



# Modifiye Yüz Maskesinin İskeletsel ve Dişsel Etkilerinin Sefalometrik Değerlendirilmesi

## Cephalometric Evaluation of Skeletal and Dental Effects of Modified Facemask

### ÖZET

Bu çalışmanın amacı yeni modifiye edilen maksiller protraksiyon yüz maskesinin etkilerini incelemektir. Maksiller retrognatiye bağlı Sınıf III maloklüzyonlu ve yaş ortalaması  $12.42 \pm 1.87$  olan 15 hasta  $7.5 \pm 1.02$  ay süresince tedavi edildi. Bütün üst dişleri kaplayan bir akrilik çap splint tip aygıt ile 7 gün hızlı üst çene genişletmesi yapıldı.

7. günde özel olarak tasarlanmış bir yüz arkı ve Petit tipi yüz maskesi kombinasyonu ile protraksiyon tedavisi başlatıldı. Kuvvet uygulama noktasının üst çene direnç merkezinden geçmesi için yüz arkı yukarıya doğru büküldü. Toplam 1000 g.lık (her tarafta 500 g.) protruziv kuvvet uygulandı ve hastalara yüz maskesini günde 16 saat kullanmaları söylendi. Sefalometrik radyografilerde ölçülen 48 parametreyi değerlendirmek için Wilcoxon signed rank testi uygulandı. Bulgular değerlendirildiğinde; üst çenenin rotasyonsuz olarak öne doğru yer değiştirdiği, üst çene oklüzal düzleminin saat yönünde rotasyon yaptığı, üst keserlerin uzadığı ve geriye doğru hareket ettiği ve alt çenenin aşağıya ve geriye rotasyon yaptığı saptanmıştır. Sonuç olarak, yeni tasarladığımız yüz arkı ile üst çeneyi gövdesel olarak öne almak ve aynı zamanda tüm protrakatif kuvvetin üst çenenin protraksiyonunda kullanıldığı daha etkin bir kuvvet-moment sistemi oluşturmak mümkün olmuştur. (*Türk Ortodonti Dergisi* 2006; 19:219-234)

**Anahtar Kelimeler:** Yüz maskesi, Protraksiyon, Sınıf III maloklüzyon, Maksiller retrognati.

### SUMMARY

The aim of this study was to examine the effects of the newly modified maxillary protraction facemask. 15 patients, having an average age of  $12.42 \pm 1.87$  years, presenting Class III malocclusion with maxillary retrognathism were treated for  $7.5 \pm 1.02$  months. Rapid palatal expansion was performed for 7 days with a full coverage acrylic cap splint type appliance. At the 7th day, protraction therapy was started with the combination of a specially designed face bow and Petit type facemask. The face bow was bent upward to raise the point of force application to pass through the center of resistance of the maxilla. A total of 1000 g (500 g on each side) of protrusive force was applied and the patients were instructed to wear the facemask for 16 h/day. Wilcoxon signed rank test was carried out to evaluate 48 parameters measured on cephalometric radiographs. Results showed that the maxilla was displaced anteriorly without rotation. Maxillary occlusal plane showed a clockwise rotation. Maxillary incisors were extruded and retroclined. Mandible was displaced downward and backward. In conclusion, by introducing our new face bow design, we were able to protract the maxilla bodily and at the same time to have a more effective force-moment system where the whole protractive force was utilized in protracting the maxilla. (*Turkish J Orthod* 2006;19:219-234)

**Key Words:** Facemask, Protraction, Class III malocclusion, Maxillary retrognathism



**Dr. Amjad Al TAKI \***  
**Yrd. Doç. Dr. Toros**  
**ALCAN\*\***  
**Doç. Dr. Korkmaz**  
**SAYINSU\*\*\***

\*Serbest Ortodontist,  
Ürdün, \*\*Marmara Üniv.,  
\*\*\*Yeditepe Üniv. Dişhek.  
Fak. Ortodonti A.D. / \*Private  
Practice, Jordan, \*\*Marmara  
Univ., \*\*\*Yeditepe Univ.  
Faculty of Dentistry, Dept. Of  
Orthodontics  
İstanbul / Turkey

### İletişim Adresi Correspondence:

Dr. Toros Alcan  
Marmara Üniversitesi,  
Dişhekimliği Fakültesi  
Büyükkıftlık Sok. No: 6  
80200 Nişantaşı - İstanbul  
Tel: 0212 231 91 20 - 406  
Fax: 0212 2323625  
E-mail: talcan@marmara.edu.tr



## GİRİŞ

1970'lerin öncesine kadar, ortodontik literatür, Sınıf III bozukluğu mandibular prognati olarak göstermiştir. Pek çok araştırmacı (1-10), mandibuler büyümeyi kısıtlamak/engellemek/önlemek için sadece çenelik kullanımına yönelerek maksiller protraksiyonu tartışmalara dahil etmemiştir. Ellis ve McNamara (11) ve Sue ve ark.'na (12) göre tüm Sınıf III hastalarının %62-67'sinde maksiller retrognati mevcuttur ve büyümesi devam eden Sınıf III maksiller retrognatik hastalarda ana tedavi seçeneklerinden biri yüz maskesidir. İskeletsel Sınıf III olgularında maksillanın protraksiyonu bazı deneysel ve klinik çalışmalarda (13-17) uzun zamandır uygulanmaktadır. 60'ların sonlarına doğru maksillayı protrakte etmek için Delaire maskesi (18) yaygın olarak kullanılmaktaydı. Daha sonra 1983'te Petit (19), Delaire yüz maskesini modifiye ederek alın ve çene parçalarını kalın çelik bir bar ile birleştirmiştir. Pek çok araştırmacı yüz maskesi ile tedavi edilen maksiller retrognatik hastalarla ilgili sonuçları bildirmişlerdir. Bu çalışmaların çoğunda maksillanın saatin tersi yönünde rotasyon yaptığına dikkat çekilmiştir. Kambara (20), hayvan çalışmalarında, maksillanın önedoğru yer değiştirmesine, yukarı ve öne doğru rotasyonun eşlik ettiğini göstermiştir. Ichikawa ve ark.(21) ile Kawagoe ve ark. (22) önceki çalışmalarında, konvansiyonel maksiller protraksiyon headgear'lerin, ankraj dişlerin ekstrüzyonu ve anterior rotasyonu ile birlikte maksillanın yukarı ve öne rotasyonuna neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu rotasyon, düşük dikey boyutlu ve örtülü kapanışlı Sınıf III hastaların tedavisinde yararlı olmakla beraber artmış dikey boyutlu ve ön açık kapanışlı Sınıf III hastalarda endike değildir. Bu istenmeyen yan etkileri ortadan kaldırmak için, bazı araştırmacılar (23-26) protraksiyon kuvvetini oklüzal plandan 30° aşağıya uygularken bazıları (20, 23, 24, 27-32) da maksiller protraksiyonda farklı noktalardan kuvvet uygulamasının etkilerini değerlendirmişlerdir. Bazı araştırmacılar maksiller rotasyonları kontrol etmenin daha iyi yollarını bulmak için maksillanın direnç merkezini tam olarak saptamaya çalışmışlardır. Tanne (33) ve Hirato'ya (34) göre maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezi üst 1. ve 2. küçükazıların kök uçlarında yer almaktadır. Staggers ve ark.

## INTRODUCTION

Prior to the 1970s, the orthodontic literature portrayed the Class III problem as one of mandibular prognathism. Several authors (1-10) omitted discussion of maxillary protraction as a viable treatment method, referring only to the use of chin cups to restrain mandibular growth. According to Ellis and McNamara (11) and Sue et al (12), maxillary retrognathism is present in 62-67% of all Class III patients, making the facemask one of the main treatment modalities in Class III maxillary retrognathic growing patients. Protraction of the maxilla in skeletal Class III cases has long been accomplished in some experimental and clinical studies (13-17). In the late 60's, the Delaire (18) mask was popularized to protract the maxilla. Later in 1983, Petit (19) modified the Delaire facemask where he connected the forehead pad and the chin pad with a heavy steel rod. Many investigators have reported on the results of maxillary retrognathic patients treated with facemasks. The majority of these studies noted counterclockwise rotation of the maxilla with the protraction headgear treatment. Kambara (20), in animal studies, demonstrated that maxillary anterior displacement was accompanied by upward and forward rotation of the maxilla. Ichikawa et al (21) and Kawagoe et al (22) reported in their previous studies that conventional maxillary protraction headgears cause extrusion and anterior rotation of the anchor teeth, and upward and forward rotation of the maxilla. Although this rotation is beneficial in the treatment of low angle, deep bite Class III patients, it is not indicated in Class III cases with high angle skeletal pattern and anterior open bite. In order to eliminate these unwanted side effects, some investigators (23-26) applied the protraction force with an angle of 30 degrees downward from the occlusal plane; others (20, 23, 24, 27-32) assessed the effects of force application from different points on maxillary protraction. Some investigators tried to pinpoint the center of resistance of the maxilla in order to find better ways of controlling the maxillary rotations. According to Tanne (33) and Hirato (34), the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex is located at the root tips of the upper first and second premolars. Staggers et al. (35) found it to be at the level



(35) bu bölgenin zigomatik buttress seviyesinde olabileceğini bulmuşken, Miki (36) ise ön-ark düzleminde birinci ve ikinci küçükazılar arasında ve dikey düzleminde orbita ve birinci büyükazı distal kök ucu arasında olduğunu bulmuştur. Hata ve ark.'na (37) göre maksillanın direnç merkezi nazal tabanın 5 mm yukarısında yer almaktadır. 1980'de Nanda (38), protraksiyon kuvvetlerini daha yüksek bir seviyeden uygulamak üzere modifiye bir protraksiyon yüz arkı tasarımı geliştirmiş ve maksillanın saatin tersi yönünde rotasyonunu elimine edebilmiştir. Yakın dönemde, Alcan ve ark. (39) Modifiye Maksiller Protraksiyon Headgear'ini (MMPH) tanıtmışlardır. Bu çalışmanın amacı, maksiller retrognatiye bağlı Sınıf III olgularda, kuvvet uygulama noktasını maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezine taşıyan özel olarak tasarlanmış yüz arkının uygulanması ile maksiller dento-alveoler kompleksini protrakte eden ve aynı zamanda, kuvvetin her iki tarafta paralel uygulanmasını sağlayarak hiçbir kuvvet kaybına neden olmadan tüm protraksiyon kuvvetinin maksillanın öne alınmasında kullanılması sonrası oluşan iskeletsel ve dişsel değişimleri incelemektir

#### GEREÇLER ve YÖNTEM

Tedavi grubunu 15 birey (6 erkek, 9 kız) oluşturmuştur. Bireylerin tümü M.Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalına tedavi için başvuran hastalar arasından seçilmiştir. Erkek hastaların yaşları 11.83 ve 13.58 aralığında olup ortalama yaş 12.80, kız hastaların yaşları 8.33 ve 13.66 aralığında olup ortalama yaş 12.14 tür. Çalışma grubu için yaş ortalaması  $12.42 \pm 1.87$  olarak hesaplanmıştır. Hastaların el-bilek röntgenleri değerlendirilerek, aktif büyüme süreci içinde oldukları saptanmıştır.

Hastalar aşağıdaki ölçütlere göre seçilmiştir:

- Herhangi bir hormonal disfonksiyonu ya da büyüme problemi olmayan sağlıklı hastalar
- Gerçek iskeletsel Sınıf III hastalar (Psödo veya fonksiyonel Sınıf III hastaları dahil edilmedi.)
- Sınıf III büyükazı ilişkisi olan ön çapraz kapanış
- Maksiller retrognatiye bağlı Sınıf III hastaları

of the zygomatic buttress, whereas Miki (36) found it to be between the first and second premolars in the postero-anterior direction and between the orbit and the distal root apex of the first molar vertically. According to Hata et al. (37) the center of resistance of maxilla is located 5 mm above the nasal floor. In 1980, Nanda (38) introduced a modified protraction facebow design in order to deliver the protraction forces from a higher level and was able to eliminate the counter-clockwise rotation of the maxilla. Recently Alcan et al (39) introduced the Modified Maxillary Protraction Headgear (MMPH). The aim of this study was to evaluate skeletal and dental changes following protraction of the maxillary dento-alveolar complex with the application of a specially designed facebow carries the point of force application to the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex, at the same time allowing parallel application of force on both sides where the whole given protractive force will be utilized in protracting the maxilla in Class III cases with maxillary retrognathie.

#### MATERIALS and METHODS

Fifteen patients (6 males and 9 females) were selected for treatment. All of the patients were from the patient list who applied for treatment at Marmara University, Faculty of Dentistry, Department of Orthodontics. The age of the male patients ranged from 11.83 to 13.58 years with an average of 12.80 years. The age of the female patients ranged from 8.33 to 13.66 years with an average of 12.14 years. Mean age for the study group was  $12.42 \pm 1.87$  years. All the patients were in the active growth period as assessed with hand wrist radiographs.

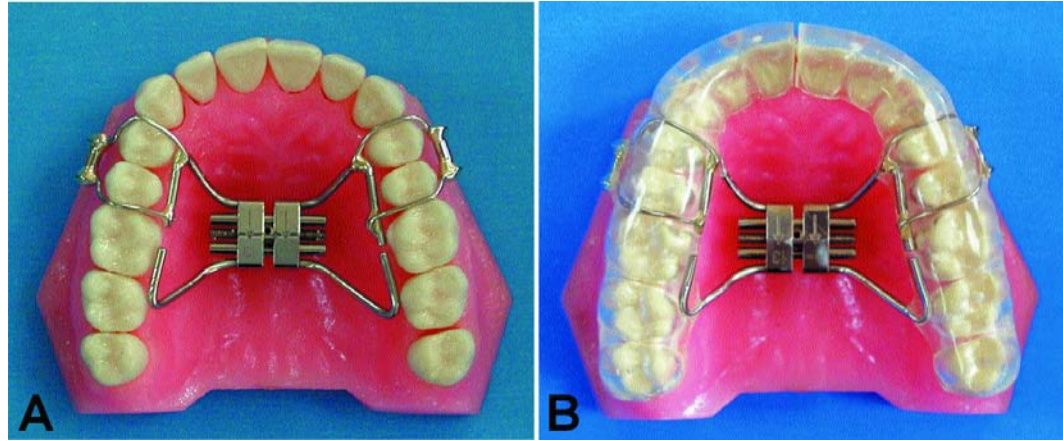
The patients were selected according to the following criteria:

- Healthy patients without any hormonal dysfunction or growth discrepancy.
- True Class III patients (pseudo or functional Class III patients were excluded).
- Anterior cross bite with Class III molar relationship.
- Class III patients with maxillary retrognathism.

Patients with severe mandibular prognathism were excluded from the study even if they had retrognathic maxilla.



**Şekil 1:** Hayrax tipi (A) ve akrilik cap splint tipi (B) RME'nin bukkal tüplerle oklüzalden görünümü. Tüpler premolar dişlerin bukkal bölgesinde RME vidasına lehimlendi.



**Figure 1:** Occlusal view of the Hyrax type (A) and full coverage acrylic cap splint type (B) RME appliance with the buccal tubes. Tubes were soldered to the RME screw at the buccal region of premolars.

Şiddetli mandibuler prognatisi bulunan hastalar, retrognatik maksillaları olsa bile çalışmaya dahil edilmedi.

### Aygıt Tasarım

#### A - Ağız içi bölüm

Aygıt sisteminin ağız içi bölümü, Alcan ve ark.'nın (39) tasarım ve tarifine sadık kalınarak üretilmiştir. Buna göre, maksiller modelin üzerinde bir hyrax vidası bükülerek yerleştirilmiş ve daha sonra, küçükazı sahasına tüpler (8 mm uzunluğunda ve 1.65 mm çapında) yerleştirilmiştir. Tüplerin retansiyon telleri ekspansiyon vidasının kollarına lehimlenerek sabitlenmiştir (Şekil 1,2). Bu tüpler, yüz arkının ağız içi bölümünün aygıtla bağlanmasını sağlamak amacıyla kullanılacaktır. Akrilik cap splintin kalınlığı her iki tarafta da yaklaşık 3 mm olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 2). RME aygıtının flor salınımı yapan bir cam iyonomer siman (3M-Unitek REF 712-051-2724), ile simantasyonunun ardından palatal vida 7 gün boyunca günde iki kez olmak üzere aktive edildikten sonra maksiller protraksiyon tedavisine başlanmıştır.

#### B - Ağız dışı bölüm

Ağızdışı aygıt bir yüz arkı ve Petit tipi yüz maskesinden oluşmaktadır. Alcan tarafından

### Appliance Design

#### A- Intraoral component

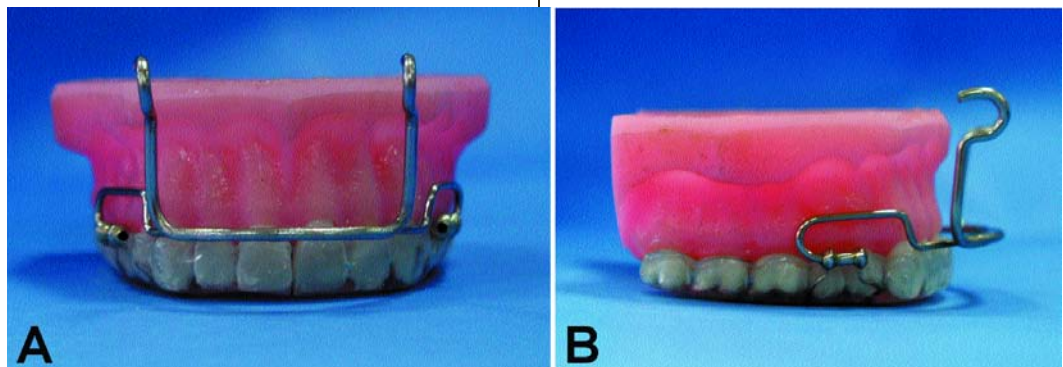
The intraoral component of the appliance system was manufactured as designed and described by Alcan et al (39). A hyrax screw was bent and placed on the maxillary cast model. Then the tubes (8 mm in length and 1.65 mm in diameter) were placed on the premolar region and the retention wires of the tubes were soldered to the arms of the expansion screw (Figure 1). These tubes were used for the engagement of the facebow's inner arch. The thickness of the acrylic cap splint was about 3 mm on both sides (Figure 2). After cementation of the RME appliance with a fluoride-releasing glass ionomer cement (3M-Unitek REF 712-051-2724), the palatal screw was activated twice a day for 7 days. At the end of the 7th day, the maxillary protraction therapy was started.

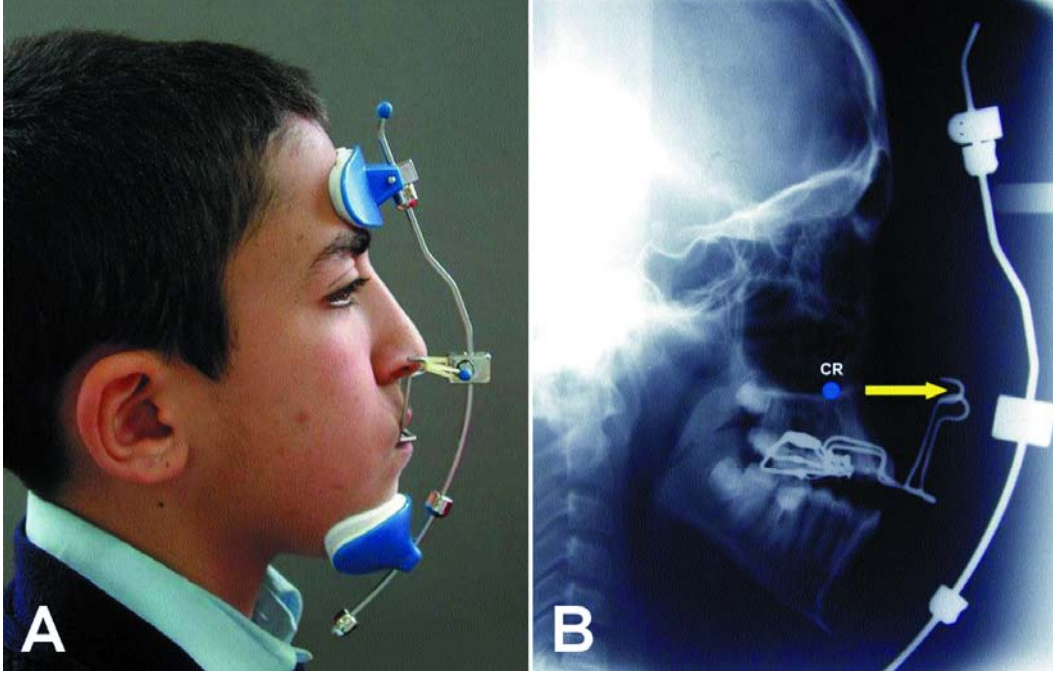
#### B- Extraoral part

The extraoral appliance consisted of a facebow and a Petit type facemask. The facebow which is designed by Alcan had intraoral and extraoral components and was custom made for each patient. The intraoral bow (1.55 mm in diameter SS) was soldered to the

**Şekil 2:** Akrilik cap splint tipi RME'nin bukkal tüplerine yerleştirilen yüz arkının önden (A) ve yandan (B) görünümü

**Figure 2:** Frontal and lateral view of the facebow inserted in the buccal tubes of the acrylic splint.





Şekil 3: Aygıtı kullanan hastanın yandan görünümü (A) ve aygıt kullanımında iken alınan sefalometrik film üzerinde kuvvet sisteminin gösterilmesi (B).

Figure 3: Lateral view of the patient wearing the appliance (A) and force system shown on lateral cephalometric film taken with the appliance (B).

tasarlanan yüz arkının her hasta için özel olarak hazırlanmış ağız içi ve ağız dışı bileşenleri bulunmaktadır. 1.55 mm çapında paslanmaz çelik ağız içi ark ağız dışı yüz arkına lehimlenmiştir. 2 mm çapındaki paslanmaz çelik tel den yapılan ağız dışı arklar, kuvvet uygulama noktasının, üst 1. ve 2. küçükazı dişlerin kök uçları arasında yer alan maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezi yakınından geçmesini sağlamak üzere 90° yukarı doğru bükülmüş ve burun kenarlarında yer alan iki çengel ile sonlandırılmıştır. Yüz arkının ağız içi bileşeni, RME aygıtındaki tüplerin distal açıklıklarından girmek suretiyle uygulanmıştır (Şekil 2). Yüz arkının çengelleri ile yüz maskesinin metal barı arasında Frankfort Horizontal düzlemine paralel olacak şekilde kalın elastikler gerilerek, toplamda 1000g.lık ( her tarafta 500'er g ) protruziv kuvvet oluşturulmuştur (Şekil 3). Hastalara ağız dışı aygıtlarını günde en az 16 saat kullanmaları söylenmiştir. Ortalama tedavi süresi  $7.5 \pm 1.02$  ay olmuştur. Protraksiyon sürecinin sonunda aygıtların çıkartılması hemen sonrası protraksiyon sonrası kayıtlar alınmıştır.

Bu çalışmada, burun kenarlarında yer alan çengel bükümlerinden yüz maskesinin barına doğru paralel yönde direkt elastik kuvvetler uygulanmıştır. Böylece oluşan protraksiyon kuvvetinde herhangi bir vektörel kayıp oluşmadan, kuvvetin tamamı maksiller protraksiyonda kullanılabilmiştir.

extraoral facebow. The extraoral bows (2 mm in diameter) were bent at 90 degrees and ended with two hooks located at the sides of the nose to provide the point of force application to pass through about the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex, which is located between the root tips of the upper first and second premolars. The facebow was inserted from the distal openings of the tubes in RME appliance (Fig 2). Heavy elastics were attached between the hooks of the facebow and the metal crossbar of the facemask. A total of 1000 g (500 g on each side) of protrusive force was applied parallel to the Frankfort horizontal plane (Figure 3). Patients were instructed to wear their extraoral appliances at least 16 hours per day. The average treatment time was  $7.5 \pm 1.02$  months. At the end of the protraction period, the appliance was removed and post protraction records were taken immediately.

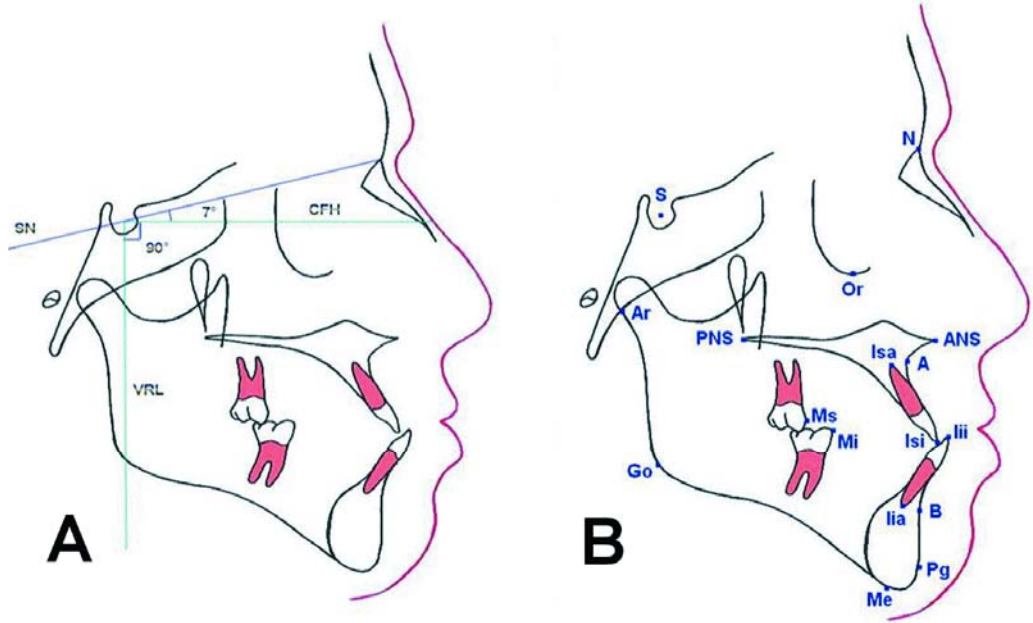
In the present study, elastic forces are applied directly from the hook bends which are located at the sides of the nose towards the crossbar of the facemask in a parallel pattern, so the whole amount of force will be utilized in maxillary protraction.

#### Cephalometric Method

Two lateral cephalometric X-ray films were taken for each patient (initial and right after the appliance removal). To minimize the error in tracing, lateral cephalograms of each

**Şekil 4:** Sefalometrik filmler üzerindeki landmarklar (A) ve referans düzlemleri.

**Figure 4:** Cephalometric landmarks (A) and reference lines on the cephalometric films (B).



#### Sefalometrik Yöntem

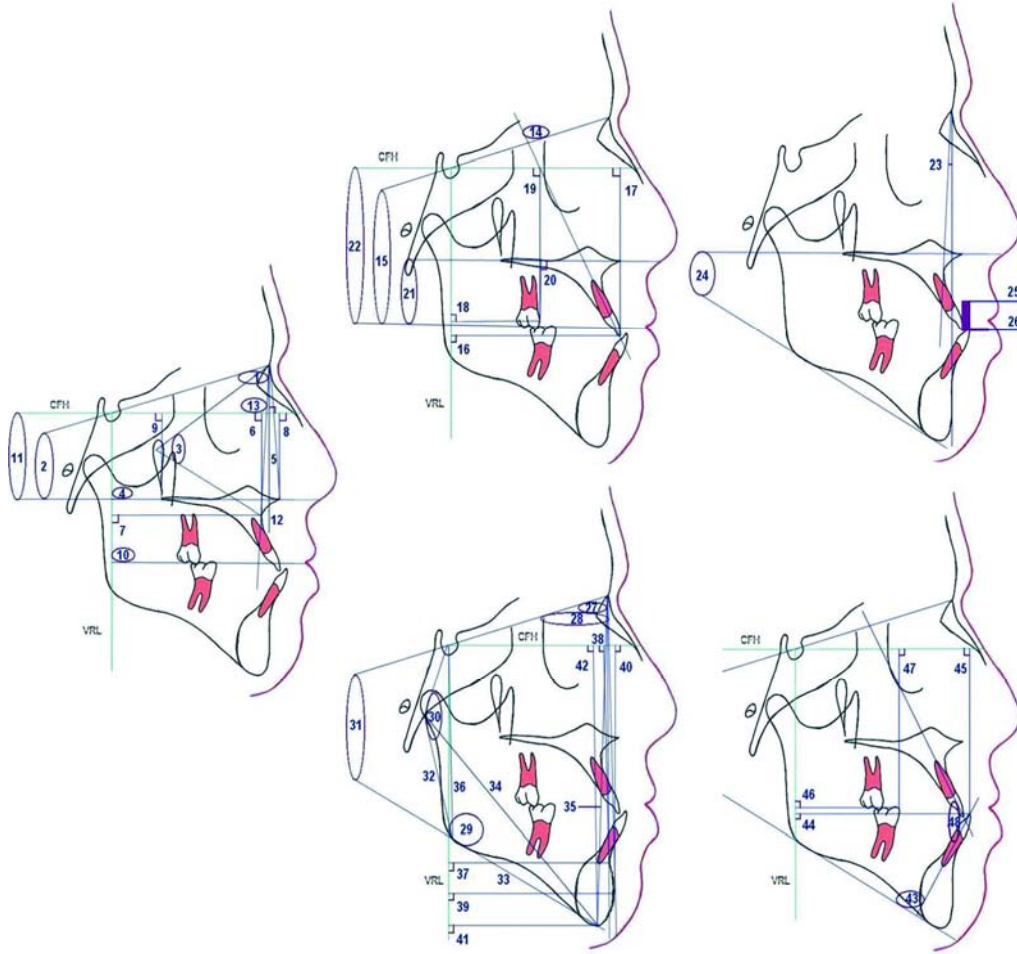
Her hastadan başlangıçta ve aygıt çıkarılmasından hemen sonra lateral sefalometrik röntgen filmleri alınmıştır. Çizim hatalarını en aza indirmek için her hastanın sefalogramları aynı oturumda çizilmiştir. İki çizim arasında sefalometrik noktalarının konumlarındaki değişiklikleri ölçmek için Kartezyen koordinat sistemi kullanılmıştır. Konvansiyonel Frankfort Horizontal (FH) düzleminin yeniden oluşturulmasındaki zorluklar nedeniyle Constructed FH (CFH) düzlemi kullanılmıştır. CFH, Sella-Nasion düzleminin 7° çıkarılarak oluşturulan horizontal bir referans düzlemdir ve bu çalışmada X- ek-

patient were traced together at the same sitting. A Cartesian coordinate system was used to measure the positional changes of the cephalometric landmarks between the two tracings. Because of problems with reproduction of the conventional Frankfort horizontal (FH) plane, a constructed FH (CFH) plane was used. A horizontal reference line was constructed by reducing 7° from the sella-nasion plane, and was used as X-Axis. The Y-Axis (VRL) was constructed by drawing a vertical line passing through sella point perpendicular to the X-axis (Figure 4). Seventeen cephalometric landmark points and 48 cephalometric parameters (31 skeletal, 17 den-

**Tablo I:** Maksilladaki iskeletsel değişiklikler

**Table I:** Skeletal changes related to maxilla





**Şekil 5:** Sefalometrik filmler üzerindeki maksiller iskeletsel sefalometrik değişkenler (A), maksiller dental sefalometrik değişkenler (B), çenelerarası değişkenler (C), mandibuler iskeletsel sefalometrik değişkenler (D), ve mandibuler dental sefalometrik değişkenler (E).

**Figure 4:** Cephalometric landmarks (A) and reference lines on the cephalometric films (B)

**Figure 5:** Maxillary skeletal cephalometric variables (A), Maxillary dental cephalometric variables (B), Intermaxillary variables (C), Mandibular skeletal cephalometric variables (D), and Mandibular dental cephalometric variables (E)..

seni olarak kullanılmıştır. Y-ekseni (VRL) ise Sella noktasından X-ekseninden dik olarak geçen düşey bir çizgi çizilerek oluşturulmuştur (Şekil 4). Çalışmamızda 17 adet sefalometrik nokta ve 48 adet sefalometrik parametre (31 iskeletsel, 17 dişsel) (Şekil 5) kullanılmış, tüm değişkenler 0,5 mm. hata payı göz önüne alınarak ölçülmüştür.

#### statistiksel Yöntem:

Maksilla ve mandibulaya ilişkin açısal ve doğrusal değişiklikler, "SPSS Version 11.0 MS Windows computer" paket programı kullanılarak, Wilcoxon Signed Rank test'i ile değerlendirilmiştir.

Operatörün rastlantısal hatasını hesaplamak için Dahlberg yöntemi kullanıldı. Toplam 30 sefalogramdan 15'i gelişigüzel olarak seçildi ve aynı araştırmacı tarafından 2 kez ölçüldü. Bu filmlerin ilk ve ikinci ölçümleri Dahlberg formülüne göre değerlendirildi. Hata oranı sefalogramlar üzerindeki açısal ölçümler için 0.65 °'yi, doğrusal ölçümler için 0.36 mm.yi aşmadığı saptanmıştır.

#### BULGULAR

tal) (Figure 5) were used. All variables were measured taken to the nearest 0.5 mm.

#### Statistical Method

The angular and linear changes related to the maxilla and mandible were analyzed with Wilcoxon signed rank test. SPSS Version 11.0 for MS Windows computer package was used. Dahlberg's method was used for the calculation of the operator's random error. 15 cephalograms were selected randomly from the total of 30, and they were measured twice by the same investigator. The first and second measurements of these films were evaluated according to Dahlberg's formula. The error for the angular measurements on the Cephalograms did not exceed 0.65 degree, and for the linear did not exceed 0.36 mm.

#### RESULTS

Cephalometric analysis revealed that at the end of the treatment the maxilla was advanced anteriorly. The distance between the VRL and point A increased by 2.41 mm. The SNA angle increased by 2.50°. The maxilla



**Tablo II:** Maksilladaki dişsel değişiklikler

**Table II:** Dental changes related to maxilla

---



---



---

Sefalometrik değerlendirme sonucu, tedavinin sonunda maksillanın öne doğru yer değiştirdiğini saptanmıştır. VRL ve A noktası arasındaki uzaklık 2.41 mm, SNA açısı 2.50 ° artmıştır. SN ve palatal düzlem arasındaki açının 0.25° lik anlamlı olmayan düşüşü ile görüldüğü üzere maksillada herhangi bir rotasyon oluşmadığı görülmüştür. Dişsel olarak, üst keserler 6 mm ekstrüze olurken fonksiyonel oklüzal düzlem ve SN düzlemi arasındaki açı 5.91° artmıştır. Overjet ve overbite sırasıyla 4.16 mm ve 2.08 mm artmıştır. Mandibuler düzlem ve SN arasındaki açının 3.52°lik artışı ile görüldüğü üzere mandibula aşağı ve geri yönde rotasyon yapmıştır. Maksiller keserler ekstrüze olmuş ve palatal yönde devrilmiş iken mandibuler keserler lingual yönde devrilmiştir. Böylelikle keserlerarası açı artmıştır. Tüm iskeletsel ve dental değişiklikler Tablo 1-5'te gösterilmiştir. Örnek bir hastanın tedavi öncesi ve aygıtın çıkarılmasının hemen ardından alınan fotoğrafları Şekil 6 ve 7 de görülmektedir.

#### TARTİFİMA

showed no rotation as was indicated by the non significant decrease of the SN to palatal plane (ANS-PNS) angle by 0.25°. Dentally, maxillary incisors were extruded by 6 mm and the angle between the functional occlusal plane to SN plane increased by 5.91°. Overjet and overbite were increased by 4.16 mm and 2.08 mm respectively. The mandible rotated in a downward and backward direction as shown by the 3.25° increase in mandibular plane to SN angle. Maxillary incisors were extruded and tipped palatally; mandibular incisors were tipped lingually, thus increasing the interincisal angle. All the skeletal and dental changes are presented in tables 1-5.

Views of a patient before the treatment and right after the appliance removal are seen in figures 6 and 7.

#### DISCUSSION

The purpose in designing this modified maxillary protraction facemask was to prevent the upward and forward rotation of the maxilla, which is undesirable in Class III ca-

**Tablo III:** Çeneler arası değişiklikler

**Table III:** Intermaxillary changes

---



---



---





**Tablo IV:** Mandibuladaki iskeletsel değişiklikler

**Table IV:** Skeletal changes related to mandible

Bu modifiye maksiller protraksiyon yüz maskesini tasarlamaktaki amaç, artmış dikey boyutlu ve ön açık kapanışa sahip Sınıf III olgularda, maksiller protraksiyonda istenmeyen yukarı ve öne rotasyona engel olmak hedeflenmiştir.

Bu çalışma için seçilen hastanın ortalama yaşı bireylerin tümü aktif büyüme süreci içindedi. Literatürde, Sınıf III maloklüzyonun protraksiyon headgear'i ile erken tedavisinin en etkin yöntem olduğu pek çok araştırmacı tarafından iddia edilmiş. Baccetti (40) ve Saddia (41), Sınıf III maloklüzyonların maksillanın genişletilmesi ve erken karışık dişlenme döneminde yüz maskesi kullanımı ile tedavisinin geç karışık dişlenme döneminde başlanan benzer tedavi şekillerine kıyasla kraniyofasiyal iskelette daha olumlu sonuçlar ver-

ses with high angle skeletal pattern and anterior open bite.

All of the patients were in active growth period. In literature, it was claimed by many researchers that early treatment of Class III malocclusion with protraction headgear is most effective. Baccetti (40) and Saddia (41) stated that treatment of Class III malocclusions by expanding the maxilla and using a facemask in early mixed dentition induces more favorable changes in the craniofacial skeleton compared with similar treatment modalities started in the late mixed dentition. Cozzani (42) recommended that the treatment should start as early as 4 years of age. Kim and Graber (43) indicated that protraction facemask therapy is effective in patients who are growing, but to a lesser degree in patients

**Tablo V:** Mandibuladaki dişsel değişiklikler.

**Table V:** Dental changes related to mandible

Şekil 6: Protraksiyon öncesi (A) ve sonrası (B) ekstraoral görünüm.

Figure 6. Extraoral frontal and profile views before (A) and after (B) protraction.



diğini belirtmişler. Cozzani (42), tedavinin 4 yaşında başlatılmasını önermiş. Kim ve Graber (43), protraksiyon yüz maskesi ile tedavinin büyümekte olan hastalarda etkin, ama 10 yaşından büyük hastalarda daha az etkin olduğunu belirtmişler. Öte yandan, Merwin ve ark. (44) 5-8 ve 8-12 yaş grupları arasında maksillanın protraksiyonu açısından bir fark olmadığını belirtmişler.

Bu çalışmada, tedaviye protraksiyon öncesi 1 haftalık hızlı maksiller genişletme ile başlandı. Literatürdeki pek çok çalışma, hızlı maksiller genişletme işlemlerinin maksillanın çevre kemiklerle olan suturelarını serbestlediği ve protraksiyon işlemini kolaylaştırdığı konseptini desteklemektedir (38,43,45-55). Protraksiyon işlemi esnasında ağır kuvvetlere dayanabilecek rijit aygıtlara gerek duyulmaktadır. Pek çok araştırmacı bu amaçla rijit teller kullanırken, bazıları da akrilik cap kullanmıştır. Bu çalışmada, rijitliği arttırmak, oklüzal

who are older than 10 years of age. On the other hand, Merwin et al (44) stated that there was no difference between the age groups of 5 to 8 and 8 to 12 years from the point of protraction of the maxilla.

In this study, the treatment was started with rapid maxillary expansion for one week before protraction. Several studies in the literature support the concept that rapid maxillary expansion procedures release the maxilla's sutures with the surrounding bones and enhance the protraction procedure (38, 43, 45-55). During the protraction procedure, rigid appliances are needed to withstand the heavy forces. For this purpose some investigators have used rigid wires (42, 56-58), whereas others used an acrylic cap splint (46, 59). In this study, a full coverage acrylic cap splint type RME appliance covering all teeth of the maxillary arch was used in order to improve the rigidity, prevent occlusal interfe-



Şekil 7: Protraksiyon öncesi (A) ve sonrası (B) ağız içi görünüm.

Figure 7: Intraoral frontal and lateral views before (A) and after (B) protraction.

çatışmaları önlemek, homojen kuvvet dağılımını sağlamak, istenmeyen dişsel hareketleri en aza indirmek ve protraksiyon yüzmaskesinin iskeletsel etkisini maksimumda tutabilmek için maksiller arkın tüm dişlerini kaplayan akrilik cap splint kullanılmıştır.

Bu çalışmada, kuvvet maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezi seviyesi yakınından uygulanmıştır. Kuvvetin yönü ileeri ve Frankfort horizontal düzlemine paralel olacak şekilde ayarlanmıştır. Daha önce, farklı tip headgear tasarımları farklı çalışmalarda (20, 23, 26, 29, 30, 54, 57, 60) incelenmiş, fakat bu yaklaşımların hiçbiri maksillanın yukarı ve öne rotasyonunu engelleyememiştir. Daha sonra, bu tip rotasyonun, tüm bu girişimlerin kuvveti intraoral olarak uygulamasına bağlı olduğu saptanmıştır. Lee ve ark. (61), kuvvet uygulama noktasını maksillanın direnç merkezinin yukarisına taşıyan, "Anten tipi modifiye protraksiyon headgear"ni geliştirmişle ve maksillanın anterior translasyonu için protraksiyon kuvvetinin 500g, kuvvet uygulama noktasının oklüzal seviyenin 15 mm yukarisında olması ve kuvvetin oklüzal düzlemle 20° açı yapacak şekilde uygulanması gerektiği sonucuna varmışlar. Nanda (38), kuvvet uygulama noktasının oklüzal düzlem üzerine taşınabileceği bir yüz arki tasarlamış. Ancak, tedavi ettikleri çoğu olguda maksiller molarların ekstrüzyonu ile mandibulanın aşağı ve geri rotasyonu gözlenmiş. Bizim çalış-

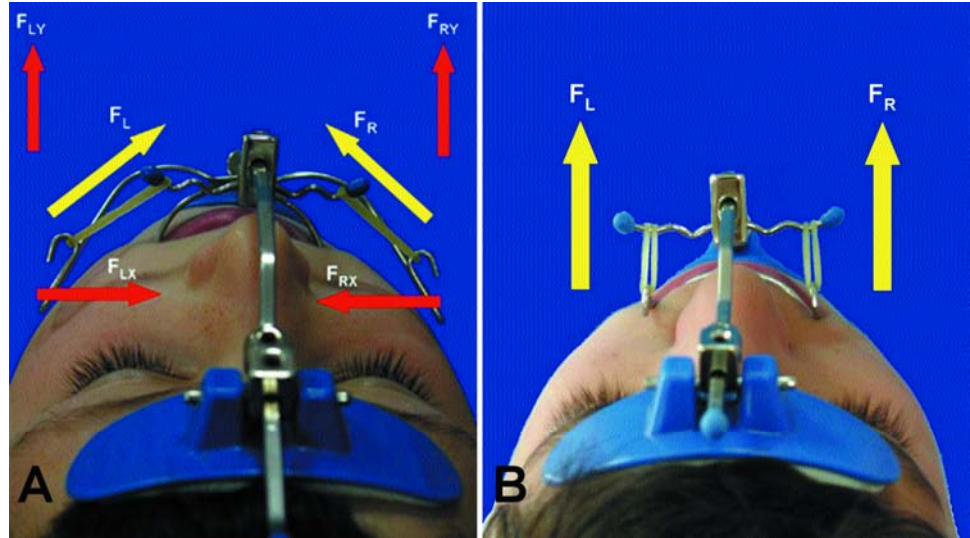
rences, allow homogenous force distribution, minimize unwanted dental movements, and maximize the skeletal effect of the protraction headgear.

In this study, the force was applied at about the level of the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex. The direction of the force was forward and parallel to the Frankfort horizontal plane. Previously, different kinds of headgear designs were examined in various studies (20, 23, 26, 27, 29, 30, 54 57, 60). But none of these approaches could prevent the upward and forward rotation of the maxilla. It was then noted that this kind of rotation was due to the fact that all these attempts applied the force intraorally.

Lee et al. (61) developed an "antenna-type modified protraction headgear" that moved the point of force application above the center of resistance of the maxilla. They concluded that for the anterior translation of the maxilla, protraction force should be 500 g, the point of force application should be 15 mm above the occlusal level, and the force should be applied at an angle of 20° below the occlusal plane. Nanda (38) designed a facebow, with which the point of force application would be carried above the occlusal plane. However, extrusion of the maxillary molars and downward and backward rotation of the mandible were observed in most of their treated cases. In the present study, the extra-



**Şekil 8:** Nanda tipi yüz arkındaki kuvvet sistemi (koronal görünüm), F: Kuvvet, F<sub>y</sub>: Anterior kuvvet vektörü, F<sub>x</sub>: Midsagittal kuvvet vektörü. Toplam protraksiyon kuvvetinin F<sub>ly</sub>+F<sub>ry</sub>< F<sub>l</sub> + F<sub>r</sub> olduğuna dikkat ediniz (A). Çalışmamızda kullanılan ve bizim tasarımı olan yeni yüz arkındaki kuvvet sistemi (koronal görünüm); Toplam protraksiyon kuvveti = F<sub>l</sub> + F<sub>r</sub>. (B)



**Figure 8:** Force system in Nanda's type face bow (coronal view), F: Force, F<sub>y</sub>: Anterior force vector, F<sub>x</sub>: Midsagittal force vector. Note that total protraction force = F<sub>LY</sub> + F<sub>RY</sub> < F<sub>L</sub> + F<sub>R</sub> (A) and force system in our new design face bow used in the study (coronal view) Total protraction force = F<sub>L</sub> + F<sub>R</sub> (B).

mamızda, kuvvet uygulama noktasının maksiller dento-alveolar kompleksin direnç merkezinin yakınında geçmesini sağlamak üzere, yüz arkının ekstraoral arkları 90° yukarı bükülmüş ve burun kenarlarında konumlanan iki çengel ile sonlanmıştır. Ortaya çıkacak bütün kuvvetin hiçbir kayba uğramadan maksiller dento-alveolar protraksiyonda kullanılması için yüz arkının çengel bükümlerinden, yüz maskesinin çapraz barına, birbirine paralel direkt elastik kuvvetler uygulanmıştır. Bu yeni tasarlanan yüz arkının ardındaki ana düşünce, Nanda'nın (38) geliştirdiğinden daha etkin bir kuvvet-moment sistemi getirmektir. Bu çalışmada kullanılan aygıt ve Nanda'nın aygıtına ait kuvvet sistemleri arasındaki fark Şekil 8'de görülmektedir.

Bu çalışmada, her iki taraf için günde en az 16 saat boyunca 500g.lık protruziv kuvvet uygulandı. Tedavi süresi 7.5 ay olmuştur. Haas (49), ortopedik kuvvet elde etmek için kuvvet miktarının 1 pound'u (454 g) aşması gerektiğini öne sürmüştür. Araştırmacılar (26, 29, 38, 42), 500g – 1000g arasında değişen kuvvetler uygulamışlar ve bazıları (29, 30, 62) aygıt kullanımını günde 10-14 saate indirmişler; ancak toplam tedavi süresini 1 yıla kadar uzatmışlardır. Nanda (38), 24 saatlik aygıt kullanımının 16 saatlik aygıt kullanıma oranla daha fazla ortopedik etki oluşturacağını öne sürmüştür. McNamara (24) ve Turley (63) de tüm gün aygıt kullanımının iskeletsel protraksiyon miktarını arttıracığını öne sürmüştür.

Maksillaya ilişkin sagittal parametreler, SNA açısında 2.5°'lik bir artış olduğunu göz-

oral bows of the facebow were bent at 90 degrees and ended with two hooks located at the sides of the nose to provide the point of force application to pass through about the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex. Elastic forces were applied directly from the hook bends to the crossbar of the facemask in a parallel pattern, so the whole amount of force would be utilized in maxillary dento-alveolar protraction. The idea behind this newly designed facebow is to bring a more efficient force system than the one introduced by Nanda (38). The difference between the force systems of the appliance used in the present study and Nanda's appliance is seen in figure 8.

In the present study, 500 g of protrusive force was applied for each side for a minimum of 16 hours per day. The duration of the treatment was 7.5 months. Haas (49) claimed that in order to obtain orthopedic force, the amount of force had to exceed one pound (454 g). Investigators (26, 29, 38, 42) applied forces that varied between 500 and 1000 g. and some (29, 30, 62) have decreased appliance wear to 10 to 14 hours per day; however, they extended the total treatment duration up to one year. Nanda (38) claimed that 24 hours of appliance wear would achieve more orthopedic effect than 16 hours of appliance wear. McNamara (24) and Turley (63) also suggested that full day appliance wear would increase the amount of skeletal protraction.

The sagittal parameters related to maxilla show that there was 2.5° increase in SNA





termektedir ( $P < .001$ ). A noktası 2.41 mm öne gelmiştir ( $P < .001$ ). Horizontal düzlem ile maksiller keserler arasındaki uzaklık (Isi-CFH) 6.0 mm.lik artış göstermiştir ( $P < .001$ ), bu da maksiller keserlerin ekstrüzyonuna işaret eder. SN düzlemi ile üst santral keser eksenindeki açı (Isi-Isa\SN) 6.66°lik anlamlı bir düşüş göstermiş, bu da retroklinasyon anlamına gelmektedir. Fonksiyonel oklüzal düzlem anlamlı olarak aşağı ve geri rotasyon yapmıştır. SN ve fonksiyonel oklüzal düzlem arasındaki açı 5.91° lik anlamlı bir düşüş ( $p < .01$ ) göstermiş, ayrıca palatal düzlem ve fonksiyonel oklüzal düzlem arasındaki açı (ANS-PNS\FOP) anlamlı biçimde 6.66° artmıştır ( $p < .01$ ). Fonksiyonel oklüzal düzlemin saat yönündeki rotasyonuna bağlı olarak, aygıtın çıkarılmasından sonra arka açık kapanış gözlenmiştir. Kuvvetin maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezi yakınından uygulanmış olmasına rağmen, maksiller oklüzal düzlemde saat yönünde anlamlı bir rotasyon görülmüştür. Bu tip rotasyon ağır elastik kuvvetlerin uygulanması sırasında yüz arkının yön değiştirmesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 9).

Mandibulaya ilişkin sagittal parametreler SNB açısında  $2.16 \pm 1.33$  lık bir düşüş ( $p < .001$ ) göstermiştir. Doğrusal olarak, B noktası, Pg noktası ve Me noktası sırasıyla  $4.16 \pm 3.99$  mm ( $p < .001$ ),  $4.25 \pm 5.25$  mm ( $p < .05$ ) ve  $4.25 \pm 4.55$  mm ( $p < .01$ ) geriye hareket etmiştir. Bu sonuçlar mandibulanın geriye rotasyonuna işaret etmektedir.

Mandibulaya ilişkin vertikal parametreler SN düzlemi ve mandibuler düzlem arasındaki açıda  $3.25 \pm 2.26$ ° lık bir artış olduğunu göstermiştir ( $p < .001$ ). Doğrusal olarak, B noktası, Pg noktası ve Me noktası sırasıyla  $4.58 \pm 2.02$  mm ( $p < .001$ ),  $4.08 \pm 1.72$  mm ( $p < .001$ ) ve  $4.58 \pm 1.72$  mm ( $p < .001$ ) aşağıya hareket etmiştir. Bu sonuçlar, mandibulanın aşağı yönde hareket ettiğini ve dolayısıyla alt ön yüz yüksekliğinin arttığını göstermektedir.

Yüz maskesi tedavisi ile ilgili pek çok çalışmada (23, 28, 56, 59, 63) mandibulanın aşağı ve geri rotasyonu da ayrıca bildirilmiştir. Mandibulanın aşağı ve geri rotasyonu hem maksiller dentisyonun aşağı ve geri rotasyonuna hem de yüz maskesinin chin cap etkisine bağlıdır. Mandibulanın aşağı ve geri rotasyonunun, azalmış dikey boyut ve



Şekil 9: Ağır protraktif kuvvetlere bağlı yüz arka sapması.

Figure 9: Deflection in the face bow due to heavy protractive forces.

angle ( $P < .001$ ). Point A moved anteriorly by 2.41 mm ( $P < .001$ ).

The distance between the horizontal plane and maxillary incisors (Isi-CFH) increased by 6.0 mm ( $P < .001$ ), indicating extrusion of the maxillary incisors. Also the angle between SN plane and upper central incisors axis (Isi-Isa\SN) showed a significant decrease by 6.66° ( $P < .01$ ), indicating the retroclination that occurred. The functional occlusal plane rotated significantly in a downward and backward direction. SN to functional occlusal plane angle showed a significant increase of 5.91° ( $p < .01$ ), also the palatal plane to functional occlusal plane angle (ANS-PNS\FOP) increased significantly by 6.66° ( $p < .01$ ). Due to the clockwise rotation of the functional occlusal plane, posterior open bite was observed after the removal of the appliance. Although the force was applied approximately through the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex, a significant clockwise rotation of the maxillary occlusal plane was occurred. This kind of rotation could be related to the deflection of the facebow during the application of the heavy elastic forces (Figure 9).

The sagittal parameters related to mandible showed that there was  $2.16 \pm 1.33$ ° decrease in SNB angle ( $p < .001$ ). Linearly, point B, Pg point and Me point moved backwards by  $4.16 \pm 3.99$  mm ( $p < .001$ ),  $4.25 \pm 5.25$  mm ( $p < .05$ ), and  $4.25 \pm 4.55$  mm ( $p < .01$ ) respectively. Those results indicated the backward rotation of the mandible.

The vertical parameters related to mandible showed that there was  $3.25 \pm 2.26$ ° increase in the angle between SN plane and the mandibular plane (SN\Go-Me) ( $p < .001$ ). Linearly, point B, Pg point and Me point moved downwards by  $4.58 \pm 2.02$  mm ( $p < .001$ ),  $4.08 \pm 1.72$  mm ( $p < .001$ ), and  $4.58 \pm$



artmış örtülü kapanışlı Sınıf III hastalarının tedavisinde olumlu karşılınır olmasına rağmen artmış dikey boyutlu iskeletsel yapı ve ön açık kapanışı bulunan Sınıf III olguların tedavisinde uygun değildir.

Alt keserlerin uzun eksen ve mandibuler düzlem arasındaki açıda (lII-lia\Go-Me)  $3.08 \pm 2.77^\circ$  lik ( $p < .01$ ) anlamlı bir düşüş görülmüştür. Bu durum, protraksiyon tedavisinin alt keserlerin geriye devrilmesine neden olan chin cap etkisine bağlanmıştır. Keserlerarası açığı (Isi-Isa/lII-lia)  $9.0 \pm 4.91^\circ$  lik ( $p < .001$ ) bir artış göstermiş, bu da hem üst hem de alt keserlerin geriye devrilmesi sonucu artaya çıkmıştır.

Doğrusal olarak, alt keserlerin mandibuler rotasyonu takip ederek; geriye ve aşağıya sırasıyla  $3.83 \pm 3.38$  mm ( $p < .01$ ) ve  $3.75 \pm 2.89$  mm ( $p < .01$ ) hareket ettiği saptanmıştır.

### SONUÇ

Bu modifiye maksiller protraksiyon yüz maskesi, retrognatik maksillaya bağlı Sınıf III maloklüzyonu bulunan ve büyümekte olan hastaların tedavisinde etkilidir. Protraksiyon tedavisi süresince, iskeletsel değişimlerden daha çok dental değişimler oluşmuştur. Kuvvetin maksiller dento-alveoler kompleksin direnç merkezi seviyesi yakınından uygulanmış olmasına rağmen

oklüzal düzlem aşağı ve geri rotasyon yapmıştır. Bu tip rotasyon anterior open bite eğilimi olan maksiller retrognati olgularında yararlı olacağı da düşünülmektedir.

2.1 mm ( $p < .001$ ) respectively. Those results indicate that the mandible moved in a downward direction, thus increasing the lower anterior facial height.

Downward and backward rotation of the mandible was also reported in several studies with facemask treatment (23, 28, 56, 59, 63). The downward and backward rotation of the mandible is related to both the downward and backward rotation of the maxillary dentition and the chin cap effect of the facemask. Although the downward and backward rotation of the mandible is considered to be favorable in the treatment of low-angle and deep bite Class III patients, it is not indicated in the treatment of Class III cases with high-angle skeletal pattern and anterior open bite.

The angle between the long axis of the lower incisors and the mandibular plane (lII-lia\Go-Me) showed a significant decrease by  $3.08 \pm 2.77^\circ$  ( $p < .01$ ). This was attributed to the chin cup effect of the protraction therapy which caused the lower incisors to retrocline. Interincisal angle (Isi-Isa/lII-lia) increased by  $9.0 \pm 4.91^\circ$  ( $p < .001$ ), which was due to both upper and lower incisors' retroclination.

Linearly, lower incisors followed the mandibular rotation and moved downward and backward. They moved backward and downward by  $3.83 \pm 3.38$  mm ( $p < .01$ ) and  $3.75 \pm 2.89$  mm ( $p < .01$ ) respectively.

### CONCLUSION

This modified maxillary protraction facemask was effective in the treatment of growing patients with Class III malocclusion due to retrognathic maxilla. During the protraction therapy, far more dental changes than skeletal changes had occurred. Although the force was applied approximately from the center of resistance of the maxillary dento-alveolar complex, the occlusal plane rotated downwards and backwards. This kind of rotation could be beneficial in the treatment of maxillary retrognathic cases with anterior openbite tendency.



## KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Mitani H, Fukazawa H. Effects of chin cup force on the timing and amount mandibular growth associated with anterior reversed occlusion (Class III malocclusion) during puberty. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90: 454-463.
2. Graber LW. The alterability of mandibular growth. In: McNamara JA Jr, ed. *Determinants of mandibular form and growth*. Monograph 5, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor Center for Human Growth and Development, University of Michigan 1975: 229-41.
3. Sakamoto T, Iwase I, Uka A, Nakamura S. A roentgenoccephalometric study of skeletal changes during and after chin cup treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85: 341-349.
4. Jansen EK, Bluher JA. The cephalometric, anatomic, and histologic changes in Macaca mulatta after application of continuous-acting retraction force on mandible. *Am J Orthod* 1965; 51: 825-855.
5. Graber TM. Dentofacial orthopedics. In: Graber TM, ed. *Current orthodontic concepts and techniques*. Philadelphia: WB Saunders, 1969: 919-88.
6. Assano T. The effects of mandibular retractive force on the growing rat mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90: 464-474.
7. Graber LW. Chin cup therapy for mandibular prognathism. *Am J Orthod* 1977; 72: 23-41.
8. Wendell PD, Nanda R, Sakamoto T, Nakamura S. The effects of chin cup therapy on the mandible: a longitudinal study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1985; 87: 265-274.
9. Rittucci R, Nanda R. The effects of chin cup therapy on the growth and development of the cranial base and midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982; 90:475-483.
10. Thilander B. Treatment of angle Class III malocclusion with chin cup. *Trans Eur Orthod Soc* 1963; 39: 384-398.
11. Ellis EE, McNamara JA Jr. Components of adults Class III open-bite malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 85:277-290.
12. Sue, G, SJ Chanoca, PK Turley, and J. Itoh. Indicators of skeletal class III growth. *J Dent Res* 1987; 66: 343.
13. Oppenheim A. A possibility for physiologic orthodontic movement. *Am J Orthod* 1944; 30: 345-368.
14. Marx R. Various types of extra-oral anchorage appliances. *Dent Pract* 1961; 11: 203-206.
15. Nelson FO. A new extra-oral orthodontic appliance. *Int J Orthod* 1968; 6: 24-27.
16. Sheridan JJ. Oral orthopedics. *J La Dent Assoc.* 1968; 26: 5-8.
17. Dellinger EL. A preliminary study of anterior maxillary displacement. *Am J Orthod.* 1973; 63: 509-516.
18. Delaire J. La croissance maxillaire. *Trans Eur Orthod Soc* 1971; 81-102.
19. Petit H. Adaptation following accelerated facial mask therapy. In: McNamara JA Jr, Ribbens KA, Howe PR, eds. *Clinical alteration of the growing face*. Monograph 14, Craniofacial Growth Series. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, University of Michigan 1983: 253-89.
20. Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the Macaca Irus. *Am. J. Orthod* 1977; 71: 249-277.
21. Ichikawa K. The effects of orthopedics forces on the craniofacial complex utilizing maxillary protraction. *J Jpn Orthod Soc* 1984; 43: 326-338.
22. Kawagoe H. Photoelastic effects of maxillary protraction on craniofacial complex. *J Jpn Orthod Soc* 1984; 43: 337-345.
23. Mermigos, J, CA Full, and G. Andreasen. Protraction of the maxillofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 98: 47-55.
24. McNamara, JA, and WL. Brudon. Orthodontic and Orthopedic Treatment in the Mixed Dentition. Ann Arbor, Mich: Needham; 1993: 285-293.
25. Wisth, PJ, A Tritrapunt, P Rygh, OE Boe, and K. Nordeval. The effect of maxillary protraction on front occlusion and facial morphology. *Acta Odontol Scand* 1987; 45: 227-237.
26. Hickam, JH. Maxillary protraction therapy: diagnosis and treatment. *J Clin Orthod* 1991; 25: 102-113.
27. Itoh, T, SJ Chaconas, AA Caputo, and J. Matyas. Photoelastic effects of maxillary protraction on the craniofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1985; 88: 117-124.
28. Ishii, H, S Morita, Y Takeuchi, and S. Nakamura. Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal class III cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 92: 304-312.
29. Roberts, CA, and JD. Subtelny. Use of the facemask in the treatment of maxillary skeletal retrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988; 93: 388-394.
30. Verdon, P. Masque orthopedique facial de Delaire. *Tours* 1986; 1-20.
31. Spolyar, JL. The design, fabrication and use of full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 86: 136-145.
32. Tanne, K, J Hiraga, K Kakiuchi, Y Yamagata, and M. Sakuda. Biomechanical effect of anteriorly directed extraoral forces on the craniofacial complex: a study using the finite element method. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95: 200-207.
33. Tanne, K. Three dimensional model of the human craniofacial skeleton: method and preliminary results using finite elements analysis. *J Biomed Eng* 1988; 10: 246-252.
34. Hirato, R. An experimental study of the center of resistance of nasomaxillary complex: two-dimensional analysis on the coronal plane of the dry skull. *J Tokyo Dent Coll* 1984; 84: 1225-1262.
35. Staggers, JA, N Germane, and H. Legan. Clinical considerations in the use of protraction headgear. *J Clin Orthod* 1992; 87-92.
36. Miki, M. An experimental research on the direction of the complex by means of the external force—two-dimensional analyses on the sagittal plan of the craniofacial skeleton. *J Tokyo Dent. Coll.* 1979; 79: 1563-1597.
37. Hata, S, T Itoh, M Nakagawa, K Kamogashira, K Ichikawa, M Matsumoto, and SJ. Chaconas. Biomechanical effects of maxillary retraction on the craniofacial complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 91: 305-311.



38. Nanda, R. Biomechanical and clinical considerations of a protraction headgear. *Am J Orthod* 1980; 125-139.
39. Alcan, T, A Keles, and N. Erverdi. The effects of a modified protraction headgear on maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117: 27-38.
40. Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara JA Jr, and Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 113: 333-343.
41. Saadia M, Torres E. Sagittal changes after maxillary protraction with expansion in Class III patients in the primary, mixed, and late mixed dentition: A longitudinal retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 117: 669-680.
42. Cozzani G. Extraoral traction and Class III treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981; 638-650.
43. Kim JH, Viana M, Graber T, Omerza F, and BeGole E. The effectiveness of protraction facemask therapy: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 115: 675-685.
44. Merwin D, Ngan P, Haag U, Yiu C, and Wei SH. Timing for effective application of anteriorly directed orthopedic force to the maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 112: 292-299.
45. Proffit WR and Fields HW Jr. Contemporary orthodontics. St Louis: Mosby 1993: 456-459.
46. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1965; 16: 200-217.
47. Campbell PM. The dilemma of Class III treatment. *Angle Orthod* 1983; 53: 175-191.
48. Haskell BS, Farman AG. Exploitation of the residual premaxillary-maxillary suture site in maxillary protraction: a hypothesis. *Angle Orthod* 1985; 55: 108-119.
49. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970; 57: 219-255.
50. Bell RA. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patients age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982; 81: 32-37.
51. Irie M, Nakamura S. Orthopedic approach to severe skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod* 1975; 67: 377-392.
52. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Verrusio E. Magnetic versus mechanical expansion with different force threshold and point of force application. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 92: 455-466.
53. Timms DJ. Rapid maxillary expansion. Chicago: Quintessence Publishing Co, 1981.
54. Spolyar JL. The design, fabrication and use of full-coverage bonded rapid maxillary expansion appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1984; 86: 136-145.
55. Sarver DM, Johnston MW. Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95: 462-466.
56. Ngan, P, C Yiu, A Hu, U Hagg, SHY Wei, and E. Gunel. Cephalometric and occlusal changes following maxillary expansion and protraction. *Eur J Orthod* 1995; 20: 237-254.
57. Kilicoglu H, Kirlic Y. Profile changes in patients with Class III malocclusions after Delaire mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 113: 62.
58. Delaire, J, P Verdon, JP Lumineau, A Cherga-Negrea, J Talmant, and M. Boisson. Note de Technique. *Rev Stomatol* 1972; 73: 633-642.
59. Sung, SJ, and HS. Baik. Assessment of skeletal and dental changes by maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114: 492-502.
60. Ngan P, Hägg U, Yiu C, Merwin D, Wei SHY. Soft tissue and dentoskeletal profile changes associated with maxillary expansion and protraction headgear treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109: 38-49.
61. Lee KG, Ryu YK, Park YC, Rudolph DJ. A study of holographic interferometry on the initial reaction of maxillofacial complex during protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997; 111: 623-632.
62. Ranta R. Protraction of cleft maxilla. *Eur J Orthod* 1988; 10: 215-222.
63. Turley PK. Orthopedic correction of Class III malocclusion with palatal expansion and custom protraction headgear. *J Clin Orthod* 1988; 314-325.