



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ORTODONTİK YÜZ MASKESİ KULLANIM SÜRESİNİ ÖLÇEN
ÖZGÜN BİR CİHAZIN GÜVENİLİRLİĞİNİN IN-VITRO
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

RUDİ BOYACIYAN

UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. AHU ACAR

2019-İSTANBUL



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

**ORTODONTİK YÜZ MASKESİ KULLANIM SÜRESİNİ ÖLÇEN
ÖZGÜN BİR CİHAZIN GÜVENİLİRLİĞİNİN IN-VITRO
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

RUDİ BOYACIYAN

UZMANLIK TEZİ

ORTODONTİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Prof. Dr. AHU ACAR

2019-İSTANBUL

TEZ ONAYI SAYFASI



BEYAN FORMU

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Rudi BOYACIYAN

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca desteğini hep hissettiğim, tez danışmanım Prof. Dr. Ahu Acar hocama.

Tecrübeleriyle bize yol gösteren hocalarım, anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Fulya Özdemir ve Prof. Dr. Sibel Biren'e.

Kısa bir süre de olsa aynı klinikte çalışmaktan onur duyduğum hocalarım Prof. Dr. Nejat Erverdi, Prof. Dr. Nazan Küçükkeleş ve Prof. Dr. Banu Çakırer Bakkalbaşı'na.

Tezimin başlangıcında beraber yola çıktığımız ilk tez danışmanım Doç. Dr. Çağla Şar'a.

En ufak sorunumuzda koşarak yanına gittiğimiz, bizi hiç geri çevirmeyen, çok şey öğrendiğim Dr. Hanife Nuray Yılmaz'a.

Bizleri hep destekleyen Dr. Yasemin Bahar Acar'a.

Çalışmamda bana yardımcı olan meslektaşlarım Dt. Ece Abuhan, Dt. Gizem Canbek, Dt. Betül Nazlı Gülçek, Dt. Onur Arı ve Dt. Selva Gündoğdu'ya

Desteği olmasa bu bölümde olamayacağım dostum Dt. Umut Öğütücü'ye.

Son olarak en büyük destekçim aileme teşekkür ederim.

II. İÇİNDEKİLER

I. TEŞEKKÜR	i
II. İÇİNDEKİLER	ii
III. ŞEKİLLER, RESİMLER ve TABLOLAR LİSTESİ	iv
IV. KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ	v
1. ÖZET	1
2. SUMMARY	2
3. GİRİŞ VE AMAÇ	3
4. GENEL BİLGİLER	4
4.1 İskeletsel Sınıf III Maloklüzyon	4
4.1.1 Tarihteki Yeri	4
4.1.2 Etiyolojisi	6
4.1.2.1 Maksiller retrüzyonun etiyojisi	6
4.1.2.1.1 Konjenital	6
4.1.2.1.2 Sendromik	6
4.1.2.1.3 Fetal alkol sendromu	6
4.1.2.1.4 İatrojenik	7
4.1.2.2 Mandibular prognatizmin etiyojisi	7
4.1.2.2.1 Konjenital	7
4.1.2.2.2 Sendromik	7
4.1.2.2.3 Çevresel	8
4.1.3 Teşhis	8
4.1.3.1 Maksiller yetersizliğin teşhisi	8
4.1.3.2 Mandibular prognatizmin teşhisi	11
4.1.3.3 Pseudo Sınıf III maloklüzyonun teşhisi	12
4.1.4 İskeletsel Sınıf III hastalarda ortopedik tedavi yaklaşımları	13

4.1.4.1 Frankel III fonksiyonel regülatör	13
4.1.4.2 Sınıf III elastikler	14
4.1.4.3 Diğer ağız içi aygıtlar	14
4.1.4.4 Çenelik	15
4.1.4.5 Yüz maskesi	16
4.1.4.5.1 Yüz maskesi tedavisinde kullanım süresinin önemi ve takibi	20
5. GEREÇ VE YÖNTEM	22
5.1 Gereç	22
5.1.1 Prototipin üretilmesi	22
5.1.2 Deney düzeneğinin oluşturulması	32
5.1.3 Deney öncesi hazırlık, kalibrasyonlar ve değişiklikler	32
5.2 Deney	34
6. BULGULAR	35
6.1 Kayıtların İncelenmesi, Yorumlanması ve İstatistiksel Analizler	35
7. TARTIŞMA VE SONUÇ	39
8. KAYNAKLAR	42
9. ÖZGEÇMİŞ	52

III. ŞEKİLLER, RESİMLER ve TABLOLAR LİSTESİ

Resim 1: Arduino Nano

Resim 2: LM35 Sıcaklık Sensörü

Resim 3: Kuvvete Duyarlı Dairesel Sensör

Resim 4: MPU6050 Modülü

Resim 5: DS1307 Gerçek Zamanlı Saat Modülü

Resim 6: Mikro SD kart modülü ve mikro SD kart

Resim 7: İlk prototipin devrelerinin bir araya getirilmesi

Resim 8: Modüllerin yüzeye yerleştirilmesi

Resim 9: Alın bölgesindeki basınç ve sıcaklık sensörü

Resim 10: İlk kodların mikrodenetleyiciye yüklenmesi

Resim 11: İç parçanın 3 boyutlu tasarım aşaması

Resim 12: Kapağın 3 boyutlu tasarım aşaması

Resim 13: Parçaların 3 boyutlu yazıcı ile üretim aşaması

Resim 14: Üretilen iç parça ve kapağın birleştirilmesi

Resim 15: Yüz maskesine cihazın montajı

Resim 16: Farklı bir yüz maskesine cihazın montajı

Tablo 1: Takip formu

Tablo 2: İlk deneme verilerinin korelasyon analizi

Tablo 3: Form verisi ile sensör verisi arasındaki farklı sonuçlar

Tablo 4: Deney verilerinin korelasyon analizi

IV. KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

- FR - Functional Regulator
- GB - Gigabayt
- MAD - Magnetic Activator Device
- mAH - mili amper / hour
- mm - milimetre
- PCB - Printed Circuit Board
- SD - Secure Digital
- SPI - Serial Peripheral Interface

1. ÖZET

Hastanın takip çıkarabildiği apareylerle yapılan ortodontik tedavilerde başarının kritik bir şekilde hastanın öngörülen kullanım sürelerine uyumuna bağlı olduğu iyi bilinmektedir.

Fakat intraoral apareyler için olsa da ekstraoral apareyler için bunu ölçebilen sağlıklı bir cihaz bulunmamaktadır.

Bu eksiklikten yola çıkarak yüz maskesi kullanım süresini ölçen bir cihaz tarafımızca üretilmiştir.

Ürettiğimiz cihaz Arduino Nano devresi baz alınarak planlanan, sıcaklık, basınç ve hareket sensörü içeren, bu sensörlerden gelen veriler doğrultusunda yüz maskesinin takılı olup olmadığını yorumlayan ve bu verileri mikro SD karta kaydeden özelliktedir.

Cihaz, oluşturduğumuz deney düzeneğinde 3 ay boyunca test edilmiş ve çok yüksek oranda doğru ölçümler gerçekleştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüz Maskesi, Kullanım Süresi, Sınıf III Maloklüzyon.

2. SUMMARY

It is well known that the success of orthodontic treatments performed by removable appliances depends critically on the compliance of the patient with the prescribed duration of use.

For intraoral appliances there are some devices that can measure wear time but there is no successful device for extraoral appliances.

Based on this deficiency, a device that measures the wear time of the face mask is manufactured by us.

The device we produce is based on the Arduino Nano board, device includes temperature, pressure and motion sensors. Device interprets wear time with the data from these sensors and records this data to the micro SD card.

The device has been tested for 3 months in our test apparatus and has achieved very accurate measurements.

Keywords: Facemask, Wear time, Class III malocclusion.

3. GİRİŞ VE AMAÇ

Yüz maskesi, maksiller retrognatiye bağlı iskeletsel Sınıf III maloklüzyonun büyüme gelişim dönemindeki ortopedik tedavisinde kullanılan etkili bir apareydir. Fakat bu tedavinin başarısı hastaların, hekimin talimatlarına uyması ve apareyin kullanım süresiyle doğrudan ilişkilidir. Yüz maskesi gibi ağız dışı ortopedik apareylerin kullanım sürelerinde hastaların beyanı esas kabul edilmektedir çünkü bunu ölçebilen sağlıklı bir cihaz bulunmamaktadır.

Piyasadaki intraoral ölçüm cihazlarının ekstraoral apareylerde kullanımının denendiği bazı çalışmalar olsa da, ekstraoral aparey için başarılı ticari bir cihaz olmadığından, yanıtılması güç bir cihaz ihtiyacı sebebiyle fikrimizin temeli atılmış oldu. Bahsi geçen intraoral ölçüm cihazları gibi tek bir sensöre bağlı kalmak yerine basınç ve sıcaklık sensörünün yanına hareket sensörü de eklenerek hata payı minimuma indirilmeye çalışılmıştır.

Çalışmamız için ürettiğimiz cihaz eğer başarılı in-vivo sonuçlar da verir ise hastaların beyanı ile gerçek kullanım süreleri kıyaslanabilecek ve bundan sonraki yüz maskesi ile ilgili çalışmalarda gerçek kullanım süreleri baz alınabilecektir.

Çalışmamızda geliştirdiğimiz bu cihazın, hasta kullanımını taklit eden bir deney düzeneği ile in-vitro olarak güvenilirliğinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla cihaz 3 ay boyunca in-vitro olarak test edilmiştir.

4. GENEL BİLGİLER

4.1 İskeletsel Sınıf III Maloklüzyon

4.1.1 Tarihteki Yeri

Sınıf III maloklüzyon özellikle karışık dişlenme ve daimi dişlenmede teşhisi ve tedavisi en zihin karıştırıcı maloklüzyonlardan biridir. Ön çapraz kapanış sebebiyle sadece Ortodontistler ve Diş Hekimleri değil halk tarafından da kolayca belirlenebilir özelliktedir. Veliler çoğunlukla bu ön çapraz kapanış sebebiyle çocukları için ortodontik tedavi arayışına girerler (McNamara ve Brudon, 2001).

Uzun yıllardan beri iskeletsel Sınıf III maloklüzyonun karakteristik yüz özelliklerinin insanoğlu tarafından farkedildiği aşıkardır. Büyük ve önde konumlanmış mandibulanın kendine özgü görünümü tarih boyunca insan topluluklarında gözlenmiştir, buna rağmen o yıllarda insanların sorunu bilimsel olarak kategorize edebilmesi için yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Habsburg hanedanı üyelerine ait portreler ondördüncü yüzyılın ortalarında sorunun ilk tanımlanması gibi görünmektedir. Habsburg hanedanı ile özdeşleşmiş en dikkat çeken özellik kalıtsal olarak fazla gelişmiş alt çeneleridir. Bu durum rönesans ve sonrası dönemde aileye ait portrelerde ve metal paralarda açıkça görülmektedir. Bildiğimiz şey, deformitenin mağdurun yaşı ile birlikte geliştiği ve arttığıdır (Grabb ve ark., 1968; Hart, 1971).

Günümüzde Sınıf III maloklüzyon olarak bilinen anomali, önceki yazarlar tarafından çeşitli terimlerle tanımlanmıştır. 1737 yılında Bourdet, öne çıkıntılı alt çeneleri olan çocuklardaki deformiteye dikkat çekmiştir (Bourdet, 1737). 1803 yılında Fox, diş düzensizliklerinin ilk sınıflandırmasını sunmuştur, bu sınıflama üst ön dişlerin alt kısmının labial ya da lingualde kapanması üzerine kurulu bir sınıflamadır. (Fox, 1803).

1819 yılında Delabarre “başbaşa kapanış” ve underbite terimlerini kullanmıştır (Delabarre, 1819).

1899 yılında Angle, kendi maloklüzyon sınıflandırmasını ilk kez yayınlamıştır. Angle Sınıf III tanımını “Çeneler arası ilişki anormal, tüm alt dişlerin oklüzyonu normale göre bir premolar genişliği kadar veya bazı ekstrem vakalarda daha da fazla şekilde mesialde” şeklinde yapmıştır. Yaptığı bir diğer gözlem ise Sınıf III vakaların mandibular açılarının normalden daha geniş olduğu yönündedir. Ayrıca birkaç vakada vücudun belirli bölgelerinde aşırı bir gelişme olduğunu belirtmiştir. Bazı vakalarda ise alt çenenin normal formda olmasına rağmen protrüze konumda olmasının sebebinin temporomandibuler eklemin artikülasyonunun normalden daha önde olması olduğunu öne sürmüştür.

Dişlerdeki maloklüzyonun sebebinin çeneler arası kötü ilişkinin bir semptomu olduğu ifadesi Licher ve Case tarafından yapılmıştır (Lischer, 1912; Case, 1921). 1939'da Hellman, çenelerin birbirleriyle ilişkilerinin normal olduğu, ancak dişlerin Sınıf III ilişkide olduğu bir vaka yayınlamıştır (Hellman, 1939).

1939'da Hellman (Hellman, 1939), 1947'de Bjork (Bjork, 1947), 1948'de Adams (Adams, 1948) ve 1948'de Staph (Staph, 1948) tarafından yapılan o dönemin en önemli röntgenografik çalışmaları mandibular prognatizmin, Sınıf III'ün yapısal etiolojisinin tek parçası olduğunu öne sürmüştür.

Ancak son çalışmalar, Sınıf III maloklüzyonlarının büyük bir bölümünün yapısal etiolojinde maksiller retrüzyon olduğunu göstermektedir.

4.1.2 Etiyolojisi

Sınıf III maloklüzyonun bileşenleri maksiller retrüzyon, mandibular protrüzyon veya bu ikisinin kombinasyonu olabilmektedir, her birinin etiyojisine ayrı ayrı odaklanılmalıdır

4.1.2.1 Maksiller retrüzyonun etiyojisi

4.1.2.1.1 Konjenital

Literatürün gözden geçirilmesi araştırmacıların mandibular prognatizmin etiyojisine maksiller retrüzyondan daha fazla odaklandıklarını göstermektedir (King ve ark. 1993). Bununla birlikte, çökük elmacık kemikleri ve şişkin gözler gibi orta yüz yetmezliği özelliklerinin babadan çocuğa geçebileceği bildirilmiştir (Kreiborg, 1981).

4.1.2.1.2 Sendromik

Bazı sendromlar, özelliklerinden biri olarak orta yüz gelişim eksikliği içerirler. Kranial sütürlerin erken dönem sinostozu, Crouzon sendromu ve Apert sendromu vakalarında az gelişmiş maksilla sebebidir. Treacher Collins Sendromunda zigomatik kemerler genellikle az gelişmiştir veya yoktur ve bir yarık bulunabilir (Posnick ve Ruiz, 2000). Son olarak, Marshall ve Pfeiffer Sendromları, düz yüz özellikleri gösterebilir (Griffith ve ark., 1998).

4.1.2.1.3 Fetal alkol sendromu

Fetal alkol sendromu, bir dizi büyüme sorunları, zihinsel ve fiziksel semptomlarla karakterize bir durumdur. Yüzde dar küçük gözler ve geniş epikantal kıvrımlar, düz orta yüz ve düzleşmiş filtrum bulunur. Dudak damak yarığı da sendromun bir parçası olabilir. Oluşma nedeni hamile kadının tükettiği alkolün plasentadan geçerek fetüse ulaşması ve fetüsün bu alkole maruz kalmasıdır (Kliegman ve Nelson, 2007).

4.1.2.1.4 İatrojenik

Dudak damak yarıklı hastalarda, yarık rehabilitasyonu için cerrahi müdahale hastanın büyümesini ve yüz özelliklerini etkileyebilir. Ameliyatta kemiğe ulaşabilmek için periostun sıyırması yarık bölgesinin fibrozisi ile sonuçlanır ve yara kasılması hem transvers hem de sagittal maksiller büyüme etkiler (Dabelsteen ve Kremenak, 1978).

4.1.2.2 Mandibular prognatizmin etiyojisi

Mandibular prognatizmin oluşumunda konjenital, sendromik ve çevresel faktörler ve tedavi edilmemiş Pseudo Sınıf III maloklüzyonu rol oynar.

4.1.2.2.1 Konjenital

Genel olarak, genotipin mandibular prognatizmin gelişiminde önemli bir rol oynadığı ve varlığının her zaman hastanın anamnezinde kaydedilmesi gerektiği kabul görmüş bir yaklaşımdır. Otozomal dominant (Stiles ve Luke, 1953; Wolff ve ark. 1993), otozomal resesif (Iwagaki, 1938) ve bulaşıcı poligenik model (Litton ve ark. 1970) gibi çeşitli genetik modeller bildirilmiştir. Öte yandan, genetik faktörün tespit edilemediği raporlar da vardır (Kraus, 1959). Genetik faktörlerin belirlenmesi ve mandibular prognatizmin gelişimini nasıl etkiledikleri ortodonti ve dentofasiyal ortopedide yeni bir sayfa açabilir.

4.1.2.2.2 Sendromik

Apert ve Crouzon (Posnick ve Ruiz, 2000) sendromunun mandibular prognatizm ile ilişkili olduğu iddia edilmiştir (Cohen ve Kreiborg, 1992). Bununla birlikte, bu durumlarda maksiller retrüzyon mandibular prognatizmden daha mümkün gibi görünmektedir.

4.1.2.2.3 Çevresel

Büyük ya da ileri ve aşağı pozisyonda konumlanmış dilin mandibular büyümeyi uyarıp mandibular prognatizme sebep olduğu dile getirilmiştir (Dellinger, 1973; Ishii ve diğerleri, 1987). Etiyolojik olarak mandibular prognatizm ile ilişkili olduğu bildirilen diğer faktörler şunlardır: genişlemiş bademcikler (Angle, 1907), duruş, travma ve hastalık (Gold, 1949), endokrin dengesizlikleri (Downs, 1927), hormonal bozukluklar (Pascoe et al., 1960) ve konjenital anatomik defektler (Monteleone ve Duvigneaud, 1963).

Son olarak, aşırı mandibular büyümenin bir başka çevresel nedeni, Pseudo Sınıf III maloklüzyonudur. Pseudo Sınıf III maloklüzyon, erken temaslar nedeniyle mandibulanın öne doğru fonksiyonel kaymasının sonucudur. Müdahale edilmeden bırakıldığında, bu anterior mandibular yer değiştirme, maksillanın büyümesini sınırlaması ve mandibulanın fazla gelişmesine sebep olması nedeniyle morfolojik bir duruma dönüşebilir (Kapur ve ark., 2008).

4.1.3 Teşhis

4.1.3.1 Maksiller yetersizliğin teşhisi

Başarılı bir tedavi gerçekleştirmek için, Sınıf III maloklüzyonun özelliklerini doğru tanımlamak gerekir. Klinik muayene sırasında maksiller yetersizliğin belirtisi olabilecek durumlardan biri “sklera görünümü”dür. Sklera görünümü, hastanın başı istirahat pozisyonundayken cepheden bakıldığında iris ile alt göz kapağı arasında, beyaz skleranın görünmesidir. Muayene sırasında hasta başını doğru konumlandırmalıdır. Cephe analizinde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu ise burun kanadı, burun tabanı ve nazolabial sulkus arasında oluşan paranazal üçgen alanların derinliğidir. Bahsi geçen alanlar maksiller yetersizliğe sahip vakalarda daha derindir (Meneghini, 2005).

İskeletsel maloklüzyonların teşhisinde profil görüntüsü kolay ve güvenilir ipuçları sağladığından yaygınlıkla kullanılmaktadır. Sınıf III maloklüzyona sahip bireylerde sıklıkla gözlenen ortak özellikler;

- Artmış anterior yüz yüksekliği,
- Malar, infraorbital, paranasal bölgelerin ve yanak bölgesinin düzlüğü,
- Orta yüzde konkavite,
- Geride konumlanmış ve kısa üst dudak,
- İlerde konumlanmış ve kıvrık alt dudak,
- Belirgin mandibula olarak belirtilebilir (Arnett and Bergman, 1993).

Bazı yazarlar klinik ve fotoğraf analizlerin hasta sentrik oklüzyondayken yapılmasını doğru bulurken, kimi yazarlar ise çenenin bu pozisyona sadece yutkunma esnasında gelidğini savunmaktadırlar (Arnett and Bergman, 1993; Reyneke, 2003). Başbaşa keser ilişkisi varlığında hastalar genellikle alt çenelerini öne doğru kaydırarak sentrik ilişkiye geçirirler bu da ön bölgede çapraz kapanışa sebep olur. Bu gibi durumlarda hastanın mandibulasını manipüle ederek sentrik ilişkide kapayıp gözlemek yararlı bir test olacaktır (Takagi and Asai, 2001).

Steiner tarafından 1950'lerden bu yana önerildiği gibi SNA, SNB ve ANB sayısal analizi, iskelet sagittal büyüme durumunu analiz etmede en çok kullanılan araç olmaya devam etmektedir (Abdullah ve ark ., 2006). Konkav profil veya maksiller retrüzyon durumunda, ANB değeri genellikle 2 derecenin altındadır ve SNA değeri 80 dereceden azdır. Bununla birlikte, geometrik çalışmalar bu durumun geçerliliğine ilişkin olarak birçok çarpıtma faktörüne işaret etmiştir (Bishara ve ark., 1983).

McNamara, maksilla'nın anteroposterior pozisyonunu ve kranial tabana olan ilişkisini değerlendirmek için bir dizi analiz sunmuştur. Bunlardan biri, Nasion'dan geçen dikey bir referans hattı oluşturmaktır. İdeal bir yetişkinde, A noktası referans çizgisinin 1 milimetre önünde olmalıdır. A noktası referans çizgisinin 1 milimetreden daha az önünde veya çizginin gerisinde ise bu durum orta yüz eksikliğinin bir göstergesidir (McNamara, 1984). Nasion dikmesi, her zaman olmasa da genellikle, maksiller pozisyonu belirlemek için güvenilir bir oryantasyon çizgisidir.

Bir diğerk yararlı analiz Ricketts tarafından tanıtılan maksiller derinliktir (Maksiller Açı). Bu açı Nasion ve A noktası düzlemi (NA) ile Frankfurt horizontal düzlemi arasındaki açıdır. Klinisyenin başın gerçek pozisyonuna göre maksillayı değerlendirmesini sağlar (Ricketts, 1961). Maksiller derinlik 90 dereceden az bulunursa, genellikle maksiller hipoplazinin bir işaretidir.

Radyografi ekipmanının yokluğunda veya ilk konsültasyon sırasında hızlı tanı ihtiyacı olduğunda, Sınıf III iskelet tutarsızlıklarını tespit etmek için radyografik olmayan bir yaklaşım olan fotoğraflar denenebilir (Staudt ve Kiliaridis, 2009). Yumuşak doku kalınlığındaki değişim nedeniyle yumuşak doku profili ile iskelet paterni arasındaki ilişki doğrusal olmayabilir (Burstone, 1958). Bununla birlikte, spesifik yumuşak doku ve iskelet değişkenleri arasında ilişkiler bulunmuştur ve yumuşak doku profilinin iskelet modelini tahmin etmek için kullanılabilceği öne sürülmüştür (Barnett, 1975).

Staudt ve Kiliaridis, profil fotoğrafları üzerinden yapılan analizlerde yumuşak doku ANB açısının Sınıf III iskeletsel maloklüzyonun tanımlanmasında en etkili yöntem olduğunu; bu açının iskeletsel parametreler ile ilişki olduğunu ve bu sebeple sagittal yönde çene ilişkisini de tanımladığını öne sürmüştür. (Staudt and Kiliaridis, 2009). Yumuşak doku ANB açısının normal değer 6 derece olarak kabul edilir ve bu değer azaldıkça Sınıf III ilişkiye meyil artar. Bu yazarlara göre hastanın fotoğraf çekilirken hasta lateral sefalometrik röntgen çekiminde olduğu gibi dişleri ve dudakları kapalı halde olmalıdır. Bu şekilde oklüzyon ve yumuşak doku geriliminin sebep olduğu hatalı ölçümlerin önüne geçilebilir.

4.1.3.2 Mandibular prognatizmin teşhisi

Mandibular prognatizm veya iskelet Sınıf III ile beraber prognatik mandibula en şiddetli maksillofasiyal deformitelerden biridir ve aynı zamanda en iyi tanımlanmış maloklüzyondur. Mandibular prognatizmin doğru teşhisi için klinik ve radyografik muayene birlikte yapılmalıdır. Maksillanın normal sadece mandibulanın prognatik olduğu vakalarda; konkav profil, belirgin çene, normal bir labiomental katlantı ve belirgin mandibula kenar sınırları gözlemlenir (Meneghini, 2005). Lateral sefalomtrik röntgen analizinde mandibulanın boyutunu değerlendirebilecek bazı ölçümler vardır. Anterior kranial tabanın doğrusal uzunluğu ile mandibular uzunluk arasında bir ilişki kurabilmek için Ricketts “ $x/x+7$ ” şeklinde bir fraksiyon tanımlamıştır. Aynı amaçla Roth anterior kranial tabanın doğrusal uzunluğu ile Gonion ve Menton noktalarından oluşan doğrunun uzunluğu arasında bir “ x/x ” şeklinde bir fraksiyon tanımlamıştır. Gonion ve Menton noktalarından oluşan doğru Anterior kranial tabanın uzunluğundan fazla ise mandibulanın büyük olduğu söylenir. McNamara'nın sunduğu ölçümde ise mandibulanın kranial tabana olan ilişkisi, pogoniondan nasion dikmesine olan mesafenin ölçülmesiyle belirlenir. Yaşça küçük bireylerde, bu mesafe -8 ile -6 milimetre gibi bulunur yani pogonion dikmenin 6 ile 8 milimetre gerisindedir, ancak büyüme sırasında pogonion hafifçe ileriye doğru hareket eder. Yetişkinlerde -2 milimetreden daha fazla bir ölçüm büyük bir mandibula gösterir (McNamara, 1984).

4.1.3.3 Pseudo Sınıf III maloklüzyonun teşhisi

Tüm Sınıf III olgularda her hekimin fonksiyonel bir kayma varlığını değerlendirmesi son derece önemlidir. Sentrik ilişki ve sentrik oklüzyon arasında bir tutarsızlık olup olmadığını belirlemek için maksilla ve mandibula arasındaki ilişki değerlendirilmelidir. Mandibulanın önde konumlanması, mandibulayı öne doğru zorlayan anormal diş temaslarından kaynaklanabilir. Bu duruma sahip hastalar, sentrik ilişkide, sınıf I iskeletsel paterne, normal profile ve Sınıf I molar ilişkisine sahiptirler; ancak sentrik oklüzyonda iskeletsel ve dental olarak Sınıf III paterni gösterme eğilimindedir.

Erken teşhis edilmiş bir Pseudo Sınıf III maloklüzyon sefalometrik analizde, normal bir SNA değeri gösterirken, mandibulanın ileri konumlandırılması nedeniyle SNB değeri artabilir. Buna karşılık, gerçek Sınıf III vakalarında maksiller yetersizlik var ise azalmış SNA değeri gözlemlenir. Buna ek olarak gerçek Sınıf III vakalarında alt keserler retrokline olurken Pseudo Sınıf III vakalarda üst keserlerin retrokline olduğu gözlemlenir. Rabie ve arkadaşları Pseudo Sınıf III hastalarını gerçek iskelet Sınıf III hastalarından ayırt etmek için gonial açığa bakmak gerektiğini belirtmişlerdir. Daha spesifik olarak, 120'den küçük bir gonial açının Pseudo Sınıf III koşulu gösterdiğini, gonial açının 124 veya daha fazla olmasının ise gerçek bir Sınıf III iskelet ilişkisini gösterdiğini belirtmektedirler (Rabie and Gu, 2000).

Pseudo Sınıf III maloklüzyonu olan hastaların ekstra oral fotoğrafları normal Sınıf I bireylerle karşılaştırıldığında, profilleri sentrik ilişkide oldukça normal fakat sentrik oklüzyonda hafif içbükey görünür (Lee, 1978; Sharma ve Brown, 1968).

4.1.4 İskeletsel Sınıf III hastalarda ortopedik tedavi yaklaşımları

4.1.4.1 Frankel III fonksiyonel regülatör

Tüm Frankel apareylerinde olduğu gibi FR (Functional Regulator) III apareyinin de çalışma temeli maksillar ve mandibular vestibül bölgesidir. Aparey, ilişkili yumuşak doku kuvvetlerinin maksillar kompleks üzerine gelmesini engelleyerek, cihaz boyunca bu kuvvetleri mandibulaya iletecek şekilde tasarlanmıştır. Frankel'in kendisine göre (Frankel, 1970), sulkusun derinlerine yerleştirilen vestibüler parçalar, periostu gerer ve aynı zamanda maksillanın öne doğru gelişimine izin verir. Bariyerler mandibulanın alveolar parçasına yakın şekilde konumlandırılır bu sayede mandibulanın büyümesini frenler ya da büyümesini arkaya yönlendirir.

James A McNamara'ya göre (McNamara and Brudon, 2001) FR III cihazının maksillası geride olan hastalarda en belirgin etki olarak mandibular büyümenin aşağı ve geriye yönlendirilmesi ve mandibular alt keserlerin geri doğru devrilmesidir. Bununla birlikte maksillanın ve maksiller dişlerin göreceli olarak öne hareketi de etkiler arasındadır. Aynı baskıda, yazar önemli nöromusküler dengesizliği olan Sınıf III maksiller retrognatik hastalarda FR III cihazının tercih edilen cihaz olduğunu öne sürmektedir.

Geçmişteki tüm araştırmacılar, maksiller yetersizliğin tedavisinde FR III' ün iskeletsel bir etkisi olmadığını iddia etseler de, nispeten yeni bir araştırma aksini iddia etmektedir. Özellikle, Levin ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptığı çalışma (Levin ve ark., 2008) FR III tedavisinin kısa ve uzun süreli iskeletsel ve dentoalveolar tedavi sonuçlarını analiz etmiştir. FR III cihazı ile tedavi edilen Sınıf III maloklüzyonu olan 32 denekten oluşan bir grup, tedavi edilmemiş Sınıf III kontrol grubu ile karşılaştırılmıştır. İlk gözlem puberte öncesi ve uzun süreli gözlem tüm denekler için puberte sonrasında yapılmıştır. Tedavi, yaklaşık 2,5 yıl boyunca cihazın tam zamanlı kullanılmasından oluşmaktadır ve bunu en az 3 yıl boyunca aynı cihazla bir retansiyon aşaması izlemiştir. Genel gözlem süresi 9 yıl 2 ay olmuştur. Tedavi edilen grup hem maksiller boyut hem de pozisyonda önemli gelişmeler göstermiştir. Toplam mandibular uzunluk artışında anlamlı bir azalma kaydedilmemiştir, ancak hem gonial açının hem de mandibular düzlem açısında önemli azalmalar bulunmuştur. Kraniofasiyal iskelette sağlanan intermaksiller ve interdental değişiklikler pubertal büyüme atağı ile başarılı

bir şekilde sürdürülmüştür. Bununla birlikte, yazarlar sözü edilen tüm iskelet etkilerini elde etmek için uzun süreli bir kullanım süresi (beş yıldan fazla) önermişlerdir.

4.1.4.2 Sınıf III elastikler

Sınıf III elastiklerin kullanımını dentoalveolar kompanzasyon amacıyla dişerin devrilmesi ile etkisini gösterir. Etkisi daha az olsa da Takagi ve Asai 0.018 slotta 0.017 x 0.025 inch arkası kıvrılmış paslanmaz çelik tellerin olduğu arklarda kullanılan Sınıf III elastiklerin ortopedik etki de gösterdiğini söylemişlerdir (Takagi ve Asai, 2001).

4.1.4.3 Diğer ağız içi aygıtlar

İskelet Sınıf III olgularının ortopedik tedavisinde birçok intraoral aygıt kullanılmıştır.

Örneğin, iskelet Sınıf III maloklüzyonunun ortopedik tedavisi için mıknatıslar aracılığı ile manyetik kuvvet uygulayan Magnetic Activator Device (MAD) III. Mıknatısları taşıyan biri biri üst çenede diğeri ise alt çenede aralarında mekanik bağlantı olmayan iki parçadan oluşur. Manyetik kuvvetler, fonksiyonu uyarır ve orofasiyal kasların işlevsel dengesini değiştirir, böylece morfolojik adaptasyonları destekler. İki parçalı tasarım, geleneksel Sınıf III aktivatöründen daha az hacimlidir. Konuşma, yutma ve çiğneme normal fonksiyonun devamını sağlar. Bu nedenle, hem mandibula hem de maksillada ön-arka yönde sürekli büyüme modifikasyonuna izin verir (Darendeliler ve ark., 1993).

Two-Piece Corrector Sınıf III iskelet ve dişsel maloklüzyonların tedavisi için tanımlanan bir başka ağız içi aygıttır. Aynı anda maksillaya öne doğru kuvvet ve mandibulaya da eşit kuvvet uygulayan takıp çıkarılabilir bir akrilik aygıttır. Parçalardaki yassı kayma yüzeyi, hareket sırasında dişler oklüzyonda olmadığı sürece neredeyse hiç sürtünme yaratmaz, ancak hem yanal hem de ön-arka yönde stabilite sağlar. Hafif Sınıf III maloklüzyon vakalarında daha az koltuk başı süre gerektirir, ucuzdur , hastanın adapte olması kolaydır ve etkin düzeltme sağlar (Eganhouse, 1997).

Bir diğerk seçenek olan Bionator III aygıtı Balters tarafından çenenin ileri gelişiminden sorumlu olan dilin konumunu değiştirmek için üretilen bir başka ağız içi aygıttır. Dili arka ve yukarı konuma getirerek olumsuz etkisi olan kuvvet vektörünü azaltmayı amaçlamaktadır (Graber ve Vanarsdall, 2000).

4.1.4.4 enelik

enelik yüz maskesinden daha az etkili olmasına rağmen uzun yıllar Asya’da kullanılmıştır. Günümüzde iki fazlı bir tedavinin ikinci fazında ya da tamamlanmış bir tedavi sonrası mandibulanın büyümesinin engellemek için retansiyon amacıyla kullanılmaktadır (Takagi ve Asai, 2001).

enelik tedavisi mandibulası çok gelişmiş çocuklarda tedavi süresince etkili olmasına rağmen ilerleyen dönemlerde mandibulanın büyümeye devam etmesi sebebiyle uzun dönem stabilitesi bulunmaktadır (Sugawara ve ark., 1990).

eneliğin uyguladığı kuvvetin kısa süreli bazı ortopedik etkileri vardır, bunlar: Mandibular büyümenin yönlendirilmesi, mandibulanın geriye doğru konumlandırılması, mandibular büyümenin yavaşlatılması, mandibula ve temporomandibular eklemin yeniden şekillenmesidir (Janzen and Bluher, 1965; Matsui, 1965; Suzuki, 1972; Joho, 1973; Irie and Nakamura, 1975; Graber, 1977; Sawa, 1978; Asano, 1986; Sugawara and Mitani, 1997;).

enelik tedavisinin etkileri üzerine yapılan kısa ve uzun süreli çalışmalar, ortalama olarak, çenelik tedavisinin başlangıç aşamasında iskeletsel profilde büyük lde iyileşme sağladığını, fakat bu iyileşmenin daha sonra srdrelemediğini göstermektedir. Başka bir deyişle, çenelik büyüme sonrasında iskeletsel Sınıf III profilinin karakteristik prognatik özelliğini nadiren değiştirebilmektedir. Bu bulgular ışığında, çenelik kullanımı için bazı öneriler ve sınırlamalar yapılabilir. enelik sadece hala büyümekte olan Sınıf III hastalar için tedavinin ilk aşamından sonra fonksiyonel oklzyonu elde etmek için bir seçenek olarak dşnlmelidir. n çapraz kapanışı düzeltmek için biyomekanik bir yöntem olarak kullanışlıdır. enelik kullanım endikasyonu, ortodontik tedavinin ikinci aşaması sırasında, dentoalveolar kompanzasyon ile kamufle edilebilecek hafif ila orta dereceli iskeletsel Sınıf III

maloklüzyonları ile sınırlı olmalıdır. Mandibular büyüme fazlalığı olan Sınıf III hastalar çenelik tedavisi için kontraendikedir. Bu gibi hastalarda büyüme sonrası stabil ve fonksiyonel bir oklüzyona ulaşmak için ortognatik cerrahi önerilmektedir (Sugawara ve Mitani, 1997).

4.1.4.5 Yüz maskesi

Sınıf III maloklüzyonun erken tedavisi için bir çok seçenek olmasına rağmen; yüz maskesi bunlar içinde süt dişlenme ya da karışık dişlenme döneminde maksillar protraksiyon ile Sınıf III maloklüzyonun düzeltilmesi için en etkili apanyedir. Maksiller protraksiyonun prensibi, sirkumaksiller sütürler üzerine gerilme kuvvetleri uygulamak ve böylelikle sütür bölgesinde kemik oluşumunu teşvik etmektir (Sung and Baik, 1998).

Bir fikir olarak maksiller protraksiyon ilk önce 1866'da yarık dudak ve damak hastalarında ısırma düzlemi kullanan Norman W. Kingsley tarafından ortaya konulmuştur. Yüz maskesi ilk kez 1875 yılında klinisyen Potpeschnigg tarafından kullanılmıştır (Potpeschnigg, 1885). Neredeyse bir yüzyıl sonra, yüz maskesi kullanımıyla başarılı sonuçlar alan ilk kişi olan Album Oppenheim olmuştur. 1944 yılında Oppenheim, çenelik aparatına yaptığı bazı modifikasyonlar ile tedavi ettiği üç başarılı vakasını yayınlamıştır (Oppenheim, 1944).

1971 yılında Delaire, çenelik cihazını lastikler, sabitlemek için uzantılar ve ön parçalar ekleyerek, modifiye etmiştir. (Delaire, 1971).

Aynı dönemde, Haas yalnızca maksillar genişletme ile maksillanın aşağı ve ileri doğru hareketinin gerçekleştiğini bildirmiştir. Ayrıca mandibulayı rotasyon merkezine göre daha geriye ve aşağıya getirmeyi başarmıştır (Haas, 1970).

Bu bilgiler ışığında yüz maskesinin hızlı maksillar genişletme ile birlikte uygulanmasının başarılı sonuçlar verdiği görülmüş ve hızlı maksillar genişletme yüz maskesi kullanımı öncesinde rutin bir uygulama haline dönüşmüştür (Haas, 1973; Ngan et al., 1996; Turley, 1988).

1973 yılında Dellinger iki maymun üzerinde bir deney yapmıştır. Hızlı damak genişlemesi ve ardından bir yay sistemi vasıtasıyla maksillaya ortalama 2,7 kilogram kuvvet uygulamıştır. Maksillada 7. günün sonunda 2 - 2.8 mm öne doğru büyüme gözlemlenmiştir (Dellinger, 1973).

1977 yılında Kambara karışık veya kalıcı dişlenme döneminde olan 11 maymun ile ekstraoral ileri yönlü kuvvetlerin, dentofasiyal iskeletin büyümesi üzerine etkilerini incelemiştir. Kuvvet aralıklı ve tek tarafta 300 gram olacak şekilde ayarlanmıştır. Maksillanın saat yönünün tersine rotasyonu ve maksiller kompleksin ileri doğru konumlandırılması ile sirkummaksiller sütürlere önemli değişiklik olduğunu belgelemiştir. Histolojik olarak, maymunların sütür bölgesinde kemik birikimini fark etmiştir, ancak birikim miktarı yetişkin maymunlarda genç maymunlardan daha az olduğunu, bu nedenle tedavinin mümkün olduğunca erken başlaması gerektiğini önermiştir. Bununla birlikte, ortopedik terapi ile yapılan bu değişikliklerin stabil olup olmadığı veya iskeletsel nüksetmesinin gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin açık olmadığını belirtmiştir (Kambara, 1977).

1978'de Nanda 9 maymun (6 denek ve 3 kontrol) ile bir deney gerçekleştirmiştir. Denek maymunların üçünün yaşları 32 ile 48 ay arasında diğer 3 maymun ise daimi dişlenmeye geçmiş yetişkinlerden seçilmiştir. Alüminyumdan oluşan cihaz, kranyal kemiklerin periostuna yerleştirilen paslanmaz çelik pimler vasıtasıyla her maymunun başına sabitlenmiştir. Dişlerin oklüzal yüzeyi hariç tüm yüzeyini kapsayan bir splint maksillaya sabitlenmiştir ve 81 - 95 günlük bir süre boyunca 500 gramlık kuvvet uygulanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki midfasiyal kompleks hem büyüme dönemindeki maymunlarda hem de yetişkin maymunlarda sütüral modifikasyon ile öne doğru yer değiştirebilir fakat yer değiştirmenin miktarı yetişkinlerde daha az olmaktadır. Hareketin doğasının kuvvet yönüyle ilişkili olduğu bulunmuştur. Çalışma sütürlarda oluşan moment kuvveti sebebiyle aynı doğrultudaki kuvvetlerin farklı midfasiyal kemiklerde farklı yönlere doğru yer değişikliği oluşturduğunu göstermiştir. Çalışma ayrıca, maksilla rotasyon merkezinin kuvvet uygulama seviyesine göre farklılık gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (Nanda, 1978).

O zamandan beri, hayvanlar ve yüz maskesinin modifikasyonları hakkında birçok çalışma yapılmıştır. 1983'te Petit, Delaire tipi yüz maskesini modifiye etmiştir.

Özünde yüz maskesi çelik bir çubukla birbirine bağlanmış bir alın pedi ve birçene pedinden oluşmaktadır. Ağız içinde bonded hızlı maksiller genişletme aygıtı kullanılmış, maksillaya uygulanan öne doğru kuvvet lastikler yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Tedavi sonuçları maksillanın öne doğru hareketi ve mandibulanın aşağı geri rotasyonu olmuştur (Petit,1983). Petit'in modifikasyonu klinisyenler tarafından bugüne kadar kullanılmaktadır. Çalışmamızda kullanılan yüz maskesi de Petit tipi yüz maskesi temelinde geliştirilmiştir.

Suborbital protraksiyon apareyi Grummons tarafından 1994 yılında geliştirilmiştir. Aparey alından ve zigoma bölgesinden destek almaktadır. Destek alanı çeneden destek alan yüz maskelerine göre daha fazladır ve çeneden destek alan yüz maskelerinde oluşan mandibulanın rotasyonu ve temporomandibular eklem problemleri oluşmamaktadır (Grummons, 1994). 1999 yılında Braun ve arkadaşları kuvvet uygulama noktasını daha yukarılara taşımak amacıyla özel bir aparey geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri apareyde uygulanan kuvvet maksillanın direnç merkezinin üzerinden geçmektedir bunun sonucunda maksillayı saat yönünde döndüren bir moment oluşturulmuş bu da maksillanın arka kısmının gömülmeden ön kısmının aşağı yönlü hareketine imkan tanımıştır.

Alcan ve arkadaşları 2000 yılında destek için sadece alın bölgesini kullanan bir yüz maskesi modifikasyonu tanıtmışlardır. Bu modifikasyonda kuvvet Frankfort horizontal düzlemine paralel olacak şekilde ayarlanmıştır. Aparey çene bölgesine herhangi bir kuvvet uygulamadığından istenmeyen çenelik etkileri oluşturmamaktaydı (Alcan ve ark., 2000).

Maksillanın repozisyonu ile oluşacak kapanıştaki olası açılmanın minimize edilmesi için protraksiyon lastikleri maksiller kaninlere yakın konumlandırılır ve oklüzal düzlemle 30 derece açı yapacak şekilde aşağı ve öne doğru kuvvet uygular. Maksillar protraksiyon için hastanın yaşıyla değişmekle beraber genellikle tek taraflı 300 ile 600 gram arasında kuvvet gereklidir. Hasta yüz maskesinin en az günde 12 saat olacak şekilde kullanılmalıdır (Ngan ve ark., 1997).

Bazı araştırmacılar kuvvet uygulama yönünün sefalometrik analiz neticesinde belirlenmesi gerektiğini savunmaktadırlar. Vertikal maksiller fazlalığa sahip vakalarda kuvvet vektörü mümkün olduğunca oklüzal düzleme paralel olmalıdır. Vertikal

maksiller eksiklik olan hastalarda ise kuvvet vektörü oklüzal düzlemlerle 45 derece açı yapacak şekilde ayarlanmalıdır. Lastiklerin uyguladığı kuvvet tek taraflı 150 gram olacak şekilde başlamalı sonraki 2 randevuda 500 grama ulaşacak şekilde arttırılmalıdır, sonrasında ise bu kuvvet sabit tutulmalıdır. Bu terapi sırasında dentoalveolar hareket ve ortopedik etki meydana geldiğinden hastanın aпараты mümkün olduğu kadar fazla kullanması talimatı verilmelidir. Günde en az 14 saatlik kullanım gereklidir. Amaç 5 milimetrelik bir pozitif overjet oluşturmak ve daha sonra aпаратыn günlük kullanım saatlerini ve kullanılan gün sayısını yavaş yavaş azaltmaktır. Tüm ortopedik düzeltmelerde olduğu gibi, her hastanın tedaviye yanıtı farklı gerçekleşmektedir, ancak genel olarak yüz maskesinin en az 6 ile 12 ay arasında kullanımını beklenmektedir (Ishii et al., 1987; Nanda, 1978; Nanda, 1980; Tanne et al., 1989).

4.1.4.5.1 Yüz maskesi tedavisinde kullanım süresinin önemi ve takibi

Güncel yaklaşım kullanım sürelerinin klinik deneyime dayandığını söylemekle beraber; bir çok yazar yüz maskesinin günde 14 ile 24 saat arasında kullanılmasını önermektedir. Objektif olarak yüz maskesi kullanım süresini ölçebilmek, hastanın uyumunu değerlendirmek ve tedavi protokolünün etkinliğinin belirlenmesi adına hekime yardımcı olur (Bacetti ve ark., 1998; Westwood ve ark., 2003; Nienkemper ve ark., 2015; Masucci ve ark., 2014).

Hastanın takip çıkarabildiği apareylerle yapılan ortodontik tedavilerde başarının kritik bir şekilde hastanın öngörülen kullanım sürelerine uyumuna bağlı olduğu iyi bilinmektedir (3,4,5,14,16 schott2013 / Bartsch ve ark., 1993; Brandao ve ark., 2006; Casutt ve ark., 2007; Lee ve ark., 2008; Miethke ve Wronski,2009). Araştırmacılar uzun zamandır hasta uyumuna dikkat etmekte ve bu konuda araştırmalar yapmaktadırlar. Hasta uyumluluğunun tedavi sonuçları üzerindeki belirleyici etkisine rağmen, klinik uygulamada bireysel uyumu ve kullanım davranışını objektif olarak izlemek uzun yıllar boyu mümkün olmamıştır. Çeşitli kavramlar önerilmiş ve kullanım süresi takibi için ölçüm cihazları geliştirilmiş olsa da kullanımı birkaç araştırma projesini geçmemiştir. (Banks ve Read 1987; Clemmer ve Hayes, 1979; Cole 2002; Cureton ve ark., 1991; Güray ve Orhan 1997; Kyriacou ve Jones 1997; Lyons ve Ramsay, 2002; Mitchell, 1976; Northcutt, 1974; Northcutt, 1975).

Örneğin, Sahm, hareketli bir apareyin ne kadar süre kullanıldığını dikkatlice belgeleyen, bir elektronik sensör sunan ilk kişi olmuştur. Bu teknolojinin ortodonti alanında daha yaygın kullanılmasını engelleyen şey, minyatürleştirme gereksinimlerinin karşılanamaması, ölçümlerin çok karmaşık olması ve mikroelektronikteki gelişmelerin o zaman yeterince ilerlememesiydi ve tabii ki yüksek maliyet de önemli bir etken olarak ortaya çıkmıştır. İki ticari mikroelektronik kullanım süresi izleme ürünü ancak daha yakın geçmişte kullanıma sunulmuştur: Smart Retainer® ve TheraMon®. (Ackerman ve ark., 2009; Sahm, 1990; Schott, 2011)

Mikroelektronik kullanım süresi izleme ürünlerinin hepsinin çalışma mantığı aynı olmakla beraber ufak farklılıklar barındırmaktadırlar. Piyasada zamanında üretilmiş ve hala üretilmekte olan ticari ürünlere Air Aid Sleep, TheraMon, DentiTrac, Smart Retainer örnek verilebilir. Boyutları yaklaşık olarak 12 mm x 8 mm x 4 mm dir,

hareketli apareylerin üretim aşamasında akriliğin içine gömülmek üzere tasarlanmıştır. Ürünlerin hepsinde ortam sıcaklığını ölçen bir ısı sensörü, bunu belirli bir süre kaydedebileceği bir dahili hafıza yongası, raf ömrü boyunca çalışması için güç kaynağı olarak pil ve sonrasında bilgisayar ile iletişim kurmasını sağlayabilmesi adına radyofrekanslı bir verici bulunmaktadır. Ürünler üreticinin belirlediği aralıkta ortam sıcaklığını ölçmekte ve bu veriyi kendi hafızasına kaydetmektedir, TheraMon için bu süre 15 dakikada 1 ölçüm şeklindedir, cihaz dahili hafızasına maksimum 9600 veri satırı kaydı yapabilmektedir, bu da 100 günlük bir kullanım süresi ölçümüne karşılık gelmektedir. Cihazın pil ömrü üretim tarihinden itibaren kullanılsa da kullanılsa da yaklaşık 18 aydır. Cihaz belirlenen sıcaklık aralığında (31,5-38,5 santigrat derece) ortodontik apareyin ağız içinde olduğunu, bu aralık dışında ise apareyin ağız dışında olduğunu varsaymaktadır. Üretici firmalar tarafından ürünlerin hastalar tarafından yanıtlanmayacağı söylene de, cihazların etkinliğinin kıyaslanması için Schott ve arkadaşları tarafından 2010 yılında yapılan in vitro çalışmada cihazın ağız içindeki ortamı taklit etmesi adına 35 santigrat dereceye ısıtılmış bir su banyosunda tüm ürünlerin pozitif sonuç verdiği görülmüştür (Schott ve Göz., 2010; Schott ve Ludwig, 2014; Stocker ve ark., 2016; Kirshenblatt ve ark., 2018).

2016 yılında Stocker ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada TheraMon cihazı yüz maskesinin alın bölgesine entegre edilmiştir. Cihaz yaygın olarak intraoral kullanıldığından 31,5-38,5 santigrat derece olan eşikler yazılımda 26-37 santigrat derece olarak ayarlanmıştır. Yazar sensörün doğru çalışabilmesi için yapılan bu ayarların oda sıcaklığına çok yakın olduğunu ve bu tip bir kullanımın sadece belirli sıcaklıktaki bölgelerde başarılı sonuçlar verebileceğini belirtmiştir. (Stocker ve ark., 2016) Makaledeki grafikler incelendiğinde ortam sıcaklığının 15 santigrat derecenin altında olduğu gözlemlenmektedir.

Yapılan bu uyumlamalar haricinde, ekstraoral apareylerde kullanmak için özel olarak geliştirilen bir cihaz bulunmamaktadır.

5. GEREÇ VE YÖNTEM

5.1 Gereç

5.1.1 Prototipin üretilmesi

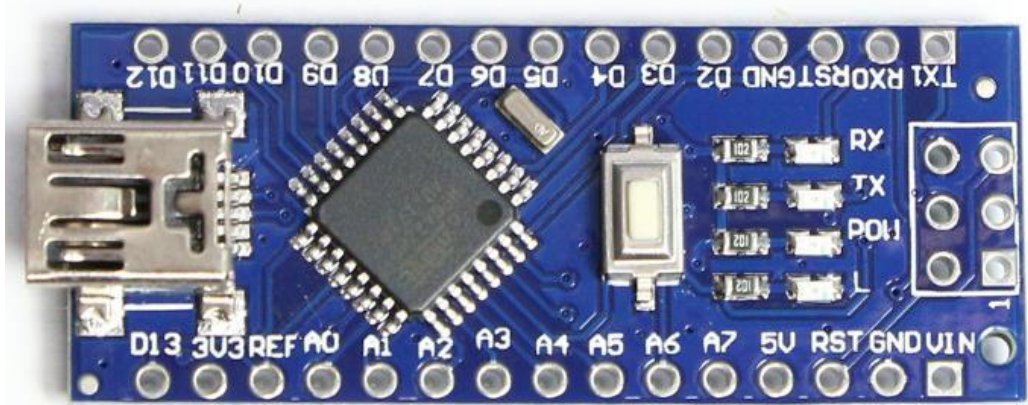
Yüz maskesi kullanımını takip ve kayıt etmek amacıyla geliştirdiğimiz cihazdan beklentimiz, hastanın yüz maskesini gün içerisindeki kullanım süresini hekime doğru bir şekilde aktarmasıydı.

Petit tipi yüz maskesinin alın bölgesine ilgili tüm elektronik elemanların ve sensörlerin yerleştirilmesi planlanmıştır.

Prototipimizde yüz maskesinin kullanımda olup olmadığını belirlemek amacıyla hem ısı hem basınç hem de hareket sensörlerinden faydalanarak hata payını ve suistimali minimize indirmek amaçlanmıştır.

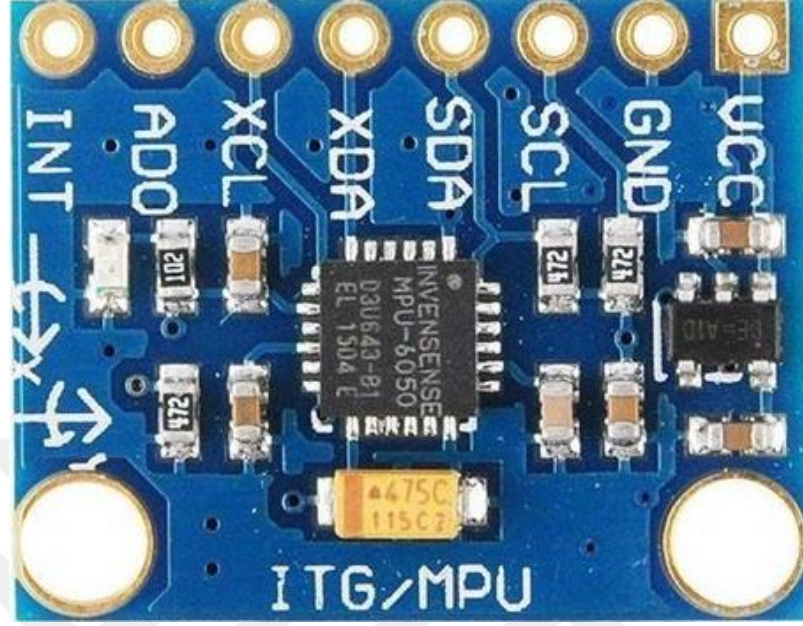
Ayrıca elde edilen bu verilerin kayıt altına alınması ve kontrol seanslarında hekimin kolay ulaşabileceği ve analiz edebileceği şekilde saklanması gerekmektedir.

Prototipimizin temeli ATmega 32U4 (Atmel Corporation, USA) mikrodenetleyicisi barındıran Arduino Nano (Arduino, USA) devresi baz alınarak planlanmıştır (Resim 1).



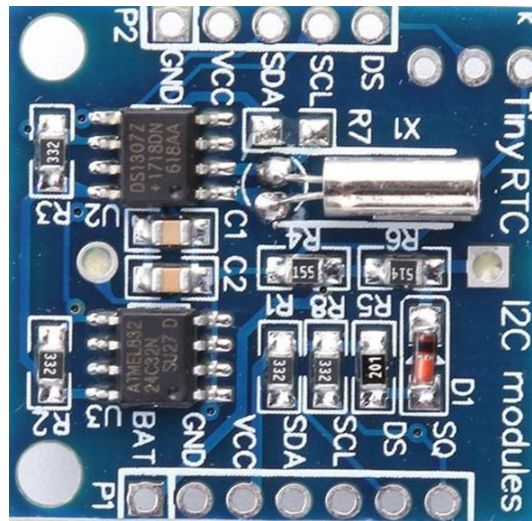
Resim 1: Arduino Nano

Hareket verileri içinse üç eksenli jiroskop ve üç eksenli ivmeölçer özelliğine sahip MPU6050 modülü kullanılmıştır (Resim 4).



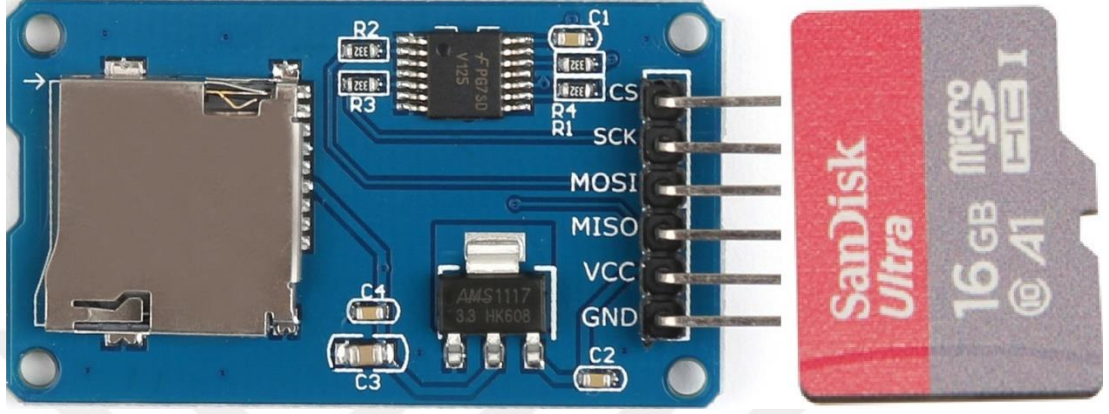
Resim 4: MPU6050 Modülü

Prototipimizin temelini oluşturan Arduino Nano denetleyicisinin dahili bir gerçek zamanlı saat modülü olmadığından verilerle beraber günlük tarih, saat ve dakika bilgilerinin de kaydedilebilmesi amacıyla DS1307 gerçek zamanlı saat modülü prototipimize eklenmiştir (Resim 5).



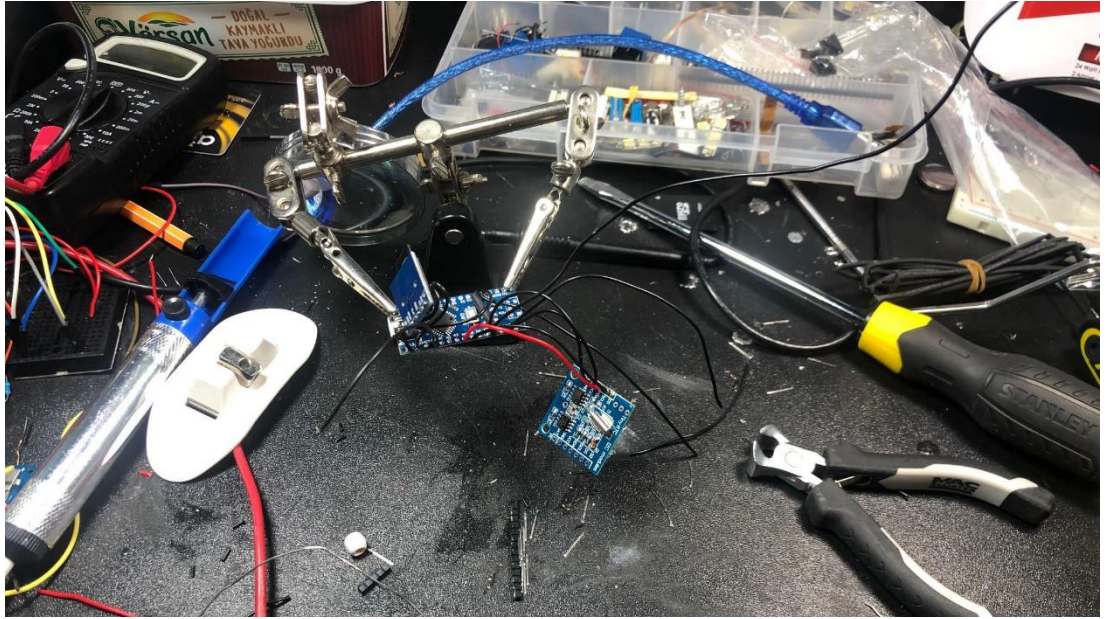
Resim 5: DS1307 Gerçek Zamanlı Saat Modülü

Son olarak tüm bu verilerin kaydedilmesi amacıyla SPI (Serial Peripheral Interface) protokolü üzerinden mikro SD (Secure Digital) kartlara okuma ve yazma yapabilme yeteneğine sahip modül ve modüle takılı 16GB (Gigabayt) kapasiteye sahip Mikro SD kart kullanılmıştır (Resim 6).

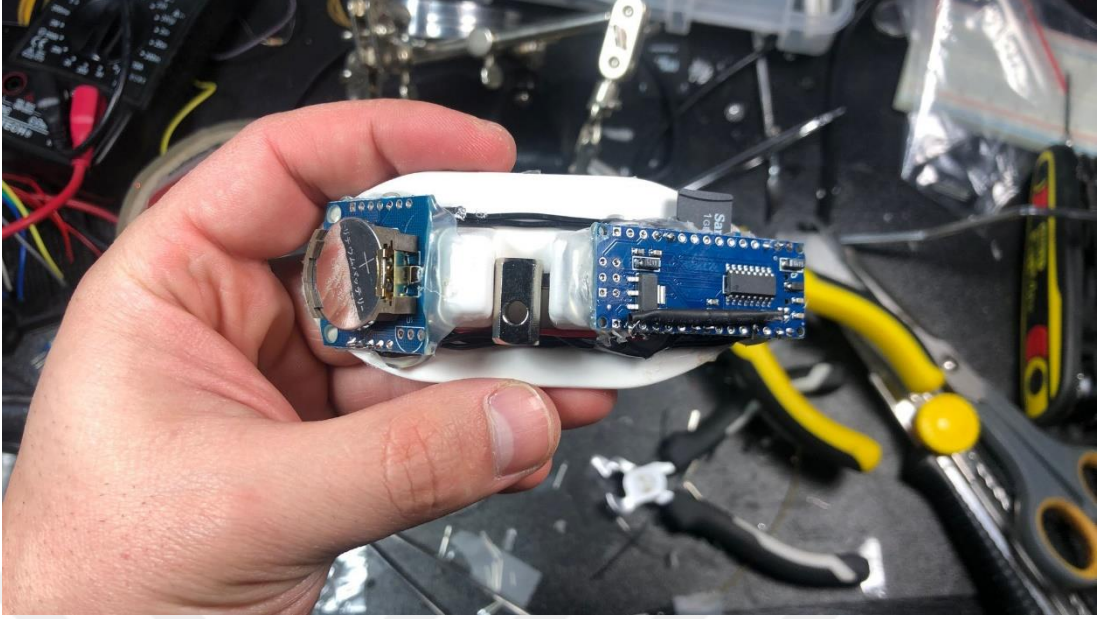


Resim 6: Mikro SD kart modülü ve mikro SD kart

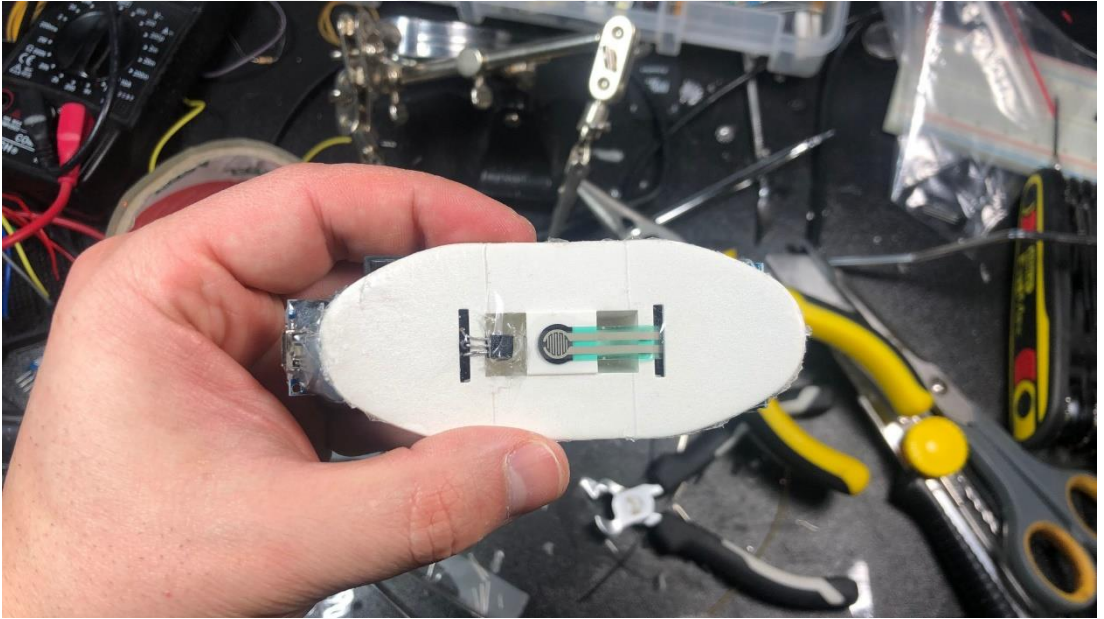
İlgili tüm elektronik donanımların birbiri ile bağlantıları tarafımda yapılmış sonrasında da bu donanımların çalışabilmesi amacıyla yine tarafımda gerekli kodlar yazılıp Arduino 1.8.6 (Arduino, USA) programı kullanılarak ilgili kodlar mikrodenetleyiciye yüklenmiştir (Resim 7, Resim 8, Resim 9, Resim 10).



Resim 7: İlk prototipin devrelerinin bir araya getirilmesi



Resim 8: Modüllerin yüzeye yerleştirilmesi



Resim 9: Alın bölgesindeki basınç ve sıcaklık sensörü



Resim 10: İlk kodların mikrodenetleyiciye yüklenmesi

Yazılan kodlar neticesinde mikrodenetleyici 1 dakikalık aralıklarla tüm sensörlerden gelen yorumlanmış bilgileri, cihazın yüz maskesinin kullanımda olup olmadığıyla ilgili kararını ve gerçek zamanı içeren veriyi mikro SD kartta oluşturduğu Log dosyasına satır satır kaydetmektedir. Bu sayede SD kart bilgisayara takıldığında her dakika için yüz maskesi kullanımını yorumlanabilmektedir.

SD karttaki veriler tarafımda formüle edilmiş Excel (Microsoft, USA) tablosuna aktarıldığında, hastanın tedavi süresi boyunca apareyi hangi gün ne kadar süre takıp takmadığı belirlenebilmekte bunlarla ilgili grafikler oluşturulabilmektedir.

Deney öncesi gerçekleştirilen hazırlık ve kalibrasyon döneminde, sensörlerde okunan ham verilerin hangi koşullarda mikrodenetleyici tarafından pozitif ya da negatif olarak yorumlanması gerektiği ile ilgili kodlar revize edilmiş, donanımlarda geliştirmeler yapılmıştır.

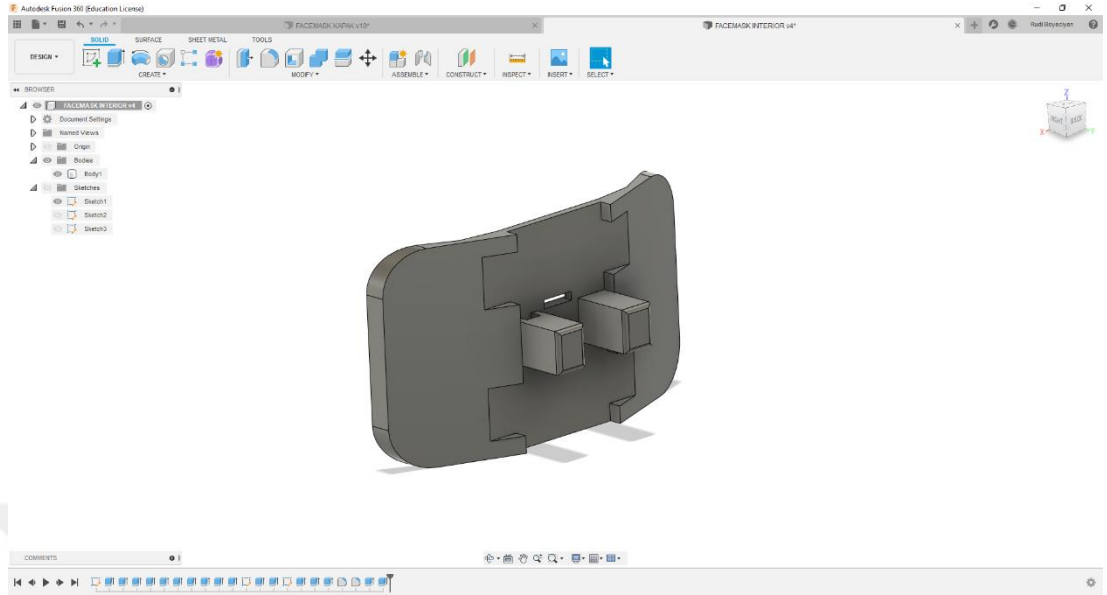
Basınç sensörü belirlenen eşik değerini aştığında yüz maskesinin takılı olduğuna dair pozitif değer vermektedir.

2 adet olan sıcaklık sensörlerinden ilki yüz maskesinin altına temas eden yüzeyine diğeri ise dışarı doğru yerleştirilmiş durumdadır. İçteki sensör ile dıştaki sensör arasındaki sıcaklık farkı 2 santigrat dereceden fazla olduğu durumlarda, sıcaklık sensörü yüz maskesinin takılı olduğuna dair pozitif değer vermektedir.

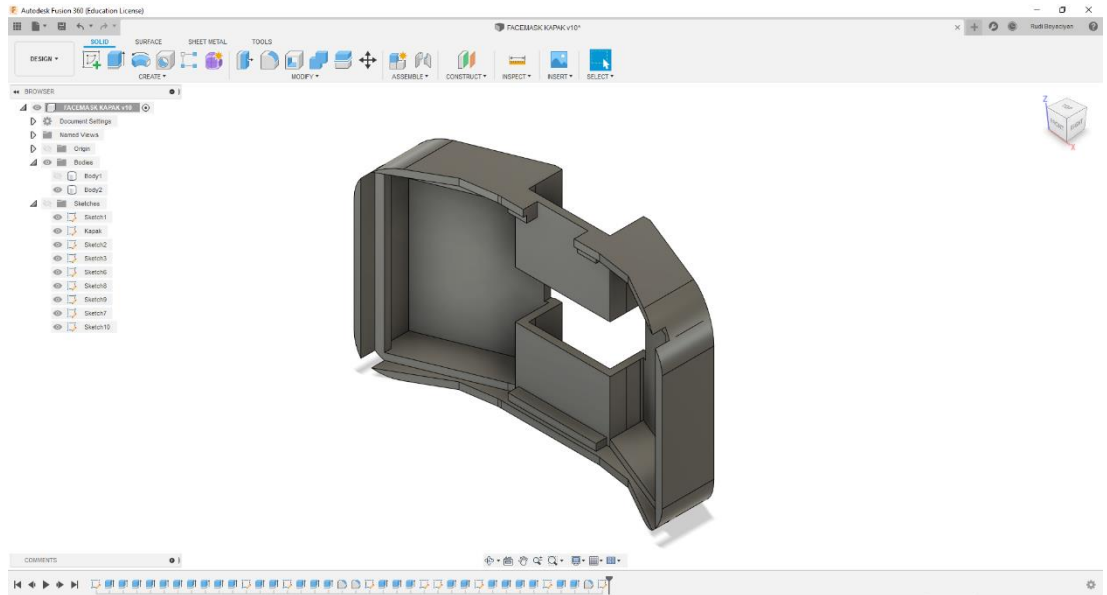
Gerçek hayattaki kullanıma uygun olmasa da hareket sensörü yüz maskesinin dik konumda olduğu durumlarda pozitif değerler vermekte, yatay konumda ise negatif değer vermektedir.

Bahsi geçen tüm elektronik donanım prototipimizin birinci versiyonunda özel bir yüzey oluşturulmadan hali hazırda kullanılmakta olan Petit tipi yüz maskesinin üstüne yapıştırılarak oluşturulmuştur. Gerekli denemeler yapıp başarılı sonuçlar alındıktan sonra yüz maskesinin alın bölgesinin tamamının yerini alacak bir model tarafımda Autodesk Fusion 360 (Adobe, USA) programı kullanılarak tasarlanmış ve şahsıma ait Creality Ender 3 (Creality, USA) marka 3 boyutlu yazıcı kullanılarak üretilmiştir. Bu tasarımda tüm elektronik donanım ve sensörler için gerekli boşluklar planlanmış, tüm devreler gizli, korunaklı ve ulaşılamaz hale getirilmiştir (Resim 11, Resim 12, Resim 13, Resim 14).

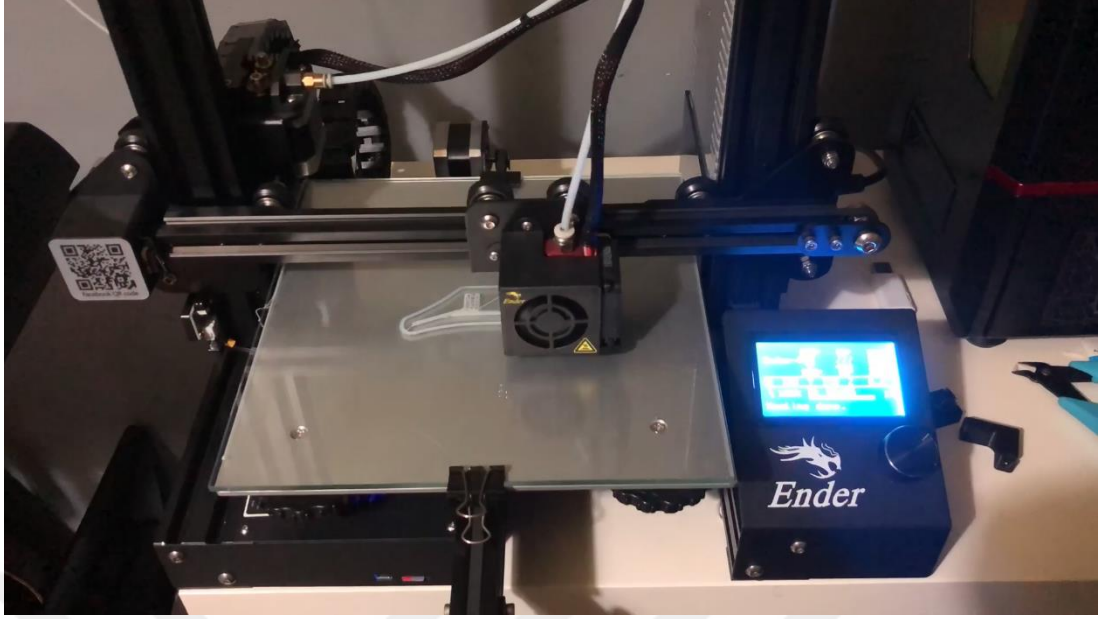
Petit tipi yüz maskelerinde alın bölgesinin bağımsız olarak ayrılabilmesi sebebiyle ürettiğimiz cihaz herhangi bir yüz maskesinin alın parçasının yerine takılarak kullanılabilir özelliktedir (Resim 15, Resim 16).



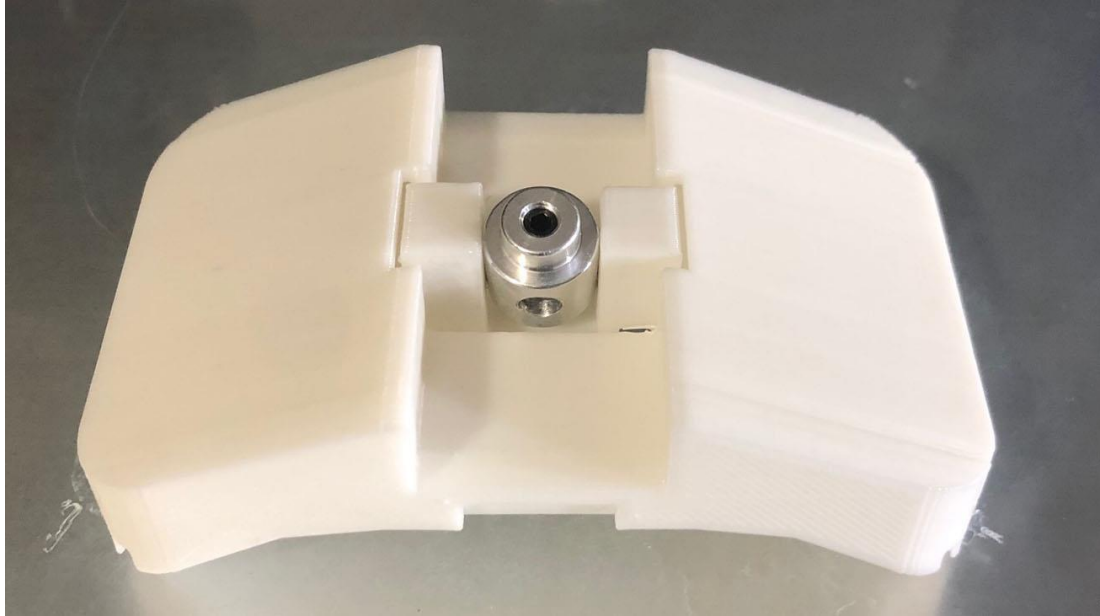
Resim 11: İç parçanın 3 boyutlu tasarım aşaması



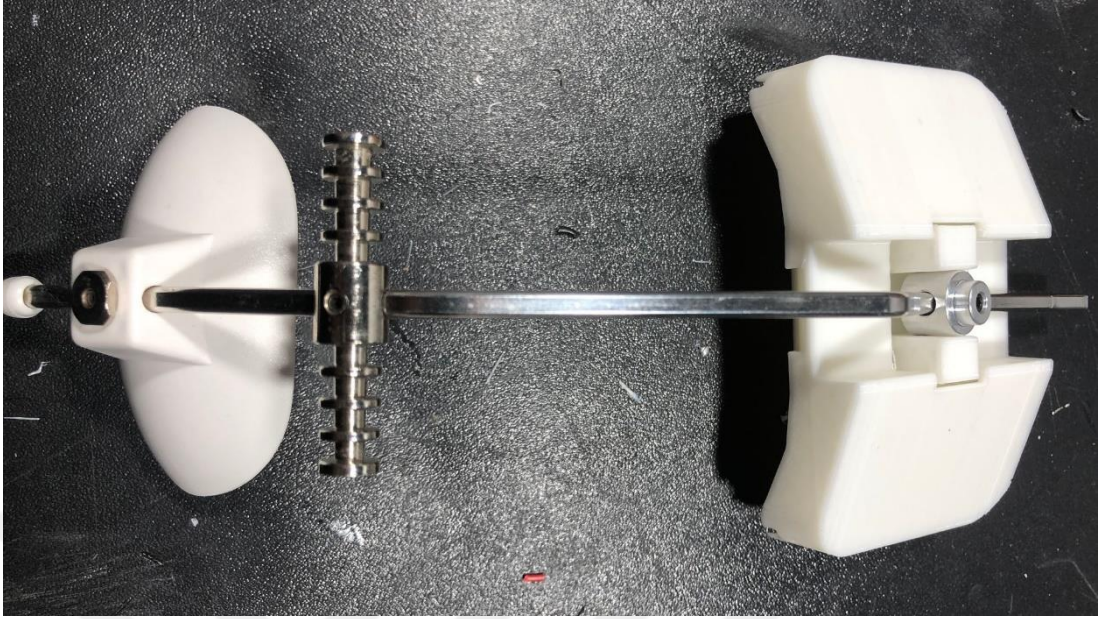
Resim 12: Kapağın 3 boyutlu tasarım aşaması



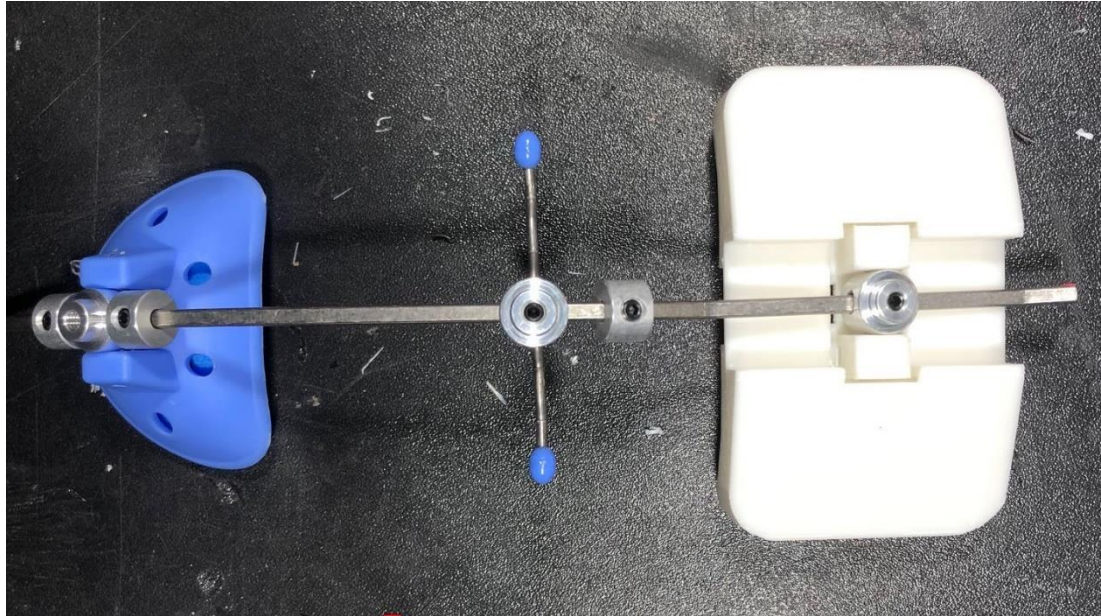
Resim 13: Parçaların 3 boyutlu yazıcı ile üretim aşaması



Resim 14: Üretilen iç parça ve kapağın birleştirilmesi



Resim 15: Yüz maskesine cihazın montajı



Resim 16: Farklı bir yüz maskesine cihazın montajı

5.1.2 Deney düzeneğinin oluşturulması

Ürettiğimiz cihaz, basınçla birlikte sıcaklık değerlerini de kaydettiğinden deney düzeneğimizde insan kafasını taklit edecek yapının vücut sıcaklığında olması gerekmektedir.

Deney düzeneği oluşturma aşamasında insan kafasını taklit etmesi amacıyla plastik peruk mankeninden faydalanılmıştır.

Yüz maskesinde kullanılan lastiklerin bağlanabilmesi için plastik modelde ilgili bölgeye metal kancalar yerleştirilmiştir. Kancalardan yüz maskesine 14 oz 1/2 inç lastikler kullanılmıştır.

Mankenin tepe bölgesinde sıvı kontrolünün yapılabilmesi ve ısıtıcı yerleştirilebilmek amacıyla bir delik açılmıştır.

Mankenin tabanı, iç taraftaki boşluğun ve kancaların yerleştirildiği bölgenin soğuk silikon ile izolasyonu yapılmış ve içi su ile doldurulmuştur.

Vücut ısısını taklit etmesi açısından su deney süresince termostatı modifiye edilmiş 50 watt'lık bir akvaryum ısıtıcısı tarafından 36,5 santigrat derece sıcaklıkta sabit tutulmuştur.

Zamanla buharlaşan suya günlük kontroller çerçevesinde eklemeler yapıp sensörün bulunduğu alın bölgesinin her zaman ısınmış su ile temasta olup olmadığının kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Düzenek deney için kullanılmadan önce 1 hafta boyunca su sızdırmazlığı kontrol edilmiştir. Yine aynı süre içerisinde suyun buharlaşma miktarı belirlenmiş ve bu miktara göre uygun olacak şekilde yukarıda belirtilen şekilde deney boyunca su eklemesi yapılmıştır.

5.1.3 Deney öncesi hazırlık, kalibrasyonlar ve değişiklikler

Deney düzeneği olarak kullanılan plastik peruk mankeninin su sızdırmazlığı ve modifiye edilen akvaryum ısıtıcısının içerisindeki suyu 36,5 derecede tutabilme yeteneği 1 hafta boyunca test edilmiştir.

Farklı boyut ve markalardaki kuvvete duyarlı sensörler denenmiş ve içlerinden en uygun olan küçük çaplı dairesel sensör seçilmiştir. Çeşitli kuvvetlerdeki ekstraoral ortodontik lastiklerle denemeler yapılarak sensörün hangi değerlerde pozitif sonuç vereceğiyle ilgili kalibrasyonlar yapılmıştır.

Sıcaklık sensörünün başlangıçta 1 adet olması düşünülmüş ve bunun yüz maskesinin altına temas eden yüzeye konumlanması planlanmıştır. Okunan verilerin yorumlanmasıyla ilgili sırasıyla aşağıdaki kodlamalar denenmiş ve belirtilen sorunlarla karşılaşılmıştır.

İlk olarak sensörün sıcaklık değeri belirli aralıklardayken pozitif değer vermesi altında olduğu durumlarda negatif değer vermesi denenmiş fakat sıcaklık sensörlerinin çalışma mantığı gereği yüzeyin sıcaklığını değil de kendi dış kabuğunun sıcaklık değerini gösterdiğinden ısınana kadar geçen sürelerde negatif yanıt verdiği, bir başka deyişle gecikmeli cevap verdiği görülmüştür. Ayrıca kısa periyotlarla yüz maskesinin takılıp çıkarıldığı durumlarda sensörün ısınacak hiç vakti olmadığından düzenli olarak hatalı negatif yanıt verdiği görülmüştür ve bu sebeple bu kodlamadan vazgeçilmiştir.

İkinci olarak sensörün kabuğunun belirlenen aralığa kadar olan ısınma süresinin yarattığı gecikmeyi yok edebilmek adına kodlama satırına belirlenen aralığa ulaşmasa da önceki ortalamasının üstüne çıktığı değerlerde pozitif sonuç vermesi, sıcaklık değerinin hızla düştüğü durumlarda ise negatif sonuç vermesi komutları eklenmiştir. Sensörün bu kodlaması ile cihaz 4 gün boyunca denenmiş veriler tek tek incelenmiş korelasyon testi yapılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda sensörün gerçek kullanım süresiyle korele veriler vermesine rağmen özellikle çok fazla hatalı pozitif sonuç verdiği görülmüştür. Bu durumun ortam sıcaklığındaki değişimler sebebiyle olduğu düşünülmüştür.

Yukarıda belirtilen olumsuzluklar sebebiyle sıcaklık sensörü sayısının biri alın bölgesinde diğeri de ortam sıcaklığını ölçecek şekilde dışarı dönük konumlanmış olarak, ikiye çıkarılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu sayede sensörden gelen verilerin yorumlanmasındaki başarı oranı yükseltilmiştir.

Bahsi geçen tüm kalibrasyonlar ve denemeler yapıldıktan sonra cihaz deneyin yapılabilmesi için hazır hale gelmiştir.

5.2 Deney

Deneyimizin amacı ürettiğimiz cihazın güvenilirliğini ölçmektir. Bu sebeple ürettiğimiz cihaz deney düzeneğinde hasta kullanımı taklit edecek şekilde denenmiştir.

Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilimdalı'nda sadece bölüm asistanları tarafından girilebilen bir odaya deney düzeneği kurulmuş, asistanlar tarafından yüz maskesinin takılıp çıkarılması istenmiştir. Asistanlar her takma ya da çıkarma işleminde ilgili takip formunu (Tablo 1) doldurmuşlardır. Formda takma ya da çıkarma işlemi yapan her bir hekim tarafından yapılan işlem, işlemin yapıldığı gün, saat ve dakika not edilmiştir, son olarak işlemi yapan her doktor ilgili satıra kendi adını not etmiştir. Deney 5 kişi ile gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğinin tam karşısına cihaz ile kalibre edilmiş bir dijital saat koyularak, forma yazılan zaman ile gerçek zaman arasında fark olması engellenmiştir. İlgili deney 3 ay boyunca gerçekleştirilmiştir. Deney süresince haftasonu ve resmi tatiller hariç her gün yüz maskesi erişilebilir durumda tutulmuştur, bahsi geçen günlerde ve mesai saatleri dışında odanın kapısı kilitlenmiş fakat yüz maskesi önceki konumunda bırakılmış ve cihaz ölçüm yapmaya devam etmiştir. Deney süresinde üretilen cihaz plansız şekilde 4 kere yere düşürülmüş ve bu durum forma not edilmiştir. 3 ayın sonunda cihaz ve formlar toplanmış verilerin incelenmesi aşamasına geçilmiştir.

Tablo 1: Takip formu

IN-VITRO DEĞERLENDİRME TAKİP FORMU				
TARİH	SAAT	TAKILDI	ÇIKARILDI	DR

6. BULGULAR

6.1 Kayıtların İncelenmesi, Yorumlanması ve İstatistiksel Analizler

Deney öncesi hazırlık aşamasında cihaz tarafımdan test edilmiş ve yaklaşık 4,5 günlük veri kaydı incelenmiştir. Dakikada 1 ölçüm yapan cihaz 5989 adet ölçüm yapmıştır. Cihazdaki SD karttan alınan veriler; forma yazılan veriler ile, hem sensör bazında tek tek hem de cihazın yüz maskesinin takılı olup olmadığını belirlediği yorum verisiyle kıyaslanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler doğrultusunda verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiş ve Spearman's rho korelasyon analizi (Tablo 2) yapılmıştır.

Tablo 2: İlk deneme verilerinin korelasyon analizi

İLK DENEME VERİLERİ KORELASYON ANALİZİ

		FORM	CİHAZ	KUVVET	SICAKLIK	HAREKET
FORM	Correlation Coefficient	1,000	,987**	,996**	,510**	,935**
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	5989	5989	5989	5989	5989
CİHAZ	Correlation Coefficient	,987**	1,000	,982**	,518**	,948**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	5989	5989	5989	5989	5989
KUVVET	Correlation Coefficient	,996**	,982**	1,000	,507**	,931**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	5989	5989	5989	5989	5989
SICAKLIK	Correlation Coefficient	,510**	,518**	,507**	1,000	,480**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000		0,000
	N	5989	5989	5989	5989	5989
HAREKET	Correlation Coefficient	,935**	,948**	,931**	,480**	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	5989	5989	5989	5989	5989

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Yapılan korelasyon analizi neticesinde sıcaklık sensörü ile form verisi arasında orta şiddette korelasyon diğer tüm sensörlerle form verisi arasında çok yüksek korelasyon olduğu görülmüştür.

Sıcaklık sensörünün diğer sensörlere göre daha başarısız olduğu, hatalı pozitif değerlerin çok fazla olduğu ve bununla beraber tepki süresinin uzunluğundan kaynaklı hatalı negatif sonuçlar verdiği görülmüş bu sebeple daha önce anlatıldığı şekilde sensör sayısı ikiye çıkarılmış ve çalışma prensibi tümüyle değiştirilmiştir.

Sıcaklık sensöründe yapılan değişikliklerle beraber cihazın sensörlerden gelen bilgileri yorumlayarak oluşturduğu cihazın takılıp takılmadığına dair yorum verisi formülü de güncellenmiştir.

İlk deneme ile deney arasında en az değişikliğe uğrayan ise kuvvet sensörü ve onu ilgilendiren kod satırları olmuştur.

Deney sonunda toplanan veriler ve formlar incelendiğinde ise 3 aylık bir süreç sonunda cihaz dakikada 1 kez olacak şekilde 129600 kez ölçüm yapmıştır. Deney süresince yüz maskesi 81.526 dakika boyunca takılı kalmış, 48.074 dakika boyunca ise takılı olmayan halde durmuştur. Bu süreç içerisinde takılı olma ya da olmama durumu 95 kez değişime uğramıştır.

Bu ölçümler içerisinde cihaz hiç hatalı negatif ölçüm yorumu yapmamış sadece 18 kere hatalı pozitif yorum (Tablo 3) yapmıştır bu da 10.000'de 2'den daha az bir hata payı ortaya çıkarmıştır.

Kuvvet sensörü 242 hatalı sonuç vermiş bunların 206 tanesi hatalı pozitif 36 tanesi ise hatalı negatif şeklinde olmuştur. Bu sonuçlar ile en güvenilir veriyi sağlayan sensörün kuvvet sensörü olduğu görülmüştür.

Sıcaklık sensörü 366 hatalı sonuç vermiş bunların 241 tanesi hatalı pozitif 125 tanesi hatalı negatif olmuştur.

Hareket sensörü ile ilgili verileri in-vitro bir çalışmada yorumlamak çok doğru olmasa da 396 kez hatalı sonuç vermiş bunların 394 tanesi hatalı pozitif, 2 tanesi ise hatalı negatif olmuştur.

Cihazın yüz maskesinin takılı olup olmadığını yorumlaması; 3 sensörden en az 2 tanesinin pozitif sonuç verdiği durumlarda pozitif, 3 sensörden en az 2 tanesinin negatif sonuç verdiği durumlarda ise negatif şeklindedir. Bu sebeple hatalı negatif sonuç verme miktarı yok denecek kadar az olan hareket sensörü varlığında cihaz hiç hatalı negatif sonuç vermemiştir.

Tablo 3: Form verisi ile sensör verisi arasındaki farklı sonuçlar

HATALI SONUÇLAR

	CİHAZ	KUVVET	SICAKLIK	HAREKET
HATALI POZİTİF	18	206	241	394
HATALI NEGATİF	-	36	125	2
TOPLAM	18	242	366	396

Deney sonunda; cihazdaki mikro SD karttan alınan veriler; forma yazılan veriler ile, hem sensör bazında tek tek hem de cihazın yüz maskesinin takılı olup olmadığını belirlediği yorum verisiyle kıyaslanmıştır. Yapılan istatistiksel analizler doğrultusunda verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiş ve Sperman's rho korelasyon analizi (Tablo 4) yapılmıştır.

Tablo 4: Deney verilerinin korelasyon analizi

DENEY VERİLERİ KORELASYON ANALİZİ

		FORM	CİHAZ	KUVVET	SICAKLIK	HAREKET
FORM	Correlation Coefficient	1,000	1,000**	,996**	,994**	,993**
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,000	0,000
	N	129600	129600	129600	129600	129600
CİHAZ	Correlation Coefficient	1,000**	1,000	,996**	,994**	,994**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,000	0,000
	N	129600	129600	129600	129600	129600
KUVVET	Correlation Coefficient	,996**	,996**	1,000	,990**	,990**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,000	0,000
	N	129600	129600	129600	129600	129600
SICAKLIK	Correlation Coefficient	,994**	,994**	,990**	1,000	,987**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000		0,000
	N	129600	129600	129600	129600	129600
HAREKET	Correlation Coefficient	,993**	,994**	,990**	,987**	1,000
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000	0,000	0,000	
	N	129600	129600	129600	129600	129600

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Yapılan korelasyon analizi neticesinde tüm sensörlerle form verisi arasında çok yüksek korelasyon olduğu görülmüştür. Yine tüm sensörler verilerinin birbirleri arasında da çok yüksek korelasyon olduğu görülmüştür.

İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics Version 25.0 kullanılmıştır.

7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yüz maskesi ve diğer ekstraoral ortopedik apareylerin kullanım süreleri hem tedavinin başarısı açısından hem de bu apareylerle yapılan çalışmaların doğruluğu açısından çok önemli olsa da, günümüz teknolojisinde bile hala tam anlamıyla bu süreleri başarı ile ölçebilen bir ticari ürün bulunmamaktadır. Hastaların veya velilerin beyan ettiği kullanım süreleri yanıltıcı olabilmektedir, kliniğimizde de sıklıkla karşılaştığımız bu soruna bir çözüm bulunabilmesi adına ortaya çıkan bu fikir, çalışmamız ile hayata geçirilmiştir.

Çalışmamızın limitasyonları arasında en önemlisi geliştirdiğimiz cihazın pille değil de dışarıdan bir güç kaynağı ile çalışmasıydı bunun sebebi prototipimizde sadece mikrodenetleyiciden oluşacak kendi özel PCB (Printed Circuit Board) devremizi tasarlayacak vaktimiz olmamasıydı. Prototipimizin güç tüketimi tasarruf modunda 3 voltta saatte 3 mili amper şeklinde ölçülmüştür, 2 adet 2700 mAH (mili amper / hour) AAA boy pil ile ideal koşullar altında yaklaşık bir ay dayanım gösterebilmektedir.

Cihazımızın temelini oluşturan Arduino Nano devresinde bizim kendi cihazımızda kullanmadığımız bir çok güç tüketen özellik ve eleman bulunduğundan, kendi tasarımı bir PCB ile bu tüketimin ciddi oranda azaltılabileceği hesaplanmıştır. Ayrıca çevre elektronik donanımlarda da ihtiyacımız olmayan ve enerji tüketen geri bildirim LED'leri (Light Emission Diode) devre dışı bırakılarak enerji tüketimi ile ilgili tasarrufumuz artırılabilir durumdadır. Tüm bunlar göz önüne alındığında 3 aylık bir pil ömrü ile seanslar arasında pilin değiştirilmesiyle başarılı bir sonuç alınabilir. TheraMon (IFT Handels und Entwicklungsgesellschaft GmbH, Handelsagentur Gschladt, Hargelsberg, Austria), AIR AID SLEEP (AIR AID GmbH & Co. KG, Frankfurt, Germany) and DentiTrac (Braebon Medical Corporation, Kanata, Canada) gibi benzer kullanım süresi ölçen cihazların pil süresi daha uzun olsa da bu cihazların, AIR AID SLEEP ve Theramon için 100 günlük DentiTrac içinse 180 günlük bir kayıt kapasitesi vardır (Kirshenblatt ve ark. 2018). Ayrıca bu cihazlar sadece sıcaklık verisini kaydetmekte ve yanılmaya çok elverişli durumdadır. Sıcak suyun içerisinde bekletilen sensörlerin hatalı pozitif sonuç vereceği aşıkardır. Suistimali bir kenara bırakır isek ağız içinde başarılı sonuçlar veren bu sensörler ağız dışında sıcaklık değişikliklerine fazlasıyla maruz kalmaktadırlar. Bu sebeple tek yönlü

bir ölçüm yanıltıcı olabilmektedir. Bu sensörleri ekstraoral apareylerde kullanılan tüm çalışmacılar da ortam sıcaklığının sebep olduğu limitli kullanım alanından bahsetmişlerdir.

Piyasadaki bu eksiklik üzerine ürettiğimiz cihazımız yaptığımız deneyde umut vadeden sonuçlar vermiştir. Fakat ürünümüzün hekimlerin kullanımına uygun hale gelebilmesi için kat etmesi gereken daha çok yol olduğu ortadadır. Cihaz in-vivo çalışmalar öncesinde daha gelişmiş deney düzenekleri üzerinde kapsamlı çalışmalar ile geliştirilmeye devam edilmelidir. PCB tasarımı ve üretimi yapıp güç tüketimi düşürülüp en önemli limitasyonlarımızdan olan pilli kullanımdaki etkinliği ölçülmeli ve en azından 3 ay boyunca sorunsuz çalışabilecek hale getirilmelidir. Nihai ürün haline getirildikten sonra da gerekli sertifikalara başvurulmalı ve kapsamlı bir in-vivo çalışma ile etkinliğini ispatlamalıdır.

Sonuçlar incelendiğinde diğer sensörlere kıyasla hareket sensöründe hatalı negatif sonuçların bu kadar az olmasının sebebi, yorumlama kodlarının sensörden gelen veriler doğrultusunda dikey konumda olduğu durumlarda pozitif sonuç vermesidir. Deney düzeneği deneyin başından sonuna kadar dik konumda olduğundan bu sensörle ilgili kodlamaların in-vivo bir çalışmada düzenlenmesi ihtiyacı kaçınılmazdır.

Hareket sensörü, hem açısal konumu hem de her yönündeki ivmelenmeyi algılayabilme özelliğinde sahip olduğundan, yorumlama için dikkate alınmasa da sensör tarafından kaydedilen ham veriler incelendiğinde deney süresince gerçekleşen 4 kez yere düşme esnasında yüksek ivme değerleri kaydedilmiş ayrıca her takma çıkarma esnasında yine hareket kaynaklı ivmelenmeler kaydedilmiştir. Cihazın takılı olduğu ve kenarda durduğu sürelerde de sensör hareketsizlik verisi sunmuştur. Bu durum göstermiştir ki sensörün potansiyeli tam olarak kullanılır ve gelen veriler mikrodenetleyici tarafından farklı kombinasyonlar ile yorumlanırsa in-vivo bir çalışmada da başarılı bir sonuç alınabilir.

Deney düzeneğimizde hatalı negatif sonuç verme miktarı yok denecek kadar az olan hareket sensörü varlığında cihaz da yorumlamalarında hiç hatalı negatif sonuç vermemiştir. Yukarıda da bahsedildiği üzere deney düzeneğinin hep dikey konumda olması, in-vivo koşullarda bu durumun sıklıkla değişeceği bu sebeple de cihazın in-vivo çalışmalar sonucunda geliştirilmeye hala ihtiyacı olduğu aşıkardır.

Bu kısa sürede bile bir çok olumsuzlukla karşılaşmış ve bunlarla ilgili olarak geliştirmeler yapılmış hala da yapılmaya devam edilmektedir.

Sonuçlar ürettiğimiz cihazın sadece bir prototip olmasına rağmen çok yüksek doğruluk oranı ile çalıştığını göstermektedir. Fakat bunun in-vitro bir çalışma olduğu unutulmamalı bir çok kez değinildiği üzere bu in-vitro koşulların özellikle hareket sensörünü lehine olduğu gözden çıkarılmamalıdır.

Cihazın önündeki bu uzun yolda küçük de olsa başarılı bir adım atılmıştır.



8. KAYNAKLAR

Abdullah RT, Kuijpers MA, BergeSJ, Katsaros C. Steiner cephalometric analysis: predicted and actual treatment outcome compared. *Orthod Craniofac Res.* 2006; 9(2), 77-83.

Ackerman MB, McRae MS, Longley WH. Microsensor technology to help monitor removable appliance wear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009; 135:549-551.

Adams JW. Cephalometric studies on the form of the human mandible. *Angle Orthod.* 1948; 18:8.

Alcan T, Keles A, Erverdi N. The effects of a modified protraction headgear on maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117(1), 27-38.

Angle EH. *Treatment of malocclusion of the teeth.* 7th ed. Philadelphia. 1907; S.S. White Manufacturing Company

Arnett GW, Bergman RT. Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 103(4), 299-312.

Asano T. The effects of mandibular retractive force on the growing rat mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986; 90(6), 464-474.

Baccetti T, McGill JS, Franchi L, McNamara JA Jr, Tollaro I. Skeletal effects of early treatment of Class III malocclusion with maxillary expansion and face-mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;113:333-43.

Banks PA, Read MJ. An investigation into the reliability of the timing headgear. *Br J Orthod* 1987; 14:263-267.

Barnett DP. Variations in the soft tissue profile and their relevance to the clinical assessment of skeletal pattern. *Br J Orthod.* 1975; 2(4), 235-238.

Bartsch A, Witt E, Dietz I. The clinical and psychological indicators of behavior in wearing a removable appliance. *Fortschr Kieferorthop* 1993; 54:119–128

Bishara SE., Fahl JA, Peterson LC. Longitudinal changes in the ANB angle and Wits appraisal: clinical implications. *Am J Orthod.* 1983; 84(2), 133-139.

Bjork A. The face in profile. Lund,: Berlingska boktr. 1947.

Bourdet. Cited by Hellman' 20 *Orthodontia: its origin, evolution and culmination as a specialty.* *Dent. Cosmos.* 1737; 62: 14.

Brandao M, Pinho HS, Urias D. Clinical and quantitative assessment of headgear compliance: a pilot study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129:239-244.

Burstone C. The integumental profile. *Am J Orthod.* 1958; 44:1-25.

Case C. Dental orthopedic and prosthetic correction of cleft palate. C. S. Case Co., Chicago. 1921.

Casutt C, Pancherz H, Gawora M. Success rate and efficiency of activator treatment. *Eur J Orthod* 2007; 29:614-621.

Clemmer EJ, Hayes EW. Patient cooperation in wearing orthodontic headgear. *Am J Orthod* 1979; 75:517-524.

Cohen MM Jr, Kreiborg S. Birth prevalence studies of the Crouzon syndrome: comparison of direct and indirect methods. *Clin Genet.* 1992; 41(1), 12-15.

Cole WA. Accuracy of patient reporting as an indication of headgear compliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:419-423.

Cureton SL, Regennitter F, Orbell MG. An accurate, inexpensive headgear timer. *J Clin Orthod* 1991; 25:749-754.

Dabelsteen E, Kremenak CR. Demonstration of actin in the fibroblasts of healing palatal wounds. *Plast Reconstr Surg*. 1978; 62(3), 429-435.

Darendeliler MA, Chiarini M, Joho JP. Early class III treatment with magnetic appliances. *J Clin Orthod*. 1993; 27(10), 563-569.

Delabarre T. Cited by Hellman '20. *Orthodontia: its origin, evolution and culmination as specialty*. *Dent. Cosmox*. 1819; 62:14.

Delaire J. Manufacture of the "orthopedic mask". *Rev Stomatol Chir Maxillofac*. 1971; 72(5), 579-582.

Dellinger EL. A preliminary study of anterior maxillary displacement. *Am J Orthod*. 1973; 63(5), 509-516.

Downs WG. *Studies in the Causes of Dental Anomalies*. *Genetics*. 1927; 12(6), 570-580.

Eganhouse GR. Two piece corrector for Class III skeletal and dental malocclusions. *J Clin Orthod*. 1997; 31(4), 246-251.

Fox. Cited by Hellman' 20. *Orthodontia: its origin, evolution and culmination as specialty*. *Dent. Cosmox*. 1803; 62:14.

Frankel R. Maxillary retrusion in Class 3 and treatment with the function corrector 3. *Rep Congr Eur Orthod Soc*. 1970; 249-259.

Gold JK. A new approach to the treatment of mandibular prognathism. *Am J Orthod.* 1949; 35(12), 893-912.

Grabb WC, Hodge GP, Dingman RO, Oneal RM. The Habsburg jaw. *Plast Reconstr Surg.* 1968; 42(5), 442-445.

Graber LW. Chin cup therapy for mandibular prognathism. *Am J Orthod.* 1977; 72(1), 23-41.

Graber TM, Vanarsdall RL. *Orthodontics Current Principles and Techniques.* 3rd ed, Mosby, St. Louis. 2000.

Griffith AJ, Sprunger LK, Sirko Osadsa DA, Tiller GE, Meisler MH, Warman ML. Marshall syndrome associated with a splicing defect at the COL11A1 locus. *Am J Hum Genet.* 1998; 62(4), 816-823.

Grummons D. *Orthodontics for the TMJ/TMD patient.* Scottsdale, Ariz: Wright & Company. 1994.

Güray E, Orhan M. Selçuk type headgear-timer (STHT). *Am J Orthod Dentofacial* 1997; *Orthop* 111:87–92

Haas AJ. Rapid palatal expansion: A recommended prerequisite to Class III treatment. *Trans Eur Orthod Soc.* 1973; 311-318.

Hart GD. The Habsburg jaw. *Can Med Assoc J.* 1971; 104(7), 601-603.

Hellman M. Some facial features and their orthodontic implication. *Am J Orthod.* 1939; 25(10), 927-951.

Irie M, Nakamura S. Orthopedic approach to severe skeletal Class III malocclusion. *Am J Orthod.* 1975; 67(4), 377-392.

Ishii H, Morita S, Takeuchi Y, Nakamura S. Treatment effect of combined maxillary protraction and chin cap appliance in severe skeletal Class III cases. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987; 92(4), 304-312.

Iwagaki H. Hereditary influence of malocclusion. *Am J Orthod Oral Surg.* 1938.

Janzen EK, Bluhner JA. The cephalometric, anatomic, and histologic changes in *Macaca mulatta* after application of a continuous acting retraction force on the mandible. *Am J Orthod.* 1965; 51(11), 823-855.

Joho JP. The effects of extraoral low pull traction to the mandibular dentition of *Macaca mulatta*. *Am J Orthod.* 1973; 64(6), 555-577.

Kambara T. Dentofacial changes produced by extraoral forward force in the *Macaca irus*. *Am J Orthod.* 1977; 71(3), 249-277.

Kapur A, Chawla HS, Utreja A, Goyal A. Early class III occlusal tendency in children and its selective management. *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* 2008; 26(3), 107-113.

King L, Harris EF, Tolley EA. Heritability of cephalometric and occlusal variables as assessed from siblings with overt malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 104(2), 121-131.

Kliegman R, Nelson WE. *Nelson textbook of pediatrics* (18th ed.). Philadelphia: Saunders. 2007.

Kraus BS, Wise WJ, Frei RH. Heredity and the craniofacial complex. *Am J Orthod.* 1959;45:172-217.

Kreiborg S. Crouzon Syndrome. A clinical and roentgencephalometric study. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1981; 18, 1-198.

Kyriacou PA, Jones DP. Compliance monitor for use with removable orthodontic headgear appliances. *Med Biol Eng Comput* 1997; 35:57-60.

Lee BD. Correction of crossbite. *Dent Clin North Am.* 1978; 22(4), 647-668.

Lee SJ, Ahn SJ, Kim TW. Patient compliance and locus of control in orthodontic treatment: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133:354-358.

Levin AS, McNamara JA Jr, Franchi L, Baccetti T, Frankel C. Short-term and long-term treatment outcomes with the FR 3 appliance of Frankel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134(4), 513-524.

Lischer BE. Principles and methods of orthodontics; an introductory study of the art for students and practitioners of dentistry. Philadelphia and New York,: Lea & Febiger. 1912.

Litton SF, Ackermann LV, Isaacson RJ, Shapiro BL. A genetic study of Class 3 malocclusion. *Am J Orthod.* 1970; 58(6), 565-577.

Lyons EK, Ramsay DS. Preliminary tests of a new device to monitor orthodontic headgear use. *Semin Orthod* 2002; 8:29-34.

Masucci C, Franchi L, Giuntini V, Defraia E. Short-term effects of a modified Alt-RAMEC protocol for early treatment of Class III malocclusion: a controlled study. *Orthod Craniofac Res* 2014;17:259-69.

Matsui Y. Effect of chin cap on the growing mandible. *Nihon Kyosei Shika Gakkai Zasshi.* 1965; 24(2), 165-181.

McNamara JA Jr. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod.* 1984; 86(6), 449-469.

McNamara JA, Brudon WL. Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Needham Press, 85. 2001.

Meneghini F. Clinical Facial Analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2005.

Miethke RR, Wronski C. What can be achieved with removable orthodontic appliances? J Orofac Orthop 2009;70:185-199.

Mitchell JJ. It is time for the timing headgear. J Clin Orthod 1976; 10:919-920.

Monteleone L, Duvigneaud JD. Prognathism. J Oral Surg. 1963; 21:190-195.

Nanda R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. Am J Orthod. 1980; 78(2), 125-139.

Nanda R. Protraction of maxilla in rhesus monkeys by controlled extraoral forces. Am J Orthod. 1978; 74(2), 121-141.

Ngan P, Hagg U, Yiu C, Merwin D, Wei SH. Soft tissue and dentoskeletal profile changes associated with maxillary expansion and protraction headgear treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996; 109(1), 38-49.

Ngan PW, Hagg U, Yiu C, Wei SH. Treatment response and long-term dentofacial adaptations to maxillary expansion and protraction. Semin Orthod. 1997; 3(4), 255-264.

Nienkemper M, Wilmes B, Franchi L, Drescher D. Effectiveness of maxillary protraction using a hybrid hyrax-facemask combination: a controlled clinical study. Angle Orthod 2015;85:764-70.

Northcutt ME. The timing headgear. J Clin Orthod 1974; 8:321-324.

Northcutt ME. Updating the timing headgear. *J Clin Orthod* 1975; 9:713-717.

Oppenheim A. A possibility for physiologic orthodontic movement *Am J Orthod Oral Surg.* 1944; 30:345-392.

Pascoe JJ, Hayward JR, Costich ER. Mandibular prognathism: its etiology and a classification. *J Oral Surg Anesth Hosp Dent Serv.* 1960; 18, 21-24.

Petit H. Adaptation following accelerated facial mask therapy. In: McNamara JA Jr, Ribbens KA, Howe PR, editors. *Clinical alteration of the growing face. Monograph 14, Craniofacial Growth Series.* Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, University of Michigan. 1983; 253-289.

Posnick JC, Ruiz RL. Treacher Collins syndrome: current evaluation, treatment, and future directions. *Cleft Palate Craniofac J.* 2000; 37(5), 434.

Posnick JC, Ruiz RL. Treacher Collins syndrome: current evaluation, treatment, and future directions. *Cleft Palate Craniofac J.* 2000; 37(5), 434.

Potpeschnigg R. *Deutsch Viertel Jahrschrift für Zahnheikunde.* 1885. Cited in *Month Rev Dent Surgery* 1974-75; 3:464-465.

Rabie AB, Gu Y. Diagnostic criteria for Pseudo Class III malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117(1), 1-9.

Reyneke JP. *Essentials of Orthognathic Surgery.* Quintessence Publishing, Chicago. 2003.

Ricketts RM. Cephalometric Analysis and Synthesis. *Angle Orthod.* 1961; 31(3):141-156.

Sahm G. The realization of a wear-timing device for clarifying the scientific questions presented in orthodontics. *Fortschr Kieferorthop* 1990; 51:243-247.

Sawa S. Roentgeno-cephalometric study on the dentocraniofacial growth of the individuals with reversed occlusion (author's transl). *Nihon Kyosei Shika Gakkai Zasshi*. 1978; 37(3), 237-268.

Schott TC, Göz G. Applicative characteristics of new microelectronic sensors Smart Retainer® and TheraMon® for measuring wear time. *J Orofac Orthop*. 2010.

Schott TC, Ludwig B, Glasl BA. A microsensor for monitoring removable-appliance wear. *J Clin Orthod* 2011; 45:518-520.

Sharma PS, Brown RV. Pseudo mesiocclusion: diagnosis and treatment. *ASDC J Dent Child*. 1968; 35(5), 385-392.

Staph W. A roentgenographic appraisal of the facial pattern in Class III malocclusion. *Angle Orthod*. 1948; 18:20.

Staudt CB, Kiliaridis S. A nonradiographic approach to detect Class III skeletal discrepancies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(1), 52-58.

Stiles KA, Luke JA. The inheritance of malocclusion due to mandibular prognathism. *J Hered*. 1953; 44(6), 241-245.

Stocker B, Willmann JH, Wilmes B, Vasudavan S, Drescher D. Wear-time recording during early Class III facemask treatment using TheraMon chip technology. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2016.

Sugawara J, Asano T, Endo N, Mitani H. Long-term effects of chin cap therapy on skeletal profile in mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990; 98(2), 127-133.

Sugawara J, Mitani H. Facial growth of skeletal Class III malocclusion and the effects, limitations, and long term dentofacial adaptations to chin cap therapy. *Semin Orthod.* 1997; 3(4), 244-254.

Sung SJ, Baik HS. Assessment of skeletal and dental changes by maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114(5), 492-502.

Suzuki N. A cephalometric observation on the effect of the chin cap. *Nihon Kyosei Shika Gakkai Zasshi.* 1972; 31(1), 64-74.

Takagi S, Asai Y. Treatment of Class III Malocclusion in the Alexander Discipline. *Semin Orthod.* 2001; 7:107-116.

Tanne K, Hiraga J, Sakuda M. Effects of directions of maxillary protraction forces on biomechanical changes in craniofacial complex. *Eur J Orthod.* 1989; 11(4), 382-391.

Turley PK. Orthopedic correction of Class III malocclusion with palatal expansion and custom protraction headgear. *J Clin Orthod.* 1988; 22(5), 314-325.

Westwood PV, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM. Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:306-20.

Wolff G, Wienker TF, Sander H. On the genetics of mandibular prognathism: analysis of large European noble families. *J Med Genet.* 1993; 30(2), 112-116.

9. ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Rudi	Soyadı	Boyacıyan
Doğum Yeri	Kadıköy	Doğum Tarihi	22.04.1991
Uyruğu	TC	TC Kimlik No	53584100130
E-mail	rudiboyacıyan@hotmail.com	Telefon	05417710477

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık	Marmara Üniversitesi	2020
Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi	2015
Lisans	İstanbul Üniversitesi	2015
Lise	Kadıköy Anadolu Lisesi	2010

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
Araştırma Görevlisi	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2016 - 2020
Web sayfası içerik koordinatörü	Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi	2017 - 2019

Yabancı Dilleri	Okuduğunu anlama	Konuşma	Yazma
İngilizce	Çok iyi	Çok iyi	Çok İyi
Ermenice	İyi	Çok iyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu #									
TIPDİL	YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE
92									

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Adobe Dreamweaver	Orta
Adobe Illustrator	Çok İyi
Adobe Lighroom	Çok İyi
Adobe Photoshop	Çok İyi
Adobe Premiere Pro	Orta
Arduino	Çok İyi
AutoCAD	İyi
Autodesk Fusion 360	Çok İyi
CorelDRAW	Çok İyi
IBM SPSS	Orta
Maestro 3D Ortho Studio	İyi
Materialise Magics	İyi
Materialise Mimics	Orta
Microsoft Office	Çok İyi
NemoFAB	İyi
SolidWorks	İyi
3Shape TRIOS Design Studio	Çok İyi

EK : Diğer Bilimsel Faaliyetler

Poster : 15. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Sempozyumu, Komplet Bilateral Dudak Ve Damak Yarığına Sahip Yenidoğanda Başlangıçtan Damak Ameliyatı Sonrasına Kadar Elde Edilen Değişimlerin Değerlendirilmesi: Olgu Sunumu

Poster : 16. Uluslararası Türk Ortodonti Derneği Kongresi, Simülasyon Yazılımı Yumuşak Doku Değişimini Tahminde Ne Kadar Başarılı?