T.C.

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİMDALI BAŞKANLIĞI

3 BOYUTLU YAZICI İLE ÜRETİLEN İNDİREKT BRAKET TAŞIYICILARIN BRAKET KONUM DOĞRULUKLARININ İN VİVO DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Ceren YILDIRIM

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

ANKARA

2024

T.C.

SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ

GÜLHANE DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ

ORTODONTİ ANABİLİMDALI BAŞKANLIĞI

3 BOYUTLU YAZICI İLE ÜRETİLEN İNDİREKT BRAKET TAŞIYICILARIN BRAKET KONUM DOĞRULUKLARININ İN VİVO DEĞERLENDİRİLMESİ

Dt. Ceren YILDIRIM

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ

DİŞ HEKİMLİĞİNDE UZMANLIK TEZİ

ANKARA

2024

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince sabır ve özveri ile bana yol gösteren bilgi ve klinik tecrübesiyle desteğini esirgemeyen tez danışmanım ve Anabilim Dalı Başkanımız **Sayın Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ**'ye;

Eğitimim süresince benimle bilgi ve deneyimlerini paylaşan, her zaman desteğini hissettiğim değerli hocalarım **Sayın Doç. Dr. Gökhan Serhat DURAN**'a, **Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kübra Gülnur TOPSAKAL**'a, **Sayın Dr. Öğr. Üyesi Berat Serdar AKDENİZ'**e ve **Sayın Dr. Öğr. Üyesi Perihan DALGALI EVLİ'**ye**,**

Eğitim süreci ve ortodonti klinik çalışmaları sırasında beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm uzman, asistan ve bölüm çalışanı arkadaşlarıma;

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmamın tüm aşamalarında yanımda olan ve beni hep destekleyen, yardımını hiç esirgemeyen sevgili eşim **Hakkı YILDIRIM**'a ve canım oğlum **Ömer Deniz YILDIRIM**'a;

Hayatıma girdiğinden beri varlığıyla bana destek olan **Nejla KESKİN'**e ve babam **Cafer KESKİN'**e, teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ceren YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
SİMGELER VE KISALTMALAR v
TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ viii
ÖZET x
ABSTRACT xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1 SABİT ORTODONTİK TEDAVİDE BRAKET KONUMLANDIRMANIN ÖNEMİ 3
2.1.1 Direkt ve İndirekt Yapıştırma Sistemi 4
2.1.2 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Tarihçesi 5
2.1.3 İndirekt Yapıştırma Sisteminde Braket Konumlandırma Yöntemleri 7
2.1.4 İndirekt Yapıştırma Sisteminde Kullanılan Braket Taşıyıcıları 8
2.1.5 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Avantajları 10
2.1.6 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Dezavantajları 11
2.1.7 İndirekt Yapıştırma Tekniğinde Dijital Teknolojilerin Kullanımı 11
2.1.8 Ağız İçi Tarayıcılar 12
2.1.9 3 Boyutlu Yazıcılar 13
2.1.10 İndirekt Yapıştırma Tekniğinde Dijital İş Akışı 16
2.1.10.1 3 Boyutlu Verilerin Elde Edilmesi 16
2.1.10.2 Sanal Çalışma Modellerinin Oluşturulması 16
2.1.10.3 Sanal Çalışma Modellerinin Segmentasyon Aşaması 17

2.1.10.4 Sanal Çalışma Modellerinde Braketlerin Konumlandırılması 17

2.1.10.5 Braketli Sanal Modellerin .stl Formatına Dönüştürülmesi veya Sanal Ortamda Taşıyıcıların Tasarlanması 18

2.1.10.6 Braketli Model veya Dijital Olarak Tasarlanmış Taşıyıcının 3B Baskı Cihazlarında Üretilmesi ve Braketlerin Hastaya Aktarılması 18

2.1.11 İndirekt yapıştırma tekniğinde Konum Doğruluğunun Değerlendirilmesi 19

3. GEREÇ VE YÖNTEM 21

3.1 HASTA SEÇİM KRİTERLERİ 21

3.2 DİJİTAL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ VE SANAL BRAKET KONUMLANDIRMA 22

3.3 BRAKER TAŞIYICI ÜRETİMİ 23

3.3.1 3B Yazıcı ile Taşıyıcı Üretimi 23

3.3.2 Vakumla Şekillendirilmiş Taşıyıcıların Üretimi 25

3.3.3 İNDİREKT BRAKETLEME UYGULAMASI 26

3.4 TRANSFER ÖLÇÜM HATALARI 27

3.5 İSTATİSTİKSEL ANALİZ 33

4. BULGULAR 35

4.1 TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER 35

4.2 HİPOTEZ ANALİZLERİ 36

5. TARTIŞMA 47

5.1 AMAÇ VE YÖNTEMİN TARTIŞILMASI 47

5.1.1 Amacın Tartışılması 47

5.1.2 Yöntemin Tartışılması 48

5.1.3 Bulguların Tartışılması 54

6. SONUÇ 60

KAYNAKÇA 61

EKLER 69
ÖZGEÇMİŞ 70

SİMGELER VE KISALTMALAR

.stl : Standart Mozaikleme Dili

°F : Fahrenheit derece

3B : 3 Boyutlu

CAD/CAM : Bilgisayar Destekli Tasarım ve Bilgisayar Destekli Üretim

DLP : Dijital Işık İşleme Yazıcıları

FA : Facial Aksis

FDM : Erimiş Biriktirme Modellemesi

KIBT : Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi

PPP : Polijet fotopolimer

SLA : sterolitografi

UV : Ultraviyole

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1 Güç Analizi 22

Tablo 3.2 x, y ve z eksenlerindeki doğrusal ve açısal ölçümlerin klinik yorumu. 33

Tablo 4.1 İndirekt braket taşıyıcı uygulamasında diş gruplarının dağılımı ... 35

Tablo 4.2 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri 37

Tablo 4.3 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri 37

Tablo 4.4 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri 38

Tablo 4.5 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri 39

Tablo 4.6 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri..... 39

Tablo 4.7 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri..... 40

Tablo 4.8 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri..... 40

Tablo 4.9 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri..... 41

Tablo 4.10 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi 41

Tablo 4.11 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi 42

Tablo 4.12 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi 42

Tablo 4.13 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi 43

Tablo 4.14 Gruplar arası doğrusal sapma miktarının diş gruplarına göre değerlendirilmesi 44

Tablo 4.15 Gruplar arası açısal sapma miktarının diş tipine göre değerlendirilmesi. 45

Tablo 4.16 Gruplar arası doğrusal ve açısal sapma miktarının ortalama, standart sapma ve p-değerleri 46

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1 OnyxCeph3^{TM} yazılımı 23

Şekil 3.2 Hastadan elde edilen STL Modeli 23

Şekil 3.3 Sanal braketlerin konumlandırıldığı M1modeli 23

Şekil 3.4 3B taşıyıcının görüntüsü 24

Şekil 3.5 3B taşıyıcının elde edilmesinde kullanılan reçine ve baskı cihazı .. 24

Şekil 3.6 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcı üretiminde kullanılan plak ve basınçla şekillendirme makinesi 25

Şekil 3.7 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcıların görüntüsü 25

Şekil 3.8 Farklı markalarda indirekt braketleme uygulamasında kullanılan asit, kompozit ve braket seti 26

Şekil 3.9 3B taşıyıcının ağız içi uygulama görüntüsü. 27

Şekil 3.10 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcının ağız içi uygulama görüntüsü 27

Şekil 3.11 Üst çeneye ait dijital ölçü ve sanal braketleme modeli (a. M0 modeli b. M1 modeli) 28

Şekil 3.12 Çakıştırılmış M0 ve M1 Modelinin GOM Yazılımındaki Görüntüsü 28

Şekil 3.13 Üst çeneye ait sanal braketleme ve indirekt braketleme sonrası dijital model (a. M1modeli b. M2 modeli) 28

Şekil 3.14 Çakıştırılmış M1 ve M2 Modelinin GOM Yazılımındaki Görüntüsü 29

Şekil 3.15 M0, M1 ve M2 Modelinin çakışık görüntüsü 29

Şekil 3.16 M1 model üzerinde 11 numaralı diş braketinin numaralandırılması 30

Şekil 3.17 M1 modelindeki 11 ve 12 numaralı braketlerin M2 modelindeki braketler ile hizalanması 30

Şekil 3.18 Braketler ile M0 modeline yerleştirilmesi ve bütün hale getirme işlemi 30

Şekil 3.19 Modellerin çakıştırılması a. Çakıştırılmış modellerin GOM yazılımındaki görüntüsü b. Çakıştırılmış modellerin sapma kontrolü 31

Şekil 3.20 Angulasyon ve translasyon ölçümlerine yönelik a. Üç nokta seçimi ve düzlemlerin oluşturulması, b. Dişlerin lokal koordinat sistemlerinin oluşturulması 31

Şekil 3.21 M1 modeli üzerinde nokta seçimi 32

Şekil 3.22 Translasyon ölçümleri 32

Şekil 3.23 Rotasyon, angulasyon ve tork ölçümleri 33

Şekil 4.1 İndirekt braket taşıyıcı uygulamasında diş gruplarının dağılımı 36

Şekil 4.2 Grup 1 ve Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi. 43

Şekil 4.3 Grup 1 ve Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi. 44

ÖZET

3 Boyutlu Yazıcı ile Üretilen İndirekt Braket Taşıyıcıların Braket Konum Doğruluklarının in Vivo Değerlendirilmesi

Amaç: Bu çalışmanın amacı; üç boyutlu (3B) yazıcı ve vakumla şekillendirme tekniğiyle üretilen 2 farklı dijital indirekt braket taşıyıcının, braket konum doğruluklarını klinik olarak karşılaştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Çalışma uygun bireyler Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD.'na tedavi amacıyla başvuran sabit ortodontik tedavi uygulanacak 20 hasta üzerinde planlandı. 12-25 yaşları arasında, daimî dişlenme döneminde olan 10 kadın, 10 erkek toplam 20 hasta rastgele olarak 2 gruba ayrıldı. Hastalardan ağız içi tarayıcı kullanılarak ölçü alınmasının ardından standart mozaikleme dili (.stl) modelleri elde edildi. Yazılım ile sanal braketler otomatik olarak yerleştirildi. 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcıların ve vakumla şekillendirilmiş taşıyıcıların üretimi gerçekleştirildi. İndirekt braketleme uygulamasının ardından dişlerdeki braket konumunu belirlemek için intraoral tarama yapıldı. Toplamda 460 braket değerlendirildi. Çift yönlü t-testi kullanılarak istatistiksel hesaplama yapıldı. Çalışmamızda ≤ 0,5 mm'lik doğrusal sapmalar ve ≤2º açısal sapmalar klinik sınır olarak kabul edildi

Bulgular: Vakumla şekillendirme yönteminin 3B yazıcı ile üretim yöntemine göre kesici diş grubunda meziodistal ve bukkolingual ölçümlerde, daha düşük sapma gösterdiği; kanin diş grubunda meziodistal ölçümde, molar diş grubunda rotasyonda daha yüksek sapma gösterdiği ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edildi. Her iki gruptaki indirekt yapıştırma kaşıklarında braketler açısından doğrusal yönde sapmaların açısal yöndeki sapmalardan daha düşük olduğu görüldü. Çalışmamızda doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin Grup 1'de meziodistal ölçümlerin %93,99'unun, vertikal ölçümlerin %89,94'ünün, bukkolingual ölçümlerin %96,76'sının; Grup 2'de meziodistal ölçümlerin %96,74'ünün, vertikal ölçümlerin %90,70'inin, bukkolingual ölçümlerin %98,39'unun klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi. Açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin Grup 1'de

angulasyon ölçümünün %97,22'sinin, rotasyon ölçümünün %87,77'sinin, tork ölçümünün %73,53'ünün; Grup 2'de angulasyon ölçümünün %94,12'sinin, rotasyon ölçümünün %75,63'ünün, tork ölçümünün %77,47'sinin klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi.

Sonuç: Çalışmamızda 3B yazıcı ile ve vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcıların braket konum doğruluğu açısından doğrusal ve açısal ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi. Her iki grupta yer alan diş gruplarının doğrusal ve açısal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu belirlendi.

Anahtar Kelimeler: indirekt yapıştırma yöntemi, dijital indirekt braket taşıyıcısı, braket konum doğruluğu

Yazar: Dt. Ceren YILDIRIM

Danışman: Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ

ABSTRACT

Evaluation of Bracket Position Accuracy of 3D Printed Indirect Transfer Trays in Vivo

Objective: The aim of this study was to clinically compare the bracket position accuracy of 2 different digital indirect bracket carriers produced by three-dimensional (3D) printing and vacuum forming techniques.

Materials and Methods: The study was planned on 20 patients who would undergo fixed orthodontic treatment and who presented to the Department of Orthodontics, Gülhane Faculty of Dentistry, University of Health Sciences for treatment. A total of 20 patients, 10 females and 10 males, between the ages of 12-25 years, in the permanent dentition period, were randomly divided into 2 groups. After taking impressions from the patients using an intraoral scanner, standard tessellation language (.stl) models were obtained. Virtual brackets were automatically placed with the software. 3D-printed carriers and vacuum-formed carriers were produced. After indirect bracketing, intraoral scanning was performed to determine the bracket position on the teeth. In total, 460 brackets were evaluated. Statistical calculation was performed using a two-way t-test. Linear deviations of $\leq$ 0.5 mm and angular deviations of $\leq 2^{o}$ were considered as clinical limits in our study.

Results: The vacuum forming method showed lower deviations in meziodistal and sagittal measurements in the incisor group compared to the 3D printer production method; it showed higher deviations in meziodistal measurement in the canine group and in rotation in the molar group, and there was a statistically significant difference. It was seen that the deviations in the linear direction were lower than the deviations in the angular direction in terms of brackets in indirect bonding spoons in both groups. In our study, 93.99% of the meziodistal, 89.94% of the vertical and 96.76% of the sagittal measurements were within the clinically acceptable range in group 1; 96.74% of the meziodistal, 90.70% of the vertical and 98.39% of the sagittal measurements were within the clinically acceptable range in group 2. The percentage of angular deviation within the clinically acceptable range was 97.22% of angulation, 87.77% of

rotation and 73.53% of torque measurements in group 1; 94.12% of angulation, 75.63% of rotation and 77.47% of torque measurements in group 2.

Conclusion: In our study, no statistically significant difference was detected in the linear and angular measurements of the carriers produced by 3D printer and vacuum forming method in terms of bracket position accuracy. The mean value of the amount of linear and angular deviation of the tooth groups in both groups was determined to be within the clinically acceptable range.

Keywords: indirect bonding method, digital indirect bracket carrier, bracket position accuracy

Author: Dt. Ceren YILDIRIM

Councellor: Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Ortodontik tedaviyi daha konforlu, etkili ve verimli hale getirmek klinisyenlerin ana hedefidir. 1970'lerde Andrew's (1) tarafından geliştirilmiş olan düz tel (straight-wire) tekniği ile ön ayarlı braketlerin piyasaya sunulması sonucu braketleri hassas ve doğru konumda yerleştirmek ortodontik tedavinin en kritik aşamalarından biri haline gelmiştir. Braket konumu, ortodontik kuvvet sisteminin temel bileşenlerinden biridir. Uzayın üç düzleminde diş hareketini belirler. Braket konumlandırma esnasındaki hatalar, tedavinin etkinliğini azaltmakta ve istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle ortodontik tedavinin daha verimli ve öngörülebilir hale getirilebilmesi için ideal braket konumlandırma prosedürünü optimize eden sistemler geliştirmeye yönelik önemli çabalar sarf edilmiştir (2).

Ortodontik braketlerin uygulanmasında direkt ve indirekt teknik olmak üzere iki ana teknik söz konusudur. Direkt teknikte, braketler doğrudan hastanın dişlerine yerleştirilirken; indirekt teknikte braketler dental model üzerinde konumlandırılır. Ardından, braket konumlarının kopyalandığı kişiye özel taşıyıcılar üretilir ve braketler bu taşıyıcı ile hastanın dişlerine transfer edilir (3).

İndirekt yapıştırma tekniği kavramı 1972'de Silverman ve Cohen (4) tarafından ortaya atılmış ve yıllar boyunca çeşitli taşıyıcı tipi ve teknikleriyle istikrarlı bir şekilde geliştirilmiştir. Geleneksel indirekt yapıştırma tekniği yöntemlerinde, braketler alçı veya reçine modele manuel olarak yerleştirilir. İndirekt yapıştırma tekniği taşıyıcıları silikon esaslı ya da vakumla şekillendirilmiş termoform plastik malzemeler kullanılarak laboratuvar ortamında oluşturulur (3). Günümüzde ağız içi tarama, 3B baskı ve sanal tedavi planlamasındaki ilerlemeler neticesinde indirekt yapıştırma tekniğinin aşamaları kolaylaşmış ve dijital bir yönteme evrilmiştir. Dijital indirekt yapıştırma tekniği uygulamasında, braketleri dişlerin sanal modellerine dijital olarak konumlandırmak için bilgisayar yazılımı kullanılır. Dijital kuruluma dayalı bir braket taşıyıcı, biyouyumlu reçine ile 3B yazıcı kullanılarak tasarlanabilir. Braketler

taşıyıcılara yerleştirilir ve hasta ağzına transfer edilir. Taşıyıcı imalatında dijital iş akışının kullanımı insan hatasının en aza indirgenmesine ve üretim aşamalarının sayısının azaltılmasına olanak sağlar (5,6).

İndirekt yapıştırma tekniği, klinisyenin erişilebilirlik veya görünürlük sorunları olmadan bir modele braketleri doğru bir şekilde yerleştirmesini sağlayarak, yapıştırma randevusunda hasta başı süresinin kısaltılmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca indirekt yapıştırma tekniği, braket yerleştirme hassasiyetini artırarak braketi yeniden konumlandırma ve büküm ihtiyacının azalmasını sağlamaktadır. Bu teknik, tedavi sonuçlarını iyileştirme potansiyeline sahiptir. Böylece işlem süresini azaltıp, hasta konforunu artırarak yapıştırma randevularını kolaylaştırır (7,8). Amaçlanan bu hedeflere ulaşmak için, indirekt yapıştırma tekniğinde planlanan braket konumlarının dentisyona güvenilir bir şekilde aktarılması gereklidir. Braket taşıyıcının özellikleri, yapıştırma tekniği, tükürük kontaminasyonu ve braketlerden kaynaklanan transfer hataları, istenilen seviyeleme ve hizalamayı engelleyerek indirekt yapıştırma tekniği ile elde edilen verimliliği ortadan kaldırabilir. Geleneksel indirekt yapıştırma tekniği uygulamalarında braket konumlarının güvenilir bir biçimde aktarıldığı ile ilgili literatürde pek çok çalışma bulunmaktadır (9–12). Ancak klinik uygulama sırasında dijital yöntemlerin aktarım doğruluğu konusunda çok az şey bilinmektedir (7).

Bu çalışma ile, 3B yazıcı ve vakumla şekillendirme tekniğiyle üretilen dijital indirekt braket taşıyıcıların sanal braket konumlandırma ile ağız içi indirekt yapıştırma prosedürü sonrası transfer doğruluğunun ölçülmesi ve bu 2 farklı yöntemin braket konum doğruluklarının klinik olarak karşılaştırması amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 SABİT ORTODONTİK TEDAVİDE BRAKET KONUMLANDIRMANIN ÖNEMİ

1920'li yılların ortalarında Edward Angle tarafından geliştirilen Standart Edgewise tekniği, meziodistal slotlu ortodontik braketlerin kullanıldığı ilk sistemdir. Standart Edgewise sisteminde, aynı slot ve tabana sahip braketler kullanılmıştır. Ancak her diş kendine özgü bir morfolojiye sahip olduğundan, Standart Edgewise sisteminde ideal seviyeleme için tekniğe duyarlı, hataya bağımlı ve zaman alıcı bir işlem olan ark telinde çok sayıda telafi edici bükümlere ihtiyaç duyulur (1).

1970'lerin başında, düz tel (straight-wire) tekniğini geliştiren Lawrence Andrews, her diş için spesifik olan tork, tip ve in-out değerlerine sahip ön ayarlı braketler kullanmıştır. Ön ayarlı braketlerin felsefesi, uygun seviyelemeyi sağlamak için telde daha az değişiklik yapılmasına dayanmaktadır. Dişlerin doğru angulasyonu, inklinasyonu, fasiyal-lingual, oklüzo-gingival ve mezio-distal pozisyonu ortodontik tedavinin kesin, stabil ve estetik sonuçlarına katkıda bulunan temel unsurlarıdır (13). Braketin kendisinde yer alan bu özelliklerin, dişlere doğru bir şekilde aktarılması için braketlerin, klinik kronun fasiyal aksından (klinik kronunun uzun ekseninden) geçen hat üzerinde, klinik kronun merkezine konumlandırılması gerektiği bildirilmektedir (14). Yıllar boyunca Andrews'un orijinal düz tel tekniğinde birçok değişiklik yapılmış olmasına rağmen, günümüzde kullanılan ön ayarlı braketlerle ideal seviyeleme, braketin doğru konumlandırması temeline dayanmaktadır (15). Braketi yanlış konumlandırma, potansiyel olarak istenmeyen diş hareketine, ideal olmayan fonksiyonel ve estetik sonuçlara yol açabilir (13).

Adeziv sistemlerdeki gelişmeleri takiben 1972 yılında Silverman ve ark. (4) braketleri, tahmin edilebilir, hassas ve verimli bir şekilde konumlandırabilmek için yeni bir sistem geliştirmiştir. İndirekt yapıştırma tekniği olarak bilinen bu teknikte hastaya ait alçı model üzerinde uygun konumlara yapıştırılan braketlerin sabit tutulabilmesi için braket taşıyıcılar üretilmiştir. Braket taşıyıcı ile braketlerin planlanan pozisyonları korunarak, alçı modelden hastanın dişlerine, tek seferde doğru

bir şekilde aktarılması sağlanmıştır. Bu teknik sadece daha verimli bir sistem olmakla kalmayıp, aynı zamanda braketin diş üzerinde en uygun konuma yerleştirilmesine izin verdiği için, direkt yapıştırma tekniğine alternatif bir yöntem olarak önerilmiştir (3).

2.1.1 Direkt ve İndirekt Yapıştırma Sistemi

Braket konumlandırılmasında direkt ve indirekt yapıştırma yöntemleri kullanılmaktadır. Geleneksel braket yapıştırma yöntemi olan direkt yapıştırma, braketlerin klinisyen tarafından doğrudan diş yüzeyine yerleştirilmesini ifade etmektedir. Direkt yöntem, klinisyenin ağız sınırları içinde çalışırken her diş üzerindeki braketin doğru mezio-distal ve vertikal pozisyonu ile aynı zamanda slot angulasyonunu yeterince görselleştirebilme yeteneğine dayanmaktadır (2). İndirekt yöntem, bir modele braketlerin yerleştirilmesi ve daha sonra braket pozisyonunun hastaya farklı transfer teknikleriyle aktarılmasını içeren bir uygulamadır. İndirekt yapıştırma tekniği, fiziksel bir model üzerinde analog yöntemlerle veya dijital olarak 3B model aracılığıyla yapılabilir. Klinisyenin, ağız içi görünürlük sorunları veya hasta kooperasyon güçlüğü olmaksızın bir modele braket yerleştirmesini sağlamaktadır. Direkt yönteme kıyasla teknik hassasiyeti artırarak tedaviyi iyileştirme potansiyeline sahiptir (16). Bazı çalışmalarda, sanal braket konumlandırma prosedürünün direkt yönteme kıyasla daha yüksek doğrulukla sonuçlandığı bildirilmiştir (12,17). Böylelikle braketi yeniden konumlandırma ve tel bükme ihtiyacı azalmıştır.

Direkt yapıştırma yönteminde braket konum doğruluğunu artırmak için, ters braket tutucular, konumlandırma kılavuzları ve farklı izolasyon teknikleri gibi klinisyene yardımcı olacak çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Buna rağmen, yalıtım ve görünürlük sınırlamaları nedeniyle yapıştırmanın doğru bir şekilde yönlendirilmesi zor olabilmektedir. Direkt yapıştırma randevuları genellikle indirekt yapıştırma tekniği randevularından daha uzun hasta başı süresi gerektirmektedir. İndirekt yapıştırma tekniğinde artan laboratuvar süresine rağmen, hasta başı süresinin azalması, daha az klinik stres ve artan hasta konforu nedeniyle avantajlı olabilir (16). Bununla birlikte, indirekt yapıştırma tekniği mükemmel bir teknik değildir. Çünkü artan laboratuvar süresi, taşıyıcı üretimindeki hatalar ve bağlantı başarısızlığı riski gibi olumsuzluklar

direkt yapıştırma yönteminden daha maliyetli olmasına yol açmaktadır (17). İndirekt yapıştırma tekniği popülaritesi gün geçtikçe artan ve çeşitli avantajlar sunan bir teknik olmasına rağmen, birçok ortodontist rutinde direkt yöntemi kullanmaktadır (18).

2.1.2 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Tarihçesi

İndirekt yapıştırma tekniği için kullanılan materyaller polimerizasyon yöntemlerine göre kimyasal, ısıyla veya ışıkla polimerize olan rezinler olarak sınıflandırılmıştır. Polimerizasyon şekli, sertleşme ve çalışma süresini belirleyen bir faktördür. Diş hekimliğinin gelişmesiyle birlikte, yeni nesil adezivler ve kompozit rezinler gündeme gelmiş; sadece restoratif uygulamalarda değil, ortodonti alanında da ışıkla sertleşen simanlar ve örtücüler kullanılmaya başlanmıştır (5).

1979 yılında indirekt yapıştırma tekniğinin etkinliğini artırmak için araştırmalar yapılmış ve kişiye özel braket tabanları geliştirilmiştir. Thomas'ın yönteminde (19), önceden hazırlanmış modele kimyasal olarak polimerize olan kompozit ile braketler yapıştırılmış; braket konumunu aktarmak için taşıyıcı hazırlanmış ve iki aşamalı, doldurulmamış rezin kullanılarak dişlere uygulanmıştır. Öncelikle ince yapışkan tabaka ile braket tabanları kaplanmış; örtücü, rezinin ikinci bileşeni, mine yüzeyine yayılmıştır. Kimyasal reaksiyon sonucunda diş ve ortodontik braket arasında adezyon elde edilmiştir. Uygulanan bu yöntem doğru olmakla birlikte; yetersiz bağlanma kuvveti göstermiştir. Ayrıca braket taşıyıcının şeffaf olmaması ve uygun siman kalınlığının elde edilmesindeki zorluklar dezavantajları arasında yer almaktadır (20). Bu dezavantajları elimine etmek için "modifiye Thomas tekniği" geliştirilmiştir. Örtücünün iki bileşeni mine yüzeyine ve braket taşıyıcıya uygulanmadan önce karıştırılmıştır. Modifiye Thomas tekniğinin kullanımı ile daha önce yaşanan problemler elimine edilmiş, bağlanma kuvveti değerlerinin direkt yapıştırma tekniğiyle karşılaştırıldığında olumlu yönde geliştiği bulunmuştur (20).

1980'lerde ısıl işlem görmüş rezinlerle yapılan klinik çalışmalarda tatmin edici sonuçlar elde edilmemiştir. Modelin ısıtılması sırasında braketler yüzeye sıkıca oturmadığı gibi; modelin ısıtılması nedeniyle uygulanan yöntemin seramik braketler

için uygun olmadığı tespit edilmiştir (21). 1990'larda ışıkla sertleşen yapıştırıcılar üzerinde çalışan Hamula (22), bu tür yapıştırıcıların avantajlarını bildirmiştir.

İndirekt yapıştırma tekniğindeki bir sonraki adım 1999 yılında Sondhi (23) tarafından geliştirilmiş; braket yerleşimi için özel olarak tasarlanmış yeni bir yapıştırma sistemi tanıtılmıştır. Direkt teknikte kullanılan bonding sistemlerinin indirekt yapıştırma tekniği için uygun olmadığı tespit edilmiştir. En büyük sorunun çalışma süresi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (5). Direkt yapıştırma uygulamasında braketi ideal şekilde konumlandırmak için uzun çalışma süresine ihtiyaç duyulurken; İndirekt yapıştırma tekniğinde, braket taşıyıcının yerleştirilmesi ile polimerizasyon süreci arasında daha kısa çalışma süresine ihtiyaç duyulmaktadır. Sondhi (23), indirekt yapıştırma tekniği için özel olarak tasarlanmış, yüksek viskoziteye sahip, yeni bir rezin önermiştir. Kompozit rezine, %5 silika doldurucunun eklenmesiyle, rezinin braket tabanındaki veya mine yüzeyindeki kusurları doldurma kabiliyetinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yeni rezin, 30 saniyelik hızlı sertleşme süresi ile braket taşıyıcı yerleştirildikten sonra, operatör tarafından uzun süre desteklenmesine gerek kalmadan, ağız boşluğundan güvenli bir şekilde çıkarılabilmesine olanak sağlamıştır (3).

İndirekt yapıştırma tekniğinde, braketli çalışma modelleri, 15 dakika boyunca 325 °F sıcaklıkta sertleşmek üzere fırına yerleştirilmiş; braket taşıyıcıları termal kürlenmiş braketlerin üzerine uygulanmıştır Isıl işlem görmüş kompozit malzemenin sınırsız çalışma süresi yaratma avantajına sahip olduğu, yapıştırma uygulamasının stressiz ortamda gerçekleştirilebildiği, braketlerin daha doğru ve hassas bir biçimde konumlandırıldığı bildirilmiştir (24).

Guenthner ve Larson (9) braketleri çalışma modellerine yapıştırmada iki farklı kompozit seçeneğini önermişlerdir. Bunlardan biri ısıyla polimerize olan rezin, diğeri ise adeziv kaplı braket (adhesive-precoated-APC) sistemidir. Scholz (25) ve Kalange (14) iki aşamalı dual cure ya da ışıkla sertleşen kompozit rezin sisteminin braket tabanına uygulanabileceğini bildirmiştir.

2002 yılında tünel preparasyonlarında, sınıf V kavitelerde ve fissür örtücü uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş akışkan kompozitler Miles (26) tarafından indirekt yapıştırma sisteminde kullanılmaya başlanmıştır. Bu ürünün en önemli avantajı akışkan olduğu için braket tabanındaki boşluk riskini azaltması, yeterince viskoz olması, kontrollü uygulamaya izin vermesi ve polimerizasyon ışığının seçici uygulamasına dayalı bir komut setine sahip olmasıdır. Bu teknikte yaklaşık 8 dakikada birinci azı dişinden diğer taraf birinci azı dişine indirekt yapıştırma yönteminin uygulanabileceği bildirilmektedir (26).

2013 yılında ışıkla polimerize olan yapıştırıcı sistemine primer entegre edilerek, yeni tek bileşenli ortodontik adezivler piyasaya sunulmuştur. Böylece geleneksel yapıştırma sistemine ait primer uygulama adımı ortadan kalkmıştır. Bu materyallerin geleneksel yapıştırma sisteminin yerine kullanılması, klinik zamandan tasarruf sağlarken, yapıştırma işlemi için gereken adım sayısının azaltılması sayesinde optimum ortodontik bağlanma kuvvetine olanak tanımaktadır (27)

2.1.3 İndirekt Yapıştırma Sisteminde Braket Konumlandırma Yöntemleri

İndirekt yapıştırma tekniği, braketleri ideal olarak yerleştirmek için belirtilmiş birçok sistemi içermektedir. Standart Edgewise felsefesinde braketler, gaugelar (Boone veya Dougherty) kullanılarak insizal veya oklüzal kenarlardan belirlenen uzaklıktaki konumlara yerleştirilmektedir. Braket yerleşimi ile ilgili olarak Andrews, her dişin ‘Facial Aksis’ (FA) noktası olarak adlandırılan bölgesine yerleşecek şekilde braket tabanlarını özel olarak tasarlamıştır. FA noktası, klinik kronun gingival yarısını oklüzal yarısından ayıran dişin orta noktasını yani klinik kronun merkezini temsil etmektedir. Tüm FA noktaları meziodistal bir perspektifte dizildiğinde, “Andrews Düzlemi" olarak adlandırılan bir düzlem oluşturmaktadır. Roth, fonksiyonel oklüzal perspektifi temel alan ortodontik tedaviye değinmiştir. Braketler bu felsefede, premolar dişlerin tüberkül tepelerinin maksimum konvekstiviteye sahip noktasına yerleştirilmektedir. Vertikal olarak maksiller santral ve lateral kesici dişlere eşit yükseklikte; komşu kanin dişin tüberkül tepesinden 1 mm daha uzun olacak şekilde konumlandırılmaktadır. MBT® felsefesinin bir kısmı “önerilen braket konumlandırma

çizelgesini" içerir. Bu çizelge, özel braket konumlandırma göstergelerinden yararlanır. Phillips (28), çalışma modellerinde vertikal uzun eksen çizgilerinin kullanımını tanımlamıştır. 1982'de Myrberg ve Warner(29), her hastaya özgü fonksiyonel, oklüzal ve estetik gereksinimlere uygun diş dizilim konseptine dayanan braket yerleştirme göstergelerinin uygulandığı bir tekniği gündeme getirmiştir. Reichheld ve ark.(30) braketleri çalışma modellerine yerleştirmek için ayrı ayrı önceden oluşturulmuş yükseklik ölçer kullanmıştır. Hong ve ark.(31) lingual ortodontik tedavide transfer telleri ve duralay® (Reliance Dental, İllinois) braket taşıyıcıları kullanarak bireysel diş dizilimini önermişlerdir (3,14).

Kalange (14) braket yerleştirme için görsel bir şablon oluşturmak üzere çalışma modellerine dikey ve yatay referans çizgilerinin işaretlendiği, hassas braket yerleştirme için oldukça gelişmiş ve son derece doğru özelleştirilmiş reçeteye dayalı 'hassas tam ark indirekt yapıştırma tekniği' adında bir yöntem açıklamıştır. Bu çizgiler, tanımlanmış tedavi hedeflerini, marjinal sırtların fonksiyonel gereksinimleri ve kanin- kesici diş rehberliği ile birleştirme kavramına dayanmaktadır. Yöntem, her birey için benzersizdir. Ortodonti Kurulu tarafından vaka kabulü için belirlenen sekiz kriteri sağlamaktadır. Ayrıca, bu sistemin idealize edilmiş anterior dişeti kenarı konturunun nihai hedefini ve yüz estetiğinde genel mükemmelliği sağladığı bildirilmiştir. Eliades ve ark (32), referans noktası olarak FA noktası yerine marjinal sırtın kullanılmasını önermişlerdir. Dijital indirekt yapıştırma yönteminde yazılımlar farklı braket yerleştirme seçeneklerine izin vermektedir. Bunlar, FA noktasına veya önceden belirlenmiş bağlanma yüksekliklerine dayanan braket pozisyonunu içermekte ve daha sonra operatöre otomatik pozisyonu hastaya özgü ayarlama imkânı sunmaktadır (20).

2.1.4 İndirekt Yapıştırma Sisteminde Kullanılan Braket Taşıyıcıları

Geleneksel indirekt yapıştırma tekniğinde, braketler alçı modellerdeki dişlerin üzerine manuel olarak yerleştirilmektedir. Braketleri hastanın dişlerine aktarmak amacıyla silikon esaslı ya da vakumlu basınç altında şekillendirilen termoplastik malzemeler braket taşıyıcı olarak kullanılmaktadır (14,33).

Braketlerin yapıştırılmasında kullanılan materyallerin gelişimine paralel bir biçimde braket taşıyıcıların yapımında kullanılan materyaller ve teknikler de gelişmektedir. Bu taşıyıcılar evde veya laboratuvarda üretilebildiği gibi; şeffaf veya şeffaf olmayan poli vinil siloksan malzemeyle üretilen birçok farklı seçeneğe sahiptir (20,34).

Sondhi ve ark. (23) braket taşıyıcı için iç katmanı dış katmanından daha yumuşak olan iki farklı plak kullanmıştır. Dış katmanın daha sert olması ile braket taşıyıcının sağlamlılığının arttığını bildirmişlerdir.

Vashi tekniğinde (35) araştırmacılar braket taşıyıcıları hazırlamak için termoplastik tutkal ve ölçü maddesinin kombinasyonunu kullanmışladır. Ölçü maddesi, protetik diş tedavisinde kullanılan termoplastik bir malzemedir. Tutkal, toksik ve kanserojen olmayan, FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) onaylı etilen-vinil asetat kopolimerinden oluşmaktadır. Braket taşıyıcıyı hazırlamak için, ölçü maddesi alev torçu ile ısıtılır. Çalışma modelindeki dişlerin oklüzal ve lingual yüzeylerine yerleştirilir. Ardından, braketler çalışma modellerinde konumlandırılır. Tabanca ile uygulanan termoplastik tutkal, ölçü maddesine yapışır ve braket yüzeyini kaplar (36).

Guenthner ve Larson (9) tarafından geliştirilen teknikte iki farklı pat halinde bulunan, manuel olarak karıştırılan vinil polisiloksan putty kullanılmıştır. Karışım, oldukça akışkandır. Braketin alt kısımlarına kolayca akıp üzerini kaplayabilmektedir. Elde edilen bu braket taşıyıcının, braketleri güvenli bir şekilde tutabilmesi ve desteklemesi, yeterli sağlamlığa ulaşabilmesi için yaklaşık 5 mm kalınlığında olması gerektiği bildirilmiştir. Her bir taşıyıcı orta çizgiden ikiye ayrılarak uygulanmıştır (9).

Baskı teknolojisindeki gelişmeler ve 3B yazıcılarla kullanılan biyouyumlu rezinler, indirekt yapıştırma taşıyıcıları doğrudan basmamıza olanak sağlamıştır. Yakın zamana kadar, mevcut biyouyumlu baskı malzemeleri yüksek sertliğe sahip olması nedeniyle indirekt yapıştırma taşıyıcıların imalatına uygun değildi. Ancak yeni geliştirilen rezinler, yeterli esnekliğe ve mükemmel stabiliteye sahip braket taşıyıcının

üretimine olanak sağlamaktadır. Bu sayede taşıyıcının üretimi de dahil olmak üzere bütün sürecin dijital ortamda gerçekleşmesi mümkün hale gelmiştir (20).

İndirekt yapıştırma taşıyıcısının üretiminde gerek geleneksel yöntemde gerekse bilgisayar destekli veya 3B baskı yöntemlerinde kullanılan malzeme özellikleri, yapıştırma işleminin başarısı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kullanılan materyal, bonding işlemi esnasında istenen pozisyon ve yapışma mukavemetini elde etmek için braketlerin stabilitesini koruyabilecek kadar sert olmalıdır. Ayrıca, kullanılan yapıştırıcı rezinin polimerizasyonuna izin verecek ölçüde ışık geçirgenliğine sahip olması da gereklidir (37).

2.1.5 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Avantajları

a) İndirekt yapıştırma tekniği ile braket yerleştirmenin daha yüksek hassasiyet gösterdiği bildirilmiştir. Laboratuvar aşamasında braket konumunu farklı açılardan değerlendirebilmek mümkündür (9).

b) Yapıştırma randevusunda braketlerin en doğru şekilde konumlandırılması, tedavinin ilerleyen safhalarında telafi edici bükümlere veya braketin yeniden konumlandırılmasına duyulan ihtiyacı azaltacaktır (6).

c) İndirekt yapıştırma tekniğinde braketin yeniden konumlandırma ihtiyacının azalması dişin doğru konumda kaldığı sürenin uzamasına ve gingival liflerin tekrar organize olabilmesine imkân tanıyacak; böylece tedavi sonrası stabiliteye katkı sağlayacaktır (34).

d) İndirekt yapıştırma tekniği ile braketler optimum doğrulukla yerleştirilerek, uygun olmayan oklüzal kontaklar ortadan kalkacaktır. Bu sayede, temporomandibular eklem bozuklukları, kök rezorpsiyonu ve tedavinin uzaması ile ilgili riskler azalacaktır (36).

e) Kısa hasta başı süresi gerektirecek, hasta için daha hızlı ve konforlu bir randevu ile klinikte hekim ve yardımcı personel zamanının daha etkin biçimde kullanılmasına imkân sunacaktır (8).

f) İndirekt yapıştırma tekniğinde braketin konumlandırılması ağız dışında tamamlandığından, nem kontrolü, hastayla ilgili faktörler ve zaman kısıtlamaları gibi

direkt yapıştırma uygulamasını zorlaştıran klinik etkiler en aza indirilebilir veya ortadan kaldırabilir (7).

g) Direkt yapıştırma tekniği ile kıyaslandığında klinik prosedür daha basit ve kısa olduğu için hekimin fiziksel ve mental stresi azalır (6).

h) Direkt yapıştırma tekniğinde yapıştırma randevusunda braketin hem ilgili dişle hem de tüm arkla olan ilişkisini dikkate almak, büyük bir fiziksel efor gerektirir ki bu işlem esnasında hekimin postürü olumsuz etkilenir. Bu nedenle İndirekt yapıştırma tekniğinin uygulanması daha ergonomiktir (3).

i) İndirekt yapıştırma tekniği separatör ve bantlara duyulan ihtiyacın azalmasına, daha iyi vertikal kontrole, aşırı düzeltmelerin daha kolay uygulanmasına ve personelin optimal kullanımına olanak sağlayacaktır (36).

2.1.6 İndirekt Yapıştırma Sisteminin Dezavantajları

a) İndirekt yapıştırma sisteminde braket yerleştirme veya taşıyıcılarının hazırlanması gibi laboratuvar aşamaları için daha fazla zamana ve eğitimli personele ihtiyaç duyulmaktadır

b) Piyasada kullanılan rezinlerin çoğu direkt yapıştırma için tasarlanmıştır. Bu nedenle, İndirekt yapıştırma tekniği için tasarlanmış uygun rezin sayısı çok azdır.

c) Braketleme için fazladan bir seansa daha gereksinim duyulmaktadır. Çünkü ilk seans ölçü aşamasını içerir ve yapıştırma prosedürü ikinci randevuda gerçekleşmektedir.

d) Hem klinik hem de laboratuvar adımlarında hassas çalışma ihtiyacı vardır.

e) Braket yerleştirildikten sonra, diş yüzeyinden fazla yapıştırıcıyı temizlemek ve braket tabanı ile diş arasındaki hava boşluğunu engellemek daha güçtür.

f) Kısa klinik krona sahip ve aşırı rotasyonlu dişlere İndirekt yapıştırma tekniğinin uygulanması daha zordur (31).

2.1.7 İndirekt Yapıştırma Tekniğinde Dijital Teknolojilerin Kullanımı

21. yüzyıl ortodontik tedavi için modern dijital teknolojilerin çağıdır. Braket konumlandırma hassasiyetini artırmak için çeşitli bilgisayar destekli çözümler

önerilmiştir (5). Günümüzde indirekt yapıştırma tekniğinin ilk basamağı olan ölçü alımından, son basamağı olan taşıyıcının üretilmesine kadar olan tüm aşamalar sanal ortamda gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle nihai ürünün imalat aşamasında yüksek hassasiyetli 3B baskı cihazlarının hem maliyet hem de boyutları açısından avantajlı olması, dijital tasarım ve üretimin diş hekimliği pratiğinde hızla yaygınlaşmasının en önemli sebeplerinden biri olmuştur (6,8).

2006 yılında Bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) teknolojisinin kullanımı, İndirekt yapıştırma tekniğine yeni bir yaklaşım sunmuştur (38). Hızlı prototipleme olarak tanımlanan bu yöntem, hassas bir şekilde tasarlanmış braket taşıyıcıları hazırlamak için kullanılır. Öncelikle silikon esaslı ölçü maddesi ile hastanın modelleri elde edilir. Bu model, yüksek çözünürlüklü 3B tarayıcı ile taranarak dijital bir kayıt oluşturulur. Yazılımlar, braket konumlandırmasının büyük bir doğrulukla (0,1 mm) tasarlanmasına olanak sağlamaktadır. Ardından her diş için hızlı prototipleme taşıyıcısı (RPT) ile 3B kişiye özgü taşıyıcılar üretilebilmektedir (5,38).

2011 yılında başka bir sanal ortodontik teknik tanıtılmıştır. Braket konumlandırmayı iyileştirmek için 3B dijital kurulum gerçekleştirilmiştir. Optik fabrikasyon teknolojisi olarak da bilinen hızlı prototipleme yöntemi sterolitografi (SLA), braket taşıyıcıları oluşturmak için kullanılmıştır (5,39).

2.1.8 Ağız İçi Tarayıcılar

Son yıllarda diş hekimliği alanındaki en önemli değişiklik şüphesiz dijital diş hekimliğinin gelişmesidir. Dijital teknoloji, 1973 yılında CAD/CAM'in kullanılmaya başlamasıyla diş hekimi muayenehanelerinde yerini almıştır. Ağız içi tarayıcı, konik ışınlı bilgisayarlı tomografi (KIBT) ve 3B baskı gibi gelişmeler, diş hekimliğinde dijital çağın kapısını aralamıştır.

Ağız içi tarayıcılar diş hekimliğinde doğrudan optik izlenimleri yakalamak için üretilen cihazlardır (40,41). Dijital ölçüler, ölçü almaya yenilik getirmiş ve geleneksel yöntemleri (aljinat ve silikon esaslı ölçü maddeleri) kısmen ortadan kaldırmıştır. Ağız içi tarayıcılar, hasta konforunun artması, zaman verimliliği, klinik prosedürlerin

basitleştirilmesi, doğru verilerin yakalanması ve depolanması gibi önemli avantajlar sunabilmektedir (40).

Ortodontik tedavilerin çoğu uzun sürelidir ve ilk tanı modelinin saklanması gerekmektedir. Ağız içi tarayıcılardan elde edilen dijital modeller, geleneksel alçı modellerinde olduğu gibi herhangi bir fiziksel yer kaplamamakta ve ağız içi tarayıcı tarafından elde edilen dijital modelin depolama alanını güvence altına alma açısından etkili olmaktadır (41). Dijital teknolojinin ortodonti alanındaki kullanımı, tam ark taraması, indirekt yapıştırma tekniği ve sabit ortodontik cihazları dijital olarak üretebilme kabiliyeti sayesinde son yıllarda daha da artmıştır. Ortodontik tanı ve tedavi planlamasını kolaylaştırması, hızlı elektronik veri aktarımı, anında erişim ve azaltılmış depolama alanı gibi avantajlar sunmaktadır. Ağız içi tarayıcılar ortodontide ark genişliği ve uzunluğu ölçümleri, diş boyutu, transversal boyutlar, bolton uyumsuzluğu, over-jet, over-bite gibi sayısız uygulamada dikkate değer bir doğruluk ve verimlilik sağlamaktadır. Kullanıcı, dijital teşhis kurulumu oluşturabilmekte ve önerilen tedavi planını simüle edebilmektedir. Ayrıca hasta ile ortodontist arasında daha anlaşılabilir bir ilişki kurma fırsatı sunmaktadır. Özellikle ağız içi tarayıcılar, diş hekimi ile diş laboratuvarı arasındaki ilişkiyi kolaylaştırmaktadır. Dijital gösterimler, ofis içinde veya dışında hastalara ve diş laboratuvarlarına dijital bilgi akışını mümkün kılmaktadır. Dijital verileri diş teknisyenine kolayca aktararak nakliye süresinden kaçınmak, maliyetleri düşürmek ve görselleştirme sürecini kolaylaştırmak gibi faydaları da söz konusudur (40,41).

Ortodontistler arasında 3B ağız içi tarayıcılar giderek daha fazla kabul görmektedir (42). Bununla birlikte, klinik uygulamada ağız içi tarayıcıların kullanımını sınırlayan birkaç dezavantaj vardır. Ağız içi tarayıcının yüksek maliyeti, yıllık ücretleri, ilgili donanım ve yazılımla birlikte bir ağa bağlanma ihtiyacı, ortodonti kliniklerinin tümünde ağız içi tarayıcının bulunmasına izin vermemektedir (40).

2.1.9 3 Boyutlu Yazıcılar

Eklemeli üretim olarak da bilinen 3B baskı, birbiri üzerine sıralı malzeme katmanları ekleyerek 3B nesne üreten ve indirekt yapıştırma tekniğinde çığır açan bir

teknolojidir (43). Eklemeli üretim, mermer bloğundan heykel tasarlamak gibi, malzeme bloğundan çıkarılarak bir nesnenin oluşturulduğu eksiltici üretiminin tam tersidir (44). 3B baskı, özellikle kayıp dokuları yerine koymak için özelleştirilmiş protez imalatı ile tıp alanında yaygınlaşmakta ve hatta doku mühendisliği için iskelet oluşturmada kullanılmaktadır. 3B yazıcılarda rezin esaslı baskı yöntemi uygulanmaktadır. Günümüzde birçok farklı teknolojinin çeşitli varyasyonlarını kullanan onlarca 3B yazıcı mevcuttur. Diş hekimliği ve ortodonti alanında kullanılmak üzere çeşitli 3B baskı teknolojileri mevcut olsa da bunların tümü katman katman nesne oluşturma ilkesiyle çalışmaktadır. Aralarındaki temel fark, kullanılan malzeme veya ortam, solidleşme kaynağı yani reçine katmanlarının baskı esnasında işleme şekilleri ile farklı maliyetlere, doğruluğa ve mekanik özelliklere neden olacak prosedürlerle ilişkilidir. Diş hekimliğinde SLA ve DLP (dijital ışık işleme yazıcıları) olmak üzere 3B rezin baskı yapan iki temel cihaz tipi bulunmaktadır. Bu iki yöntem genel anlamda benzer hassasiyette baskı yapabilmekle birlikte, temel farklılıkları baskı esnasında reçine katmanlarını işleme şekilleridir (43,44).

Bir objenin dijital ortama aktarılması için tarayıcı ile taranmasının ardından .stl formatındaki dosyaya dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dosya CAD/CAM teknolojisi ile yazdırılmak için biçimlendirilmektedir. Yazılım, 3B nesneyi yaklaşık olarak 16-300 mikron kalınlığında küçük yapı katmanlarına ayırır. Nesne katman katman oluşturulduğundan, yazdırma süresi yazdırılan model sayısı yerine kaç katmanın yazdırıldığına veya modelin dikey yüksekliğine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle nesnenin yatay boyutunun yazdırma süresi üzerinde çok daha az etkisi olduğu bildirilmiştir (43).

1980'de Dr. Hideo Kodama (45) ilk olarak reçinelerde lazer ışınlı polimerizasyon ile hızlı prototipleme teknolojisi için patent başvurusunda bulunmuştur. 1984 yılında Charles Hull (46) ilk SLA 3B yazıcıyı geliştirmiştir. SLA, konsantre bir Dijital Işık İşleme Yazıcıları UV ışığı ile fotopolimerizasyon yoluyla sıvı reçinenin katılaşmasına dayanmaktadır. UV ışığı, önceden hesaplanmış yapı katmanına göre reçinenin belirli alanlarını sertleştirecek ve reçine havuzunda belirli bir derinliğe odaklanacaktır. Yapı katmanı tamamlandıktan sonra, tabaka kalınlığı ile reçine tankına olan mesafe eşitleninceye kadar yapı platformu alçalmaktadır. Ardından

kürlenmemiş reçine tabakası önceki tabakayı kaplayacak ve nesne tamamlanana kadar işlem tekrarlanacaktır. UV ışığı, bir seferde yalnızca küçük bir alanı kürleyebildiğinden, SLA yazıcıları diğer yazıcılardan daha yavaştır ancak noktasal lazer kürlemesi sayesinde yaklaşık ± 0,05mm'lik doğruluğa sahiptir. SLA, implant rehberleri ve cerrahi stentlerin üretilmesinde kullanılmaktadır. SLA'nın avantajları arasında yüksek hassasiyet, iyi yüzey kalitesi, yüksek mekanik dayanıklılık ve düzgün yüzey bitişi bulunmaktadır. Dezavantajları ise ekipman maliyeti, sonrasında sertleştirme gereksinimi ve sadece polimerler için kullanılabilmesidir (43,44).

1988 yılında Scott Crump, Erimiş Biriktirme Modellemesi (FDM) yöntemini geliştirdi. FDM, en eski 3B baskı teknolojilerinden biridir ve malzeme erime noktasının hemen altına kadar ısıtılan termoplastik filamentler kullanılmaktadır. FDM ile üretim, bir nozuldan bir yapı platformuna, katman katman ekstrüde edilerek gerçekleşmektedir (43,44). Bu süreç aynı zamanda mevcut düşük maliyetli ev yazıcılarının çoğu tarafından kullanılmaktadır. Bu yöntem, mandibula gibi daha basit anatomik modellerin basılmasında kullanılabilir. FDM, destek yapılarının kaldırılmasını gerektirir ve yalnızca termoplastik malzeme ile kullanılabilir. Yüzeyi pürüzlü olabilir ve yüzde yüz yoğunluğa sahip olmayabilir (47).

DLP, SLA'ya benzer şekilde çalışır ancak ışık kaynağı farklıdır. DLP'de SLA'nın aksine, projektör, tüm şekli ve reçine tabakasını tek seferde kürleyebilir. Groth ve ark. (43) bir nesnenin işlenmesi ve çizilmesi arasındaki farka benzer şekilde olan bu durumun, daha hızlı yazdırma süresiyle sonuçlandığını bildirmişlerdir. Bu yazıcının arkasındaki teknoloji, saniyede binlerce kez açılıp kapanabilen ve iki yönde hareket edebilen çok sayıda küçük aynadan oluşan dijital mikromirror cihazıdır. DLP, katmanlar yerine voksellerde model oluşturur ve tüm 3B baskı teknolojilerinde mevcut olan en iyi son işlem kalitesiyle sonuçlanır.

Polijet fotopolimer (PPP) baskı, Objet Geometries (43) tarafından 1998 yılında geliştirildi. PPP, inkjet yazıcıların kağıda mürekkep püskürtmesiyle benzer şekilde, mikro damlalar halinde sıvı fotopolimer reçineyi bir inşa tepsisine püskürtür ve UV ışığı ile polimerize eder. Üretim sırasında jel benzeri bir destek sistemi olarak kullanılan malzemeye sahiptir ve bu destek malzemesi, baskı işlemi tamamlandıktan hemen sonra su kullanılarak kolayca kaldırılabilir. Göreceli olarak basittir ve nihai

sertleşme için beklemeye gerek olmadan baskı sonrasında hemen kullanılabilir. Diş veya anatomik çalışma modelleri ve implant rehberleri gibi nesnelerin basılmasında tercih edilir. PPP'nin avantajları düşük malzeme maliyeti, hızlı üretim süresi, düşük toksisite ve farklı malzeme seçeneğidir. Dezavantajları ise modelin düşük dayanıklılığı ve pürüzlü bir yüzey yapısına sahip olmasıdır (43).

Seçici lazer sinterleme (SLS) yöntemi ile yüksek güçlü lazer, ayna kullanılarak toz halindeki ince tabakalardan oluşan bir alt tabakaya yönlendirilir. Lazer ışını toza çarptığında, erimiş bir havuz oluşturur ve toz parçacıkları birleşir. Her kesit tarandıktan sonra toz tabakası bir katman kalınlığı kadar alçaltılır ve üstüne yeni bir malzeme tabakası uygulanır. Bu süreç, nesne tamamlanana kadar devam eder. Anatomik çalışma modelleri, rehber, implant köprü iskeletleri ve Kobalt krom hareketli protezlerin metal iskeletlerinin üretiminde kullanılabilir. Farklı malzeme seçenekleri ve yüzde yüz yoğunluk mümkündür. Ancak malzeme ve ekipman maliyeti yüksektir (43).

2.1.10 İndirekt Yapıştırma Tekniğinde Dijital İş Akışı

2.1.10.1 3 Boyutlu Verilerin Elde Edilmesi

Dijital iş akışı 3B ağız içi tarayıcı ile başlamaktadır. 3B veriler, hastadan alınan geleneksel ölçülerin masa üstü tarayıcılarla taranması ile elde edilebileceği gibi; dijital iş akışının ilk adımı olan ağız içi tarayıcılarla hastalardan direkt olarak da elde edilebilir. Ağız içi tarayıcı kullanımının, geleneksel ölçülerin masa üstü tarayıcılarla taranması yöntemine kıyasla çok daha hızlı ve hassas olduğu bildirilmektedir (42,43).

2.1.10.2 Sanal Çalışma Modellerinin Oluşturulması

3B ilk verilerin elde edilmesinin ardından sanal çalışma modelleri oluşturulmaktadır. Hastanın başlangıç verileri olduğu gibi saklanabilmekte; dijital iş akışının tüm prosedürü sanal çalışma modelleri üzerine kolaylıkla transfer edilebilmektedir (42).

2.1.10.3 Sanal Çalışma Modellerinin Segmentasyon Aşaması

Yazılımın, braketleri yerleştireceği kron bölgesini hatasız şekilde tanımlayabilmesi için sanal çalışma modelinde diş ile dişeti dokusunu segmentlere ayırmak ve ideal braket konumlarını belirlemek gerekmektedir. Bu aşamada dişlerin mezial ve distal noktaları işaretlenir, diş-dişeti sınırları belirlenir ve diş ile dişeti dokusu birbirinden ayrılmış olur. Bu sayede dişlerin FA noktaları belirlenerek braketler yazılım tarafından otomatik olarak bu noktaya yerleştirilir. Ayrıca braketlerin vertikal konumlarının hatasız ayarlanabilmesi için referans bölgeleri oluşturulabilir (20).

2.1.10.4 Sanal Çalışma Modellerinde Braketlerin Konumlandırılması

Bu aşamada braketler, sanal çalışma modeline yerleştirilmektir. İndirekt yapıştırma hizmeti sunan yazılımlar birçok farklı braket tipi ve kişiye özel spesifik braketleri de içeren braket kütüphanesi sağlamaktadır. Bu yazılımlar, braketlerin FA noktasına, önceden belirlenmiş yüksekliklere veya operatör tarafından her hastaya özel braket pozisyonuna izin veren farklı braket konumlandırma seçenekleri sunmaktadır. Bazı yazılımları, sanal ark telini sanal olarak konumlandırılmış braketlerin slotlarına yerleştirerek dişlerin tahmini hizalanmasını simüle etmektedir. Böylelikle direkt yapıştırma ile yapılan çok yaygın tip ve yükseklik hatalarının, braket yerleşimi kesinleşmeden önce gözlenebilme ve düzeltme imkanını sunmaktadır (20).

Dijital iş akışı indirekt yapıştırma tekniği kurulumunun uzaktan tamamlanmasına olanak sağlamakta ve üretim sürecinde yer alan adım sayısını düşürmektedir. Bu iş akışı, klinisyene braket konumlandırma kurulumlarının ne zaman ve nerede tasarlandığı konusunda daha fazla esneklik sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda işlemi gerçekleştirmek için gereken malzeme miktarını da azaltmaktadır. Teknisyen segmentasyon işlemini yaptıktan ve braketleri kabaca dişlerin üzerine konumlandırdıktan sonra ortodontist yazılımı açabilmekte ve braket konumlandırmasını kontrol edip, gerekli düzenlemeleri yapabilmektedir (48).

2.1.10.5 Braketli Sanal Modellerin .stl Formatına Dönüştürülmesi veya Sanal Ortamda Taşıyıcıların Tasarlanması

Teknisyen, braketleri dijital olarak konumlandırır. Diş hekimine braket planlamasındaki düzeltme ve değişiklikleri yapabilmesi için e-mail yoluyla gönderir. Hekim tarafından ideal braket yerleşim planı onaylanır (49).

2.1.10.6 Braketli Model veya Dijital Olarak Tasarlanmış Taşıyıcının 3B Baskı Cihazlarında Üretilmesi ve Braketlerin Hastaya Aktarılması

Braketler dijital olarak konumlandırıldıktan sonra, taşıyıcı üretimi için iki ana seçenek vardır. Bunlardan ilki, modelin braket transfer modeli olarak 3B baskısını ve ardından silikon bazlı veya vakumla şekillendirilmiş malzemeler kullanılarak taşıyıcının imalatını içerir (49). Bu yöntem, fiziksel braketlerin bir modele yerleştirilmesini gerektiren geleneksel yöntemlerden farklıdır. Ancak yine de braket taşıyıcı üretimi için bir laboratuvar adımı gerektirmektedir. Popülerlik kazanan bir diğer çağdaş teknik, fiziksel baskılı braket transfer modeli olmaksızın, biyouyumlu reçine kullanarak sanal modele dayalı bir braket taşıyıcının dijital olarak tasarlanmasını ve doğrudan 3B yazdırılmasını içermektedir. Bu teknikte, taşıyıcı baskı aşamasına kadar tamamen dijitaldir ve ıslak laboratuvar kullanımı gerektirmez. Baskı aşaması diş laboratuvarından tedarik edilebileceği gibi 3B yazıcıya sahip muayenehanelerde de tamamlanabilir (44).

Hassasiyeti yüksek SLA veya DLP tipi yazıcılarla, uygun reçineler kullanıldığında klinik açıdan tatmin edici sonuçlar elde edilebilmektedir. Direkt üretilen braket taşıyıcıların SLA yazıcıların biyouyumluluğu ile ilgili endişelerden dolayı DLP tipi yazıcılar ile üretilmesi klinik kullanım açısından daha uygundur (43).

Açıklanan her iki dijital yöntemde taşıyıcılar imal edildikten sonra, fiziksel braketler hastanın dişlerine aktarmak için taşıyıcılardaki ilgili bölgelere yerleştirilir. Dijital indirekt yapıştırma tekniği, tamamen dijital bir iş akışı ve bilgisayar destekli braket yerleşimini sağlamasının yanı sıra, dijital yöntemler ile taşıyıcı imalatı aşamasında insan hatasını en aza indirir. Üretim aşamalarının ve ihtiyaç duyulan malzemelerin sayısını azaltır ve daha hızlı bir şekilde üretime olanak sağlar (20,50).

2.1.11 İndirekt yapıştırma tekniğinde Konum Doğruluğunun Değerlendirilmesi

İndirekt yapıştırma tekniğinin direkt yapıştırma tekniği ile karşılaştırıldığı çalışmalarda tedavi süresi, bağlanma kuvveti, bağlanma başarısızlığı, klinik/laboratuvar zamanı, maliyeti ve braket konum doğruluğu açısından değerlendirilmiştir.

İndirekt yapıştırma tekniğinde en önemli husus, taşıyıcılar ile planlanan braket konumunun dişe güvenilir bir şekilde aktarılabilme kabiliyetidir. Tarihsel olarak incelediğimizde braket konum doğruluğunun değerlendirilmesinde 3 boyutlu yapıların 2 boyutlu görüntülerinin veya fotografik yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar söz konusudur. Ancak günümüzde 3B yapıları incelemek için KIBT ve ağız içi tarayıcılar gibi görüntüleme seçenekleri ile daha hassas ve değerli sonuçlar elde edilmektedir. 3B görüntüleme ve çakıştırma yöntemleri braket konumlandırmasını incelemek için uygun araçlardır (11,51–53).

2004 yılında Hodge (11), 2015 yılına Castilla ve ark (33), direkt ve indirekt yapıştırma yöntemlerinde braket konum doğruluğunu değerlendirmek için fotografik yöntemi kullanmışlardır. Çalışmalarında vakaların braketleme öncesi ve sonrası alçı modellerinin fotografik izlerinden alınan braket konumlandırma ölçümlerini incelemişlerdir. Potansiyel distorsiyonla ilişkilendirilen hatalar tespit edildiği takdirde fotoğraf tekniğinin tekrarlanabilir olduğunu bildirmişlerdir (11).

2008 yılında Wendl (51) indirekt yapıştırma uygulamasında braket transferinin konumlandırılmasının hassasiyetini hasta ve model üzerinde fotografik yöntemle; çalışma ve alçı modellerindeki braket pozisyonlarını 3B çakıştırma yöntemi kullanarak değerlendirmiştir.

2020 yılında Möhlhenrich ve ark. (53) indirekt yapıştırma tekniği ve braket geometrisine bağlı olarak braket konum doğruluğu ve yapıştırıcı kompozit fazlalığını üç eksende değerlendirdikleri in vitro çalışmada 3B görüntüde çakıştırma yöntemi ile braket konumundaki farklılıkları incelemişlerdir.

İsrael ve ark. (52) 2011 yılında geleneksel (direkt) ve bilgisayar destekli (indirekt) yapıştırma yöntemini in vitro olarak simüle etmişler, ark içi diş hizalamasını

Amerikan Ortodonti Kurulu objektif derecelendirme sistemini (OGS) kullanarak daha fazla analizle değerlendirdiklerini bildirmişlerdir. Bilgisayar destekli (indirekt) yapıştırma yönteminin daha iyi veya daha güvenilir bir şekilde ortodontik braketleri yerleştirebilen bir sistem sunmadığını saptamışlardır.

Grünheid ve ark. (7) 2016 yılında yaptıkları çalışmalarında indirekt yapıştırma tekniğinde vinil polisiloksan taşıyıcıların transfer doğruluğunu değerlendirmek için KIBT yöntemini kullanarak braket pozisyonlarını incelemişlerdir. KIBT yöntemi ile elde edilen dijital modellerin matematiksel çakıştırılmasında model üzerinde braket konumlandırma ile final braket pozisyonu arasındaki farkların 1 μm'ye kadar ölçülmesinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 HASTA SEÇİM KRİTERLERİ

Çalışmamız için SBÜ Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 14.03.2023 tarihinde 2023/03 sayılı izin alındı. Bu çalışma Sağlık Bilimleri Üniversitesi BAP koordinasyon birimi tarafından desteklenmiştir. Proje numarası 2023/039'dur.

Çalışmaya uygun bireyler Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti AD.'na tedavi amacıyla başvuran sabit ortodontik tedavi uygulanacak 20 hasta üzerinde planlandı. 12-25 yaşları arasında 10 kadın, 10 erkek toplam 20 hasta rastgele olarak 2 gruba ayrıldı. Çalışmaya; daimî dentisyonda klinik kron yüksekliği yeterli, periodontal açıdan sağlıklı dişetlerine sahip, çekimsiz sabit tedavi uygulanabilecek, herhangi bir sistemik rahatsızlığı bulunmayan hastalar dahil edilirken; dişlerinin fasiyal yüzeyinde herhangi bir protetik restorasyonu bulunan, malformasyon, mikrodonti veya ciddi atrizyon gibi dental anomalilere sahip hastalar dahil edilmemiştir.

Çalışmaya dahil edilen hastalara yapılacak olan işlemler detaylı bir şekilde sözlü olaarakanlatıldı ve SBÜ Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmış hasta bilgilendirme ve rıza formu hastalara okutularak onayları ve imzaları alındı. Çalışmaya gönüllü olarak katılan hastalardan tedavi öncesi rutin olarak alınan tanı amaçlı anamnez, muayene ve onam formları, fotoğraf, ağız içi tarama kaydı ve röntgen kayıtları alındı.

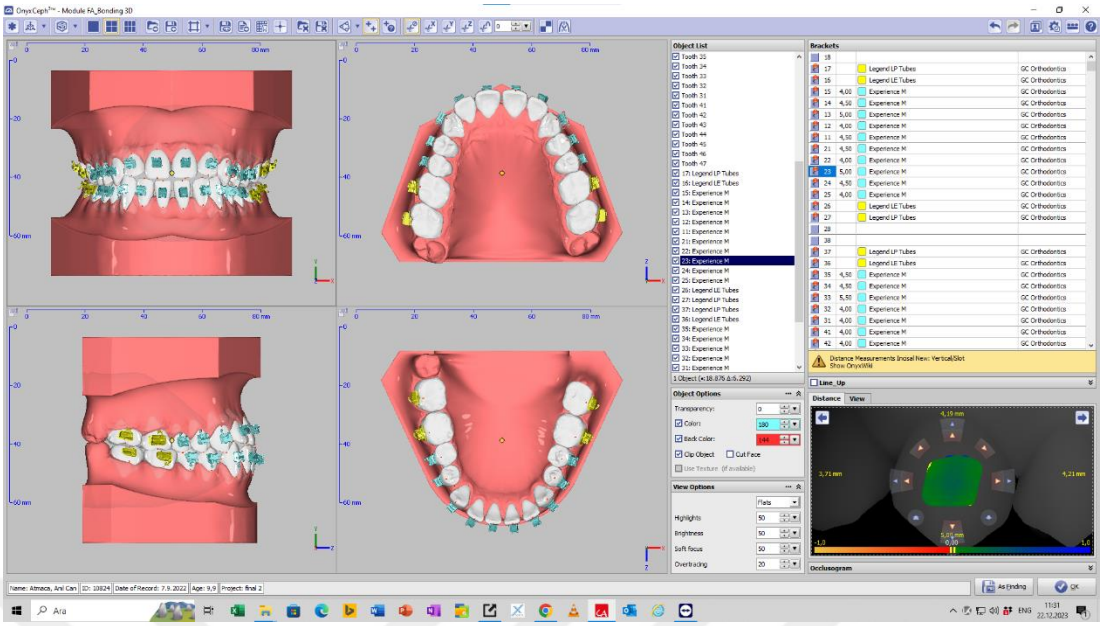
Yapılan power analizi sonucunda %80 güven (1-α), %80 test gücü (1-β) ve d=0.5 etki büyüklüğü çift kuyruklu bağımsız örnekler t testi analizine göre her bir grupta uygulanması gereken braket sayısı 64 olarak belirlendi. Basit tesadüfi randomizasyon yapıldı.

Tablo 3.1 Güç Analizi

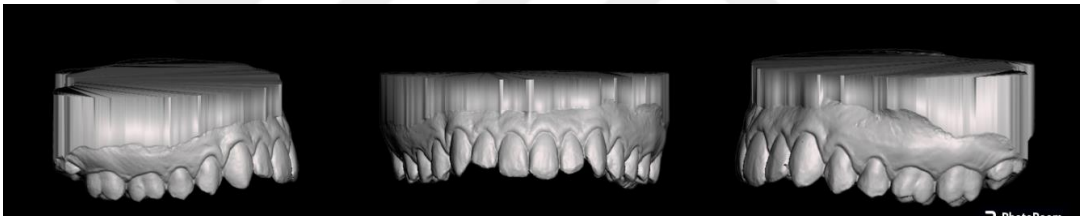
t tests - Means: Difference between two independent means (two groups)		
Analysis: A priori: Compute required sample size		
Input:	Tail(s)	=Two
	Effect size d	=0.5
	α err prob	=0.05
	Power (1-β err prob)	=0.80
	Allocation ratio N2/N1	=1
Output:	Noncentrality parameter δ	=2.8284271
	Critical t	=1.9789706
	Df	=126
	Sample size group 1	=64
	Sample size group 2	=64
	Total sample size	=128
	Actual power	=0.8014596

3.2 DİJİTAL MODELLERİN ELDE EDİLMESİ VE SANAL BRAKET KONUMLANDIRMA

Hastalardan iTero 2 Element Ağız içi Tarayıcı (Align Technology, San Jose, Kaliforniya) kullanılarak ölçü alınmasının ardından .stl modelleri elde edildi ve 'M0 model' olarak adlandırıldı. Bu .stl modeller, OnyxCeph3^{TM}(Dentarum GmbH & Co. Ispringen, Almanya) yazılımına aktarıldı. Yazılımın kendi içerisinde bulunan sanal braket ve tüp kütüphanesinden Experience^{TM} mini Metal marka 22 slot Roth B sistem kapaklı braket (GC Orthodontics, Breckerfeld, Almanya) seçildi. Yazılım ile sanal braketler otomatik olarak yerleştirildi. İlk yerleşimden sonra yazılımı opere eden teknisyen uygulamayı yapacak olan diş hekimine braket planlamasındaki düzeltme ve değişiklikleri yapabilmesi için e-mail yoluyla gönderdi. Sanal braket konumları hekim tarafından modifiye edildi ve onaylandı. Sanal braketlerin konumlandırıldığı bu aşama dijital braketleme olarak tanımlandı ve bu modeller 'M1 model' olarak adlandırıldı.



Şekil 3.1 OnyxCeph3^{TM} yazılımı



Şekil 3.2 Hastadan elde edilen STL Modeli



Şekil 3.3 Sanal braketlerin konumlandırıldığı M1modeli

3.3 BRAKER TAŞIYICI ÜRETİMİ

3.3.1 3B Yazıcı ile Taşıyıcı Üretimi

Appliance OnyxCeph3^{TM} yazılımı ile bir dijital braket taşıyıcı 20 adet M1 modeline belirtilen kurallar ile dizayn edildi: 1,5 mm kalınlığında, bukkal bölgede

braket ve bukkal tüpün altına kadar, palatinal/lingual bölgede palatinal/lingual yüzeyini kaplayacak şekilde, 2. moların distal marjinal sırtına kadar uzandı. Ardından Imprımo® LC IBT (Sheu Dental, Iserlohn, Almanya) reçinesi kullanılarak 3B yazıcıda (Asiga MAX ™, Sheu Dental, Iserlohn, Almanya) basıldı. Grup 1 olarak adlandırıldı. IBT reçinesi, indirekt braket yapıştırma taşıyıcıların üretiminde kullanılan, DLP tip yazıcılar için uygun; yoğunluğu yaklaşık 1,1 g/ml.; viskozitesi 23°C'de yaklaşık 2,5 Paskal; kürleme sonrası malzemenin sertliği yaklaşık 40 shore D ‘ye sahip esnek reçinedir.



Şekil 3.4 3B taşıyıcının görüntüsü



Şekil 3.5 3B taşıyıcının elde edilmesinde kullanılan reçine ve baskı cihazı

3.3.2 Vakumla Şekillendirilmiş Taşıyıcıların Üretimi

20 adet M1 modeli 3B yazıcı ile yazdırıldı. Ardından bir tarafı sert bir tarafı yumuşak transparan plaklar (INDIVIDUA® IDB tray, Sheu) 3B modellerin üzerine basınçla şekillendirme makinesi (Biostar, Scheu, Iserlohn, Nordrhein-Westfalen, Almanya) ile uygulandı. Sınırları 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcıların sınırları ile aynı olacak şekilde oluşturuldu. Grup 2 olarak adlandırıldı.



Şekil 3.6 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcı üretiminde kullanılan plak ve basınçla şekillendirme makinesi



Şekil 3.7 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcıların görüntüsü

3.3.3 İNDİREKT BRAKETLEME UYGULAMASI

İlk olarak tüm hastalara pomza ile polisaj yapıldı. Sırasıyla üst ve alt çenedeki dişler 20 sn süre ile %37'lik fosforik asit ile pürüzlendirildi. Dişler hava-su spreyi ile yıkanıp, kurutuldu. Taşıyıcının içindeki braket ve tüplerin tabanlarına GC Ortho Connect™ (GC Orthodontics, Breckerfeld, Almanya) kompozit yerleştirildi. Taşıyıcılar hastaların dişleri üzerine uygulandı. Her biri taşıyıcıya oklüzalden hafif bir parmak basısı uygulandı. Braketlerin dişler üzerine tam olarak oturduğundan emin olduktan sonra braketlerin mezial ve distal kenarlarından 10'ar sn, toplam 20 sn LED ışık kaynağı (VALO™ Cordless, Ultradent products, Cologne; Almanya) ile polimerizasyonu sağlandı. Polimerizasyon tamamlandıktan sonra aktarma kaşığı posteriordan anteriora ve palatinalden vestibule olacak şekilde ağızdan çıkartıldı. Son olarak, transfer işlemi gerçekleştirilen braketler bölümümüzde bulunan Itero Element 2™ (Align Technology, Inc., ABD) Ağız içi ile taranarak M2 dijital modeller (deney grubu) elde edildi.



Şekil 3.8 Farklı markalarda indirekt braketleme uygulamasında kullanılan asit, kompozit ve braket seti



Şekil 3.9 3B taşıyıcının ağız içi uygulama görüntüsü.



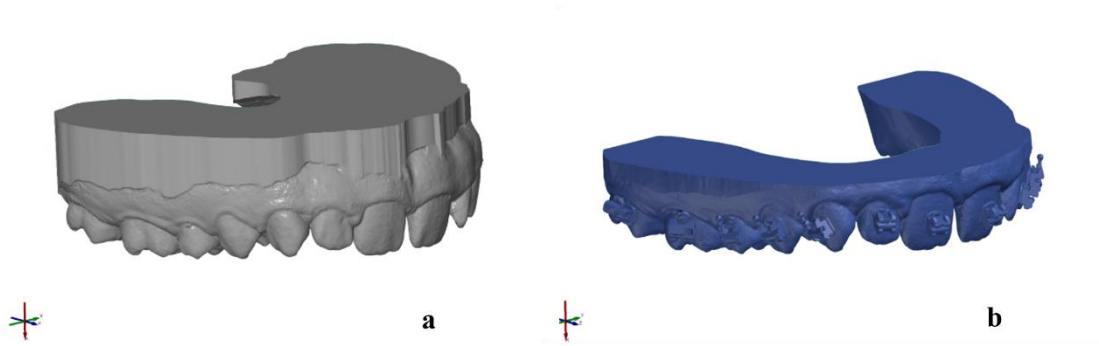
Şekil 3.10 Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcının ağız içi uygulama görüntüsü

3.4 TRANSFER ÖLÇÜM HATALARI

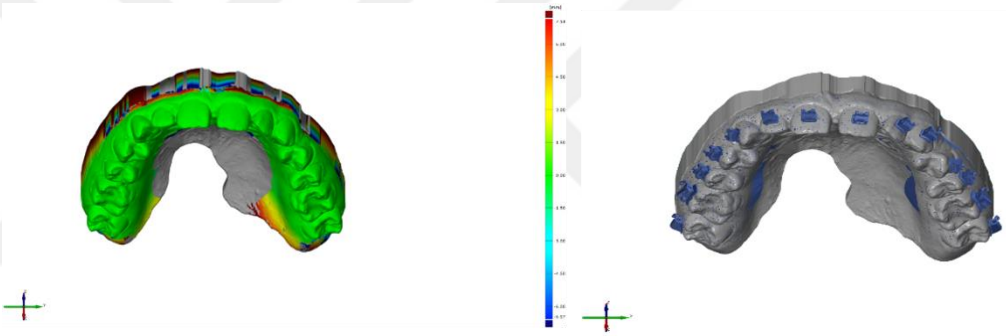
Öncelikle hastanın M0, M1 ve M2 modelleri, GOM Inspect yazılımına (GOM, Braunschweig, Lower Saxony, Almanya) aktarıldı. İçe aktarılan M1 ile M0 modeline GOM Inspect software yazılımında çakıştırma işlemi yapıldı. İçe aktarılmış olan M1 modeli referans alınarak M2 modeli çakıştırma işlemi yapmak için yazılıma aktarıldı.

Çakıştırma işlemi için ilk olarak yazılımın otomatik çakıştırma komutu kullanıldı. Otomatik çakıştırma komutunun yetersiz hassasiyet sunması durumunda, dişlerin üzerinde referans noktalar tespit edildi ve bu noktaların rehberliğinde yüksek hassasiyetle çakıştırma işlemi gerçekleştirildi. İşlemlerin sonunda üç farklı modelin

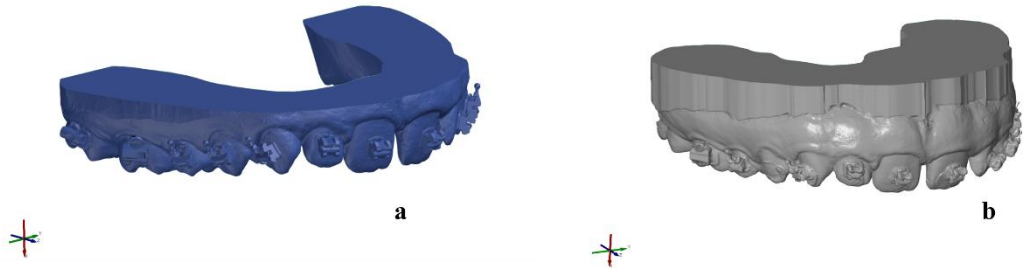
aynı eksen ve referansları dikkate alınarak çakıştırma işlemi tamamlandı; ardından tüm modeller blender yazılımı içerisine aktarıldı.



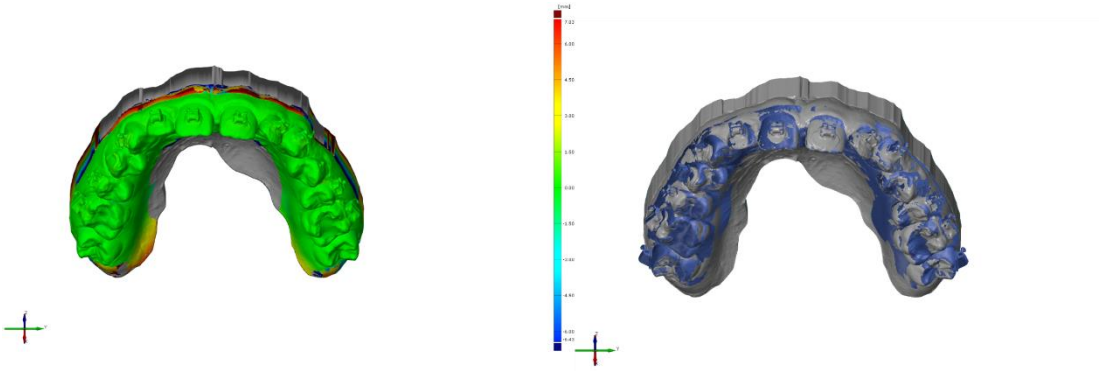
Şekil 3.11 Üst çeneye ait dijital ölçü ve sanal braketleme modeli (a. M0 modeli b. M1 modeli)



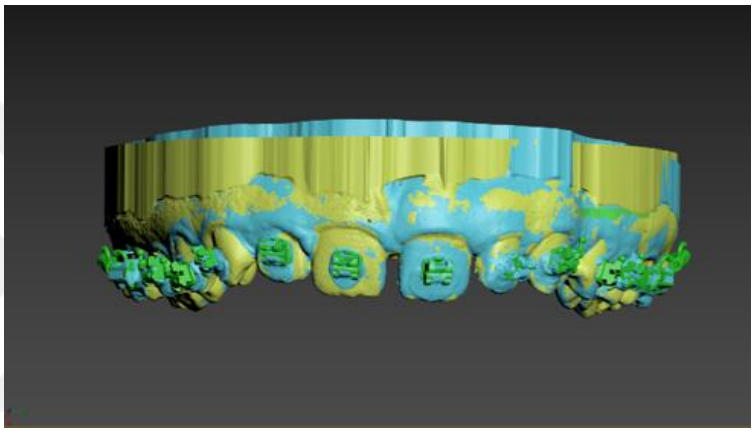
Şekil 3.12 Çakıştırılmış M0 ve M1 Modelinin GOM Yazılımındaki Görüntüsü



Şekil 3.13 Üst çeneye ait sanal braketleme ve indirekt braketleme sonrası dijital model (a. M1modeli b. M2 modeli)

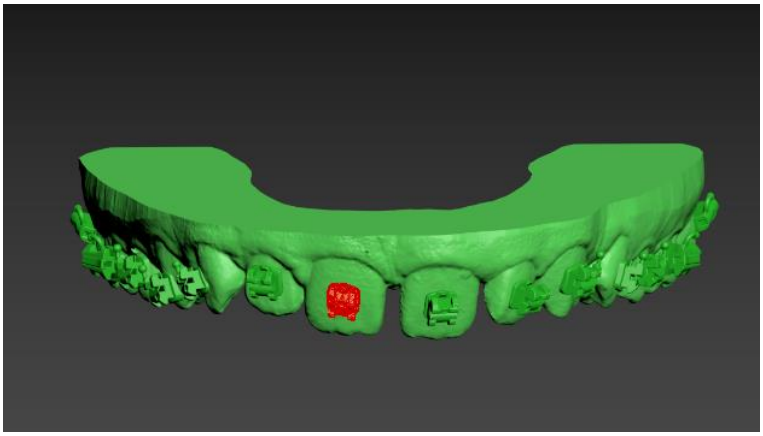


Şekil 3.14 Çakıştırılmış M1 ve M2 Modelinin GOM Yazılımındaki Görüntüsü

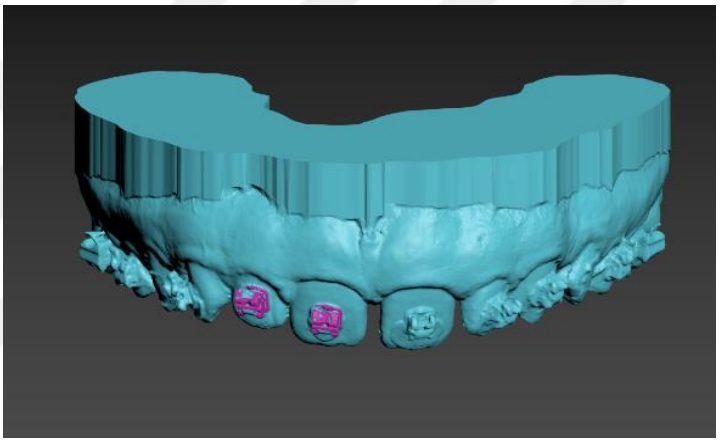


Şekil 3.15 M0, M1 ve M2 Modelinin çakışık görüntüsü

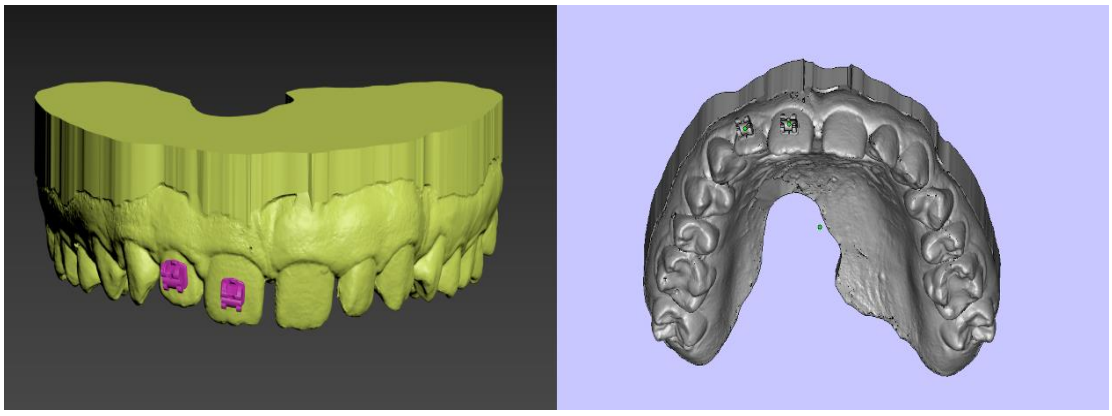
M2 model üzerinde bulunan braketler numaralandırıldı ve ayrımı gerçekleştirildi. Numaralandırılmış her brakete, yerel bir koordinat merkezi atandı. Bu koordinat merkezi, M2 modelindeki braketlere ve eksenlere uyumlu bir şekilde taşınmayı ve hizalanmayı sağlamak için kullanıldı. Numaralandırılmış ve hizalanmış olan 11 ve 12 numaralı braketler M0 modelinde birleştirildi. Braketler ve diş yüzeylerini bir bütün haline getirildi. Hastaya ait M1 modeli ile ‘braketler ve M0 modelinin birleştirmesi ile oluşturulan birleştirme modelinin çakıştırma işlemi yapıldı.



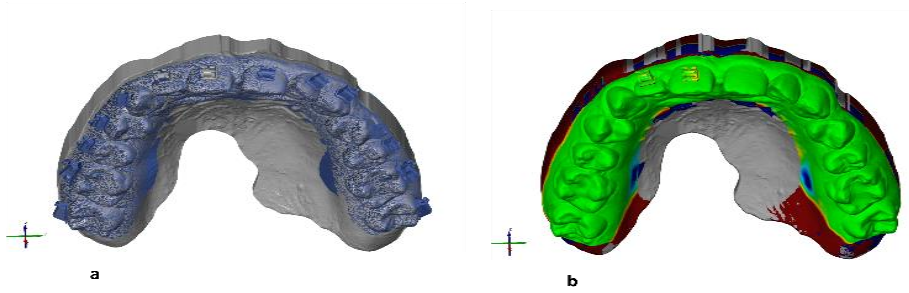
Şekil 3.16 M1 model üzerinde 11 numaralı diş braketinin numaralandırılması



Şekil 3.17 M1 modelindeki 11 ve 12 numaralı braketlerin M2 modelindeki braketler ile hizalanması



Şekil 3.18 Braketler ile M0 modeline yerleştirilmesi ve bütün hale getirme işlemi



Şekil 3.19 Modellerin çakıştırılması a. Çakıştırılmış modellerin GOM yazılımındaki görüntüsü b. Çakıştırılmış modellerin sapma kontrolü

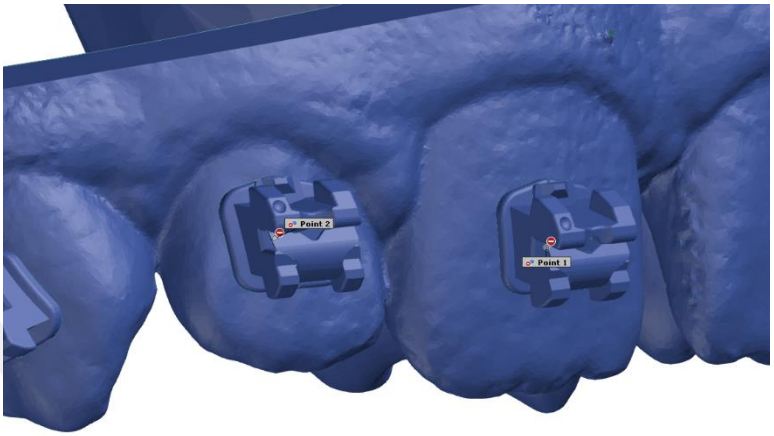
Bu işlemler tamamlandıktan sonra GOM Inspect software yazılımına geçerek gerekli translasyon ve angulasyon ölçümlerine başlanıldı. Dişlerde yapılan ölçümlerin standardizasyonunu sağlamak amacıyla her diş üzerine lokal koordinat sistemi tanımlandı. Bu sayede tüm dişlerde x ekseni meziodistal doğrultuyu; y ekseni vertikal doğrultuyu; z ekseni ise bukkolingual doğrultuyu temsil etmektedir. Lokal koordinat sistemlerini oluşturmak için aşağıdaki görselde belirtilen braket yüzeylerinde üç nokta seçilerek düzlemler tanımlanmıştır. X eksenindeki sapmalar hekime göre sağa gidildikçe +, sola gidildikçe - ; Y eksenindeki sapmalar yukarı gidildikçe +, aşağı gidildikçe -; Z eksenindeki sapmalar dışarı çıkıldıkça +, içeri gidildikçe – değer almıştır.



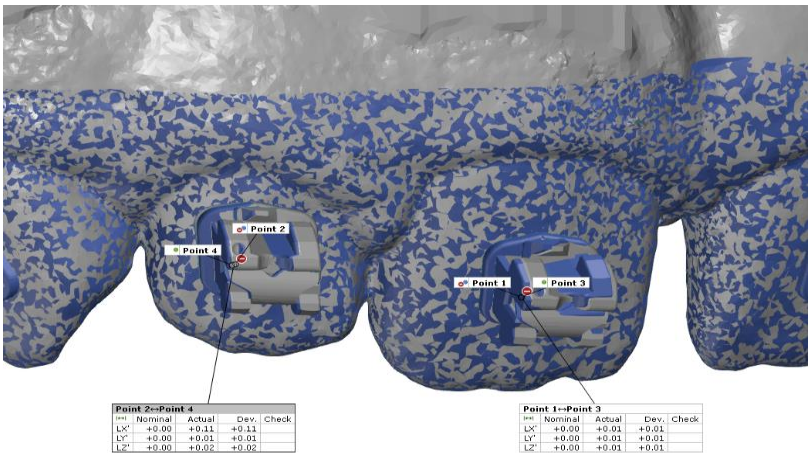
Şekil 3.20 Angulasyon ve translasyon ölçümlerine yönelik a. Üç nokta seçimi ve düzlemlerin oluşturulması, b. Dişlerin lokal koordinat sistemlerinin oluşturulması

Translasyon Ölçümü

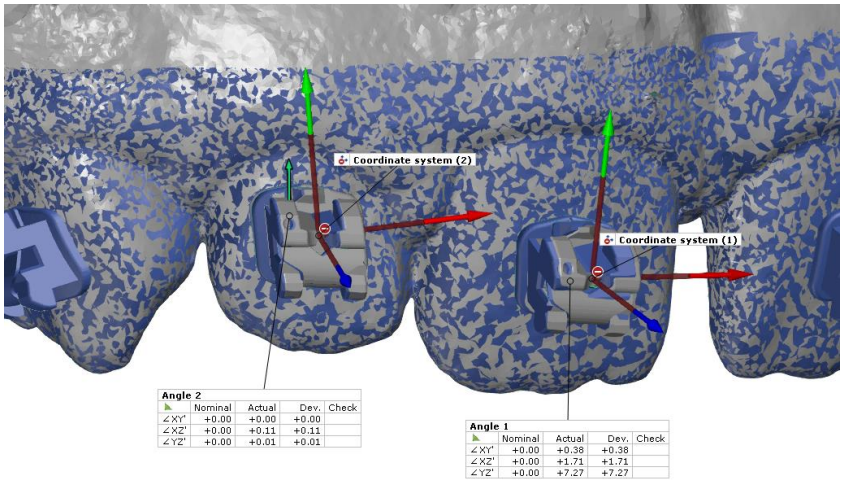
M1 ve M2 modelinin braketlerinin aynı slot bölgeleri üzerinden nokta seçimleri yapıldı. Daha sonra bu iki nokta arasındaki uzaklıklar lokal koordinat sistemine göre ölçüldü. Bu uzaklığın x,y,z bileşenleri ölçüm yapılan dişin lokal koordinat sistemine göre belirlendi.



Şekil 3.21 M1 modeli üzerinde nokta seçimi



Şekil 3.22 Translasyon ölçümleri



Şekil 3.23 Rotasyon, angulasyon ve tork ölçümleri

Bu uzaklığın x,y,z bileşenleri ölçüm yapılan dişin lokal koordinat sistemine göre belirlenmiştir. Oluşturulan açının dişin lokal koordinat sistemine göre XY, XZ ve YZ düzlemlerinde ölçümleri alınmış, her braket için üç adet açısal sapma derece cinsinden hesaplanmıştır. XY düzlemi angulasyonu, YZ düzlemi torku, XZ düzlemi rotasyonu temsil etmektedir.

Tablo 3.2 x, y ve z eksenlerindeki doğrusal ve açısal ölçümlerin klinik yorumu.

Boyut	**Klinik yorumu**
X ekseni	Meziodistal
Y ekseni	Vertikal
Z ekseni	Bukkolingual
XY düzlemi	Angulasyon
XZ düzlemi	Rotasyon
YZ düzlemi	Tork

3.5 İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Araştırma kapsamında ele alınan değişkenlerin tanımlayıcı istatistiklerinde, ortalamaları, standart sapmaları ve yüzdeleri kullanılmış; ayrıca grafiklerden faydalanılmıştır. Grup karşılaştırmaları öncesinde parametrik testlerin ön şartı olan gruplarda normal dağılım varsayımının değerlendirilmesi Kolmogorov Smirnov testi

ile yapıldı. Normal dağılım varsayımını karşılayan bağımsız ikili grup fark analizlerinde bağımsız gruplarda t testi uygulandı. Nominal değişkenlerin karşılaştırılmasında ki kare testi aracılığı ile uygulandı.

İstatistiksel analizlerin uygulanmasında SPSS (SPSS for Windows ver.25 SPSS Inc, Chicago, IL) istatistik yazılımından faydalanıldı. Bütün testlerde, p değeri 0,05'ten küçük olan değerler istatistiksel açıdan anlamlı olarak değerlendirildi (*p<0,05, **p<0,001).

≤ 0,5 mm'lik doğrusal sapmalar ve ≤2º açısal sapmalar kabul edilebilir aralıktaki sapmalar olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Bu bölümde çalışma kapsamında incelenen değişkenlere yönelik tanımlayıcı istatistiklerin yanısıra, araştırma hedeflerine ulaşmak için ortaya konan hipotezlere yönelik istatistiksel analiz bulguları yer almaktadır.

4.1 TANIMLAYICI İSTATİSTİKLER

Çalışmamızda 3B yazıcı ile üretilen ve vakumla şekillendirme tekniğiyle üretilen 2 farklı dijital indirekt braket taşıyıcının, braket konum doğrulukları klinik olarak karşılaştırıldı. Çalışmaya 20 hasta alt, üst, sağ ve sol; santral, lateral, kanin, premolar ve molar dişler dahil edildi. Toplam 460 braket üzerinde ölçüm yapıldı. Veriler her bir diş için ve her bir konum için ayrı ayrı karşılaştırılarak değerlendirildi. Sanal braket konumlandırmanın yapıldığı dijital modeller ile indirekt braketleme sonrası ağız içi tarama ile elde edilen dijital modellerdeki braketlerin doğrusal ve açısal ölçümleri arasındaki anlamlılık incelendi.

Gözlemci içi güvenilirliği analiz etmek için sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) kullanıldı. Rastgele seçilen iki çene modelinde bulunan braket ve tüpler üzerinde ilk ölçümden 1 ay sonra yapılan ölçümler sonucunda, %95 güven aralığındaki ICC verisi 0,92 olarak hesaplandı.

Tablo 4-1 ve Şekil 4-1'de araştırma kapsamında değerlendirilen indirekt braket taşıyıcı uygulamasında diş gruplarının dağılımı yer almaktadır.

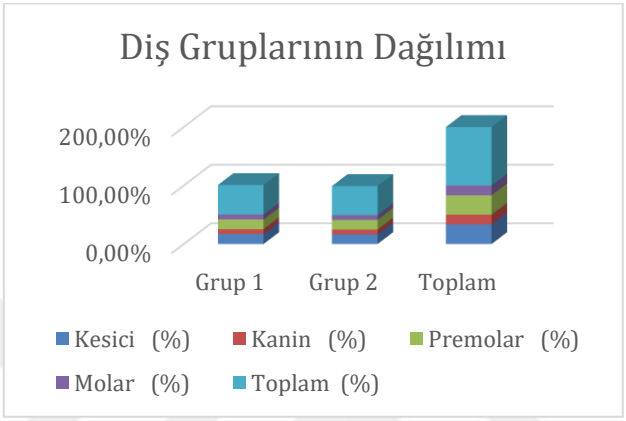
Tablo 4.1 İndirekt braket taşıyıcı uygulamasında diş gruplarının dağılımı

	Kesici n (%)	**Kanin n (%)**	**Premolar n (%)**	**Molar n (%)**	**Toplam n (%)**	**X^2**	**p**
Grup 1	78 (%16,96)	39 (%8,48)	76 (%16,52)	39 (%8,48)	232 (%50,44)		
Grup 2	76 (%16,52)	38 (%8,26)	76 (%16,52)	38 (%8,26)	228 (%49,56)	0,017	0,99
Toplam	154 (%33,48)	77 (%16,74)	152 (%33,04)	77 (%16,74)	460		

n: örneklem büyüklüğü, X^2: Ki Kare Testi, p>0,05

Çalışmamızda Grup 1, 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcıların uygulandığı grubu; Grup 2 ise vakumla şekillendirilmiş taşıyıcıların uygulandığı grubu ifade etmektedir.

Araştırma kapsamında incelenen diş gruplarının %50,44'ü (n=232) Grup 1'de, %49,56'sı (n=228) Grup 2'de yer almaktadır. Grup 1; %16,96 (n=78) kesici diş grubu, %8,48 (n=39) kanin diş grubu, %16,52 (n=76) premolar diş grubu, %8,48 (n=39) molar diş grubu içermektedir. Grup 2; %16,52 (n=76) kesici diş grubu, %8,26 (n=38) kanin diş grubu, %16,52 (n=76) premolar diş grubu, %8,26 (n=38) molar diş grubu içermektedir. Her iki grup arasında hasta dağılımı açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadığı tespit edilmiştir (X^2: 0,017p>0,05).



Şekil 4.1 İndirekt braket taşıyıcı uygulamasında diş gruplarının dağılımı.

4.2 HİPOTEZ ANALİZLERİ

Bu bölüm araştırma hedeflerine ulaşmak amacıyla ortaya konan hipotezlere yönelik istatistiksel analiz bulgularını kapsamaktadır.

Tablo 4.2.'de Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.2 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri

Grup 1		Meziodistal (mm)			Vertikal (mm)			Bukkolingual (mm)		
Diş Tipi	n	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan
Kesici	78	0,20	0,19	0,13	0,29	0,21	0,27	0,13	0,11	0,11
Kanin	39	0,13	0,13	0,09	0,21	0,18	0,16	0,12	0,09	0,1
Premolar	76	0,13	0,12	0,1	0,17	0,15	0,12	0,11	0,1	0,08
Molar	39	0,19	0,21	0,13	0,25	0,26	0,17	0,21	0,17	0,19
Toplam	460	0,17	0,18	0,11	0,21	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11

n: örneklem büyüklüğü, ss: standart sapma

Tablo 4.2.'de görüldüğü gibi Grup 1'de tüm diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama değeri, klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer almaktadır. Doğrusal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının vertikal boyutta en yüksek olduğu belirlendi. Bunu sırasıyla meziodistal ve bukkolingual değişkenlerin takip ettiği tespit edildi.

Tablo 4.3.'de Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.3 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri

Grup 1		Angulasyon (°)			Rotasyon (°)			Tork (°)		
Diş Tipi	n	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan
Kesici	78	0,08	0,12	0,03	0,91	0,77	0,66	1,01	0,99	0,55
Kanin	39	0,29	0,44	0,10	1,21	0,93	1,23	1,53	1,35	0,99
Premolar	76	0,20	0,23	0,12	1,16	0,88	0,97	1,30	1,08	0,98
Molar	39	0,49	0,75	0,15	1,08	0,82	0,72	1,55	1,08	1,37
Toplam	460	0,28	0,5	0,1	1,07	0,84	0,86	1,30	1,10	0,99

n: örneklem büyüklüğü, ss: standart sapma

Tablo 4.3.'de görüldüğü gibi Grup 1'de tüm diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer almaktadır. Açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının tork ölçümünde en yüksek olduğu belirlendi. Bunu sırasıyla rotasyon ve angulasyon ölçümünün takip ettiği tespit edildi.

Tablo 4.4.'te Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.4 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri

Grup 2		**Meziodistal (mm)**			**Vertikal (mm)**			**Bukkolingual (mm)**		
Diş Tipi	**n**	**Ortalama**	**ss**	**Medyan**	**Ortalama**	**ss**	**Medyan**	**Ortalama**	**ss**	**Medyan**
Kesici	76	0,11	0,09	0,1	0,24	0,20	0,19	0,08	0,09	0,06
Kanin	38	0,22	0,17	0,19	0,23	0,16	0,19	0,11	0,12	0,07
Premolar	76	0,12	0,11	0,08	0,17	0,24	0,10	0,10	0,10	0,08
Molar	38	0,19	0,18	0,13	0,22	0,18	0,18	0,22	0,20	0,16
Toplam	460	0,15	0,14	0,11	0,21	0,2	0,17	0,13	0,14	0,09

n: örneklem büyüklüğü, ss: standart sapma

Tablo 4.4.'de görüldüğü gibi Grup 2'de tüm diş gruplarında doğrusal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer almaktadır. Doğrusal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının vertikal boyutta en yüksek olduğu belirlendi. Bunu sırasıyla meziodistal ve bukkolingual değişkenlerin takip ettiği tespit edildi.

Tablo 4.5.'de Grup 2'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.5 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama, medyan ve standart sapma değerleri

Grup 2		Angulasyon (°)			Rotasyon (°)			Tork (°)		
Diş Tipi	n	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan	Ortalama	ss	Medyan
Kesici	76	0,08	0,09	0,06	1,08	0,95	0,76	0,96	0,9	0,66
Kanin	38	0,46	0,63	0,23	1,49	1,04	1,26	1,38	0,8	1,24
Premolar	76	0,23	0,34	0,09	1,19	1,00	0,96	1,27	1,14	0,79
Molar	38	0,7	0,92	0,32	1,52	1,09	1,38	1,65	0,9	1,37
Toplam	460	0,25	0,42	0,1	1,25	1	0,99	1,27	0,99	0,99

n: örneklem büyüklüğü, ss: standart sapma

Tablo 4.5.'de görüldüğü gibi Grup 2'de tüm diş gruplarında açısal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer almaktadır. Grup 2'de açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının tork ve rotasyon ölçümlerinde daha yakın olduğu belirlendi. Angulasyon ölçümünün sapma miktarı ve sapma dağılımının en düşük olduğu tespit edildi.

Tablo 4.6.'da Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.6 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri

Grup 1	n	Meziodistal (mm)		Vertikal (mm)		Bukkolingual (mm)	
Diş Tipi		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kesici	78	0,01	0,81	0,00	0,76	0,00	0,54
Kanin	39	0,00	0,66	0,00	0,64	0,01	0,36
Premolar	76	0,00	0,66	0,00	0,64	0,00	0,45
Molar	39	0,00	1,10	0,00	0,64	0,01	0,72

n: örneklem büyüklüğü, min:minumum, max: maksimum

Tablo 4.6.'de görüldüğü gibi Grup 1'de sapmaların maksimum değerlerinin, doğrusal sapmanın klinik olarak kabul edilebilir aralığını aştığı; en büyük sapma miktarının ise molar diş grubunda meziodistal yönde 1,10 mm olduğu tespit edildi.

Tablo 4.7.'de Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.7 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri

Grup 1	**n**	**Angulasyon (°)**		**Rotasyon (°)**		**Tork (°)**	
Diş Tipi		**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**
Kesici	78	0,00	0,58	0,02	2,91	0,01	3,67
Kanin	39	0,02	2,66	0,01	3,89	0,02	3,85
Premolar	76	0,00	1,31	0,01	3,43	0,01	3,91
Molar	39	0,01	3,75	0,12	3,98	0,04	3,69

n: örneklem büyüklüğü, min:minumum, max: maksimum

Tablo 4.7.'de görüldüğü gibi Grup 1'de sapmaların maksimum değerlerinin, açısal sapmanın klinik olarak kabul edilebilir aralığını aştığı; en büyük sapma miktarının ise molar diş grubunda rotasyonda 3,98º olduğu tespit edildi.

Tablo 4.8.'de Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.8 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının min, max değerleri

Grup 2	**n**	**Meziodistal (mm)**		**Vertikal (mm)**		**Bukkolingual (mm)**	
Diş Tipi		**Min**	**Max**	**Min**	**Max**	**Min**	**Max**
Kesici	76	0,00	0,40	0,00	0,86	0,00	0,37
Kanin	38	0,02	0,91	0,00	0,67	0,00	0,46
Premolar	76	0,00	0,64	0,00	1,78	0,00	0,45
Molar	38	0,00	0,68	0,00	0,80	0,00	1,16

n: örneklem büyüklüğü, min:minumum, max: maksimum

Tablo 4.8.'de görüldüğü gibi Grup 2'de sapmaların maksimum değerlerinin, doğrusal sapmanın klinik olarak kabul edilebilir aralığını aştığı; en büyük sapma miktarının ise premolar diş grubunda vertikal yönde 1,78 mm olduğu tespit edildi.

Tablo 4.9.'da Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.9 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının min, max değerleri

Grup 2	n	Angulasyon (°)		Rotasyon (°)		Tork (°)	
Diş Tipi		Min	Max	Min	Max	Min	Max
Kesici	76	0,00	0,37	0,07	3,68	0,03	3,49
Kanin	38	0,02	2,66	0,15	3,55	0,06	3,05
Premolar	76	0,00	2,66	0,03	3,82	0,02	4,00
Molar	38	0,00	1,31	0,01	4,02	0,24	3,61

n: örneklem büyüklüğü, min:minumum, max: maksimum

Tablo 4.9.'da görüldüğü gibi Grup 2'de sapmaların maksimum değerlerinin, açısal sapmanın klinik olarak kabul edilebilir aralığını aştığı; en büyük sapma miktarının ise molar diş grubunda rotasyonda 4,02º olduğu tespit edildi.

Tablo 4.10.'da Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 4.10 Grup 1'e ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi

Grup 1	n	Meziodistal (%)	Vertikal (%)	Bukkolingual (%)
Diş Tipi				
Kesici	78	88,89	80,56	95,83
Kanin	39	96,77	90,32	100
Premolar	76	97,22	94,44	100
Molar	39	91,23	94,44	91,23
Toplam	232	93,99	89,94	96,76

n: örneklem büyüklüğü

Tablo 4.10.'da görüldüğü gibi Grup 1'de meziodistal ölçümlerin %93,99'unun, vertikal ölçümlerin %89,94'ünün, bukkolingual ölçümlerin %96,76'sının klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi.

Tablo 4.11.'de Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 4.11 Grup 1'e ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi

Grup 1 Diş Tipi	n	Angulasyon (%)	Rotasyon (%)	Tork (%)
Kesici	78	100	88,89	80
Kanin	39	94,12	88,46	60
Premolar	76	100	84,36	75,38
Molar	39	94,74	89,36	78,72
Toplam	232	97,22	87,77	73,53

n: örneklem büyüklüğü

Tablo 4.11.'de görüldüğü gibi Grup 1'de angulasyon ölçümünün %97,22'sinin, rotasyon ölçümünün %87,77'sinin, tork ölçümünün %73,53'ünün klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi.

Tablo 4.12.'de Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 4.12 Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi

Grup 2 Diş Tipi	n	Meziodistal (%)	Vertikal (%)	Bukkolingual (%)
Kesici	76	100	89,71	100
Kanin	38	97,06	94,12	100
Premolar	76	98,53	94,12	100
Molar	38	91,38	84,83	93,54
Toplam	228	96,74	90,70	98,39

n: örneklem büyüklüğü

Tablo 4.12.'de görüldüğü gibi Grup 2'de meziodistal ölçümlerin %96,74'ünün, vertikal ölçümlerin %90,70'inin, bukkolingual ölçümlerin %98,39'unun klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi.

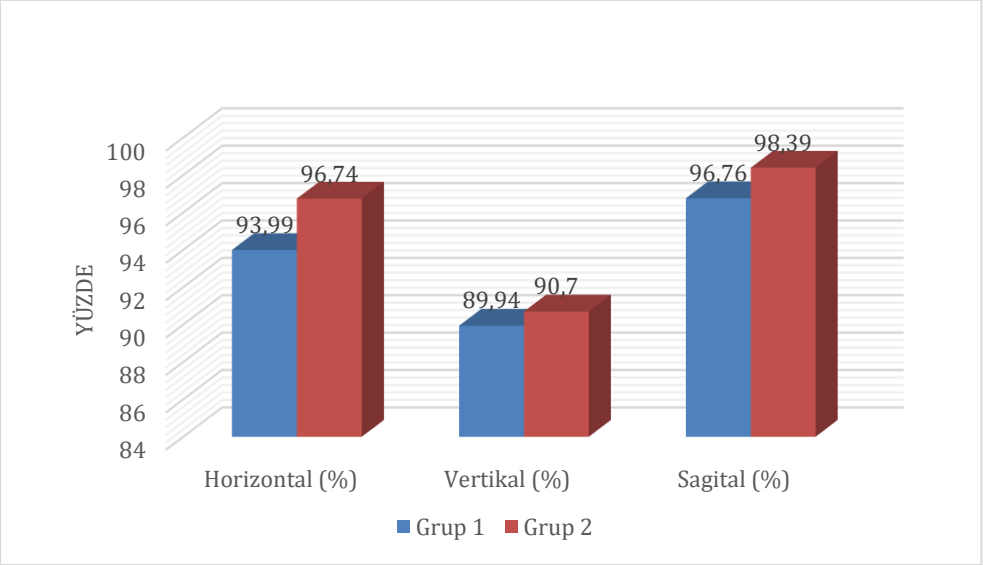
Tablo 4.13.'de Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi yer almaktadır.

Tablo 4.13 Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi

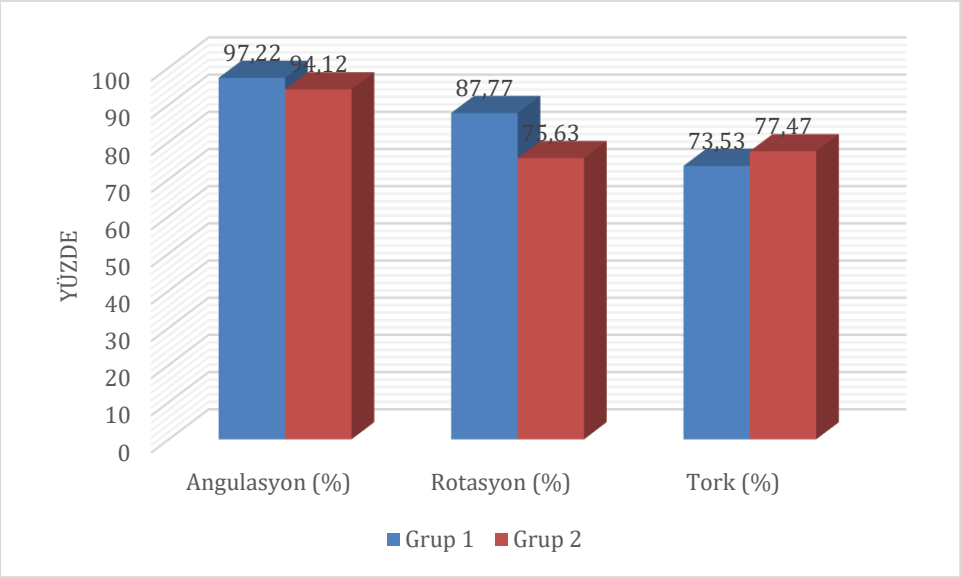
Grup 2 Diş Tipi	n	Angulasyon (%)	Rotasyon (%)	Tork (%)
Kesici	76	88,24	82,81	86,67
Kanin	38	94,12	66,67	86,36
Premolar	76	94,12	79,37	74,07
Molar	38	100	73,68	62,79
Toplam	228	94,12	75,63	77,47

n: örneklem büyüklüğü

Tablo 4.13.'de görüldüğü gibi Grup 2'de angulasyon ölçümünün %94,12'sinin, rotasyon ölçümünün %75,63'ünün, tork ölçümünün %77,47'sinin klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi.



Şekil 4.2 Grup 1 ve Grup 2'ye ait diş gruplarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi.



Şekil 4.3 Grup 1 ve Grup 2'ye ait diş gruplarında açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesi.

Tablo 4.14.'te gruplar arası doğrusal sapma miktarının diş gruplarına göre değerlendirilmesi yer almaktadır.

Tablo 4.14 Gruplar arası doğrusal sapma miktarının diş gruplarına göre değerlendirilmesi

		Meziodistal (mm)		**Vertikal (mm)**		**Bukkolingual (mm)**	
Diş Tipi	**n**	**Ortalama**	**p**	**Ortalama**	**p**	**Ortalama**	**p**
Kesici	154	0,086±0,052	0,001*	0,058±0,070	0,096	0,050±0,034	0,005***
Kanin	77	0,094±0,076	0,017**	0,025±0,084	0,560	0,010±0,054	0,715
Premolar	152	0,015±0,040	0,442	0,881±0,068	0,881	0,004±0,034	0,794
Molar	77	0,007±0,074	0,850	0,054±0,058	0,064	0,003±0,068	0,937
Ortalama		0,051±0,060		0,254±0,070		0,017±0,048	

n: örneklem büyüklüğü, p:anlam derecesi; t: Bağımsız Gruplarda t Testi, p<0,005 istatistiksel olarak anlamlı, *p<0,001, **:p<0,017 ***:p<0,005

Grup 1 ile Grup 2 arasında diş gruplarına göre farkları detaylı analiz etmek amacıyla çift kuyruklu t testi gerçekleştirildi. Tablo 4.14.'de görüldüğü gibi kesici diş grubunda meziodistal ve bukkolingual ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi (p=0,001). Grup 2'nin Grup 1'e göre daha az sapma gösterdiği

gözlemlendi. Kanin diş grubunda meziodistal ölçümde anlamlı bir fark tespit edildi (p=0,017). Grup 1'in Grup 2'ye göre daha az sapma gösterdiği gözlemlendi. Diğer tüm diş grupları için istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

Tablo 4.15.'te Gruplar arası açısal sapma miktarının diş gruplarına göre değerlendirilmesi yer almaktadır.

Tablo 4.15 Gruplar arası açısal sapma miktarının diş tipine göre değerlendirilmesi

Diş Tipi	n	Angulasyon (°)		Rotasyon (°)		Tork (°)	
		Ortalama	p	Ortalama	p	Ortalama	p
Kesici	154	0,005±0,056	0,861	0,041±1,072	0,939	0,208±0,772	0,591
Kanin	77	0,168±0,274	0,224	0,173±1,032	0,738	1,158±2,506	0,359
Premolar	152	0,035±0,098	0,478	0,012±0,642	0,970	0,032±0,408	0,876
Molar	77	0,331±0,128	0,064	0,441±0,414	0,036*	0,099±0,422	0,639
Ortalama		0,135±0,196		0,167±0,79		0,374±1,028	

n: örneklem büyüklüğü, p:anlam derecesi; t: Bağımsız Gruplarda t Testi, p<0,005 istatistiksel olarak anlamlı, *p<0,036

Grup 1 ile Grup 2 arasında diş gruplarına göre farkları detaylı analiz etmek amacıyla çift kuyruklu t testi testleri gerçekleştirildi. Tablo 4.15.'de görüldüğü gibi molar diş grubu rotasyon ölçümünde anlamlı bir fark tespit edildi (p=0,036). Grup 1'in Grup 2'ye göre daha az sapma gösterdiği gözlemlendi. Diğer tüm diş grupları için istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

Tablo 4.16.'da gruplar arası doğrusal ve açısal sapma miktarının ortalama, standart sapma ve p-değerleri yer almaktadır.

Tablo 4.16 Gruplar arası doğrusal ve açısal sapma miktarının ortalama, standart sapma ve p-değerleri

	n	Ortalama	ss	p
Meziodistal (mm)	460	0,0183	0,015	0,219
Vertikal (mm)	460	0,0035	0,018	0,8441
Bukkolingual (mm)	460	0,0146	0,013	0,2522
Angulasyon (°)	460	0,0183	0,015	0,219
Rotasyon (°)	460	0,0035	0,018	0,8441
Tork (°)	460	0,0146	0,013	0,2522

n: örneklem büyüklüğü, ss; standart sapma, p:anlam derecesi, , p<0,005 istatistiksel olarak anlamlı

Tablo 4.16'da görüldüğü gibi gruplar arası değerlendirme doğrusal ve açısal ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi (p>0,05).

.

5. TARTIŞMA

5.1 AMAÇ VE YÖNTEMİN TARTIŞILMASI

5.1.1 Amacın Tartışılması

Tüm ortodontistlerin ana hedefi ideal tedavi sonuçlarını elde edebilmektir. Sabit ortodontik tedavinin başlangıcında braketlerin doğru konumlandırılması tedavi aşamalarını basitleştireceği ve sonuçların öngörülebilirliğini artıracağı için kritik öneme sahiptir (6). Yapıştırma esnasında braketlerin vertikal, meziodistal ya da mezio-distal açılandırma hatalarına bağlı olarak dişlerde istenmeyen pozisyon değişiklikleri ve basınç oluşumu, komşu diş kökleri arasında yakınlık riski ve stabil olmayan final oklüzyonu gibi olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Oluşan bu problemleri düzeltebilmek için ek tel bükümlerine, braketin yeniden konumlandırmasına ve çeneler arası elastik kullanımı gibi tedaviyi komplike hale getirecek uygulamalara ihtiyaç duyulabilmektedir (17).

Direkt yapıştırma prosedürü her bir braketin ilgili dişin anatomisi, kök konumu ve hedeflenen oklüzyonu referans alarak koltuk başında konumlandırıldığı geleneksel bir yöntemdir. Bu yöntem hala birçok klinisyen tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır, ancak bu teknikle ideal braket konumuna engel olan bazı durumlar söz konusudur. Ağız içi yumuşak dokular, tükürük, el aletleri ve yetersiz aydınlatma nedeniyle yeterli görüşün sağlanamaması, özellikle posterior bölgelerde istenen braket konumunu elde etmeyi son derece zorlaştırmaktadır. Ortodontistler, tükürük kontaminasyonunu engellemek aynı zamanda hasta konforunu arttırabilmek amacıyla yapıştırma işlemi sırasında zamanla yarışmaktadırlar. Bu durum ideal braket yerleştirmesine engel olabilmekte, ortodontistin direkt yapıştırma yöntemi ile hassas braket konumlandırmasını zorlaştırmakta hatta imkânsız hale getirebilmektedir (54).

İndirekt yapıştırma ile braket konumlandırma tekniği, herhangi bir klinik sınırlama olmaksızın dental modeller üzerinde gerçekleştirildiği için tükürük kontaminasyonu, hasta kontrolü veya zaman sınırlamaları gibi direkt yapıştırma prosedürü sırasında oluşan zorlukları bertaraf edebilmek amacıyla geliştirilmiştir (48). Bu prosedür, ister laboratuvarda gerçekleştirilen braket pozisyonlandırmasının

yapıldığı geleneksel indirekt yapıştırma yöntemi olsun ister dijital yöntem ile olsun 3B görselleştirmeye izin vermekte ve daha yüksek konum doğruluğu sağlamaktadır (6). Hodge ve ark. (11) direkt yapıştırma yerine indirekt yapıştırma tekniği tercih edildiğinde braket pozisyonlandırması ile ilgili hataların en aza indirildiğini bildirmiştir. Koo ve ark. (55) braketlerde daha iyi bir yükseklik pozisyonu gözlemlediklerini, Aguirre ve ark (56) maksiller ve mandibular kaninlerin braket angulasyonu ile maksiller kaninlerin vertikal pozisyonunda daha yüksek teknik hassasiyet sağladığını bildirmişlerdir.

Bu klinik çalışma, indirekt yapıştırma yönteminde kullanılan, iki farklı braket taşıyıcının, braket aktarımındaki konum doğruluklarını karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. İn vivo olarak farklı braket taşıyıcıların karşılaştırılması klinik verimliliği artırmak, hasta deneyimini geliştirmek ve sonuçları iyileştirmek açısından önemlidir. Ayrıca indirekt yapıştırma uygulamasının dijital olarak planlanması ve 3B yazıcı ile üretilen braket taşıyıcıların kullanılması, indirekt braket taşıyıcılar arasında en yeni ve güncel olan yöntemlerden bir tanesidir(20,37,57). İndirekt yapıştırma tekniği uzun yıllardır uygulanan bir yöntemdir. Ancak çalışmamızda, diğer çalışmalardan farklı olarak her iki grupta braket konumlandırma prosedürü dijital ortamda planlanmış, 3B yazıcı ve vakumla şekillendirme tekniğiyle üretilen 2 farklı dijital indirekt braket taşıyıcı oluşturularak klinik olarak uygulanmıştır. Literatürde bu iki yöntemin klinik olarak karşılaştırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır.

5.1.2 Yöntemin Tartışılması

İndirekt yapıştırma uygulamasında braket taşıyıcının uyumunu bozabilecek ve uygulanmasını zorlaştırabilecek çürük, fasiyal yüzeyinde restorasyon ve mine morfolojisinde anormallik bulunan dişler yapıştırma kalitesini olumsuz yönde etkileyerek braket konumunda hatalara yol açabilecektir. Ayrıca dişeti enflamasyonu varlığında yalıtımı sağlamada yaşanan zorluklar bağlanma kuvvetini olumsuz yönde etkileyerek braketin tutuculuğunu azaltacaktır (58,59). Literatürlerdeki görüşler temel alınarak çalışmamıza daimî dentisyonda, klinik kron yüksekliği yeterli, periodontal açıdan sağlıklı dişetlerine sahip, çekimsiz sabit tedavi uygulanabilecek, herhangi bir

sistemik rahatsızlığı bulunmayan hastalar dahil edilirken; dişlerinin fasiyal yüzeyinde herhangi bir protetik restorasyonu bulunan, malformasyon, mikrodonti veya ciddi atrizyon gibi dental anomalilere sahip hastalar dahil edilmedi (49,58).

İndirekt yapıştırma sonrası braket konum doğruluğunun değerlendirildiği güncel çalışmalarda iTero® ve Trios® ağız içi tarayıcının ya da KIBT görüntülerinin kullanıldığı, tarama işleminden önce braketlerin yansıtıcılığını azaltmak için dişlere sprey uygulandığı bildirilmiştir (60,61). Çalışmamızda hastalardan dijital ölçülerin elde edilmesinde iTero® Element 2 ağız içi tarayıcı (Align Teknoloji, San Jose, Kaliforniya) kullanıldı. Işık emisyonu prensibine göre çalışan iTero® tarayıcının mükemmel hassasiyet ve doğruluk gösterdiği; mevcut ağız içi tarayıcılar içinde en hassas olanları arasında yer aldığı, diğer test edilen tarayıcılara kıyasla en net sınırları ve en keskin görüntüleri ürettiği bildirilmiştir (62). Aynı zamanda, tipodont modeller üzerinde yapılan bir in-vitro çalışmada, iTero® tarayıcının braket slotlarının şeklini tamamiyle yeniden üretebilecek kabiliyete sahip olduğu saptanmıştır (63). Ancak, in-vivo klinik durumda nem ve erişilebilirlik sorunu gibi faktörler söz konusudur. Yapıştırma sonrası çok düzlemli yüzeylerin taramalarında, iTero® ile tarama sırasında metal braketlerden kaynaklı ışık yansımaları sonucu görüntüde distorsiyon meydana gelmesi mümkündür. Kang ve ark. (64) tarafından yapılan in vivo çalışmada, tarayıcı doğruluğunun braketlerden 0,5 mm mesafeye kadar görüntü bozulmaları olduğunu göstermiştir. Ancak diş yüzeylerinden 0,5 mm uzaklıkta tarayıcıların iyi bir doğruluğu olduğu bulunmuştur. Bu, çalışmamızdaki braketli taramaların diş yapısına yakın olarak yeterince doğru olduğunu desteklemekle birlikte, yansıtıcı braket yüzeylerinde bozulmaların mevcut olduğu ve bunun uzaydaki koordinat yönlendirmelerini ve sonuç olarak açısal ölçümleri olumsuz etkilediği düşünülmektedir (64). Bu nedenle yapılan araştırmalar incelendiğinde tarama işleminden önce braketlerin yansıtıcılığını azaltmak için ince bir tabaka sprey biçimde uygulandı (59,65). Ancak manuel olarak spreyi tüm yüzeylere eşit şekilde uygulama zorluğuyla karşılaşılabilmekte, fazla miktarda toz detay eksikliğine, yetersiz miktarda toz ise kaliteli görüntü oluşmamasına ve ölçüm hatalarına yol açabilmektedir (55).

Braket ile mine yüzeyi arasında oluşacak bağlantı kalitesini arttırmak ve başarısızlık oranını azaltmak için indirekt yapıştırma öncesi tüm diş yüzeylerine

polisaj uygulandı. Ayrıca, hastalara ağız hijyenlerini sürdürmeleri konusunda bilgilendirme yapıldı (58,59,66). Yapılan araştırmalar incelendiğinde çalışmamızda operatörler arası değişkenliği elimine edip, standardizasyonu sağlamak için tek operatör protokolü uygulandı (58,59,66). Ancak çoklu operatör protokolü kullanarak sonuçların genelleştirebileceğini bildiren bir çalışma mevcuttur (7).

Çalışmamızda Experience^{TM} mini Metal marka 22 slot Roth B sistem kapaklı braket (GC Orthodontics, Breckerfeld, Almanya) kullanıldı. Ancak farklı marka ve modellerde braketlerin yapısı değiştiği için diğer braketlerde sonuç farklı olabilir. Bu çalışmada kullanılan ortodontik braketler GOM inspect yazılımında çakıştırma prosedüründe kullanılmak üzere dijital bir kütüphane bulunan braketler arasında yer almaktadır.

Günümüzde, 3B baskı teknolojisinin hızla gelişmesi ile dijital teknikler klinisyenler arasında artan bir popülerlik kazanmıştır. Çeşitli dental ağız içi tarayıcılar ve 3B yazıcılar makul fiyatlarla piyasaya sunulmuştur (48). Dijital indirekt yapıştırma tekniği final tedavisini iyileştirmenin yansıra modellerin, taşıyıcıların ve konumlandırma prosedürünün hazırlanması için gereken zamanı, ekipmanı ve masrafları en aza indirerek klinisyenin ve hastanın sağlığına olumlu etkiler sağlamaktadır (53). Geleneksel indirekt yapıştırma yönteminde çalışma modellerine braketler kompozit rezin ile manuel olarak adapte edilmektedir. Braket tabanında bulunan yapıştırıcı siman ve rezidüel alçı parçaları braket bağlanma gücünü azaltmakta; hatta ek yapıştırma malzemesi nedeniyle dişin birinci düzen pozisyonunu bozabilmektedir. Dijital indirekt yapıştırma yönteminde braket tabanına kompozit rezin ya da herhangi bir yapıştırıcı uygulamasına gerek kalmamakta geleneksel yöntemden kaynaklı bu dezavantajlar elimine edilmekte (67) ve manuel olarak braket konumlandırma sırasında oluşabilecek olası hataları en aza indirebilmektedir. Oliveria ve ark. (68) sanal braket konumlandırması ile direkt yapıştırma yönteminde braket konum doğruluğunu karşılaştırmışlardır. Sanal yapıştırma tekniği ile braketlerin daha hassas ve doğru bir şekilde konumlandırıldığı ve bu yöntemin indirekt yapıştırma protokollerini iyileştirmek için yeni bir perspektif sunduğu belirtilmiştir. Güncel literatürler değerlendirildiğinde çalışmamızda indirekt yapıştırma uygulamasında sanal braket konumlandırma tekniği ve dijital iş akışı kullanıldı (57,58,69).

İndirekt yapıştırma tekniğinde geleneksel, bilgisayar destekli ve 3B baskı tekniklerinden hangisi tercih edilirse edilsin taşıyıcı üretiminde kullanılan malzemenin yapıştırma prosederünün başarısı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (58). Taşıyıcı materyal, polimerizasyon işlemi sırasında braketlerin istenen pozisyonda stabil kalmasını sağlayacak kadar rijit ve kompozit rezininin polimerize olmasına imkân sağlayacak şekilde ışık geçirgenliğine sahip olmalıdır (37). Braket taşıyıcı sistemlerin üretiminde en uygun malzeme konusunda farklı görüşler söz konusudur. Bu amaçla opak ya da translüsent, silikon tabanlı polimerler veya termoplastik yapıda çeşitli tasarımlar ve malzemeler test edilmiştir. Braketler sanal olarak konumlandırıldıktan sonra, taşıyıcı üretimi için iki ana seçenek mevcuttur. Tekniklerden birisi modelin braket transfer modeli olarak bilinen 3B baskısını ve ardından geleneksel braket taşıyıcı imalatını içermektedir. Kullandığımız bu yöntem fiziksel braketlerin bir modele yerleştirilmesini gerektiren geleneksel yöntemden farklıdır, ancak yine de taşıyıcı üretimi için bir laboratuvar adımı gerektirmektedir (49). Vakumla şekillendirilmiş taşıyıcılar, en yaygın kullanılan taşıyıcı türlerinden biridir (69). Ayrıca, kullanımı hasta açısından oldukça konforludur, şeffaf olması nedeniyle kompozit ışıkla polimerizasyonuna ve başarısız braketlerin tekrar yapıştırılmasına izin vermektedir. Çift vakumlu tepsiler kullanım kolaylığı, bağlama işlemi sırasında sağlamlık ve rijitlik açısından ortodontistler arasında tercih edilmektedir. Yumuşak tepsi, 1 mm kalınlığında olup braketlerin daha kalın tabakaya yapışmasını engellemekte; dışta kalan sert tabaka taşıyıcının stabilitesini arttırmaktadır (59). Bu görüşler temel alındığında çalışmamızda vakumla şekillenebilen, bir tarafı sert bir tarafı yumuşak transparan taşıyıcılar tercih edildi. Çalışmamızda kullandığımız ikinci teknik popülerliği gittikçe artan, aracı olarak fiziksel baskılı braket transfer modeli olmaksızın, biyouyumlu reçine kullanarak sanal modele dayalı bir braket taşıyıcının dijital olarak tasarlanmasını ve doğrudan 3B yazdırılmasını içermektedir (61). Braket taşıyıcı, posterior bölgede 2 (birinci molar-kanin arası), anterior bölgede 1 (lateral-lateral arası) olmak üzere 3 parçaya ayrıldı. Bu bölümleme, posterior bölgede uygun izolasyonu sağlamak, yapıştırma prosedürü sırasında taşıyıcıya uygun desteği oluşturmak ve sonrasında taşıyıcıyı uzaklaştırırken braket kopma riskini ortadan kaldırmak için planlandı (59).

Palone ve ark.(66) CAD-CAM ile üretilen orta sertlikte, şeffaf, geniş kapsamlı indirekt braket taşıyıcıların konum doğruluğunu değerlendirdikleri klinik çalışmalarında braket ve tüplerin yarısına kadar dahil edilerek dizayn edilen taşıyıcılara nazaran maksimum sapma değerlerinin daha düşük bulunduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmalar dikkate alındığında çalışmamızda her iki gruptaki indirekt taşıyıcılar braket ve tüpleri tamamen örtecek şekilde tasarlandı.

Miles (26) dolduruculu akışkan kompozitlerin dolgu arayüzünde oluşan boşlukları azalttığını, gerekli miktarda kompozitin hassas ve kontrollü bir şekilde uygulanmasına olanak sağladığını, braket tabanına kolayca uygulanabilmesi için yeterince akışkan; ancak taşıyıcının yerleştirilmesi sırasında stabil kalacak kadar viskoz yapıya sahip olduğunu belirtmiştir. Modern ortodontik yapıştırıcı sistemi, farklı aşamalardan geçerek gelişmiştir. Bugün, bazı firmalar tarafından piyasaya sunulan Biofix (Biodinamica Dental Products, Vinhos, Portekiz) ve GC Ortho Connect™ (GC Orthodontics, Breckerfeld, Almanya) gibi tek adımlı (sadece asitleme aşaması) ortodontik yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu yapıştırma rezinin içeriğinde bulunan fosforik ester monomeri stabil bir bağ oluşumuna katkıda bulunurken, ayrı bir primer kullanımına ihtiyaç duymaz. Ayrıca, optimal floresansa sahiptir, bu nedenle braket sökümü işleminden sonra dişlerde kalan artık rezin parçaları ışıkla polimerizasyon cihazıyla tespit edilebilir (70). Ortodontik yapıştırma prosedüründe primer gerektirmeyen sistem, yapıştırma sürecinde bir adımı atlayarak potansiyel zaman ve para tasarrufu sağlamaktadır. Çalışma süresi daha kısa olduğu için tükürük ve nem kontaminasyon riski ile primerlerin ve polimerleşmemiş bileşenlerinin mesleki maruziyet riski azalmaktadır (71). GC Ortho Connect™'in, klinik olarak kabul edilebilir düzeyde makaslama kuvveti değerine sahip olduğu, yapıştırma işleminde adım sayısını azaltarak klinisyenin koltuk başında harcadığı zamanı kısaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (27). Literatürlerdeki bu görüşler temel alınarak çalışmamızda GC Ortho Connect™ braket yapıştırıcısı tercih edildi.

Yapılan araştırmalarda braket konum doğruluğunun değerlendirildiği çalışmalarda 2B fotografik yöntemin; KIBT, 3B model tarayıcı ve dijital ağız içi tarayıcı gibi 3B tekniklerinin kullanıldığı tespit edildi (51,52,58,72). 2B fotoğraf görüntüleri karşılaştırıldığında dijital olarak elde edilen 3B veriler, tekrarlanabilmekte

ve mikron düzeyde hassas ölçümlere izin vermektedir. Ayrıca dijital ağız içi tarama, KIBT tekniğinden kaynaklı radyasyona maruz kalmayı ortadan kaldırmakta ve in vivo olarak da kullanılabilmektedir (51). Güncel çalışmalarda braketleme sonrası ağız içi tarayıcılar ile elde edilmiş dijital modellerin, sanal olarak konumlandırılmış çalışma modelleriyle çakıştırılması en sık kullanılan yöntemler arasındadır (49,58,73). Ancak tarama sırasında metal braket ve tüplerdeki yansıma sonucu oluşan artefaktlar ağız içi tarayıcının doğruluğunu azaltmakta ve elde edilen sonuçları etkileyebilmektedir (53,74). Bu nedenle çalışmamızda Koch ve ark. (67) tarafından açıklanan 3B modellerin doğruluğuna dayanan yeni bir yöntem kullanıldı.

Ölçümlerdeki sapma miktarı değerlendirilirken Armstrong ve ark. (75), özellikle ön diş braketlerinin konumlandırılması için 0,25 mm ve diğer dişler için 0,5 mm'nin altındaki farkların klinik olarak anlamlı kabul edilmesi gerektiğini belirtmiştir. Castilla ve ark. (33), yan yana braketler arasındaki zıt yönlü sapmaların 0,13 mm'den fazla olması durumunda bu durumun klinik olarak anlamlı kabul edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Koo ve ark. (55), indirekt braketleme analizi yaparken meziodistal sapmaların 0,18 mm ve vertikal sapmaların 0,31 mm olduğunu saptamıştır. Amerikan Ortodonti Kurulu tarafından geliştirilen model sınıflandırma sistemi, dişlerin hizalanması ve seviyelenmesinde 0,5 mm'den daha fazla olan doğrusal sapmaların olumsuz bir değerlendirmeye yol açacağını belirtmiştir. Çalışmamızda sapma miktarı ile ilgili olarak Amerikan Ortodonti Kurulu ile Grünheid ve ark. (7) tarafından önerilen ≤ 0,5 mm‘lik doğrusal sapmalar ve ≤2º açısal sapmalar klinik sınır olarak kabul edildi.

Literatürler değerlendirildiğinde çalışmamızda modellerin çakıştırılması, braketlerin ve tüplerin konum doğruluğunun tespit edilmesi amacıyla 3B inceleme ve ağ işleme yazılımı olan GOM Inspect Sürüm 8 kullanıldı. GOM Inspect Sürüm 8, verileri 1 µm'ye kadar hassasiyetle ölçebilme imkânı sunmaktadır. Ayrıca, lokal best-fit oluşturarak dişlerin ayrı ayrı ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır (7,9,69).

Çakıştırma yöntemi olarak Schmid ve ark. (69) çalışmalarında, her bir braket için belirlenmiş yüzey noktalarındaki sapmaları ölçerken, Chaudhary ve ark. (61) sapmaları değerlendirmek için 12 nokta atamış, başlangıç ve final taramalarına lokal best-fit uygulamıştır. Shin ve ark. (76) tek bir dişin oklüzal, lingual ve bukkal yüzeylerine dayalı görüntüleri lokal best-fit algoritması kullanılarak çakıştırmıştır.

Çalışmamızda çakıştırma yöntemi olarak Koch ve ark. (55) ile Xue ve ark. (60) çakıştırma yöntemine benzer bir yaklaşım kullandı. Planlanan ve gerçek braket konumları için bir koordinat sistemi entegre edildi. Konum doğruluğu açısından değerlendirilecek brakete sanal braketin yerleştirilmesiyle iki yerel koordinat sisteminin pozisyonunu karşılaştırarak, pozisyon sapmaları otomatik olarak hesaplandı. Konum doğruluğu açısından değerlendirilecek brakete sanal braketin yerleştirilmesiyle yüzey kusurlarının ortadan kaldırılması sağlanmış oldu.

5.1.3 Bulguların Tartışılması

Yapılan analizler sonucunda meziodistal eksendeki sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 0,17 mm; Grup 2'de 0,15 mm'dir. Vertikal eksendeki sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 0,21 mm, Grup 2'de 0,21 mm'dir. Bukkolingual eksendeki sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 0,14 mm, Grup 2'de 0,13 mm'dir. Koch ve ark. (55), Gündoğ ve ark. (57), Bachour ve ark. (58), Schmid ve ark. (55), Glasenapp ve ark. (65), Xue ve ark. (60), Niu ve ark. (49) doğrusal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının vertikal boyutta en yüksek olduğunu; bunu sırasıyla meziodistal ve bukkolingual değişkenlerin takip ettiğini tespit etti. Bu çalışmalardan farklı olarak Palone ve ark. (66) doğrusal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının bukkolingual boyutta en yüksek olduğunu; bunu sırasıyla vertikal ve meziodistal değişkenlerin takip ettiğini bildirmiştir. Çalışmamızda Koch ve ark. (55), Gündoğ ve ark. (57), Bachour ve ark. (58), Schmid ve ark. (55), Glasenapp ve ark. (65), Xue ve ark. (60), Niu ve ark. (49) benzer şekilde Grup 1 ve Grup 2'de doğrusal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının vertikal boyutta en yüksek olduğu; bunu sırasıyla meziodistal ve bukkolingual değişkenlerin takip ettiği tespit edildi. Vertikal boyuttaki hataların daha yüksek bulunmasının sebebinin braketlerin taşıyıcı tarafından tamamen örtülmüş ve oklüzal yüzeyden desteklenmiş olmasına rağmen aktarma kaşığına uygulanan basınca karşı yeterince direnç gösterememesinden, polimerizasyon esnasında yeterli vertikal baskının uygulanamamasından kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz. Bukkolingual boyutta en yüksek doğruluk göstermesinin sebebi taşıyıcının yerleştirilmesi esnasında yanal hareketlerin minimal düzeyde olmasından kaynaklanabilir.

Grup 1'de doğrusal sapma miktarının en yüksek olduğu diş grubunun meziodistal ve vertikal düzlemde kesici dişler olduğu; bukkolingual düzlemde molar diş grubu olduğu saptandı. Yoo ve ark. (73) in vitro çalışmalarında tek parçalı braket taşıyıcıyı önermelerine rağmen klinik uygulamada indirekt yapıştırmayı takiben taşıyıcının çıkarılmasını zorlaştırarak hastanın rahatsızlık duymasına ve daha yüksek bağlantı başarısızlığına yol açabilmesi riski göz önüne alınarak çalışmamızda 3 parçalı taşıyıcı uygulamasını tercih ettik. Bu durumun, 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcıların posterior bölgeye oranla anterior bölgede daha az dişi içeren ve daha ince bir taşıyıcı planlanmasına ve uygulama sırasında basınca mukavemetin daha az olmasına ve daha fazla sapma hatasına neden olabileceğini düşünmekteyiz. Grup 2'de doğrusal sapma miktarının en yüksek olduğu diş grubunun meziodistal ve vertikal düzlemde kanin dişler olduğu belirlendi. Bu durum, taşıyıcının bukkal segmentinin kanin diş bölgesinden başlamasından ve kanin dişin fasiyal kontür yapısının daha belirgin olmasından kaynaklanabilir. Dörfer ve ark. (77), bir segmentin sonuna yakın olan dişlerin transfer sürecinde daha yüksek sapmaya eğilimli olduğunu saptamıştır. Her iki grupta bukkolingual düzlemde sapma miktarının en yüksek olduğu diş grubunun molar dişler olduğu tespit edildi. Bu durum posterior bölgedeki manipülasyon zorluğunun ve kısıtlı görüş alanının bir sonucu olarak yorumlanabilir.

Yapılan analizler sonucunda angulasyon ölçümünde sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 0,28º; Grup 2'de 0,25º'dir. Rotasyon ölçümünde sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 1,07º, Grup 2'de 1,25º'dir. Tork ölçümünde sapmaların ortalama değerleri Grup 1'de 1,30º, Grup 2'de 1,27º'dir. Bachour ve ark. (58) ile Glasenapp ve ark. (65) açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının tork düzleminde en yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla rotasyon ve angulasyon değişkenlerinin takip ettiğini; Koch ve ark. (72) açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının rotasyon düzleminde en yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla tork ve angulasyon değişkenlerinin takip ettiğini; Gündoğ ve ark. (57) ile Schmid ve ark. (69) açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının rotasyon düzleminde en yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla angulasyon ve tork değişkenlerinin takip ettiğini; Niu ve ark. (49) ile Xue ve ark. (60) açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının tork düzleminde en yüksek olduğunu ve bunu sırasıyla

angulasyon ve rotasyon değişkenlerinin takip ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda Bachour ve ark. (58) Glasenapp ve ark. (65) ile benzer şekilde açısal değişkenlerdeki sapma miktarı ve sapma dağılımlarının tork düzleminde en yüksek olduğu ve bunu sırasıyla rotasyon ve angulasyon değişkenlerinin takip ettiği tespit edildi. Bu durum braket tabanı ile diş yüzeyi arasındaki kompozit tabakasından kaynaklanabilir. Mevcut çalışma tasarımı, bağlantı prosedüründe kullanılan kompozit türünü kontrol edememektedir. Ancak viskozitesi yüksek kompozitlerin, düşüklere oranla final braket konumunu farklı şekilde etkileyebileceği bildirilmektedir (54,57). Taşıyıcı yerleştirilirken braket diş yüzeyi boyunca kayar ve fazla kompozit oklüzal yöne doğru yer değiştirir. Eğer braket tabanındaki fazla kompozitin yer değiştirmesi için yeterli baskı oluşmaz ve bu pozisyonda sertleştirilirse, brakette tork hatası gözlemlenebilir. Gelecekte, taşıyıcıları tasarlayan yazılımlar, braketlerin doğru yerleştirilmesine yardımcı olmak için bağlantı materyalinin ortalama kalınlığını dikkate alabilir.

Açısal değerlerin doğrusal değerlerden daha fazla sapma göstermiş olması literatürde birçok çalışma ile uyumlu bulunmuştur (49,57,60,78). Bu sonuç açısal değerlerin ölçümlerinin yapılmasının doğrusal değerlerin ölçümlerin yapılmasından daha zor olmasına bağlı olabilir. Ayrıca sanal braket konumlandırma ve indirekt yapıştırma sonrası oluşturulan dijital modeldeki braketlerin köşesine yerleştirilen referans noktalarındaki küçük bir farklılık minimal doğrusal pozisyon farklarına yol açarken; aynı referans noktaları, eğik bir düzleme denk düşerse, koordinat sisteminin yanlış bir şekilde yönlendirilmesine neden olabilir ve açısal hataların artmış gibi görünmesine yol açabilir.

Grup 1'de açısal sapma miktarının en yüksek olduğu diş grubu angulasyon ve rotasyon değerinde kanin dişler; tork değerinde molar ve kanin dişler olduğu; Grup 2'de angulasyon değerinde kanin dişler; rotasyon ve tork değerinde molar dişler olduğu saptandı. Bu gözlem hem taşıyıcının tasarım şekline hem de kanin dişlerinin daha yuvarlak bir diş morfolojisine sahip olmasından dolayı braket tabanının kanin dişin labial yüzeyine nokta teması oluşturduğu indirekt yapıştırma prosedürü sırasında dikey veya vestibüler olarak uygulanan parmak basıncının söz konusu açısal sapmalara neden olduğu düşüncesini taşımaktayız. Çalışmamızda molar diş grubundaki sapmanın daha yüksek olmasını molar tüplerin dikey yükseklik açısından

premolar ve anterior braketlere göre daha kısa olması sonucu diğer braket türlerine göre molar tüplerin taşıyıcı içinde daha az retansiyon göstermesi, braket taşıyıcının distalinde bulunması, ağız içinde ulaşılması en zor alanda yer alması ve bu bölgede yapıştırma esnasında hareket kontrolünde yaşanan zorluklar ile ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Schmid ve ark. (69) silikon esaslı ve 3B yazıcı ile üretilen 2 farklı indirekt taşıyıcının konum doğruluğunu değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcının meziodistal ve transversal ölçümlerinin %100'ünün, vertikal ölçümlerin %94'ünün; angulasyonun %80,6'sının, rotasyonun %90,3'ünün, torkun %83, 6'sının klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde olduğunu bildirmişlerdir. Koch ve ark. (72) indirekt taşıyıcıların konum doğruluğunu değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında doğrusal ölçümlerin %98,3'ünün, açısal ölçümlerin %86,7'sinin Amerikan Ortodonti Kurulu standart aralığında olduğunu saptamışlardır. Glasenapp ve ark. (65) 3B yazıcı ile üretilen 2 farklı indirekt braket taşıyıcının konum doğruluğunu değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında doğrusal sapmaların grup 1'de %98'inin, grup 2'de %98,5'inin; açısal sapmaların grup 1'de %84,9'unun, grup 2'de %86,8'inin klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde olduğunu bildirmişlerdir. Gündoğ ve ark. (57) 3 farklı indirekt braket taşıyıcının konum doğruluğunu değerlendirdikleri in vitro çalışmalarında doğrusal sapma miktarının üç grup için tüm düzlemlerde klinik olarak kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu; molar dişlerin sapma miktarının meziodistal ve vertikal düzlemlerde diğer diş gruplarından daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Palone ve ark. (66) 3B yazıcı ile üretilen indirekt braket taşıyıcıların konum doğruluğunu değerlendirdikleri klinik çalışmalarında tüm düzlemler için doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıkta olduğunu; angulasyonun %86,84'ünün, rotasyonun %92,84'ünün, torkun %91,69'unun klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalardan farklı olarak Bachour ve ark. (58) indirekt taşıyıcıların konum doğruluğunu değerlendirdikleri klinik çalışmalarında doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin %96,4 ila %100 arasında değiştiğini; açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin %46 ila %57 arasında değiştiğini; Niu ve ark. (49) 3B yazıcı ve vakumla şekillendirme yöntemi

ile üretilen 2 farklı indirekt braket taşıyıcısını in vitro olarak değerlendirdikleri çalışmalarında her iki grup için doğrusal sapmaların %90'ın üzerinde ve 0,5 mm içinde olduğunu, angulasyonun %57,4'ünün, rotasyonun %85,20'sinin, tork sapmasının %50,09'unun klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğunu bildirmişlerdir. Schmid ve ark. (69) Koch ve ark. (72), Glasenapp ve ark. (65), Gündoğ ve ark. (57), Palone ve ark. (66) doğrusal ve açısal sapma miktarlarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesine ait bulguları çalışmamızın bulguları ile uyumludur. Çalışmamızda doğrusal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin Grup 1'de meziodistal ölçümlerin %93,99'unun, vertikal ölçümlerin %89,94'ünün, bukkolingual ölçümlerin %96,76'sının; Grup 2'de meziodistal ölçümlerin %96,74'ünün, vertikal ölçümlerin %90,70'inin, bukkolingual ölçümlerin %98,39'unun klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi. Açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin Grup 1'de angulasyonun %97,22'sinin, rotasyonun %87,77'sinin, tork sapmasının %73,53'ünün; Grup 2'de angulasyonun %94,12'sinin, rotasyonun %75,63'ünün, tork sapmasının %77,47'sinin klinik olarak kabul edilebilir aralığın içinde olduğu tespit edildi. Bizim çalışmamızda Bachour ve ark. (58) ile Niu ve ark. (49) çalışmalarından farklı olarak açısal sapma miktarının klinik olarak kabul edilebilir aralıktaki yüzdesinin daha yüksek belirlenmesinin taşıyıcı dizaynından ve çakıştırma yöntemindeki farklılıktan kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamızda gruplar arası doğrusal sapma miktarının diş gruplarına göre değerlendirilmesinde kesici diş grubunda meziodistal ve bukkolingual ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edildi (p=0,001). Vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcının 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcıya göre daha az sapma gösterdiği gözlemlendi. Bu durum vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcının anterior bölgede daha rijit bir yapıya sahip olmasından ve uygulama esnasında daha stabil olmasından kaynaklı olabilir. Kanin diş grubunda meziodistal ölçümde; molar diş grubunda rotasyon ölçümünde anlamlı bir fark tespit edildi (sırasıyla p=0,017, p= 0,036). 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcının vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcıya göre daha az sapma gösterdiği gözlemlendi. Her iki taşıyıcının bukkal segmenti kanin diş grubundan ve molar diş grubuna kadar olan

kısmı içermektedir. Bu durum, indirekt yapıştırma uygulamasında 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcının bukkal bölgede braketleri oklüzal yönde daha iyi örtmesine ve dişlere adaptasyonunun daha kolay olmasına ve posterior bölgede kütlesinin daha fazla olmasına bağlı olabilir. Diğer tüm diş grupları için istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi. Gruplar arası değerlendirme doğrusal ve açısal ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi. Araştırmamızdan farklı olarak Niu ve ark.(49) in vitro çalışmasında 3B yazıcı ile üretilen taşıyıcının vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcıya göre braketlerin meziodistal kontrolünde ve 2° içindeki rotasyon hatasının daha düşük olduğunu bildirmiştir. Bu farkın nem kontrolü, yumuşak dokuların varlığı, manipülasyon zorluğu ve hastanın kooperasyonu gibi sonuçları etkileyen faktörleri kapsayan in vivo planlamadan kaynaklı olduğunu düşünmekteyiz.

6. SONUÇ

Çalışmamızın sonuçlarına göre;

a) Çalışmamızda 3B yazıcı ile ve vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcılarda braket konum doğruluğu açısından doğrusal ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

b) Her iki grupta diş gruplarının doğrusal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer aldığı tespit edildi.

c) Çalışmamızda 3B yazıcı ile ve vakumla şekillendirme yöntemi ile üretilen taşıyıcılarda braket konum doğruluğu açısından açısal ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmedi.

d) Her iki grupta diş gruplarının açısal sapma miktarının ortalama değeri klinik olarak kabul edilebilir aralık içinde yer aldığı tespit edildi.

e) Her iki gruptaki braket taşıyıcısında braketler açısından doğrusal yönde sapmaların açısal yöndeki sapmalardan daha düşük olduğu görüldü.

f) Vakumla şekillendirme yönteminin 3B yazıcı ile üretim yöntemine göre kesici diş grubunda meziodistal ve bukkolingual ölçümlerde, daha düşük sapma gösterdiği; kanin diş grubunda meziodistal ölçümde daha yüksek sapma gösterdiği ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edildi.

g) Vakumla şekillendirme yönteminin 3B yazıcı ile üretim yöntemine göre molar diş grubunda rotasyonda daha düşük sapma gösterdiği; rotasyonda ise daha yüksek sapma gösterdiği ve istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu tespit edildi.

KAYNAKÇA

1. Andrews LF. The straight-wire appliance arch form, wire bending & an experiment. J Clin Orthod. 1976 Aug;10(8):581–8.
2. Carlson SK, Johnson E. Bracket positioning and resets: Five steps to align crowns and roots consistently. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2001;119(1):76–80.
3. Kalange JT, Thomas RG. Indirect Bonding: A Comprehensive Review of the Literature. Semin Orthod. 2007;13(1):3–10.
4. Silverman E, Cohen M, Gianelly AA, Dietz VS. A universal direct bonding system for both metal and plastic brackets. Am J Orthod. 1972 Sep 1;62(3):236–44.
5. Nawrocka A, Lukomska-Szymanska M. The indirect bonding technique in orthodontics-A narrative literature review. Vol. 13, Materials. 2020.
6. Nojima LI, Araújo AS, Alves Júnior M. Indirect orthodontic bonding-a modified technique for improved efficiency and precision. Dental Press J Orthod. 2015;20:109–17.
7. Grünheid T, Lee MS, Larson BE. Transfer accuracy of vinyl polysiloxane trays for indirect bonding. Angle Orthodontist. 2016;86(3):468–74.
8. Yıldırım K, Saglam-Aydinatay B. Comparative assessment of treatment efficacy and adverse effects during nonextraction orthodontic treatment of Class I malocclusion patients with direct and indirect bonding: A parallel randomized clinical trial. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2018;154(1):26-34.e1.
9. Guenthner TA, Larson BE. Indirect Bonding: A Technique for Precision and Efficiency. Semin Orthod. 2007;13(1):58–63.
10. Fortini A, Giuntoli F, Franchi L. A simplified indirect bonding technique. Journal of Clinical Orthodontics. 2007;41:680–3.

11. Hodge TM, Dhopatkar AA, Rock WP, Spary DJ. Scientific section: A randomized clinical trial comparing the accuracy of direct versus indirect bracket placement. J Orthod. 2004;31(2):132–7.

12. Bozelli JV, Bigliazzi R, Barbosa HAM, Ortolani CLF, Bertoz FA, Faltin Junior K. Comparative study on direct and indirect bracket bonding techniques regarding time length and bracket detachment. Dental Press J Orthod. 2013;18(6):51–7.

13. Suárez C, Vilar T. The effect of constant height bracket placement on marginal ridge levelling using digitized models. Eur J Orthod. 2010;32(1):100–5.

14. Kalange JT. Prescription-Based Precision Full Arch Indirect Bonding. Semin Orthod. 2007;13(1):19–42.

15. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective [Internet]. Vol. 147, American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. Elsevier; 2015. 654–662 p. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.03.012

16. HA P. Accuracy of Digital Indirect Bonding Technique Utilizing 3D-printed Trays. Loma Linda University School of Dentistry in conjunction with the Faculty of Graduate Studies, Thesis. 2021;1–56.

17. Panayi NC, Tsolakis AI, Athanasiou AE. Digital assessment of direct and virtual indirect bonding of orthodontic brackets: A clinical prospective cross-sectional comparative investigation. Vol. 18, International Orthodontics. 2020. p. 714–21.

18. Czolgosz I, Cattaneo PM, Cornelis MA. Computer-aided indirect bonding versus traditional direct bonding of orthodontic brackets: Bonding time, immediate bonding failures, and cost-minimization. A randomized controlled trial. Vol. 43, European Journal of Orthodontics. 2021. p. 144–51.

19. Thomas RG. Indirect bonding: simplicity in action. J Clin Orthod. 1979;13(2):93–106.

20. Christensen LR, Cope JB. Digital technology for indirect bonding. Semin Orthod. 2018;24(4):451–60.

21. Klocke A, Shi J, Kahl-Nieke B, Bismayer U. Bond strength with custom base indirect bonding techniques. Angle Orthodontist. 2003;73(2):176–80.

22. Hamula W. Direct bonding with light-cured adhesives. J Clin Orthod. 1991;25(7):437–8.

23. Sondhi A. Effective and Efficient Indirect Bonding: The Sondhi Method. Semin Orthod. 2007;13(1):43–57.

24. Moskowitz EM. Indirect Bonding with a Thermal Cured Composite. Semin Orthod. 2007;13(1):69–74.

25. Scholz RP. Lingual orthodontics: A status report, Part 3; indirect bonding. J Clin Orthod. 1982;16:812–20.

26. Miles PG. Indirect bonding with a flowable light-cured adhesive. J Clin Orthod. 2002;36(11):646–7.

27. Joseph R, Ahmed N, Younus A A, Bhat KRR. Evaluation of Shear Bond Strength of a Primer Incorporated Orthodontic Composite Resin: An In-Vitro Study. Cureus. 2022;14(4).

28. Gottlieb EL. JCO interviews Dr. Homer Phillips on bonding, Part I. J Clin Orthod. 1980;6:341–411.

29. Myrberg NE, Warner CF. Indirect bonding technique. J Clin Orthod. 1982;16(4):269–72.

30. Reichheled SJ. An indirect bonding technique. J Clin Orthod. 1990;24:21–4.

31. Hong RK. Customized indirect bonding method for lingual orthodontics. J Clin Orthod. 1996;30:650–2.

32. Eliades T, Gioka C, Papaconstantinou S, Bradley TG. Premolar bracket position revised: proximal and occlusal contacts assessment. World J Orthod. 2005;6(2).

33. Castilla AE, Crowe JJ, Moses JR, Wang M, Ferracane JL, Covell DA. Measurement and comparison of bracket transfer accuracy of five indirect bonding techniques. Angle Orthodontist. 2014;84(4):607–14.

34. JT K. Indirect bonding: a comprehensive review of the advantages. World J Orthod. 2004;5(4).

35. Vashi N, Vashi B. An Improved Indirect Bonding Tray and Technique. Journal of Indian Orthodontic Society. 2008;42(1):19–23.

36. Aksakalli S, Demir A. Indirect bonding: A literature review. European J Gen Dent. 2012;1(01):6–9.

37. Hoffman H. Comparison of Light Penetration Qualities of 3D-Printed Indirect Bonding Jig Resins.pdf. Thesis. 2022.

38. Deahl ST, Salome N, Hatch JP, Rugh JD. Practice-based comparison of direct and indirect bonding. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2007;132(6):738–42.

39. Kanashiro LK, Robles-Ruíz JJ, Ciamponi AL, Medeiros IS, Dominguez GC, Mongelli De Fantini S. Effect of adhesion boosters on indirect bracket bonding. Angle Orthodontist. 2014;84(1):171–6.

40. Christopoulou I, Kaklamanos EG, Makrygiannakis MA, Bitsanis I, Perlea P, Tsolakis AI. Intraoral Scanners in Orthodontics: A Critical Review. Int J Environ Res Public Health. 2022;19(3).

41. Kihara H, Hatakeyama W, Komine F, Takafuji K, Takahashi T, Yokota J, et al. Accuracy and practicality of intraoral scanner in dentistry: A literature review. J Prosthodont Res [Internet]. 2020;64(2):109–13. Available from: https://doi.org/10.1016/j.jpor.2019.07.010

42. Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner: An assessment of accuracy, time, and patient acceptance. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2014;146(5):673–82.

43. Jones P. Three-Dimensional Printing Technology. 2020;(June).

44. Chakraborty C, Madhuri G, Sharma N, Ranjan S, Ade S PD. Glimpse of 3D Printing in Dentistry: A Review. J Adv Med Dent Scie Res. 2021;9(6):127–30.

45. Kodama H. Automatic method for fabricating a three-dimensional plastic model with photo-hardening polymer. Review of Scientific Instruments. 1981;52(11):1770–3.

46. Hull CW. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. United States Patent, Appl, No 638905, Filed. 1984;

47. Dawood A, Marti BM, Sauret-Jackson V, Darwood A. 3D printing in dentistry. Br Dent J. 2015;219(11):521–9.

48. Park JH, Lee GH, Moon DN, Lee KC. A completely digital indirect bonding technique using a customized virtual orthodontic bracket setup and 3-dimensional printing technology. AJO-DO Clinical Companion. 2021;1(3):198–206.

49. Niu Y, Zeng Y, Zhang Z, Xu W, Xiao L. Comparison of the transfer accuracy of two digital indirect bonding trays for labial bracket bonding. Angle Orthodontist. 2021;91(1):67–73.

50. Ciuffolo F, Epifania E, Duranti G, De Luca V, Raviglia D, Rezza S, et al. Rapid prototyping: A new method of preparing trays for indirect bonding. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2006;129(1):75–7.

51. Wendl B, Droschl H, Muchitsch P. Indirect bonding - A new transfer method. Eur J Orthod. 2008;30(1):100–7.

52. Israel M, Kusnoto B, Evans CA, Begole E. A comparison of traditional and computer-aided bracket placement methods. Angle Orthodontist. 2011;81(5):828–35.

53. Möhlhenrich SC, Alexandridis C, Peters F, Kniha K, Modabber A, Danesh G, et al. Three-dimensional evaluation of bracket placement accuracy and excess bonding adhesive depending on indirect bonding technique and bracket geometry: An in-vitro study. Head Face Med. 2020;16(1):1–10.

54. Null B. In Vivo Transfer Accuracy of Digitally Planned Indirect Bonding Trays. ProQuest Dissertations and Theses. 2017. p. 63.

55. Koo BC, Chung CH, Vanarsdall RL. Comparison of the accuracy of bracket placement between direct and indirect bonding techniques. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;116(3):346–51.

56. Aguirre M J, King G J WJM. Assessment of bracket placement and bond strength when comparing direct bonding to indirect bonding techniques. Am J Orthod. 1982;(4)(82):269–76.

57. Gündoğ H, Arman Özçırpıcı A, Pamukçu H. Transfer Accuracy of Three Indirect Bonding Trays: An *In Vitro* Study with 3D Scanned Models. Turk J Orthod. 2023;0(0):0–0.

58. Bachour PC, Klabunde R, Grünheid T. Transfer accuracy of 3D-printed trays for indirect bonding of orthodontic brackets: A clinical study. Angle Orthod. 2022;92(3):372–9.

59. Essam Mohamed M, Abdou Abd El Sayed F, Mohamed Abdul Aziz H, Hamdy Aboul Fotouh M. Evaluation and Compare Chairside Time and Accuracy of Indirect Bonding of Orthodontic Attachments Using Double Versus Single Transfer Tray (Split Mouth Design): A Randomized Controlled Trial. Acta Scientific Dental Scienecs. 2021;5(5):140–58.

60. Xue C, Xu H, Guo Y, Xu L, Dhami Y, Wang H, et al. Accurate bracket placement using a computer-aided design and computer-aided manufacturing–guided bonding device: An in vivo study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2020;157(2):269–77.

61. Chaudhary V, Batra P, Sharma K, Raghavan S, Gandhi V, Srivastava A. A comparative assessment of transfer accuracy of two indirect bonding techniques in patients undergoing fixed mechanotherapy: A randomised clinical trial. J Orthod. 2021;48(1):13–23.

62. Kang SJ, Kee YJ, Lee KC. Effect of the presence of orthodontic brackets on intraoral scans. Angle Orthod. 2021;91(1):98–104.

63. Park JM, Choi SA, Myung JY, Chun YS, Kim M. Impact of Orthodontic Brackets on the Intraoral Scan Data Accuracy. Biomed Res Int. 2016;2016.

64. Kang SJ, Kee YJ, Lee KC. Effect of the presence of orthodontic brackets on intraoral scans. Angle Orthodontist. 2021;91(1):98–104.

65. von Glasenapp J, Hofmann E, Süpple J, Jost-Brinkmann PG, Koch PJ. Comparison of Two 3D-Printed Indirect Bonding (IDB) Tray Design Versions and Their Influence on the Transfer Accuracy. Vol. 11, Journal of Clinical Medicine. 2022.

66. Palone M, Koch PJ, Jost-Brinkmann PG, Spedicato GA, Verducci A, Pieralli P, et al. Accuracy of indirect bracket placement with medium-soft, transparent, broad-coverage transfer trays fabricated using computer-aided design and manufacturing: An in-vivo study. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics [Internet]. 2023;163(1):33–46. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2021.08.023

67. Duarte MEA, Gribel BF, Spitz A, Artese F, Miguel JAM. Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays. Vol. 90, Angle Orthodontist. 2020. p. 92–9.

68. de Oliveira NS, Gribel BF, Neves LS, Lages EMB, Macari S, Pretti H. Comparison of the accuracy of virtual and direct bonding of orthodontic accessories. Dental Press J Orthod. 2019;24(4):46–53.

69. Schmid J, Brenner D, Recheis W, Hofer-Picout P, Brenner M, Crismani AG. Transfer accuracy of two indirect bonding techniques-an in vitro study with 3D scanned models. Eur J Orthod. 2018;40(5):549–55.

70. Albertini P, Tauro R, Barbara L, Albertini E, Lombardo L. Fluorescence-aided removal of orthodontic composites: an in vivo comparative study. Prog Orthod [Internet]. 2022;23(1). Available from: https://doi.org/10.1186/s40510-022-00411-w

71. Ok U, Aksakalli S, Eren E, Kechagia N. Single-component orthodontic adhesives: comparison of the clinical and in vitro performance. Clin Oral Investig. 2021;25(6):3987–99.

72. Koch PJ, Albrecht M, Lin WC, Jost-Brinkmann PG. Accuracy of indirect bonding trays - a measurement algorithm. Int J Comput Dent [Internet]. 2022;0(0):0. Available from: http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/35072417

73. Yoo SH. Accuracy of in-office indirect bonding system using 3D printed orthodontic bracket transfer trays. 2021;

74. Heo H, Kim M. The effects of orthodontic brackets on the time and accuracy of digital impression taking. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(10).

75. Armstrong D, Shen G, Petocz P, Darendeliler MA. A comparison of accuracy in bracket positioning between two techniques - Localizing the centre of the clinical crown and measuring the distance from the incisal edge. Eur J Orthod. 2007;29(5):430–6.

76. Shin SH, Lee KJ, Kim SJ, Yu HS, Kim KM, Hwang CJ, et al. Accuracy of bracket position using thermoplastic and 3D-printed indirect bonding trays. Int J Comput Dent. 2021;24(2).

77. Dörfer S, König M, Jost-Brinkmann PG. Übertragungsgenauigkeit beim indirekten Platzieren von Brackets. Kieferorthopädie. 2006;20:91–104.

78. Pottier T, Brient A, Turpin YL, Chauvel B, Meuric V, Sorel O, et al. Accuracy evaluation of bracket repositioning by indirect bonding: hard acrylic CAD/CAM versus soft one-layer silicone trays, an in vitro study. Clin Oral Investig. 2020;24:3889–97.

EKLER

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 46418926 14.03.2023
Konu : Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurul Kararları

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

TOPLANTI TARİHİ : 14.03.2023
TOPLANTI SAATİ : 13:30 (toplantı online yapılmıştır.)
TOPLANTI NO : 2023/03
PROJE/ KARAR NO : 2023-78 (Değerlendirilme Tarihi: 14.03.2023)

Üniversitemiz Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortodonti Anabilim Dalında görevli Prof. Dr. Serkan GÖRGÜLÜ'nün sorumlu araştırmacı olduğu, Arş. Gör. Ceren YILDIRIM, Doç. Dr. Gökhan Serhat DURAN ve Dr. Öğr. Üyesi Kübra Gülnur TOPSAKAL'ın yardımcı araştırmacı oldukları, 2023/78 kayıt numaralı, **"3 Boyutlu Yazısı ile Üretilen İndirekt Braket Taşıyıcıların Braket Konum Doğruluklarının İn Vivo Değerlendirilmesi"** başlıklı uzmanlık tezi proje önerisi, araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur. Rica ederim.

Sıra No	Unvanı ve Adı/Soyadı	Kuruldaki Görevi
1	Prof. Dr. Ahmet COŞAR	Başkan
2	Prof. Dr. Alper GÖZÜBÜYÜK	Başkan Yardımcısı
3	Prof. Dr. Selahattin BEDİR	Üye
4	Prof. Dr. Levent KENAR	Üye
5	Prof. Dr. Yusuf İZCİ	Üye
6	Prof. Dr. Ali Kağan COŞKUN	Üye
7	Prof. Dr. Cantürk TAŞÇI	Üye
8	Prof. Dr. Necmiye Ün YILDIRIM	Üye
9	Prof. Dr. Fulya TOKSOY TOPÇU	Üye
10	Prof. Dr. Ayten TÜRKKANI	Sekreter
11	Prof. Dr. Gülten GÜVENÇ	Üye
12	Prof. Dr. Dilek YILDIZ	Üye
13	Prof. Dr. Türkan YILDIRIM	Üye
14	Prof. Dr. Eda PURUTÇUOĞLU	Üye
15	Prof. Dr. Mehmet Erhan YUMUŞAK	Üye
16	Doç. Dr. Umut BEYLİK	Üye
17	Doç. Dr. Serkan PEKÇETİN	Üye
18	Dr. Öğr. Üyesi Mustafa GÜNEY	Üye
19	Dr. Öğr. Üyesi Eray Serdar YURDAKUL	Üye

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu
Etlik-Ankara Telefon: 0 (312) 304 6135

ÖZGEÇMİŞ

I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı: Ceren YILDIRIM

Yabancı dili: İngilizce

II- Eğitimi (tarih sırasına göre yeniden eskiye doğru)

SBÜ Gülhane Diş Hekimliği Fakültesi (2020-2024)

GATA Diş Hekimliği Bilimleri Merkezi (2009-2016)

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi (1998-2003)

50.Yıl Lisesi (1998-1994)

Keçiören Lisesi Ortaokulu (1991-1994)

Çizmeci İlkokulu (1986-1991)

III- Ünvanları (tarih sırasına göre eskiden yeniye doğru)

Diş Hekimi (2003-2009)

Araştırma Görevlisi (2009-2013)

Çocuk Diş Hekimliği Uzmanı (2013-2020)

Araştırma Görevlisi (2020-2024)