondaki oklüzal faktörlerin de TMD oluşmasında etkili olmuş olabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Herbst ile tedavi edilen hastalarda uzun dönemde TMD insidansı, normal tedavi edilmemiş popülasyonunkine benzer bulunmuştur (30).

Ruf ve Pancherz'e ait diğer bir çalışmada ise, Herbst apareyi ile tedavi edilmiş ve 1 yıl boyunca takip edilmiş hastaların MR görüntülerinde disk pozisyonu değerlendirilmiştir. Disk pozisyonundaki en büyük değişiklik tedavi esnasında diskin kondile göre retrüzyonu şeklinde görülmüş; tüm gözlem periyodu değerlendirildiğinde ise disk pozisyonunun ortalama olarak değişmediği bulunmuştur. Ayrıca Herbst apareyinin artiküler disk pozisyonuna etkisinin tedavi öncesindeki disk pozisyonuna bağlı olduğu belirtilmiştir. Yani tedavi öncesinde redüksiyonlu parsiyel disk deplasmanı gösteren hastalarda disk stabil bir konum alırken, total disk deplasmanı bulunan hastalarda iyileşme gözlenmemiştir (38). Ruf'un yaptığı diğer bir çalışmada da benzer olarak Herbst apareyinin disk pozisyonuna etkisi değerlendirilmiş, tedavi sonucunda diskin neredeyse orijinal pozisyonuna döndüğü; bazı bireylerde ise tedavi sürecinde oluşan retrüzyon konumunu koruduğu gözlenmiştir. Diskteki bu retrüzyonun sebebinin bilinmediği, fakat kondil ve fossadaki remodeling nedeniyle oluşan şekil değişikliğinin buna katkı sağlamış olabileceği yorumu getirilmiştir (50).

Aidar ve ark (2013), Sınıf II Bölüm 1 maloklüzyon gösteren 32 adolesan bireyde, Herbst apareyi ve ardından sabit tedavi uyguladıkları çalışmalarında Herbst apareyinin uygulandığı ilk haftanın sonunda çoğu vakada diskin kondile göre retrüviz konum aldığını; sabit tedaviyi içeren faz 2 tedavinin sonunda ise diskin eski konumunu kazandığını belirtmiştir. Tedavi başında disk pozisyonu normal olan 4 eklemde ise toplam takip sonunda disk deplasmanına rastlanmıştır. Yine de iki fazlı tedavi sonucunda genel anlamda başlangıç disk pozisyonunun korunduğu bildirilmiştir (51).

Ruf ve ark (2003)'nin aktivatör ve Herbst tedavisiyle ilgili çalışmasının bulguları da bu sonuçları destekler niteliktedir. Tedavi öncesi fizyolojik olan disk-kondil pozisyonunda bir değişiklik gözlenmezken, tedavi öncesi disk deplasmanı bulunan vakalarda aktivatör tedavisinden sonra diskin repozisyonu sağlanamamıştır (40). Ancak Herbst tedavisi sonunda redüksiyonlu parsiyel disk deplasmanı bulunan hastalarda diskin normal pozisyonuna geldiği; redüksiyonlu total ve redüksiyonsuz disk deplasmanı bulunan hastalarda ise diskin pozisyonunda iyileşme olmadığını belirtmişlerdir.

Herbst apareyinin mastikatör sisteme etkilerinin incelendiği bir çalışmada, tedavinin ilk 6 ayında mandibulanın lateral hareket kapasitesinde ortalama 1,9 mm azalma olduğu; kas hassasiyetinde ise tedavinin ilk 3 ayında artış gözleendiği belirtilmiştir. Masseter ve temporal kas aktivitesinde ise ilk 6 ayda belirgin azalma gözlenmiştir. Fakat, 6 ay sonunda bütün değişiklikler normale dönmüştür (52)

Sonuç olarak Pancherz ve Ruf'un çalışmaları Herbst apareyinin kısa veya uzun dönemde TMD'ye yol açmadığını aksine TMD olan bazı Sınıf II vakalarda iyileşmeyi sağladığını vurgulamıştır (30,38,40,52).

Sonuç

Sabit fonksiyonel aparey tedavisiyle adolesanlarda daha fazla genç erişkinlerde daha az olmak üzere mandibular büyüme stimüle edilebilmektedir. Bu apareyler içinde Herbst apareyi tedavi sürecinde kondilin daha çok postero-superior kısmında apozisyonel büyümeye neden olmakta, glenoid fossada ise geçici olarak anterior yönde yer değiştirmeye neden olmaktadır. Anterior ve posterior eklem boşluk hacimlerinde minimal değişiklik olmakta, dolayısıyla kondilin fossayla ilişkili pozisyonu

değişmemektedir. Tedavi sürecinde disk, kondile göre geçici bir retrüzyon göstermekte, ancak tedavi sonunda orijinal pozisyonuna dönmektedir. Bu apareylerin TME'ye olumsuz etkileri geçici olup, uzun dönemde tüm semptomlar kaybolmaktadır. Ayrıca tedavi öncesinde anterior parsiyel disk deplasmanı görülen olgularda da diskin repozisyonunu sağlanabilmektedir.

Kaynaklar

1. Sayin MO, Türkkahraman H. Malocclusion And Crowding In An Orthodontically Referred Turkish Population. Angle Orthod 2004 74(5):635-9.
2. Mc Namara JA, Mc Dougall P, Dierks C. Arch Width Development In Class II Patients Treated With Extraoral Force And Functional Jaw Orthodontics. Am J Orthod Dentofac Orthop 1966;52:353-359.
3. Watted N, Witt E, Kenn W. The Temporomandibular Joint And Disc-Condyle Relationship After Functional Orthopedic Treatment: A Magnetic Resonance Imaging Study. Eur J Orthod 2001;23:683-693.
4. Armstrong N. Controlling The Magnitude, Duration And Direction Of Extra Oral Force. Am J Orthod Dentofac Orthop 1971;59:217-243.
5. Ricketts R. A Study Of Changes In Temporomandibular Relation Associated With The Treatment Of Class II Malocclusion. Am J Orthod Dentofac Orthop 1952;38:918-933.
6. Coben S. Biology Of Class II Treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop 1971;59:470-487.
7. Stöckli P, Willert H. Tissue Reactions In The Temporomandibular Joint Resulting From Anterior Displacement Of The Mandible In The Monkey. Am J Orthod Dentofac Orthop 1971;60:142-155.
8. Mc Namara J, Connely T, Mc Bridge M. Histological Studies Of Temporomandibular Adaptions. Control Mechanisms In Craniofacial Growth. Craniofacial Growth Series 1975;3:209-227.
9. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular Joint Growth Remodeling In Adolescents and Young Adults During Herbst Treatment: A Prospective Longitudinal Magnetic Resonance Imaging And Cephalometric Radiographic Investigation. Am J Orthod Dentofac Orthop 1999;115:607-618.
10. Ruf S, Pancherz H. When Is The Ideal Period For Herbst Therapy-Early or Late? Semin Orthod 2003;9:47-56.
11. Hinton R, Carlson D. Regulation Of Growth In Mandibular Condylar Cartilage. Semin Orthod 2005;11:209-218.
12. Ülgen M. Anomaliler, Sefalometri, Etioloji, Büyüme Ve Gelişim, Tanı. Ankara Üniversitesi Basım Evi Ankara Türkiye S:262, 1996.
13. Voudouris J, Kufinec M. Improved Clinical Use Of Twin Block And Herbst As A Result Of Radiating Viscoelastic Tissue Forces On The Condyle And Fossa In Treatment and Long Term Retention: Growth Relativity. Am J Orthod Dentofac Orthop 2000;117:247-266.
14. Whetten L, Johnston. The Control Of Condylar Growth: An Experimental Evaluation Of The Role Of The Lateral Pterygoid Muscle. Am J Orthod Dentofac Orthop 1985;88:181-190.
15. Pancherz H. History, Background And Development Of The Herbst Appliance. Semin Orthod 2003;9:3-11.
16. Moss ML. Functional Analysis Of Human Mandibular Growth. J Prosth Dent 1960;10:1149.
17. Moss ML, Rankow R. The Role Of The Functional Matrix In Mandibular Growth. Angle Orthod 1968;38:95.

18. Voudouris J, Woodside D, Altuna G, Angelopoulos G. Condyle Fossa Modifications And Muscle Interactions During Herbst Treatment, Part 1 New Technological Methods. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;123:623-13.
19. Stutzman JJ, Petrovic AG. Intrinsic Modulation Of The Condylar Cartilage Growth Rate. *Eur J Orthod* 1979;1:41.
20. Moss ML. The Functional Matrix Hypothesis Revisited: The Role Of Mechanotransduction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997;112:8-11.
21. Frye L, Diedrich P, Kinzinger G. Class II Treatment With Fixed Functional Orthodontic Appliances Before And After Pubertal Growth Peak- A Cephalometric Study To Evaluate Differential Therapeutic Effects. *J Orofac Orthop* 2009;70:511-527.
22. Mscheryy P, Bradley H. Class II Correction-Reducing Patient Compliance: A Review Of The Available Techniques. *Journal Of Orthodontics* 2000;27:219-225.
23. Pancherz H, Fischer S. Amount And Direction Of Temporomandibular Joint Growth Changes In Herbst Treatment: A Cephalometric Long Term Investigation. *Angle Orthod* 2004;73:493-501.
24. Pancherz H, Ruf S, Kohlhas P. Effective Condylar Growth And Chin Position Changes In Herbst Treatment: A Cephalometric Roentgenographic Long-Term Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;114:437-446.
25. Pancherz H, Ruf S. Mandibular Articular Disc Position Changes During Herbst Treatment: A Prospective Longitudinal MRI Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116:207-214.
26. Peterson J, McNamara J. TMJ Adaptations Associated With Herbst Appliance Treatment in Juvenile Rhesus Monkeys (*Macaca Mulata*). *Semin Orthod* 2003;9:12-25.
27. Paulsen H. Morphological Changes Of The TMJ Condyles Of 100 Patients Treated With The Herbst Appliance In The Period Of Puberty To Adulthood: A Long Term Radiographic Study. *Eur J Orthod* 1997;19:657-668.
28. Paulsen H, Karle A. Computer Tomographic And Radiographic Changes In The Temporomandibular Joints Of Two Young Adults With Occlusal Asymmetry Treated With The Herbst Appliance. *Eur J Orthod* 2000;22:649-656.
29. Pancherz H, Michailidou C. TMJ Growth Changes In Hyperdivergent And Hipodivergent Herbst Subjects. A Long Term Roentgenographic Cephalometric Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;126:153-61.
30. Ruf S, Pancherz H. Dentoskeletal Effects And Facial Profile Changes In Young Adults Treated With The Herbst Appliance. *Angle Orthod* 1999;69(3):239-246.
31. Popowich K, Nebbe B, Major P. Effects Of Herbst Treatment On TMJ Morphology: A Systematic Literature Review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2003;123:388-394.
32. Aidar L, Dominquez L, Abrahao M, Yamashita H. Effects Of Herbst Appliance Treatment On Temporomandibular Disc Position And Morphology: A Prospective Magnetic Resonance Imaging Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2009;136:412-424.
33. Bjork A. Variaton In The Growth Pattern Of The Human Mandible: A Longitudinal Radiographic Study By The Implant Method. *J Dent Res* 1963;42:400-411.
34. Popowich F, Thompson GW. Craniofacial Templates For Orthodontic Case Analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1977;71:406.
35. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular Joint Growth Adaptation In Herbst Treatment: A Prospective Magnetic Resonance Imaging And Cephalometric Roentgenographic Study. *Eur J Orthod* 1998;20:375-388.
36. Santos-Pinto, Buschang A. Condylar Growth And Glenoid Fossa Displacement During Childhood And Adolescence. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;113:437-442.
37. LeCornu M, Cevidanes L, Zhu H, Wu C, Larson B. Three-dimensional Treatment Outcomes In Class II Patients Treated With The Herbst Appliance: A Pilot Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2013;144:818-830.
38. Ruf S, Pancherz H. Does Bite Jumping Damage The TMJ? A Prospective Longitudinal Clinical And MRI Study Of Herbst Patients. *Angle Orthod* 2000;70:183-19.
39. Arıcı S, Akan H, Yakubov K. Effects Of Fixed Functional Appliance Treatment On The TMJ. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2008;133:809-814.
40. Ruf S, Wüsten B, Pancherz H. TMJ Effcets Of Activator Treatment: A Prospective Longitudinal MRI And Clinical Study. *Angle Orthod* 2002;72:527-540.
41. Arat Z, Gokalp H, Erdem D, Erden I. Changes In The TMJ Disc-Condyle-Fossa Relationship Following Functional Treatment Of Skeletal Class II Div I Malocclusion: A MRI Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2001;119:316-319.
42. Serbasis-Tsarudis C, Pancherz H. Effective TMJ And Chin Position Changes In Class II Treatment. *Angle Orthod* 78;5:813-818.
43. Baltromejus S, Ruf S, Pancherz H. Effective TMJ Growth And Chin Position Changes: Activator Versus Herbst Treatment. A Cephalometric Roentgenographic Study. *Eur J Orthod* 2002;24:627-637.
44. Gokalp H, Turkkahraman H. Changes In Position Of TMJ Disc And Condyle After Disc Repositioning Appliance Therapy: A Functional Examination And MRI Study. *Angle Orthod* 2000;70:400-408.
45. Watted N, Witt E, Kenn W. The TMJ And Disc Condyle Relationship After Functional Orthopedic Treatment: A MRI Study. *Eur J Orthod* 2001;23:683-693.
46. Arnett GW, Milam SB, Gottesman L. Progressive Mandibular Retrusion-Idiopathic Condylar Resorption. Part II. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110:117-127.
47. Arnett GB, William SB, Gottesman L. Progressive Mandibular Retrusion -Idiopathic Condylar Resorption . Part 1. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996;110: 8-15.
48. Ruf S, Pancherz H. LongTerm TMJ Effcets Of Herbst Treatment: A Clinical And MRI Study. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998;20:375-388.
49. Luther F. Orthodontics and TMJ: Where Are We Now? Part 1. *Orthodontic Treatment And Temporomandibular Disorders*. *Angle Orthod* 1998;68:4.
50. Ruf S. Short And Long Term Effcets Of The Herbst Appliance On TMJ Function. *Semin Orthod* 2003;9:74-86.
51. Aidar L, Abrahao M, Yamashita H. Morphological Changes Of Condyles And Helkimo Clinical Dysfunction Index In Patients Treated With Herbst Orthodontic Appliance. *Braz Dent* 2013;24(4):313-321.
52. Pancherz H, Anehus-Pancherz M. The Effect Of Continuous Bite Jumping With The Herbst Appliance On The Masticatory System: A Functional Analysis Of Treated Class II Malocclusions. *Eur J Orthod* 1982;4(1):37-44.